

Wisselteelt van zeekraal en zagers

Onderzoek naar de mogelijkheden van een wisselteeltsysteem tussen zeekraal (*Salicornia europaea*) en zagers (*Nereis virens*)

Onderzoeksrapport



Auteur: J. Schlahmilch 00040810

Plaats van uitgave: Vlissingen
Jaar van uitgave: 2012
Uitgevende organisatie: Hogeschool Zeeland

Geschreven in opdracht van: de Heerlijkheid van Wolphaartsdijk via Delta Academy; onderzoeksgroep Aquacultuur

Wisselteelt van zeekraal en zagers

Onderzoek naar de mogelijkheden van een wisselteeltsysteem tussen zeekraal (*Salicornia europaea*) en zagers (*Nereis virens*)

Onderzoeksrapport

Auteur: J. Schlahmilch 0040810

Opleiding: Aquatische Ecotechnologie

Onderwijsinstelling: Hogeschool Zeeland

Begeleiders: J. Heringa

J. v. Houcke

Datum: 03-02-2012

Plaats van uitgave: Vlissingen

Correspondentieadres: Postbus 364

4380 AJ Vlissingen

Tel. 0118 - 489000

Versienummer: 4.0

Geschreven in opdracht van: de Heerlijkheid van Wolphaartsdijk via Delta Academy; onderzoeksgroep Aquacultuur



Voorwoord

Het voor u liggende rapport vormt het resultaat van mijn stageonderzoek bij de onderzoeksgroep aquacultuur van de Delta Academy van de HZ University of Applied Sciences en is uitgevoerd in opdracht van de Heerlijkheid in Wolphaartsdijk. Het onderwerp betreft het onderzoeken van de mogelijkheden van een wisselteeltsysteem tussen zeekraal en zagers in een zagerkweekvijver. Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van de opleiding Aquatische Ecotechnologie.

Bij dezen wil ik H. Janse van de Heerlijkheid van Wolphaartsdijk bedanken voor het uitgebreide onderzoeksonderwerp met veel verschillende facetten en kansen voor praktisch onderzoek. Ik hoop dat de Heerlijkheid van Wolphaartsdijk goed gebruik kan maken van de resultaten.

Ten tweede wil ik ook mijn dank uitspreken aan An Decombel (WPIG) voor advies bij het opstarten van het experiment met zeekraal en het aanleveren van zeekraalzaad.

Daarnaast wil ik Stichting Innovatie Alliantie (SIA) bedanken voor financiële steun.

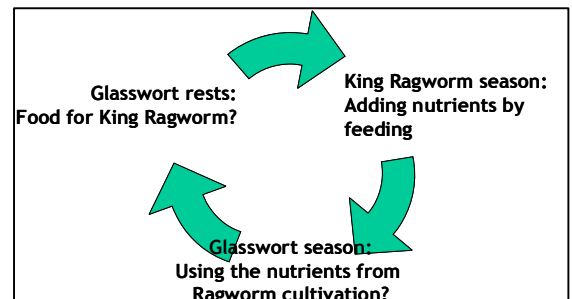
Voor de begeleiding van dit onderzoek wil ik mijn stagebegeleiders de heren J. van Houcke, J. Heringa en P.N.C. Vader bedanken.

Jasper Schlahmilch
Vlissingen, 18 januari 2012

Samenvatting

Inleiding

In 2006 is het akkerbouwbedrijf “de Heerlijkheid van Wolphaartsdijk” begonnen met het binnendijks kweken van zeekraal (*Salicornia europaea*). Daarnaast is eveneens in 2006 een kweekvijver (2000m²) voor zagers (*Nereis virens*) aangelegd. Beide teelten zijn seizoensgebonden. Het zagerbassin staat in de huidige situatie droog van januari tot april, dit wordt gedaan om ongewenste organismen te elimineren. Om het gebruik van het grondoppervlak te optimaliseren en voedingsstoffen te recyclen (zie figuur 1), is de opdrachtgever geïnteresseerd in de mogelijkheden van een wisselteeltsysteem waarin de teelt van zeekraal en zagers afgewisseld worden in het zagerbassin. Dit kan door het zeekraalseizoen in te korten of licht te vervroegen ten opzichte van zeekraalteelt in de volle grond en het zagerseizoen later te beginnen met wat oudere pootzagers in plaats van “zagerzaad”. Een andere mogelijkheid is een jaarlijkse afwisseling van teelten om toch een volledig seizoen per teelt te houden, maar nog steeds gebruik te maken van hergebruik van voedingsstoffen.



Figuur 1.: Concept van recycling van nutriënten bij een wisselteeltsysteem van zeekraal en zagers in een zager kweek bassin

Dit onderzoek is de eerste stap in de ontwikkeling van dit type wisselteelt. Er was een praktische aanpak nodig om fundamentele vragen op te lossen over hoe de teelt van beide producten elkaar beïnvloeden wanneer gebruik gemaakt wordt van wisselteelt in één systeem.

Centrale vraag:

Hoe beïnvloeden de teelten van zagers (*Nereis virens*) en zeekraal (*Salicornia europaea*) elkaar wanneer deze seizoensgewijs afgewisseld worden in een zager kweekvijver?

Methode

Om de centrale vraag te onderzoeken zijn, door middel van experimenten op schaalniveau, twee belangrijke fasen in de afwisseling van de teelt van zagers en zeekraal nagebootst. De eerste fase representeert het zeekraalseizoen in een zagerbassin waarbij grond uit de bestaande zagervijver is gebruikt. In de tweede fase is onderzoek gedaan naar het moment van omschakelen van zeekraalteelt naar zagerkweek. In de zeekraalfase is onderzoek gedaan naar de kieming en groei van zeekraal, het managen van zoutconcentratie door middel van irrigatie, bemesting en de invloed van inundatie van zeekraal door een regenbui. In de zagerfase is onderzoek gedaan naar de consumptie van zeekraal door zagers (literatuur ondersteund dat vooral jonge zagers deels herbivoor zijn) en de afbraak van zeekraal in een met zout water gevuld systeem.

Resultaten en discussie

Saliniteit

Gedurende het experiment in de zeekraalfase was de oplopende zoutconcentratie als gevolg van zoute irrigatie aangemerkt als de belangrijkste parameter, dit vanwege de manier waarop het zager kweek bassin is gebouwd. Een zagerbassin bestaat uit kleine aarden wallen van zo'n 60cm hoog met een waterdicht folie ertussen. In het bassin ligt een laag van 15 cm zand, waarin de wormen leven. Boven het zand staat in het zagerseizoen 30 cm zout water. Omdat het zagerbassin een klein en “afgesloten” systeem is zonder drainage, waarbij water alleen het systeem kan verlaten door verdamping waarbij zout achterblijft in de bodem, resulteert zoute irrigatie in een snelle ophoping van zout in de bodem. Een extreme toename van zout heeft een negatieve invloed op de kwaliteit en groei van zeekraal. In het experiment is een lineaire toename van zout tot een maximum van 52 g/l gemeten in het bodemvocht. De kwaliteit en opbrengst van de zeekraal zijn door deze hoge zoutconcentratie negatief beïnvloed. De saliniteit dient gemanaged te worden door irrigatie met zoet water. Verder onderzoek naar de opname van zout door zeekraal en uitspoeling van zouten in de bodem is nodig, zodat irrigatie regimes ontwikkeld kunnen worden waarbij de ophoping van zouten in de bodem tot een minimum beperkt worden. Ook zou de integratie van een drainage systeem kunnen helpen met de afvoer van zout water uit het systeem.

Bemesting

Na de eerste oogst van zeekraal (5 weken na de zaaiing, 1237g zeekraal geoogst van 2m²) is een experiment uitgevoerd om de voordelen van aanvullende bemesting op de kwaliteit en opbrengst van zeekraal te onderzoeken. Hiervoor is 1m² van een zeekraalveld (2m²) bemest met 100 g ureumbemesting (80% stikstof). Het ureum in korrelvorm is handmatig zo gelijkmatig mogelijk uitgestrooid. De groei en kwaliteit van zeekraal is gedurende 38 dagen gemonitord. Vier dagen na de bemesting met ureum was ongeveer 30% van de zeekraalplanten verbrand door een lokaal overschot aan stikstof. De overlevende planten hadden wel baat bij de bemesting, zowel op het gebied van kwaliteit als de opbrengst. De bemeste planten waren donkerder van kleur, dikker, vaker vertakt en de mate van verhouten was minder dan bij de eerste oogst en in vergelijking met het onbemeste deel. Qua smaak zijn de planten duidelijk minder zout en sappiger dan de onbemeste planten. Naast de kwaliteit was ook de opbrengst van de bemeste helft groter met 1891 g/m² tegen 1327 g/m² in het onbemeste deel, zelfs na het verbranden van 30% van de zeekraal. De minder zoute smaak van bemeste zeekraal is interessant omdat de saliniteit in de bodem ook is afgenomen in de bemeste helft van het veld. De afname van zout in de bodem en zeekraal kan misschien verklaard worden door een verhoogde opname van zout door zeekraal, maar alleen wanneer zeekraal in verhouding ook meer water opnam (dit is mogelijk omdat op dit moment alleen nog zoete irrigatie werd toegepast). Deze theorie is echter niet bewezen. De zoutopname door zeekraal moet verder onderzocht worden maar het experiment lijkt aan te duiden dat bemesting zeekraal kan helpen met het omgaan met verhoogde zoutconcentraties.

