

Zeekraal, zout en slib, een mogelijke win-win situatie

onkruidonderdrukking bij opschaling van zeekraalteelt door variaties in zouttolerantie, kiemkracht en slib-bemesting

Deelrapportage Kasproeven april-mei 2011

uitgevoerd door
Arjen de Vos, TMNP B.V.
2011

-in opdracht van ‘de Zilte Kennis Kring’-

Inleiding:

In het kader van het “Projectplan Collectieve Acties in de Visketen - Zeekraal, zout en slib, een mogelijke win-win situatie,” zijn kasproeven uitgevoerd om de kieming van Zeekraal (*Salicornia sp*) en Zilte Schijnspurrie (*Spergularia marina*) onder verschillende zoutconcentraties en op slib van verschillende oorsprong te onderzoeken. Dit rapport beschrijft de resultaten van deze kasproeven, uitgevoerd in de kassen van de Vrije Universiteit Amsterdam.

Doelstelling: Het vergroten van de biologische kennis van het juvenile stadium van Zeekraal en de voornaamste concurrenten, met name Zilte schijnspurrie. Hiervoor is in een kasproef de kieming van beide soorten onderzocht onder invloed van verschillende zout- en slibbehandelingen.

Uitgangspunt: De noodzaak van het project is in de aanvraag als volgt beschreven: “Om voldoende te weten te komen over het kiemen van zeekraal en onkruid en de verschillen in groei onder verschillende zoute omstandigheden, zijn kas- en bakproeven nodig zowel met verschillende zeekraal varianten als met het onkruid. Die proeven zullen zowel op neutrale zandbodem met water van verschillende constante zoutgehalten worden uitgevoerd, als op verschillende slibsoorten met water van verschillend zoutgehalte. De kennis die hieruit voortkomt zal worden vertaald in verschillende landbouwkundige benaderingen van teeltproeven in het veld: zoals spelen met de zoutwaarden van de ingezaaide percelen en/of het zaaien in kassen en uitplanten van de gekiemde zeekraal plantjes zodat zij de spurrie voor kunnen blijven. De bodem- en slibbenadering is gebaseerd op de observatie dat zeekraal in de wilde situatie vaak te vinden is in een uniforme begroeiing en met weinig concurrentie van andere planten. Zeekraal is een echte pioniersplant en vaak de eerste die zich op de vers aangeslibde lage kwelders en wadden vestigt. Het gebrek aan concurrentie heeft zeker (ook) te maken met het zoutgehalte van kwelder of wad, maar wij vermoeden dat de samenstelling en/of de structuur van het slib zelf hierbij ook een rol speelt, zodat het slib daarmee als het ware een natuurlijk bestrijdingsmiddel vormt tegen concurrentie van andere planten (onkruid). Mogelijk is hier dus sprake van het samengaan van een drietal belangrijke factoren:

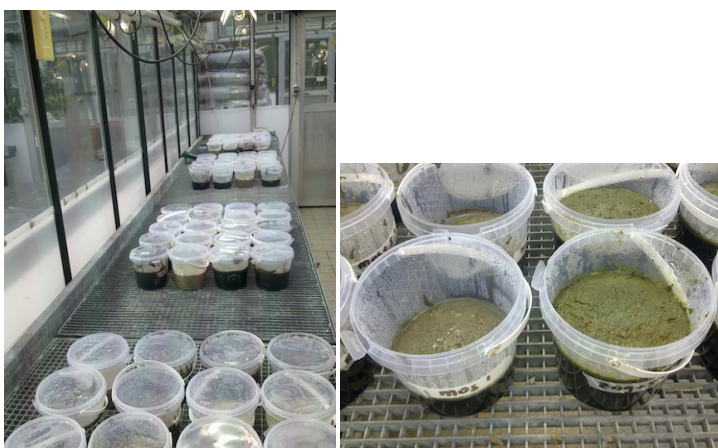


Dit project is geselecteerd in het kader van het Europees
Visserijfonds: Investerings in duurzame visserij

chemische samenstelling van de bodem, zuurstoftekort door dagelijkse eb- en vloedbewegingen en zoutgehalte van de bodem. “

Een literatuurstudie heeft aangetoond dat de kieming van Zeekraal minder gevoelig is voor zout dan de kieming van Zilte schijnspurrie. Volgens Ungar (1977) neemt de kieming van Zeekraal af van 63 % onder zoete omstandigheden naar 53 % en 30 % bij 170 mM en 340 mM NaCl, respectievelijk. De kieming van Zilte schijnspurrie neemt af van 72 % onder zoete omstandigheden naar 6 % bij 170 mM NaCl (bij een constante temperatuur van 20 °C) (Ungar, 1984). Het effect van slib op de kieming van beide soorten is, naar weten van de leden van de Zilte Kennis Kring, nog niet eerder onderzocht. Mogelijk heeft slib (naast zout, ook samenstelling en structuur) een effect op de kieming, en vervolgens de groei van Zeekraal en onkruid. Deze resultaten zullen eerst getoetst worden in een kasproef en in een later stadium buiten in bakproeven, gevolgd door veldproeven.