Groei van zagers op een dieet van zeekraal

In de zagerfase zijn experimenten gedaan naar de groei van zagers op een dieet van uitsluitend zeekraal en vergeleken met de groei op regulier voer (forellen voer in korrelvorm) dat momenteel gebruikt wordt bij de kweek van zagers. Een experiment is uitgevoerd naar de groei van zagers van verschillende grootte (klein <10 cm; groot >12 cm) op een dieet van zeekraal. De blanco ontvangt het reguliere voer (forellen korrels). Het aangehouden voerregime komt (net als in de praktijk) neer op een hoeveelheid voer (DW) die overeenkomt met 1% van het totale nat gewicht (WW) van de zagers per dag. Dit percentage is ook aangehouden voor zeekraal waarvan het drooggewicht 8,2% bedraagt. Na 7 weken voeren zijn de zagers gewogen om de groei te kunnen bepalen. De groei op het reguliere voer bedraagt uiteindelijk 27,92%. Kleine zagers op een dieet van zeekraal benaderen dit met een uiteindelijke gewichtstoename van 25,19%. Grote zager blijven achter met 4,53% groei. In een tweede experiment is gekeken naar de consumptie van zeekraal wanneer dit in de vorm van een hele plant wordt aangeboden. Het was duidelijk dat alleen de groene delen van zeekraal geconsumeerd worden. De houten delen blijven achter en kunnen een probleem vormen voor de oogstmachine voor zagers.

Conclusies

De resultaten zijn veelbelovend, zeekraal kiemt en groeit in een zagerbassin maar additionele bemesting geeft een verbetering van kwaliteit en een verhoogde opbrengst. Verzilting is een belangrijke factor om te monitoren en te managen. Saliniteit loopt snel op in een gesloten systeem, dit moet gemanaged worden door irrigatie met zoet water. Verder onderzoek naar de opname van zout door zeekraal en uitspoeling van zouten in de bodem is nodig, zodat irrigatie regimes ontwikkeld kunnen worden waarbij de ophoping van zouten in de bodem tot een minimum beperkt worden. Ook zou de integratie van een drainage systeem kunnen helpen met de afvoer van zout water uit het systeem. Daarnaast kan bemesting zeekraal misschien helpen met het omgaan met sterk verhoogde zoutconcentraties als gevolg van zoute irrigatie. Zagers consumeren alleen groene delen van de zeekraal en vooral kleine zagers laten een acceptabele groei zien op een dieet van zeekraal. Dit is gunstig omdat zeekraal bij de omschakeling van teelten aangeboden zou worden aan kleine zagers. Hoewel de groei niet gelijk is aan de groei op het reguliere voer kan een dieet van zeekraal misschien aangevuld worden met verminderde hoeveelheden regulier voer.

Summary

Introduction

In 2006 the agricultural company “de Heerlijkheid van Wolphaartsdijk” started inland cultivation Common glasswort (*Salicornia europaea*). In addition, there was also a cultivation basin (2000m²) constructed for King Ragworm (*Nereis virens*). Both types of cultivation are season bound. The basin for ragworms stands dry from January until April, this is done to eliminate unwanted organisms in the system. To optimize ground surface and recycle nutrients in the ragworm basin (see figure 1), the Heerlijkheid van Wolphaartsdijk is interested in the possibilities of implementing crop rotation of King Ragworm and Common glasswort. This could be done by shortening the glasswort season (in comparison to glasswort cultivation in the field) and shifting the ragworm cultivation to later in the season, starting with ragworm fry instead of ragworm “seed”. Another option could be the application of a yearly crop rotation to achieve the full cycles of both crops, but still take advantage of the recycling of nutrients.

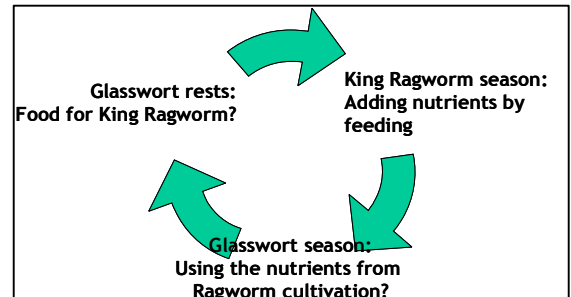


Figure 1.: Concept of recycling nutrients with crop rotation between glasswort and king ragworm in a ragworm cultivation basin

This research being a very first step into this type of crop rotation, a very practical approach was needed to solve basic questions about the influences that the cultivation of both crops in one system can have on each other.

Research question:

How do the cultivation of King Ragworm (*Nereis virens*) and Common Glasswort (*Salicornia europaea*) affect each other when these are combined in a crop rotation system in a ragworm cultivation basin?

Method

To study the complex interplay of the two cultivations in one system, two important phases have been replicated in several systems. The first phase was replicating the glasswort season in a scaled down version of a ragworm cultivation basin using actual soil from a basin in use. The other phase replicated the transition to a ragworm season after the cultivation of glasswort. In the glasswort phase, research was done to the germination and growth of glasswort, the managing of salinity by irrigation, fertilization and the influence of rain on glasswort. In the ragworm phase, research was done to the consumption of glasswort by ragworms (literature supports the idea of ragworms, especially younger ones, being partly herbivorous) and the decay of glasswort in an inundated system.

Results and discussion

Salinity

During the experiment in the glasswort system, the increase in salinity has been marked as the most important parameter because of the structure of a ragworm basin. A ragworm basin, as used by the Heerlijkheid van Wolphaartsdijk, is constructed of low embankment's (60cm) and lined with an impermeable foil for waterproofing. The soil in the basin consists of a 15 cm layer of sand. Because the basin is a small “closed” system without drainage, water can only leave the system by evaporation (leaving salt behind), resulting in a fast build up of salt in the soil. The increase of bottom salinity will affect the quality and growth of glasswort. After the start with saline irrigation (29 g/l) a linear increase in salinity to a maximum of 52 g/l in 28 days was measured in the experiment. The quality and yield of glasswort were negatively affected by this high salinity. Salinity must be managed by fresh water irrigation. Further research to the uptake of salt by glasswort and the infiltration of salt in soil is needed so irrigation regimes can be developed which ensure that increase of soil salinity will be kept to a minimum. Also the integration of a drainage system may help by removing salt water from the soil in the ragworm basin.

Fertilization

After the first harvest (5 weeks after sowing, producing 1237g of glasswort product on 2m²) an experiment was started with the intention to research the benefits of fertilization on the quantity and quality of glasswort. Therefore half of a field (1m²) was enriched with 100 grams of urea fertilizer (80% nitrogen) spread by hand as evenly as possible. Growth and quality was monitored during 38 days. Four days after the application of urea about 30% plants were burnt by a local overdose of nitrogen. The plants that survived had a benefit from the extra nutrients in both quality and yield. The plants in the fertilized half of the field had a darker and greener color, less wooden fibers, tasted less salt, were more moist and had an overall healthier look. Besides the quality, the total yield of the fertilized part was larger with 1891 g/m² against 1327 g/m² in the other half of the field, even after the burning of a significant number of plants. The reduced salty taste is interesting because the salinity of the soil also showed a significant decrease in the fertilized half of the field. This may be explained by the increased uptake of salt by glasswort and an even higher uptake of water (irrigation regime of only fresh water at this moment) but this theory was not confirmed. The salt uptake by glasswort needs further research but the experiment seems to show that fertilization can help glasswort to cope with high salinity environments.

Growth of ragworms on a diet of glasswort

In the ragworm phase experiments were conducted with ragworms on a diet of exclusively glasswort compared to the regular trout feed used in cultivation of ragworms. One experiment was done to the growth of ragworms of different sizes (small <10 cm; large >12 cm) on a diet of glasswort. The feeding quantity was based on the amount of dry matter of the feed. Glasswort contains 8,2% of dry weight (DW). The feeding quantity in DW was equal to 1% of the total wet weight (WW) of ragworms per day, based on the regime used for regular feed. The control received 1% body weight in regular feed per day. After 7 weeks of feeding the ragworms are weighed to determine growth. The control showed an increase of 27,92% in body weight. Small ragworms (<10 cm) on a diet of glasswort showed a growth of 25,19% and large (>12 cm) showed 4,53% increase in body mass. In a second experiment with whole plants as a food source, it was evident that only green parts of glasswort are consumed by ragworms. Wooden rests are not consumed and are a potential problem for the harvesting machine for ragworms.

Conclusions

Results are promising, glasswort germinates and grows in a ragworm basin but extra fertilization gives substantially better yield and better product quality. Salinization is an important factor to monitor and manage. Salinity will climb fast in a closed system, this must be managed by fresh water irrigation. Further research to the uptake of salt by glasswort is needed so irrigation regimes can be developed which ensure that the increase of soil salinity will be kept to a minimum. Also the integration of a drainage system may help by removing salt water from the system. In addition fertilization can possibly help glasswort to cope with strongly increased salinity resulting from irrigation with salt water. Ragworms will only consume green parts of glasswort and especially small ragworms will grow well on a diet of glasswort, although it is not as good and complete of a feed as the regular trout feed. Glasswort can be used as a feed for small ragworms in the beginning of the season, maybe in combination with less amounts of regular feed.

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	i
Samenvatting	ii
Summary	iii
1. Inleiding.....	1
1.1 Achtergronden	1
1.2 Onderzoeksvragen.....	3
<i>Centrale vraag</i>	3
<i>Deelvragen</i>	3
2. Literatuuronderzoek naar omgevingseisen en voedingstoffen voor zeekraal- en zagerteelt	5
2.1 Kortarige zeekraal.....	5
2.2 Zagers	7
3. Experiment naar de kieming en groei van zeekraal in een zagervijver.....	8
3.1 Experimentele opzet	8
3.2 Experimenteel verloop	9
3.3 Metingen	10
3.4 Resultaten	11
3.5 Conclusie en discussie.....	12
4. Experiment naar de invloed van bemesting op zeekraalgroei.....	14
4.1 Experimentele opzet	14
4.2 Metingen	14
4.3 Resultaten	15
4.4 Conclusie en discussie.....	17
5. Experiment naar de mogelijkheden van zeekraal als voedsel voor zagers.....	19
5.1 Experimentele opzet	19
5.2 Experimenteel verloop	20
5.3 Metingen	21
5.4 Resultaten	22
5.5 Conclusie en discussie.....	25
6. Experiment naar zeekraal als zagervoedsel met intacte planten geworteld in de bodem van een zagervijver	26
6.1 Experimentele opzet	26
6.2 Metingen	27
6.3 Resultaten	27
6.4 Conclusie en discussie.....	29
7. Experiment naar de effecten van inundatie zeekraalveld bij wisseling van zeekraalteelt naar zagerteelt	30
7.1 Experimentele opzet	30
7.2 Experimenteel verloop	31
7.3 Metingen	31
7.4 Resultaten afbraak van afgemaaide zeekraal.....	32
7.5 Resultaten afbraak van staande zeekraal als hele plant.....	34
7.6 Conclusie en discussie.....	35

8. Experiment naar de effecten van een plotselinge overvloed van zoet water op zeekraal als gevolg van een regenbui	37
8.1 Experimentele opzet	37
8.2 Metingen	37
8.3 Resultaten	38
8.4 Conclusie en Discussie.....	39
9. Algemene conclusie en discussie	40
10. Aanbevelingen	41
Referenties.....	42

Bijlage I: Protocol voor het maken van een bodemextract

Bijlage II: Protocol NO₃⁻ bepaling in zout water

Bijlage III: Protocol organische stof gehalte in een grondmonster bepalen

Bijlage IV: Fotografisch overzicht zeekraalveld tijdens experimenten

Bijlage VI. Kiemproeven
 Experimentele opzet
 Methode
 Resultaten
 Conclusie en discussie

Bijlage VII: Nutriëntenlading van het gebruikte grondwater van het SEA-Lab

Bijlage VIII: pH metingen in zagerexperiment: Experiment naar de mogelijkheden van zeekraal als voedsel voor zagers van verschillende grootte

Bijlage IX: Resultaten pH metingen in experiment:
 Effecten van inundatie zeekraalveld bij wisseling van teelt

Bijlage X: Resultaten nutriënten meting P-PO₄ in experiment:
 Effecten van inundatie zeekraalveld bij wisseling van teelt

1. Inleiding

1.1 Achtergronden

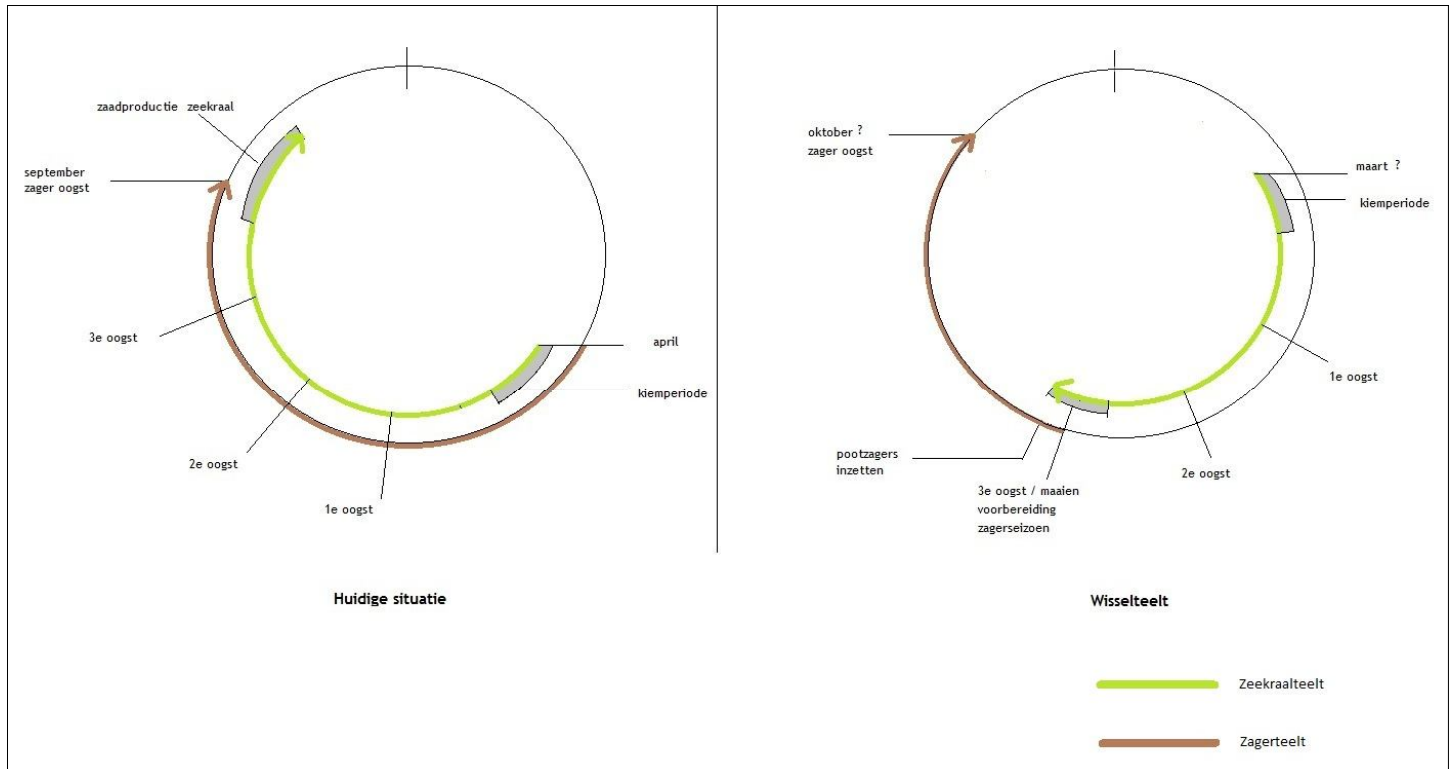
Sinds 2004 wordt er weer zout water ingelaten in het Veerse Meer vanuit de Oosterschelde. Het Veerse Meer moet hierdoor weer helder en schoon worden. Deze -op zich- positieve overheidsmaatregel veroorzaakte al snel problemen met verzilting voor de aan het Veerse Meer gelegen akkerbouwbedrijven. Het inlaten van zout water in het Veerse Meer heeft waarschijnlijk een vergrotend effect op de zoute kwel. De zoute kwel staat op bepaalde plaatsen al 30 centimeter onder het maaiveld. Het akkerbouwbedrijf van familie Janse te Wolphaartsdijk (de Heerlijkheid van Wolphaartsdijk) heeft vanwege de merkbare negatieve effecten op de gebruikelijke gewassen als aardappelen, graan, graszaad en suikerbieten besloten een deel van het land te gebruiken voor kortarige zeekraal teelt (*Salicornia europaea*) en, in samenwerking met Topsy Baits te Wilhelminadorp, een bassin voor zagerkweek (*Nereis virens*) in te richten.

In 2006 is het akkerbouwbedrijf begonnen met het binnendijks kweken van zeekraal. Daarnaast is eveneens in 2006 een kweekvijver voor zagers aangelegd. De kweekvijver is opgebouwd uit kleine aarden wallen van zo'n 60cm hoog met folie ertussen. In het bassin ligt een laag van 15 cm zand, waarin de wormen leven. Boven het zand staat 30 cm zout water. Oorspronkelijk is het project gestart als pilot voor de productie van vismeelvrij visvoer ten behoeve van de aquacultuursector en een klein deel is levend bestemd voor de hengelsport. Zeekraal wordt geproduceerd voor menselijke consumptie. Dit gebeurt op een voormalig graan- en aardappelperceel. Voor het kiemen van zeekraalzaad wordt het met zoet water in contact gebracht. Na het kiemen wordt alleen nog zout water uit het Veerse meer toegediend via sproei en druppelinstallaties. Dit water wordt ook gebruikt voor de zagervijver. Voor zeekraal is inmiddels 5000m² grond in gebruik, het zagerbassin neemt 2000m² in beslag. De initiatiefnemer is geïnteresseerd in de mogelijkheid om de teelt van zagers seizoensgewijs af te wisselen met de teelt van zeekraal in het zagerbassin.