Materiaal en Methode: De kiemproof heeft plaatsgevonden in de kasruimte van de Vrije Universiteit Amsterdam, in de periode april-mei 2011. De lampen waren ingesteld op 14-10h licht-donker per dag, temperatuur was ingesteld op 15-25 °C nacht-dag. Kieming vond plaats in transparante 1 L emmers, voorzien van deksel met gaatjes (1 mm). De emmers waren gevuld met een laag zand van 5 cm of met een vergelijkbare laag slib. De ‘zand’ emmers zijn voorzien van een standaard voedingsoplossing met een zouttoevoeging van 0, 100, 200 of 300 mM NaCl (de 4 zoutbehandelingen). Door ongeveer 140 ml voedingsoplossing toe te voegen was het zand waterverzadigd (glinstering bovenop, tot het niveau waarbij net geen waterlaag bovenop ontstaat). De slibbehandeling bestond uit 4 soorten slib, verzameld in het voorjaar van 2011. Het slib is afkomstig uit de Mokbaai, uit een bak met zaggers uit Zeeland, uit mosselslib van een mosselkweekproef bij de NIOZ haven en uit een binnendijkse zoute sloot in Wolphaartsdijk. In elke emmer zijn zowel 30 zaden van Zeekraal als 30 zaden van Zilte schijnspurrie gezaaid. De zaden van Zeekraal zijn in het najaar van 2010 verzameld in de Waddenzee bij Wieringen, de zaden van Zilte schijnspurrie zijn verzameld in Wolphaartsdijk aan het einde van de zomer / begin van het najaar. De zaden van beide soorten zijn na het oogsten zowel gedroogd als bewaard bij kamertemperatuur. De zaaidiepte (zand en slib) bestond uit 2 behandelingen, er is direct op het medium gezaaid (zaaidiepte 0 mm) en op 5 mm diepte. Gedurende 26 dagen is de kieming gevolgd.

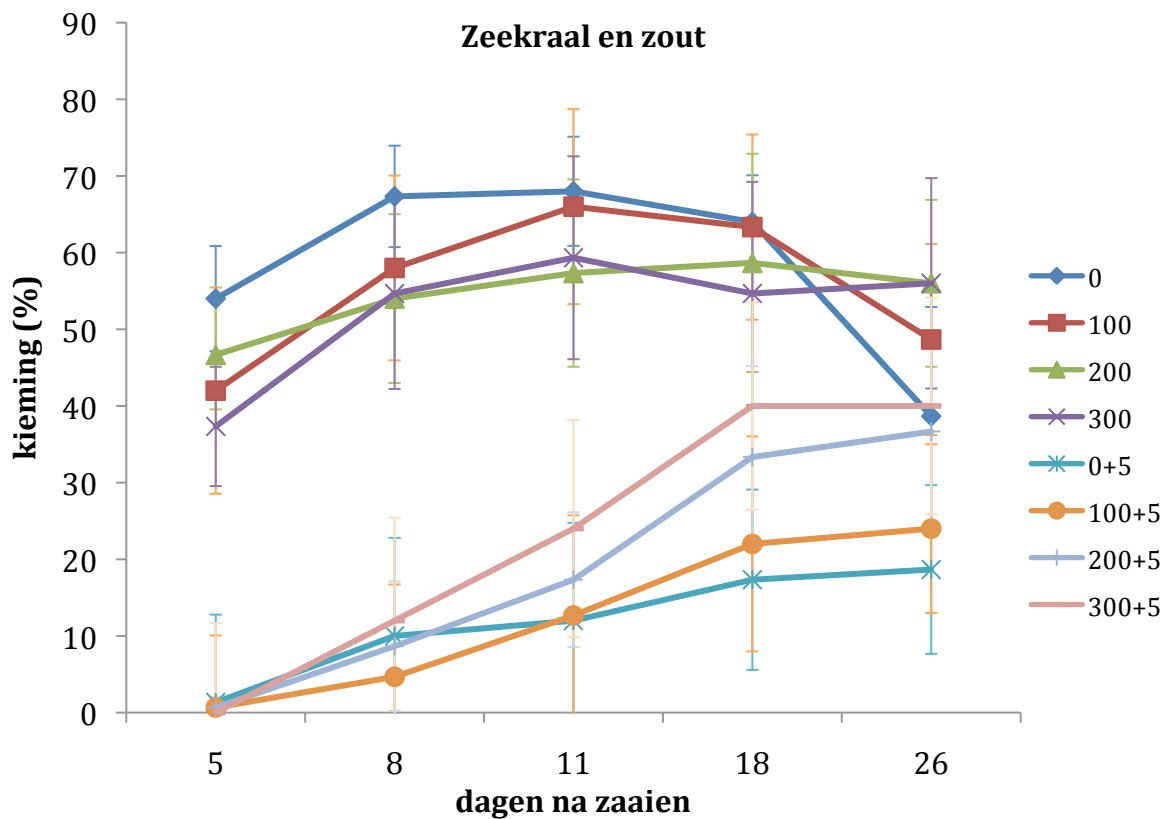


Afbeelding 1. Overzicht van de opstelling van de kiemproof in emmers in de kas.

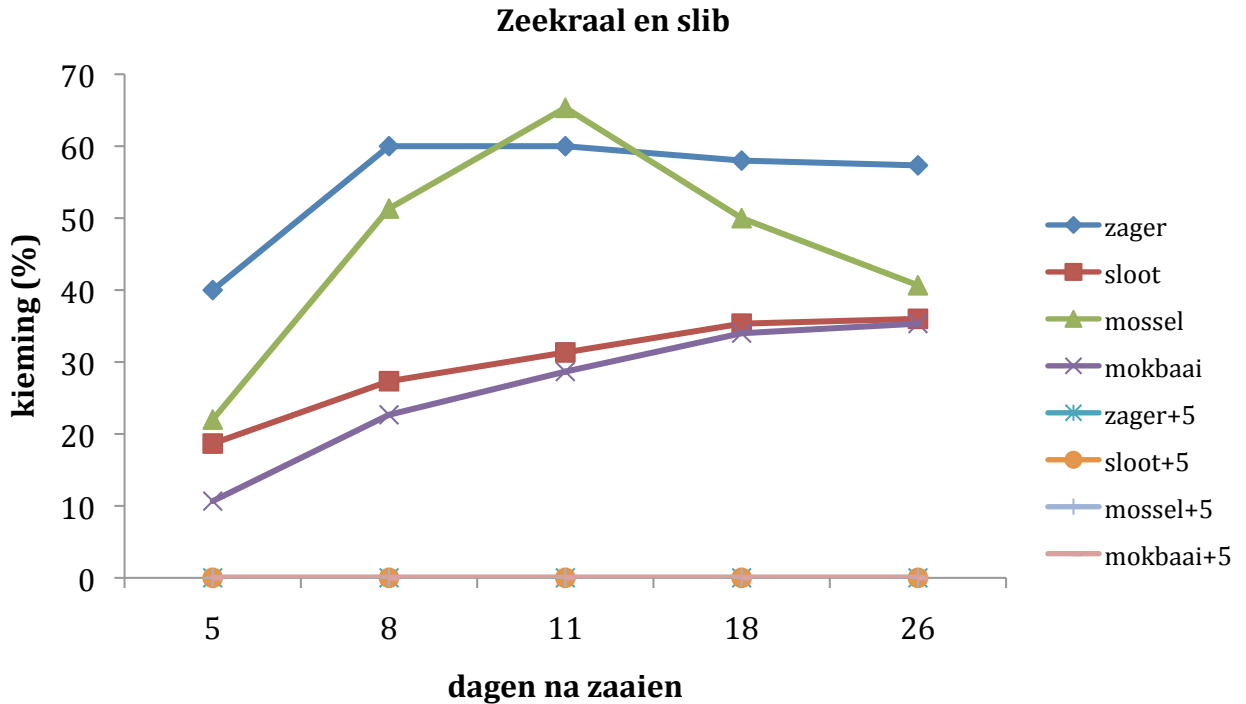
Resultaten:

Zeekraal:

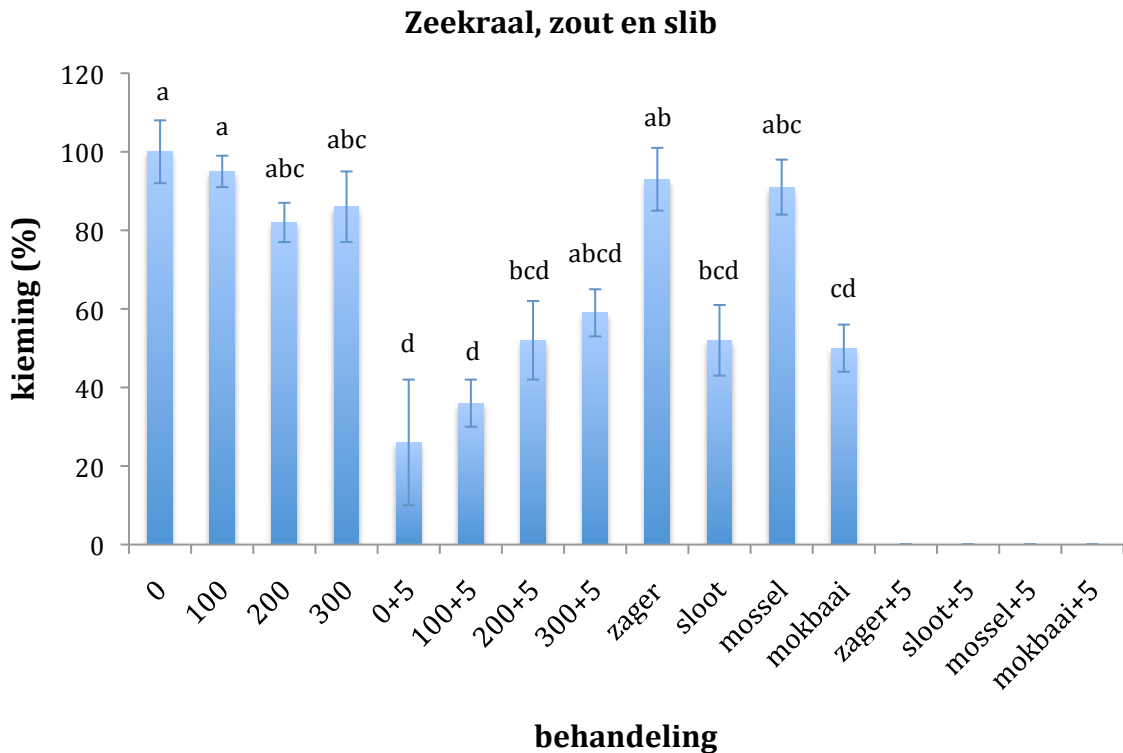
In Figuur 1 is te zien hoe het kiemingpercentage van Zeekraal bij verschillende zoutconcentraties (op zand) in de tijd is verlopen. Bij de behandelingen waarbij direct op het zand is gezaaid (0, 100, 200, 300 mM NaCl) is de kieming na 8-11 dagen maximaal. Het hoogste kiemingpercentage dat is bereikt is 68 % (0 mM NaCl behandeling). Na 11 dagen begint bij de behandelingen 0 en 100 de kieming wat terug te lopen wat werd veroorzaakt door het afsterven van een aantal kiemplanten. Bij de behandelingen waarbij de zaden op 5



Figuur 1. De kieming van Zeekraal bij verschillende zoutconcentraties (0, 100, 200, 300 mM NaCl) gedurende 26 dagen na zaaien. De behandelingen bestonden daarnaast uit twee zaaidieptes (of bovenop of op 5 mm diepte (+5)). De proef is uitgevoerd op zand. In Bijlage 1 staat dezelfde figuur, maar dan met foutbalken (se).



Figuur 2. De kieming van Zeekraal op slib gedurende 26 dagen na zaaien. De behandelingen bestonden uit 4 soorten slib (zager, sloot, mossel en mokbaai) en twee zaaidieptes (of bovenop of op 5 mm diepte (+5)). Zaaien op 5 mm diepte resulteerde in 0 % kieming bij alle 4 de soorten slib. In Bijlage 2 staat dezelfde figuur, maar dan met foutbalken (se).



Figuur 3. De kieming van Zeekraal van alle behandelingen. Hier is het kiemingspercentage van de behandelingen weergegeven ten opzichte van de 0 mM NaCl (=100 % kieming) om zo een eventuele afname in kieming duidelijk weer te geven. Verschillende letters naast de kolommen geven een significant verschil tussen behandelingen weer ($P < 0.05$ Tukey's test, One-way ANOVA).

mm diepte zijn gezaaid, was de kieming pas na 18 dagen op z'n piek. De maximale kieming was 40 % na 18 dagen (behandeling 300 mM NaCl). De resultaten van de kieming van Zeekraal op de 4 soorten slib, staan vermeld in Figuur 2. Om een duidelijker beeld te krijgen van de kieming is in Figuur 3 de maximale kieming gedurende de proef weergegeven, dus onafhankelijk van of dit nu na 8 dagen of na 18 dagen was. In Figuur 3 is de kieming van de 0 mM NaCl behandeling als 100 % genomen en de kieming van de andere behandelingen is uitgedrukt als een percentage t.o.v. deze 100 %. De statistische analyse heeft aangetoond dat er geen verschil in kieming is tussen de 4 zoutbehandelingen 0, 100, 200 en 300 mM NaCl. De kieming is weliswaar iets teruggelopen bij de 300 mM NaCl behandeling (van 100 naar 86 %), maar dit verschil is dus niet significant. De kieming op een diepte van 5 mm heeft echter wel een groot effect op het kiemingspercentage, alhoewel de kieming van 300+5 (59 % kieming) niet verschilt van de 'bovengrondse' behandelingen. De 4 behandelingen van +5 mm verschillen niet van elkaar en het gemiddelde kiemingspercentage van de 4 behandelingen samen is 28 %. Bij de slibbehandelingen is het effect van +5 mm overduidelijk: geen enkele kiemplant is waargenomen bij de 4 slib behandelingen bij deze zaaidiepte. Ook het bovengronds zaaien op slib laat een effect zien t.o.v. de 0 mM NaCl. De slibbehandeling 'sloot' en 'mokbaai' laten een lager kiemingpercentage zien, terwijl er geen verschil is voor de kieming op slib uit de zagervijver en op mosselslib. In Tabel 1 is te zien dat het zager slib het minst zout is van de 4 soorten slib en het slib uit de mokbaai is het meest zout. Er is geen verschil in pH tussen de slibsoorten.

Tabel 1. De EC en pH van de verschillende soorten slib.

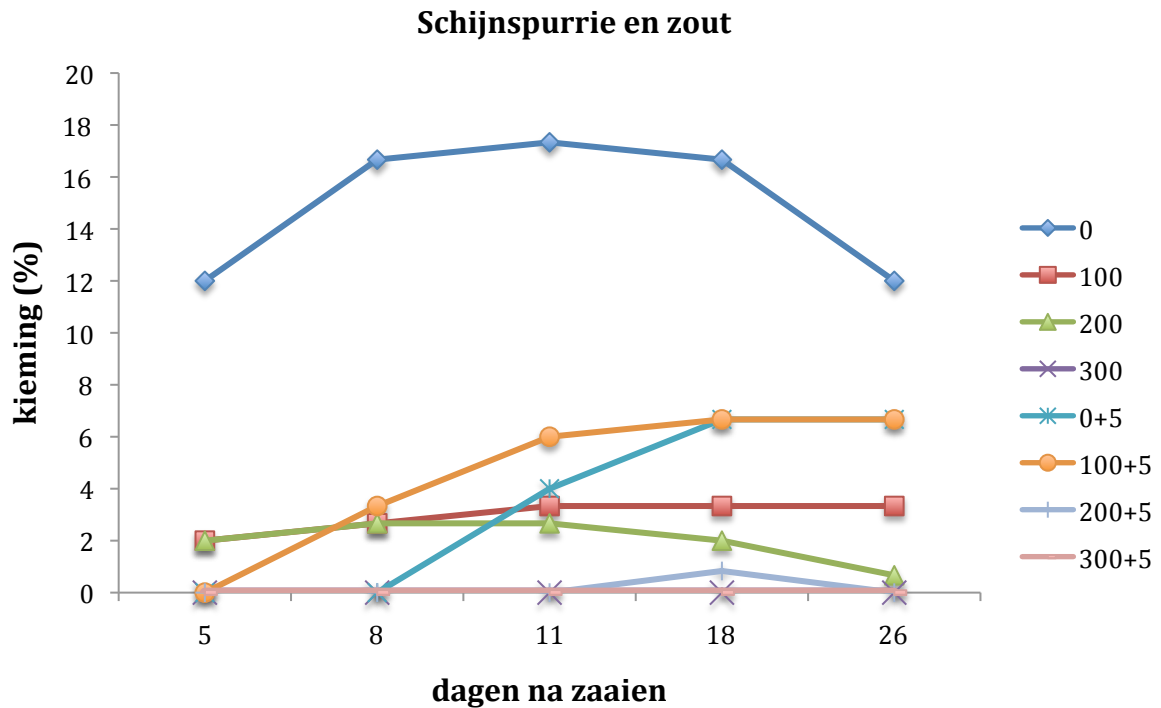
monster	EC (dS m ⁻¹)	pH
Zager	16,1	7,7
Sloot	26,4	7,7
Mossel	26,3	7,9
Mokbaai	34,6	7,8

Zilte schijnspurrie:

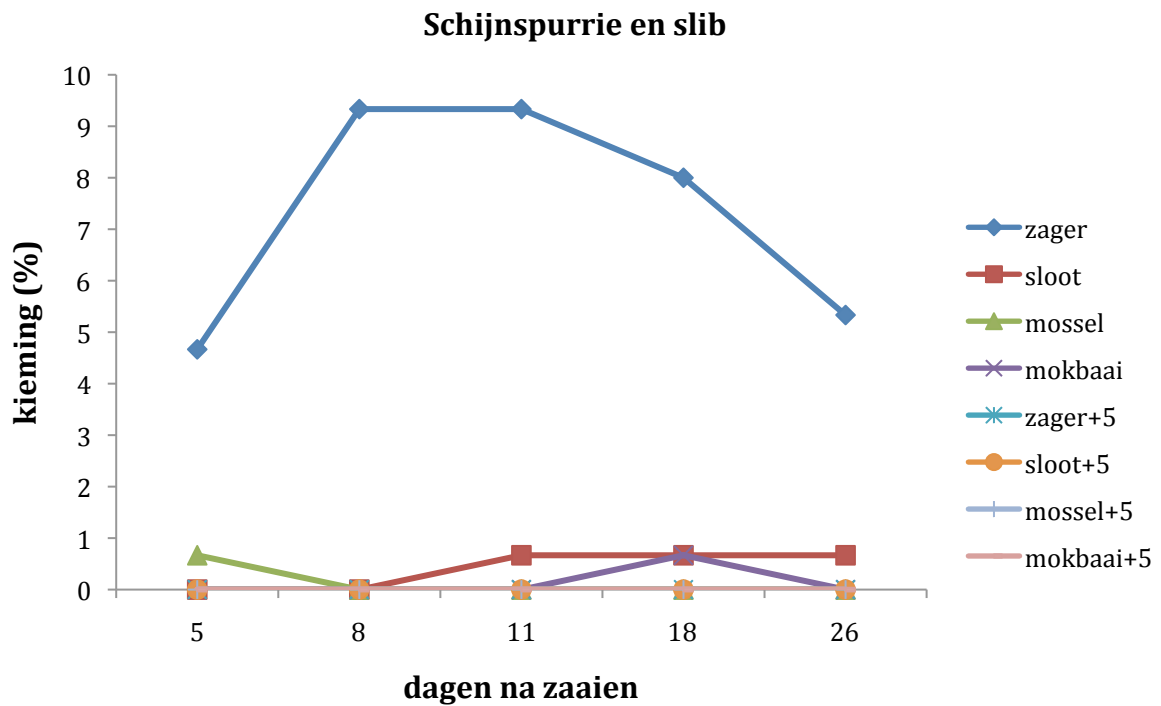
De resultaten van de kieming van Zilte schijnspurrie bij verschillende zoutconcentraties staan vermeld in Figuur 4. Het maximale kiemingspercentage dat is bereikt is gemiddeld 17 % (bij de 0 mM NaCl behandeling). De 5 replica's van deze behandeling lieten echter wel grote verschillen onderling zien. Zo was er bijvoorbeeld een petrischaal met 3 % en een petrischaal met 30 % kieming. Duidelijk is wel dat de zoutbehandelingen een grote invloed hebben op de kieming van schijnspurrie. In Figuur 6 is de kieming van de 0 mM NaCl weer als 100 % weergegeven. Bij de 100 mM NaCl behandeling is de kieming nog maar 27 % t.o.v. de 0 mM NaCl, bij 200 mM nog maar 19 % en bij 300 mM is de kieming 0 %. Door de grote spreiding in kieming binnen een behandeling zijn er echter geen significante verschillen waargenomen tussen de 0, 100, 200, 0+5 en 100+5 behandelingen. Een zaaidiepte van 5 mm op zand lijkt weinig effect te hebben.

De kieming van schijnspurrie op de verschillende slibsoorten is weergegeven in Figuur 5. Hier is te zien dat er alleen op zagerslib nog redelijke kieming is. Dit is ook de slibsoort met de laagste zoutconcentratie (16 dS/m, Tabel 1). Bij de andere slibsoorten is maximaal 1 kiemplantje waargenomen. Van de zaden die op 5 mm diepte zijn gezaaid is geen enkele kiemplant bovengronds waargenomen.

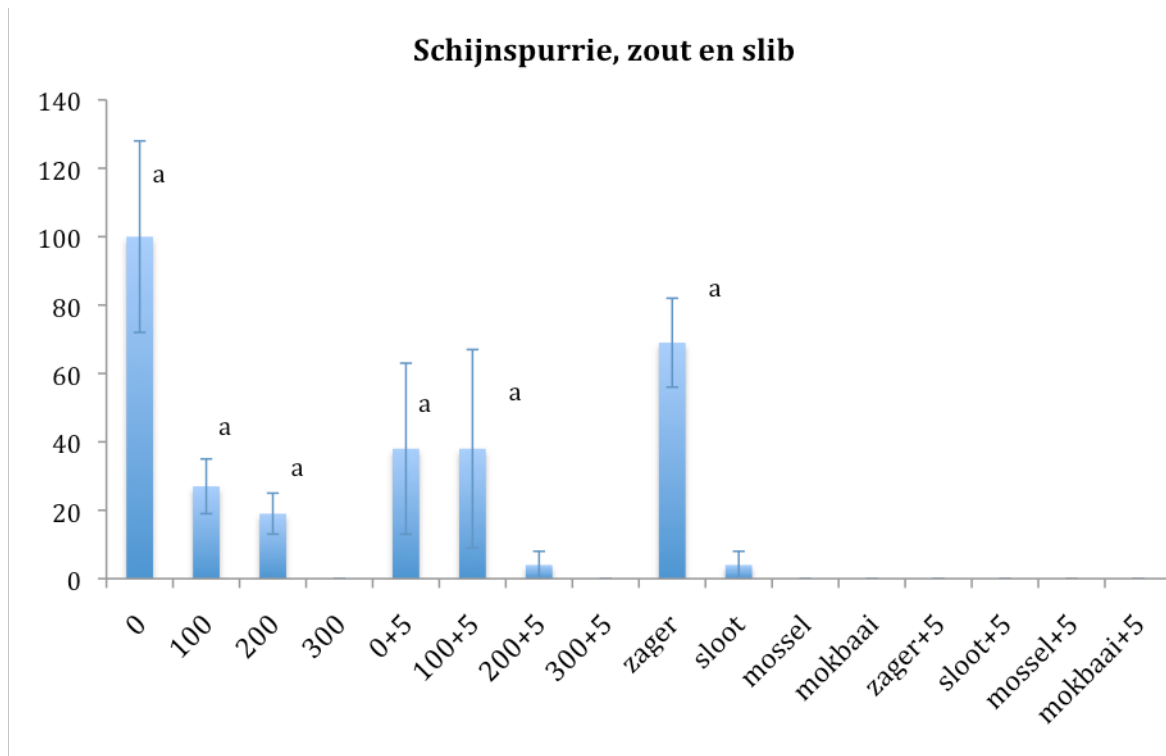
De kieming van Zeekraal en Zilte Schijnspurrie bij 0 mM NaCl is ook onderzocht door gebruik te maken van petrischalen (als extra controle). Ook hiervoor zijn 30 zaden van beide soorten samen gebruikt. Het kiemingspercentage van Zeekraal na 9 dagen was 82 %±8 s.e. (n=4), het kiemingspercentage van Zilte schijnspurrie was 26 %±6 s.e.