Het idee van wisselteelt tussen zeekraal en zagers in een zagerkweek systeem is een nieuw initiatief. Zagerkweek vindt plaats van april tot en met september. Momenteel staat de aanwezige zagervijver buiten het kweekseizoen van januari tot april droog om ongewenste organismen in de bodem te elimineren. Tijdens deze droge periode wordt dit grondoppervlak niet benut. Het concept van wisselteelt is interessant vanwege een efficiënter gebruik ("jaarrond") van het grondoppervlak. Door de verschillende teelten af te wisselen zou het dus mogelijk zijn de opbrengst van het land te verhogen. Daarnaast kunnen zich theoretisch een aantal positieve effecten voordoen: ten eerste is het slib uit het bassin voedselrijk door de teelt van zagers. In de huidige zagervijver worden de zagers gevoerd met commercieel forellenvoer in korrelvorm. De uitwerpselen van de zagers die bij de zagerteelt in de bodem terecht komen, kunnen dienen als mest voor plantenteelt het seizoen daarop. Dit zorgt voor een efficiënter (her)gebruik van nutriënten. Ten tweede ondervindt de zeekraal op het land buiten het zagerkweek bassin veel concurrentie van zouttolerante onkruidsoorten. Doordat de grond tijdens het zagerseizoen onder water gezet wordt, is de verwachting dat dit de zaadsporen van het onkruid inactief maakt. Hierdoor zou dus de onkruiddruk tijdens het zeekraalseizoen aanzienlijk verminderen. Als derde zouden de zeekraalresten aan het eind van het groeiseizoen weer kunnen dienen als gedeeltelijke voedselvoorziening voor jonge zagers.

De initiatiefnemer is met name geïnteresseerd in hoe de ene teelt de andere positief kan beïnvloeden. Dit gaat bijvoorbeeld om de praktische uitvoerbaarheid, optimalisatiemogelijkheden met betrekking tot de cyclus voor de afwisseling van teelten, opbrengsten van beide producten, fysische samenstelling van bodem en water, invloeden van buitenaf op een klein systeem (bv. regenbui of onderdrukking van onkruid), voerregime en oogstmethoden. Uit deze vragen is een selectie gemaakt voor experimenten om zo variabelen te kunnen isoleren. Omdat in de huidige situatie een overlap bestaat tussen het zeekraalseizoen en het zagerseizoen (zie figuur 1) is het misschien nodig om het zagerseizoen later te starten met wat oudere pootzagers in plaats van zagerbroed. Een tweede mogelijkheid is het jaarlijks afwisselen van de teelten, waarmee de jaarlijkse cyclus met zeekraalseizoen en zagerseizoen komt te vervallen maar waardoor andere voordelen nog steeds kunnen optreden.

In dit onderzoek is met experimenten op schaalniveau gekeken naar de geschiktheid van een zagervijver voor de kweek van zeekraal buiten het zagerseizoen. Er wordt gefocust op de bodemsamenstelling in de zagervijver, de benutting van nutriënten die aanwezig zijn in het systeem of van bemesting, de mogelijkheid van zeekraal als zagervoedsel en de effecten van inundatie van het systeem bij de overgang van zeekraalteelt naar zagerkweek. Aan de hand van dit onderzoek zullen aanbevelingen gedaan worden voor de opdrachtgever. Deze aanbevelingen zullen worden ondergebracht in aanbevelingen voor de vertaling naar de praktijk, en aanbevelingen voor verder onderzoek dat nodig is om tot een succesvolle wisselteelt systeem te komen.



Figuur 1. Overzicht jaarplanning van de teelt van zeekraal en de teelt van zagers huidige situatie en bij invoer van wisselteelt

1.2 Onderzoeksvragen

Om de onderzoeksvragen van de opdrachtgever te verduidelijken is in eerste instantie de centrale vraag door middel van een opdrachtanalyse (zie figuur 2) uiteengezet in vijf thema's. Deze thema's hebben ieder hun eigen deelvragen. Zoals te zien is in figuur 2 zijn de thema's nauw met elkaar verbonden maar toch opgesplitst om zo de complexe centrale vraag te kunnen beantwoorden. Niet alle deelvragen uit figuur 2 zijn volledig behandeld in dit onderzoek.

Centrale vraag

Hoe beïnvloeden de teelten van zagers (*Nereis virens*) en zee kraal (*Salicornia europaea*) elkaar wanneer deze seizoensgewijs afgewisseld worden in een zager kweekvijver?

Deelvragen

De centrale vraag is opgedeeld in vijf verschillende thema's (zie fig. 1). Bij ieder thema zijn verschillende deelvragen geformuleerd. Er is onderscheid gemaakt tussen:

1. Het systeem, om aan te geven aan welke specifieke eigenschappen het systeem moet voldoen en op welke manier het systeem het beste functioneert.
2. Het voerregime, om te onderzoeken of wisselteelt een aangepast voer/bemesting regime vraagt.
3. De externe invloeden, om te onderzoeken in hoeverre externe factoren invloed hebben op het systeem en hoe wisselteelt omgaat met deze factoren.
4. De kwaliteit van de producten
5. De opbrengsten, om te onderzoeken hoe kosten en opbrengsten zich verhouden tot enkele seizoensgebonden teelt voor beide producten.

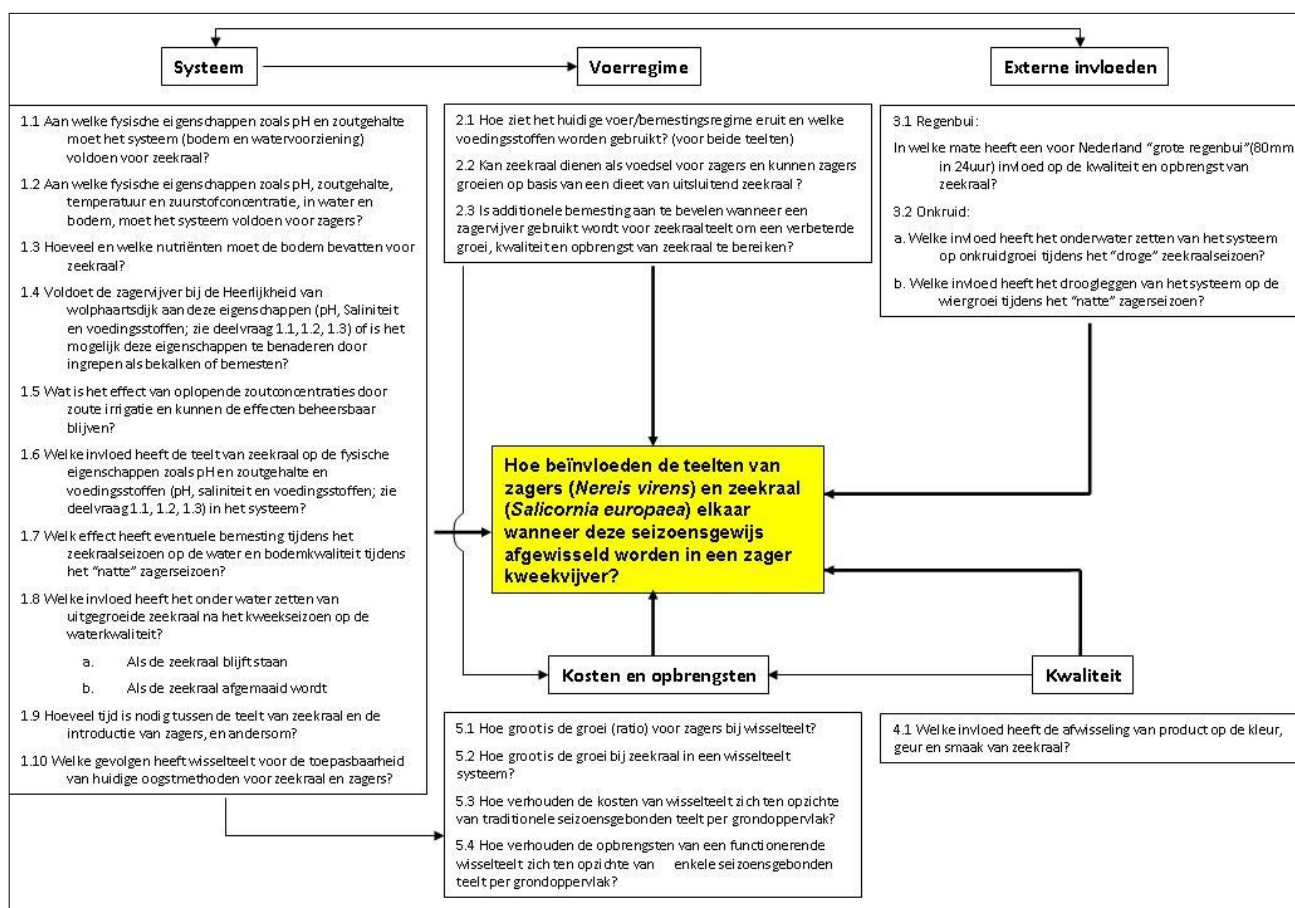


Fig. 2. Schematische weergave van de opdrachtanalyse met deelvragen

De deelvragen die onderzocht zijn in dit onderzoek staan hieronder aangegeven. Er wordt onderscheidt gemaakt tussen literatuuronderzoek en experimenteel onderzoek als methode voor de beantwoording van de deelvragen:

1. Het systeem

Literatuuronderzoek:

1.1 Aan welke fysische eigenschappen zoals pH en zoutgehalte moet de leefomgeving (bodem en watervoorziening) voldoen voor zeekraal?

1.2 Aan welke fysische eigenschappen zoals pH, zoutgehalte, temperatuur en zuurstofconcentratie, in water en bodem, moet de leefomgeving voldoen voor zagers?

1.3 Hoeveel en welke nutriënten moet de bodem bevatten voor zeekraal?

Experimenteel:

1.4 Voldoet de zagervijver bij de Heerlijkheid van Wolphaartsdijk aan deze eigenschappen (pH, saliniteit en voedingsstoffen; zie deelvraag 1.1, 1.2, 1.3) of is het mogelijk deze eigenschappen te benaderen door ingrepen als bekalken of bemesten?

1.5 Wat is het effect van oplopende zoutconcentraties door zoute irrigatie op de groei en conditie van zeekraal en kunnen de effecten beheersbaar blijven?

1.6 Welke invloed heeft de teelt van zeekraal op de fysische eigenschappen zoals pH en zoutgehalte en voedingsstoffen (pH, saliniteit en voedingsstoffen; zie deelvraag 1.1, 1.2, 1.3) in het systeem?

1.8 Welke invloed heeft het onder water zetten van uitgegroeide zeekraal na het kweekseizoen op de waterkwaliteit?

- a. Als de zeekraal blijft staan
- b. Als de zeekraal afgemaaid wordt

2. Het voerregime

Literatuuronderzoek:

2.1 Hoe ziet het huidige voer/bemestingsregime eruit en welke voedingsstoffen worden gebruikt? (voor beide teelten)

Experimenteel:

2.2 Kan zeekraal dienen als voedsel voor zagers en kunnen zagers groeien op basis van een dieet van uitsluitend zeekraal?

2.3 Is additionele bemesting aan te bevelen wanneer een zagervijver gebruikt wordt voor zeekraalteelt om een verbeterde groei, kwaliteit en opbrengst van zeekraal te bereiken?

3. Externe invloeden

Experimenteel:

3.1 In welke mate heeft een voor Nederland "grote regenbui" (80mm in 24uur) invloed op de kwaliteit en opbrengst van zeekraal?

2. Literatuuronderzoek naar omgevingseisen en voedingsstoffen voor zeekraal- en zagerteelt

Voor de start van de experimenten is literatuuronderzoek gedaan naar de voorwaarden die zeekraal en zagers stellen aan hun leefomgeving. Daarnaast is bij experts op het gebied van zeekraalteelt en zagerkweek nagegaan aan welke eisen kweeksystemen dienen te voldoen en hoe deze gehandhaafd kunnen worden. Hiermee zijn de volgende deelvragen te beantwoorden:

1.1 Aan welke fysische eigenschappen zoals pH en zoutgehalte moet de leefomgeving (bodem en watervoorziening) voldoen voor zeekraal?

1.2 Aan welke fysische eigenschappen zoals pH, zoutgehalte, temperatuur, zuurstofconcentratie in water en bodem moet het systeem voldoen voor zagers?

1.3 Hoeveel en welke nutriënten moet de bodem bevatten voor zeekraal?

2.1 Hoe ziet het huidige voer/bemestingsregime eruit en welke voedingsstoffen worden gebruikt? (voor beide teelten)

De eisen en voorwaarden die naar voren komen in het literatuuronderzoek zijn doorgevoerd, aangehouden en gemonitord tijdens de experimenten.

2.1 Kortarige zeekraal

Kortarige zeekraal (*Salicornia europaea* synoniem: *Salicornia brachystachya*) is een eenjarige plant uit de amarantenfamilie (Amaranthaceae). Het habitatype betreft pionierbegroeiingen op zilte gronden in het kustgebied, zowel buiten- als binnendijs. Zilte pionierbegroeiingen komen voor op plekken waar overstroming met zout water zorgt voor dynamische en open standplaatsen. Zeekraal is een pionier en is de meest zouttolerante plant. De plant wordt 2-30 cm hoog en heeft een meestal vertakte stengel. De vlezige bladeren zijn paarsgewijs met elkaar en de stengel vergroeid tot leden. De plant verkleurt in de herfst vaak helderrood tot donkerrood. Kortarige zeekraal bloeit van juli tot oktober (wikipedia, febr. 2011).

Het zeekraalseizoen voor consumptie loopt van april tot half september, voor de zaadproductie blijft de zeekraal tot eind november staan. Tijdens de oogst worden de eetbare delen afgesneden, de houtige stengel blijft staan. Ook wordt tijdens het snijseizoen bemest met ureum, dit helpt bij de groei en het behouden van een mooie groene kleur (persoonlijke communicatie H. Janse, febr. 2010).

Voor de kieming van zeekraal heeft het zaad zoet water nodig. Uit de resultaten van een onderzoek naar de invloed van temperatuur en saliniteit op de kieming van o.a. zeekraalzaad (Ungar, 1967) blijkt dat de kieming van zeekraal het best verloopt bij een zo laag mogelijke saliniteit (0,0%) en een temperatuur van 32°C (zie figuur 3). De kieming neemt af naarmate de saliniteit toeneemt en de temperatuur afneemt. Bij het kweken van zeekraal vindt in de praktijk eerst zoete irrigatie plaats voor de ontkieming van het zaad, wanneer de plantjes een grootte van twee à drie centimeter hebben bereikt wordt begonnen met zoute irrigatie (32 g/l). De resultaten van de kieming van *Medicago salina* en *Spergularia marina* (Spurrie) uit het onderzoek van Ungar (1967) laten zien dat deze twee onkruidsoorten bij een lagere temperatuur en saliniteit kiemen dan zeekraal (zoutgehalte veel lager dan 3.0% - 5.0% (Ungar, 1967)). Deze bevindingen zijn misschien bruikbaar bij het onderdrukken van de kieming van deze onkruiden.

TABLE 1
Percentage germination of two fifty seed replicas at 5, 10, 20 and 30 days

Species	Day	Percent sodium chloride														
		0.0%			0.5%			1.0%			3.0%			5.0%		
		13°	21°	32°	13°	21°	32°	13°	21°	32°	13°	21°	32°	13°	21°	32°
<i>Medicago sativa</i>	5	80	71	82	41	77	62	16	62	0	0	0	0	0	0	0
	10	88	81	82	77	78	66	73	70	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spergularia marina</i>	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	37	0	1	4	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	49	15	1	8	47	0	5	26	0	0	0	0	0	0	0
	30	50	20	1	11	51	0	6	31	0	0	0	0	0	0	0
<i>Salicornia europaea</i>	5	12	10*	40	5	15	18	6	15	17	9	10	11	4	8	10
	10	15	28	52	5	17	30	6	15	20	9	10	11	4	8	10
	20	19	32	55	9	17	31	6	15	23	9	10	12	4	8	10
	30	19	40	55	9	21	35	6	16	23	9	12	12	4	8	10

*Data from Ungar (1962) 23°±2.

Figuur 3. Resultaten van onderzoek naar de kieming van drie zouttolerante plantensoorten (twee onkruiden en zeekraal) onder verschillende omstandigheden (Ungar, 1967)

Voor de verdere stadia in de groei gaat men in de praktijk uit van de waarden die in de habitatrichtlijn zijn aangegeven (zie figuur 4 en 5). Deze geven slechts een indicatie voor de eisen die zeekraal aan de omgeving stelt. Navraag bij dhr. J. Bogemans, zeekraal-expert en -kweker, leerde dat pH een belangrijke factor is voor de groei van zeekraal. In de praktijk wordt uitgegaan van een zuurgraad (pH) die minimaal hoger is dan 7. Deze waarde komt grotendeels overeen met die in het profieltype in de habitatrichtlijn.

H1310 A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)

Zuurgraad	basisch	neutraal-a	neutraal-b	zwak zuur-a	zwak zuur-b	matig zuur-a	matig zuur-b	zuur		
Vochttoestand	diep water	ondiep permanent water	ondiep droog-vallend water	's winters inrunderend	zeer nat	nat	zeer vochtig	vochtig	matig droog	droog
Zoutgehalte	zeer zoet	(matig) zoet	zwak brak	licht brak	matig brak	sterk brak tot zout				
Voedselrijkdom	zeer voedselarm	matig voedselarm	licht voedselrijk	matig voedselrijk-a	matig voedselrijk-b	zeer voedselrijk	uiterst voedselrijk			
Overstromings-tolerantie	dagelijks lang	dagelijks kort	regelmatig	incidenteel	niet					

	Gedijt goed onder deze omstandigheden
	Gedijt redelijk onder deze omstandigheden

Figuur 4. Habitatprofiel eenjarige pioniersvegetaties van slik en zandgebieden met *Salicornia* spp. en andere zoutminnende soorten (H1310_A)(Habitatrichtlijn, 2008)

Zuurgraad (pH H ₂ O in bodem of pH in water)		
Klasse	Naam	pH
min	voortzetting in relatief basisch bereik	
1a	basisch	> 8.0
1b		7.5 - 8.0
2a	neutraal	7.0 - 7.5
2b		6.5 - 7.0
3a	zwak zuur	6.0 - 6.5
3b		5.5 - 6.0
4a	matig zuur	5.0 - 5.5
4b		4.5 - 5.0
5a	zuur	4.0 - 4.5
5b		< 4.0
max	voortzetting in relatief zuur bereik	

Figuur 5. Legenda pH waarden passend bij profieltypen habitatrictlijn (Aggenbach, 2008)

Omdat zeekraal een zeer voedselrijk/ uiterst voedselrijk milieu nodig heeft wordt idealiter gebruik gemaakt van een slow release* stikstofbemesting (ongeveer 10 gram per vierkante meter bij slow release bemesting). In de praktijk wordt door H. Janse vaak ureum in korrelvorm gebruikt. Toediening gebeurt naar eigen inzicht. Aan de hand van waarnemingen aan de zeekraal wordt bepaald wanneer de bemesting nodig is. Dit gebeurt meestal tijdens het snijseizoen ten behoeve van groei en het behouden van de groene kleur. In de tuinbouwsector wordt gebruik gemaakt van een slow-release meststof voorafgaand aan de zaaiing van zeekraal (persoonlijke communicatie J. Bogemans, mrt. 2011).