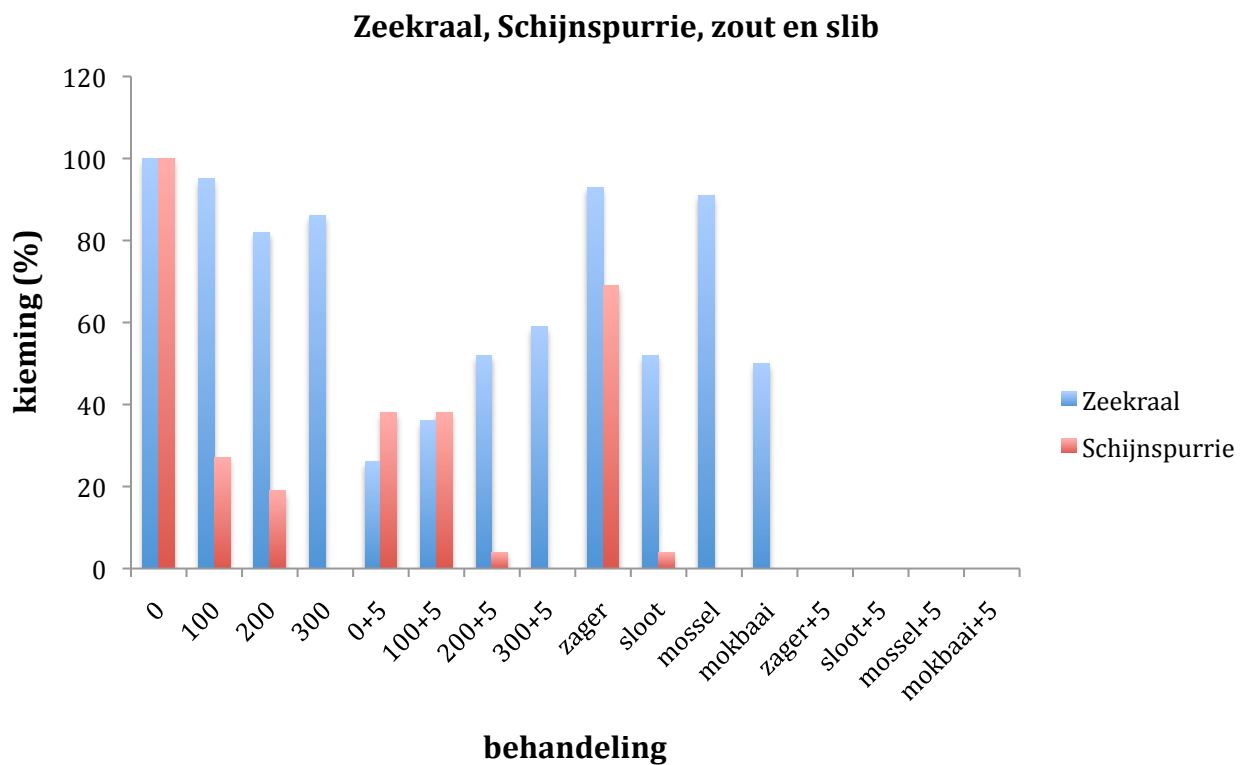
Figuur 4. De kieming van Schijnspurrie bij verschillende zoutconcentraties (0, 100, 200, 300 mM NaCl) gedurende 26 dagen na zaaien. De behandelingen bestonden daarnaast uit twee zaaidieptes (of bovenop of op 5 mm diepte (+5)). De proef is uitgevoerd op zand.



Figuur 5. De kieming van Schijnspurrie op slib gedurende 26 dagen na zaaien. De behandelingen bestonden uit 4 soorten slib (zager, sloot, mossel en mokbaai) en twee zaaidieptes (of bovenop of op 5 mm diepte (+5)). Zaaien op 5 mm diepte resulteerde in 0 % kieming bij alle 4 de soorten slib.



Figuur 6. De kieming van Schijnspurrie van alle behandelingen. Hier is het kiemingspercentage van de behandelingen weergegeven ten opzichte van de 0 mM NaCl (=100 % kieming) om zo een eventuele afname in kieming duidelijk weer te geven. Verschillende letters naast de kolommen geven een significant verschil tussen behandelingen weer ($P < 0.05$ Tukey's test, One-way ANOVA).



Figuur 7. De kieming van Zeekraal en Schijnspurrie van alle behandelingen. Hier is het kiemingspercentage van de behandelingen weergegeven ten opzichte van de 0 mM NaCl (=100 % kieming) om zo een eventuele afname in kieming duidelijk weer te geven.

Zeekraal, schijnspurrie, zout en slib

In Figuur 7 zijn de kiemingpercentages van alle behandelingen van zowel Zeekraal als Zilte schijnspurrie weergegeven. In deze overzichtsfiguur is goed te zien of er verschillen optreden tussen de kieming van Zeekraal en Zilte schijnspurrie bij dezelfde behandeling. Zo is te zien dat de grootste verschillen in kieming tussen Zeekraal en schijnspurrie optreden bij de zoutbehandeling 300 mM NaCl en de slibhandeling 'mossel'. Bij deze twee behandelingen is de kieming van Zeekraal nagenoeg maximaal en treedt er geen kieming op van schijnspurrie.