2.2 Zagers

De zager (*Nereis virens*) behoort tot de klasse der borstelwormen, orde Aciculata, familie Nereididae. Ze kunnen in onze streken 20 tot 40 cm lang worden (www.soortenbank.nl (febr. 2011)) en leven in de ondiepe kust- en deltagebieden van Noordwest Europa. De wormen brengen het grootste deel van hun leven door in een tot 50 cm diep gangenstelsel in de zeebodem. Zagers zijn omnivoren en eten vooral andere wormen maar ook fijn plantaardig materiaal en algen. Op een leeftijd van 2 jaar is de zager geslachtsrijp. Zagers zijn niet hermafrodit zoals regenwormen. Eenmaal per jaar, eind april bij volle maan, vindt voortplanting plaats (www.innovatielocaties.nl; Topsy Baits (febr. 2011)). De geslachtsrijpe zagers komen massaal uit de bodem, zwemmen naar de oppervlakte en storten hun eitjes en zaad uit, waarna ze sterven. Een vrouwtje produceert gemiddeld ongeveer één á twee miljoen eitjes. Het bevruchte ei zweeft de eerste twee weken als plankton in de waterkolom, daarna begint het leven in de zeebodem. Zagers zijn een belangrijke voedselbron van veel bodembewonende vissen en wadvogels. De zagers worden in de periode van eind augustus tot eind december/begin januari opgekweekt van pootzagers tot verkoopformaat.

Tijdens de zagerkweek worden de zagers gevoerd met droge visvoerkorrels welke oorspronkelijk voor forellenkweek bedoeld zijn. In overleg met Bert Meijering van Topsy Baits wordt gekeken naar het voerregime dat in de praktijk gebruikt wordt. Als voerhoeveelheid wordt per dag 1% van het lichaamsgewicht van de zagers aangeboden in de vorm van droge visvoerkorrels (Persoonlijke communicatie B. Meijering).

* Slow release bemesting: Bemesting waarbij de nutriënten langzaam over een periode van enkele maanden vrijkomen in de bodem.

3. Experiment naar de kieming en groei van zeekraal in een zagervijver

Om te onderzoeken of de zagervijver een geschikt systeem is om zeekraal te telen, is in het SEA-Lab (maart - juni 2011) van HZ een zeekraalveld op schaal aangelegd. De opstelling bestaat uit vier vierkante meter bestaande uit twee polyester bakken van 2m². Beide bakken worden in eerste instantie gebruikt voor onderzoek naar de kieming, groei en irrigatie. Later is één bak gebruikt voor een experiment met bemesting ("testbak"), de andere fungeerde als donorbak voor het leveren van een bodem met zeekraal voor experimenten zoals zeekraalconsumptie door zagers (zie hoofdstuk 6), afbraak van zeekraal (zie hoofdstuk 7) en het simuleren van een regenbui (zie hoofdstuk 8). In dit experiment is onderzoek gedaan naar kieming en groei van zeekraal, bodemeigenschappen en irrigatie en bemesting. De volgende deelvragen zijn onderzocht:

1.4 Voldoet de zagervijver bij de Heerlijkheid van Wolphaartsdijk aan deze eigenschappen (pH, Saliniteit en voedingsstoffen; zie deelvraag 1.1, 1.2, 1.3) of is het mogelijk deze eigenschappen te benaderen door ingrepen als bekalken of bemesten?

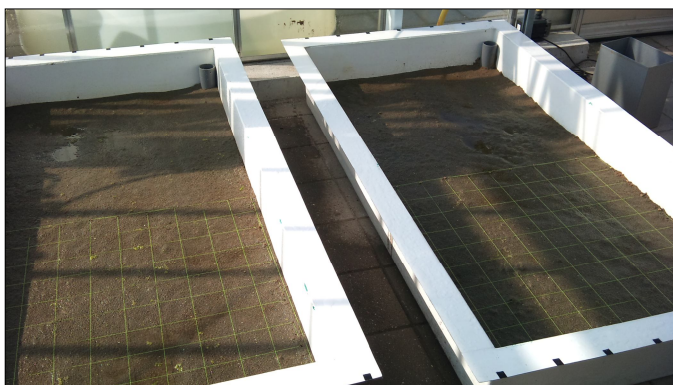
1.5 Wat is het effect van oplopende zoutconcentraties door zoute irrigatie en kunnen de effecten beheersbaar blijven?

1.6 Welke invloed heeft de teelt van zeekraal op de fysische eigenschappen zoals pH en zoutgehalte en voedingsstoffen (pH, saliniteit en voedingsstoffen; zie deelvraag 1.1, 1.2, 1.3) in het systeem?

3.1 Experimentele opzet

Voor het experiment zijn twee grote polyester bakken (200cm x 100cm x 30cm) als proefopstelling gebruikt. In beide bakken is 15 centimeter zand geplaatst dat voor 2/3 deel afkomstig is uit de zagervijver van De Heerlijkheid van Wolphaartsdijk en voor 1/3 deel uit de zagervijver bij C.H.I. van der Maas uit Kats. De bakken zijn geplaatst in de kas bij het SEA-Lab bij HZ University of Applied Sciences (zie figuur 6). Op 8 maart is zeekraal gezaaid*. Er is 10 gram zaad* per m² aangehouden omdat de kiemkracht van het schonings-rest uit 2009 onbekend was (tegenover 1 - 1,5 gram die normaalgesproken bij geschoond zaad wordt aangehouden). Het zaad is in een volumeverhouding van 1:1 gemengd met scherp zand voor gemakkelijker strooien (zie figuur 7). Het zaad is daarna met de hand gelijkmatig over de 4 vierkante meter grond uitgestrooid.

In een hoek van de twee bakken is een PVC buis met een diameter van 10 cm geplaatst. Deze peilbuizen zijn aan de onderkant met een fijn gaas afgesloten voor zand waardoor hierin alleen water komt te staan (na sproeien door de waterdruk). Uit deze peilbuizen zijn watermonsters genomen voor het bepalen van de pH en saliniteit in de bodem. Tevens is in beide bakken een



“telrooster” van 1m² met 100 vakjes van 10cm bij 10cm aangebracht ten behoeve van het tellen van kiemplantjes. Deze telroosters zijn gemaakt van gespannen nylondraad en liggen op het zand.

Figuur 6. Zeekraalveld met telroosters en peilbuizen (24 mrt); links de testbak, rechts De donorbak

* Note: Zaad afkomstig van dhr. J. Bogemans is schonings-rest uit 2009 en niet bewaard onder voorgeschreven condities

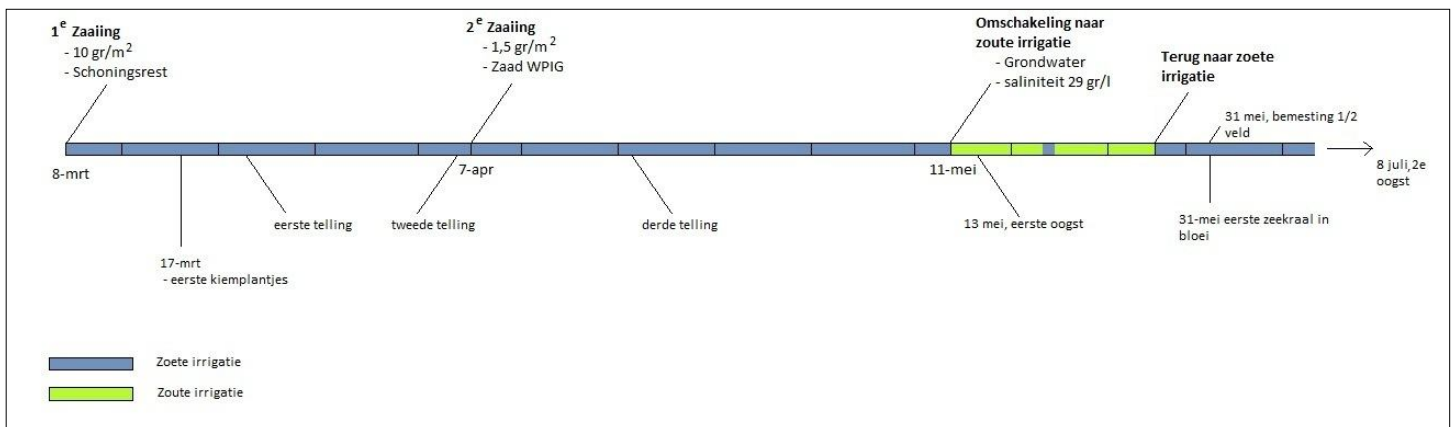


Figuur 7. Zaad - zand verhouding voor de eerste zeeakraal zaaiing (4-mrt). Linker bekersglas is nog niet gemengd rechts wel.

3.2 Experimenteel verloop

Na een groeiperiode van vier weken is, gezien de slechte opkomst, langzame groei en naar aanleiding van een bezoek van zeekraal-expert An Decombel van het Provinciaal Onderzoeks- en Voorlichtingscentrum voor Land- en Tuinbouw (WPIG) in Beitem, besloten om opnieuw te zaaien. Deze tweede zaaiing is over de oude zaaiing heen gedaan met geschoond zaad afkomstig van WPIG. Van het geschoonde zaad is $1,5 \text{ g/m}^2$ gebruikt.

Na het zaaien heeft zeekraal zoet water nodig om te kiemen terwijl zeekraal tijdens de groei wel zout nodig heeft (ecomare.nl; encyclopedie, 29 juni 2011). Tot twee dagen voor de eerste oogst op 13 mei (36 dagen na de tweede zaaiing) is uitsluitend met zoet water gesproeid. Tijdens de kiemfase is op verschillende momenten het aantal kiemplantjes op twee vierkante meter geteld (1 m^2 per bak) om de werkelijke kieming van het zaad in kaart te brengen. Op 11 mei is omschakeld naar zoute irrigatie (ontijzerd grondwater van het SEA-Lab met een saliniteit van 28 g/l). Om de zoutconcentratie niet te ver op te laten lopen is op 26 mei gestopt met zoute irrigatie. In figuur 8 is een overzicht van het verloop van het experiment weergegeven. Op 31 mei is de eerste zeekraalbloei waargenomen in de donorbak.



Figuur 8. Schematische tijlijn van het verloop van experimenten, waarnemingen en ingrepen in het zeeakraalveld

3.3 Metingen

Na de zaaimomenten is tijdens de kiemfase op verschillende momenten het aantal kiemplantjes op twee vierkante meter geteld (1 m^2 per bak) om de kieming van het zaad in kaart te brengen. Hiervoor is het telrooster gebruikt.

Voorafgaand aan de zaaiing van zeekraal zijn metingen gedaan ($T=0$) aan de volgende bodemeigenschappen: Nutriëntenbepaling van nitriet (N-NO_2), nitraat (N-NO_3), ammonium (N-NH_4) en orthofosfaat (P-PO_4) daarnaast is het organisch stof gehalte van de bodem vastgesteld. Om de nutriënten te kunnen meten is een bodemextract gemaakt. Dit is gedaan op basis van het oplossen van de voedingsstoffen in gedemineraliseerd water. Vervolgens is door middel van centrifugeren en filtreren het extract onttrokken en gezuiverd van de vaste delen (voor methode zie bijlage I). Hierna was het mogelijk om de nutriënten in het extract te meten met spectrofotometrische apparatuur. Voor N-NO_2 , N-NH_4 en P-PO_4 met de HACH-kit (DR/2400) en bijbehorende procedures. Voor nitraat is gebruik gemaakt van de Perkin-Elmer spectrofotometer (Lambda 40 UV/VIS Spectrometer) voor analyse in het UV spectrum (voor methode zie bijlage II). Alle metingen zijn in duplo uitgevoerd.

Voor het bepalen van het organisch stof gehalte van de zandbodem zijn grondmonsters genomen. De grondmonsters zijn verticaal uitgestoken, over de gehele diepte van 15cm, met behulp van een pvc buis (diameter van 3cm). De grondmonsters zijn genomen op zes plaatsen gelijk verdeeld door de bakken. De monsters zijn na het drogen gemengd. Het organisch stof gehalte in de bodem is bepaald door het drogen en daarna verassen van grondmonsters (voor methode zie bijlage III)Door het wegen van het verschil tussen gedroogde grond (DW) en het veraste rest (AVDG) is het percentage organisch materiaal vast te stellen aan de hand van de volgende formule:

$\text{AVDG/DW} \times 100 = \text{organische stof gehalte (\%)}$

Tijdens het experiment zijn drie maal per week de zuurgraad (pH) en saliniteit van het grondwater gemonitord. Hiervoor is twee à drie uur na het sproeien een watermonster genomen uit de peilbuizen, hierin is vervolgens met veldmeters (WTW pH 330 voor pH; WTW LF 330 voor saliniteit) de pH en saliniteit gemeten.

Naast metingen aan de bovengenoemde parameters zijn foto's gemaakt die een goed beeld van de kieming, groei en conditie van de zeekraal geven (zie bijlage IV).

3.4 Resultaten

Nulmeting bodemeigenschappen T=0

Tabel 1. Resultaat van de nutriëntenmetingen in een bodemextract van de zeekraalvelden in het experiment naar de kieming en groei van zeekraal in een zagervijver; T=0 (16-3-2011)

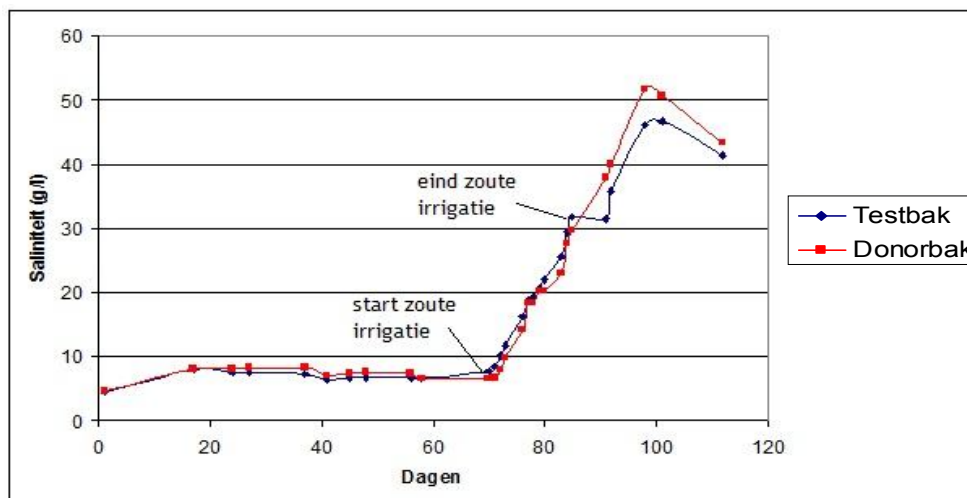
	Gem. concentratie (mg/l)	Standaardafwijking (n=2)
N-NO ₃	0.750	0.071
N-NO ₂	0.061	0.001
P-PO ₄	2.435	0.007
N-NH ₄	4.850	0.007

	gehalte (%)	Standaard dev. (n=2)
Organisch stof gehalte	0.700	0.134

De resultaten van de nutriëntenmetingen in de bodem na de zeekraalteelt (al dan niet met bemesting) zijn door computerproblemen verloren gegaan. Harde gegevens ontbreken dus, maar voor toepassing in de praktijk geeft Hoofdstuk 4: “Experiment naar de invloed van bemesting op zeekraalgroei” inzicht in de toereikendheid van voedingstoffen in de bodem en de effecten van bemesting.

pH en saliniteit

De pH is gedurende het experiment redelijk stabiel gebleven tussen de 7,4 en 8,0 (zie bijlage V). Saliniteit is vooraf vastgesteld als belangrijke parameter en risicofactor. Omdat gebruik gemaakt wordt van een door folie afgedicht systeem kan water alleen via verdamping het systeem verlaten. Omdat de grond uit een zout systeem komt is er al een kleine hoeveelheid zout aanwezig, de beginconcentratie is daarom vanaf het begin stabiel rond de zeven à acht gram per liter (zie figuur 9). Na tweeënhalve maand is begonnen met zoute irrigatie (28 g/l), dit resulteert vrijwel meteen in een lineaire stijging van de zoutconcentratie in de bodem. Nadat een zoutconcentratie van 32 gram per liter is gemeten is gestopt met het irrigeren met zout water en is weer overgegaan op irrigatie met zoet water.



Figuur 9. Verloop zoutconcentraties in het grondwater van het experiment naar kieming en groei van zeekraal in een zagervijver

Kieming

In tabel twee is te zien dat de tweede zaaiing een veel beter resultaat gaf dan de eerste zaaiing. Uit waarnemingen blijkt ook dat deze zeekraal sneller groeide. De kwaliteit van de planten is op de groeisnelheid na gelijk. De gemiddelde waarden geven een indicatie van de dichtheid waarin de zeekraal is opgekomen. De testbak heeft na de tweede zaaiing een kleinere dichtheid van het zaad dan de donorbak. Uit de kleinere standaardafwijking valt af te leiden dat de testbak na de tweede zaaiing een meer uniforme verdeling van het zaad kent dan de donorbak.

Naast registratie van de kieming in het veldje is ook een kiemproef uitgevoerd onder gecontroleerde omstandigheden met o.a. een licht-donker vergelijking. Voor een verslag van dit experiment zie bijlage VI

Tabel 2: Aantal kiemplantjes in het zeekraalveld na eerste en tweede zaaiing.

	1e zaaiing	1e zaaiing	2e zaaiing
testbak	24-3-2011	6-4-2011	21-4-2011
Totaal aantal kiemplantjes	101	112	1112
Gemiddeld per vak (10x10 cm)	1.01	1.12	11.12
standaardafwijking (n=30)	1.10	1.10	8.60

donorbak	24-3-2011	6-4-2011	21-4-2011
Totaal aantal kiemplantjes	29	37	1945
Gemiddeld per vak (10x10 cm)	0.29	0.37	19.45
standaardafwijking (n=30)	0.70	0.80	9.20

De eerste oogst heeft plaatsgevonden op 24 mei. Op dat moment is alleen de testbak (2m²) geoogst door alle zeekraal op ongeveer 5 cm boven het maaiveld af te snijden. De opbrengst van de eerste oogst was 1237 g.

3.5 Conclusie en discussie

Dit experiment moest inzicht geven in de geschiktheid van het systeem voor zeekraalteelt. Op basis van de drie deelvragen is gekeken of het systeem voldoet aan de omgevingsvoorwaarden die zeekraal stelt aan een systeem.

1.4 Voldoet de zagervijver bij de Heerlijkheid van Wolphaartsdijk aan deze eigenschappen (pH, Saliniteit en voedingsstoffen; zie deelvraag 1.1, 1.2, 1.3) of is het mogelijk deze eigenschappen te benaderen door ingrepen als bekalken of bemesten?

Gewenste situatie pH: 7,5 / >8 (literatuur).