Discussie:

Er is om meerdere redenen gekozen om de proef in de 1 L transparante emmers uit te voeren. De eerste reden is om de zoutconcentratie (voor de zoutproef op zand) constant te houden tijdens de kiemproef. Als er water kan verdampen, kan ook de zoutconcentratie veranderen (als water verdampt worden de zouten meer geconcentreerd). Door gebruik te maken van de afgesloten emmers treedt er geen verdamping op en als er al verdamping op zou treden, dan wordt dit water snel aangevuld door capillaire opstijging. Hierdoor wordt een mogelijk optredend verschil in zoutconcentratie verminderd. Deze capillaire opstijging is niet mogelijk in petrischalen. Daarnaast was het ook de bedoeling dat na de kieming ook de eerste weken van groei gevolgd zou worden. Dit bleek echter niet goed te werken, mogelijk door de waterverzadigde omstandigheden. Er was gekozen om het zand te verzadigen met water om zo de zoutconcentratie zo goed mogelijk constant te houden en een goede kieming te krijgen. De kiemfase is goed verlopen, maar een verder groei was minimaal. Het is niet precies bekend waarom sommige kiemplanten afstierven, maar mogelijk is er door de waterverzadiging een zuurstof gebrek opgetreden. Op basis van de kiemingpercentages die zijn bereikt m.b.v. petrischalen, lijkt de kieming in de emmers maar net iets lager uit te pakken. De gekozen methode lijkt dus geschikt om de kieming te onderzoeken.

De kieming van Zeekraal in de emmers (op zand) lag maximaal rond de 68 %. Dit is vergelijkbaar met de 63 % kieming die is gerapporteerd door Ungar (1977). Deze percentages zijn beide onder zoete omstandigheden bereikt. Volgens Ungar (1977) loopt de kieming echter af tot 30 % bij 340 mM NaCl, terwijl de kieming bij 300 mM NaCl nog 55 % was in de hier beschreven proef. Het is niet uit te sluiten dat er een verschil in kieming optreedt tussen 300 en 340 mM NaCl. In een mogelijk vervolgonderzoek is het aan te raden om ook de kieming boven de 300 mM NaCl te onderzoeken.

Alhoewel de kieming van Zilte schijnspurrie bij 200 mM NaCl sterk is vermindert, kiemt nog altijd zo'n 20 % van de zaden. Aangezien schijnspurrie zeer veel zaad produceert en de planten aanzienlijk groter zijn dan de zeekraalplanten, is het dus goed denkbaar dat zelfs bij 200 mM NaCl schijnspurrie nog steeds overheerst. Om echt van schijnspurrie af te zijn, lijkt het noodzakelijk om zoute condities te hebben van 260 mM NaCl (op basis van de slibproef) of 300 mM NaCl (op basis van de 'zandproef'). Mogelijk is het lage kiemingspercentage van Zilte Schijnspurrie veroorzaakt kiemrust. Zaden die 4 weken gestratificeerd zijn bij 5 °C is, hebben een kiemingpercentage van 72 % terwijl niet-gestratificeerde zaden een kiemingpercentage van rond de 2 % hebben (Ungar, 1984) (zie Tabel 2). De zaden die

TABLE 2
SALINITY AND TEMPERATURE EFFECTS ON SEED GERMINATION AFTER 4 wk
AT VARIOUS TEMPERATURES IN LIGHT

NaCl (%)	TEMPERATURE (°C)						
	10	15	20	25	30	15/25	5/15
0.0:							
Unstratified . .	.0	.0	2.0±1.0	1.0±1.0	2.0±1.2	2.0±1.2	33.0±3.4
Stratified	28.0±3.6	42.0±8.2	72.0±2.9	62.0±6.9	44.0±8.5	72.0±4.3	71.0±4.2
1.0:							
Unstratified . .	.0	.0	.0	.0	.0	2.0±1.2	11.0±2.0
Stratified	2.0±1.2	8.0±5.4	6.0±1.2	2.0±1.2	.0	45.0±5.5	46.0±6.0
1.5:							
Unstratified . .	.0	1.0±1.0	.0	.0	.0	.0	4.0±1.6
Stratified	1.0±1.0	2.0±1.2	1.0±1.0	.0	.0	15.0±1.9	24.0±5.2

NOTE.—*Spergularia marina* seeds were either cold stratified for 4 wk or unstratified. Data = germination (% ± SE).

Afbeelding 2. Tabel uit Ungar (1984) met de resultaten van de kieming van Zilte Schijnspurrie van gestratificeerde en niet-gestratificeerde zaden bij verschillende temperaturen en zoutconcentraties.

gebruikt zijn voor dit experiment zijn aan het einde van de zomer / begin van het najaar van 2010 verzameld, gedroogd en bewaard bij kamertemperatuur. Bij de proef in de 'zandemmers' lag het maximale kiemingspercentage rond de 17 %, dus mogelijk heeft kiemrust een rol gespeeld. Aangezien er gemiddeld toch 17 % van de zaden zijn gekiemd en er ook petrischalen waren met een kiempercentage van 30 %, lijkt de mogelijke kiemrust dus maar gedeeltelijk aanwezig te zijn. Opvallend is dat de kieming van Zilte schijnspurrie bij een constante temperatuur gevoelig is voor zout, maar bij een wisselende temperatuur (5-15 en 15-25 °C nacht-dag) deze gevoeligheid grotendeels verdwijnt (Ungar, 1984; Tabel 2). In de hier beschreven proef was de temperatuur ingesteld op 15-25 °C nacht-dag dus een mogelijke verhoogde kieming onder zoute condities zou dan naar voren moeten komen. Alhoewel een maximale kieming van 17 % mogelijk niet optimaal is, zijn de relatieve verschillen tussen de behandelingen het meest belangrijk. Deze relatieve verschillen zijn duidelijk naar voren gekomen.

Er treden relatief grote verschillen op in de kieming van Zeekraal op slib. Zo is bv de zoutconcentratie en pH van het 'slootslib' en het 'mosselslib' vergelijkbaar, maar loopt de kieming toch zeer uiteen. Naast zout spelen mogelijk andere factoren, zoals structuur en samenstelling, een rol bij de kieming op slib.

In een pilot experiment was gekozen voor 4 mm zaaidiepte (op zand) en dit gaf geen verschil in kieming in vergelijking met de zaden die bovenop waren gezaaid. Dat er bij 5 mm grote verschillen binnen een behandeling zijn waargenomen duidt er op dat er rond de 4-5 mm een grens ligt waarbij de zaden nog net bovengronds kunnen komen. Ook de vertraging in (zichtbare) kieming duidt er op dat de zaden maar moeilijk kiemen als ze begraven zijn. Dit wordt verder onderbouwd door de waarneming dat er bij slib geen enkele kieming plaatsvindt als er op 5 mm diepte wordt gezaaid. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door de structuur van het slib.

Conclusies:

- * Het kiemingspercentage van Zeekraal bij 300 mM NaCl verschilt niet ten opzichte van 0 mM NaCl.
- * Het kiemingspercentage van Zilte schijnspurrie bij 300 mM NaCl is 0 %.
- * Bij een zaaidiepte van 5 mm op zand werd de maximale kieming van Zeekraal na 18 dagen bereikt in vergelijking met 8-11 dagen bij een zaaidiepte van 0 mm.
- * Bij een zaaidiepte van 5 mm (op zand) is het maximale kiemingspercentage 59 % en 38 % ten opzichte van een zaaidiepte van 0 mm voor Zeekraal en Zilte schijnspurrie, respectievelijk. Deze kiemingspercentages zijn niet significant verschillend.
- * Bij een zaaidiepte van 5 mm (op slib) is het kiemingspercentage van zowel Zeekraal als Zilte schijnspurrie 0 %.

Aanbevelingen:

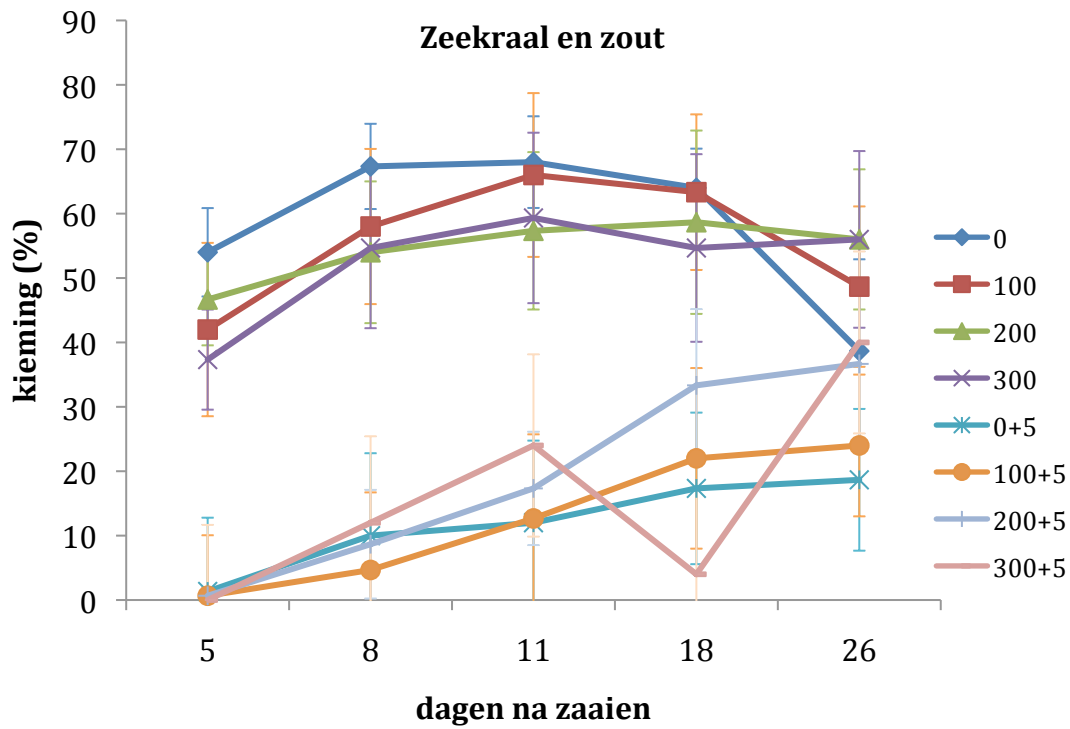
- * Voor maximale kieming is het aan te raden Zeekraal bovengronds te zaaien.
- * Maak gebruik van zout water (300 mM NaCl) voor de kiemfase. Bij deze zoutconcentratie neemt het kiemingspercentage van Zeekraal niet af terwijl het kiemingspercentage van Zilte schijnspurrie 0 % is.
- * Breng een sliblaag van minimaal 5 mm dikte op om te voorkomen dat de reeds aanwezige zaden van Zilte schijnspurrie zullen kiemen. Zeekraal kan vervolgens bovenop de sliblaag gezaaid worden.
- * Maak gebruik van gestratificeerde zaden (4 weken bij 5 °C, bv op nat filterpapier) van Zilte schijnspurrie voor vervolgonderzoek

Literatuur:

Ungar IA. 1977. Salinity, temperature and growth regulator effects on seed germination of *Salicornia europaea* L. *Aquatic Botany* 3, 329-335.

Ungar IA. 1984. Alleviation of seed dormancy in *Spergularia marina*. *Botanical Gazette* 145, 33-36.

Bijlage 1. De kieming van Zeekraal onder zoute condities op zand, in de tijd, dezelfde figuur als Figuur 1 maar nu met foutbalken (standaard error).



Bijlage 2. De kieming van Zeekraal op slib, dezelfde als in Figuur 2 maar nu met foutbalken (se).