Het systeem voldoet aan deze waarden, in Bijlage V zijn de resultaten te vinden van de pH metingen in het zeekraalveld. Hier is te zien dat de pH inderdaad tussen de 7,5 en 8 schommelt.

Gewenste situatie saliniteit: Van 0,0% bij kieming tot >32 g/l

De beginconcentratie van ongeveer 7 gram per liter voldoet aan de voorwaarden die zeekraal stelt aan het systeem. De beginconcentratie is volgens literatuur (Ungar 1967) vrij hoog voor de kieming van zeekraal. Echter, de opgetreden kieming in de tweede zaaiing is ruim voldoende met gemiddeld 1528 plantjes per vierkante meter.

Gewenste situatie voedingsstoffen: Voedselrijk - zeer voedselrijk, waarbij vooral stikstof belangrijk is. Stikstof is het ruimst aanwezig in de vorm van $N-NH_4$, dit is gunstig omdat zeekraal een stikstofminnende plant is en stikstof als belangrijkste voedingsstof nodig heeft. De concentratie van $N-NO_3$ en $N-NO_2$ is veel lager. Het voornamelijk voorkomen van stikstof in de vorm van $N-NH_4$ is het gevolg van anoxische bodemprocessen. In het bemestingsexperiment "Experiment naar de invloed van bemesting op zeekraalgroei" (zie hoofdstuk 4) wordt dieper ingegaan op de toereikendheid van voedingsstoffen in de bodem.

1.5 Wat is het effect van oplopende zoutconcentraties door zoute irrigatie en kunnen de effecten beheersbaar blijven?

Van de saliniteit is vooraf vastgesteld dat het een belangrijke parameter en risicofactor is. De resultaten zijn duidelijk en bevestigen dat het zoutgehalte nauwkeurig gemonitord dient te worden.

Na tweeënhalve maand is begonnen met zoute irrigatie (29 g/l), dit resulteert vrijwel meteen in een lineaire stijging van de zoutconcentratie in de bodem. Na het meten van een zoutconcentratie van 32 gram per liter is onmiddellijk gestopt met het irrigeren met zout water en is er teruggeschakeld naar zoet water. Echter, Het experiment laat zien dat na het weer overschakelen op zoet water, de saliniteit in het bodemvocht nog 15 dagen oploopt tot een waarde van 52 g/l. er is dus sprake van een na-ijl effect.

Hier komt naar voren dat de gebruikte meetmethode een vertraging ondervindt in het weergeven van de hoeveelheid zout na het sproeien. Deels kan dit na-ijl effect verklaard worden doordat er geen vast irrigatievolume is gehandhaafd. Het is dus mogelijk dat door de mate van verdunning een hogere of lagere zoutconcentratie gemeten is. De consistentie van het metingen voor en tijdens de periode met zoute irrigatie maken dit echter niet aannemelijk. Een andere verklaring kan gezocht worden in het feit dat er gebruik wordt gemaakt van het water na het sproeien, om water in een "peilbuis" omhoog te stuwen. De peilbuizen worden enkel via de onderkant gevuld door de waterdruk. Door het sproeien wordt de waterdruk verhoogd waardoor water uit de onderlaag van de zandbodem in de peilbuis komt. Er kan hierdoor een verhoogde zoutconcentratie wordt gemeten terwijl de bovenste laag met zoet water is aangevuld welke een lagere concentratie zout bevat. Het is dus mogelijk dat, als er uitspoeling van zout plaatsvindt naar de bodem van het zandbed, de zoutconcentratie in de onderste laag van het zandbed verder oploopt nadat is overgegaan op zoete irrigatie. De afname van zout na 100 dagen is hiermee echter niet verklaard omdat zout het systeem niet kan verlaten. Het zout kan opgenomen zijn door zeekraal waardoor het niet meer meetbaar is in het bodemvocht. Het is echter niet bewezen dat de gemeten daling in zoutconcentratie van 52 g/l naar 43 g/l geheel aan de opname van zout door zeekraal te danken is.

De resultaten van dit experiment geven aan dat bij een kweek van zeekraal in een praktijksituatie met onderafdichting door bijvoorbeeld folie het essentieel is om de zoutconcentratie in de bodem goed te monitoren en te managen, omdat de zoutconcentratie in de bodem sterk gerelateerd is aan de gift van zoet of zout water. Immers door de onderafdichting en afwezigheid van drainage kan het zout zich gemakkelijk ophopen in de onderste lagen van het zandbed.

1.6 Welke invloed heeft de teelt van zeekraal op de fysische eigenschappen zoals pH en zoutgehalte en voedingsstoffen (pH, saliniteit en voedingsstoffen, zie deelvraag 1.1, 1.2, 1.3) in het systeem?

pH en saliniteit

Tijdens de teelt van zeekraal is er geen relevante verandering waargenomen in de pH. Het zoutgehalte wordt wel beïnvloedt. Bij de teelt van zeekraal wordt met zout water geïrrigeerd. O.a. om de specifieke zoute smaak van zeekraal te verkrijgen. Deze irrigatie kan in een praktijksituatie met onderafdichting zorgen voor een oplopende zoutconcentratie in de bodem. De zoutconcentratie dient gemanaged te worden zodat deze niet boven de 32 g/l komt. Zeekraal neemt ook zout op wat de zoutconcentratie kan doen dalen.

4. Experiment naar de invloed van bemesting op zeekraalgroei

In de praktijk wordt in de volle grond gebruik gemaakt van stikstofbemesting in de vorm van ureumkorrels. Deze bemesting wordt vlak voor de oogst toegediend. Om de toereikendheid van de aanwezige voedingsstoffen in de bodem (als resultaat van de zagerkweek) te onderzoeken is praktisch onderzoek gedaan. Hiervoor is een vergelijking gemaakt door de groei van zeekraal in bemeste en onbemeste grond te vergelijken. De proef is uitgevoerd op basis van de volgende deelvraag:

2.3 Is additionele bemesting aan te bevelen wanneer een zagervijver gebruikt wordt voor zeekraalteelt om een verbeterde groei, kwaliteit en opbrengst van zeekraal te bereiken?

4.1 Experimentele opzet

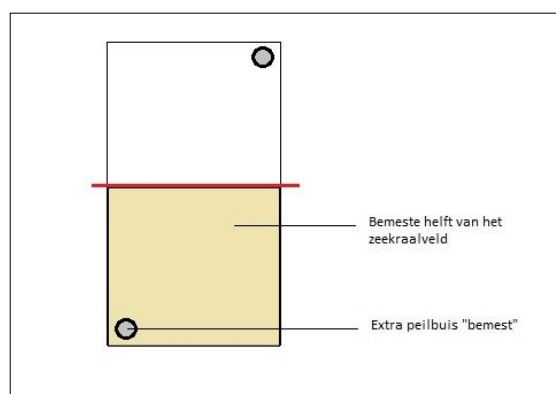
Voor deze proef is de testbak van het zeekraalveld gebruikt (zie hoofdstuk 3). Tweeënhalve week na de eerste oogst (oogst op 13 mei, 31 mei bemest) is één vierkante meter bemest met ongeveer 100 gram ureum korrels. Deze zijn, naar ervaring van de opdrachtgever, handmatig uitgestrooid. De andere helft van de bak (ook één vierkante meter) is niet bemest. Na het bemesten is gelijk gespreid met zoet water. Tijdens het experiment is de irrigatie met zoet water voortgezet omdat de zoutconcentratie nog hoog was als gevolg van zoute irrigatie tijdens het “experiment naar kieming en groei van zeekraal in een zagervijver” (hoofdstuk 3). De tweede oogst was op 8 juli na 122 dagen na de eerste zaaiing.

4.2 Metingen

Tijdens het experiment zijn foto's gemaakt die een goed inzicht geven in het verloop van het experiment. Aan het eind van het experiment zijn tevens foto's genomen voor het vastleggen van eventuele verschillen in groeivorm van zeekraal onder invloed van bemesting. Hiertoe zijn met een met water gevulde spuitfles de wortelstelsels zo zorgvuldig mogelijk losgewoeld uit de bodem. Daarna zijn de hele planten in een fotobak geplaatst. De fotobak is gevuld met een laagje water om ook de fijne wortels los te maken en vervolgens goed te kunnen fotograferen. Bij de beoordeling van de foto's is gelet op de kleur, dikte van de groene delen, mate van verhouten, grootte en dichtheid van het wortelstelsel.

De pH en saliniteit zijn verder gemonitord met veldmeters (WTW pH 330 voor pH; WTW LF 330 voor Saliniteit). Er is hiervoor een extra peilbuis aangebracht (zie figuur 10) in de bemeste helft van het zeekraalveld om eventuele veranderingen in de samenstelling van het grondwater als gevolg van bemesting vast te kunnen stellen.

Om te kijken welke invloed bemesting heeft op de kwaliteit van de zeekraal is vóór de tweede oogst een kwaliteitstest gedaan. Hierbij is, door de opdrachtgever (H. Janse), de begeleider vanuit de onderzoeksgroep aquacultuur (J. van Houcke) en een medestudent (P. van Meerkerk), de kwaliteit van de zeekraal beoordeeld op de volgende criteria: Donkergroene kleur, dikte van de groene delen, (zoute)smaak, mate van verhouting/vezeligheid, sappigheid.



Figuur 10. Indeling van de testbak van het zeekraalveld t.b.v. experimenten naar kieming en groei van zeekraal. Aangegeven zijn de bemeste helft en de locatie van extra peilbuis t.b.v. monstername

4.3 Resultaten

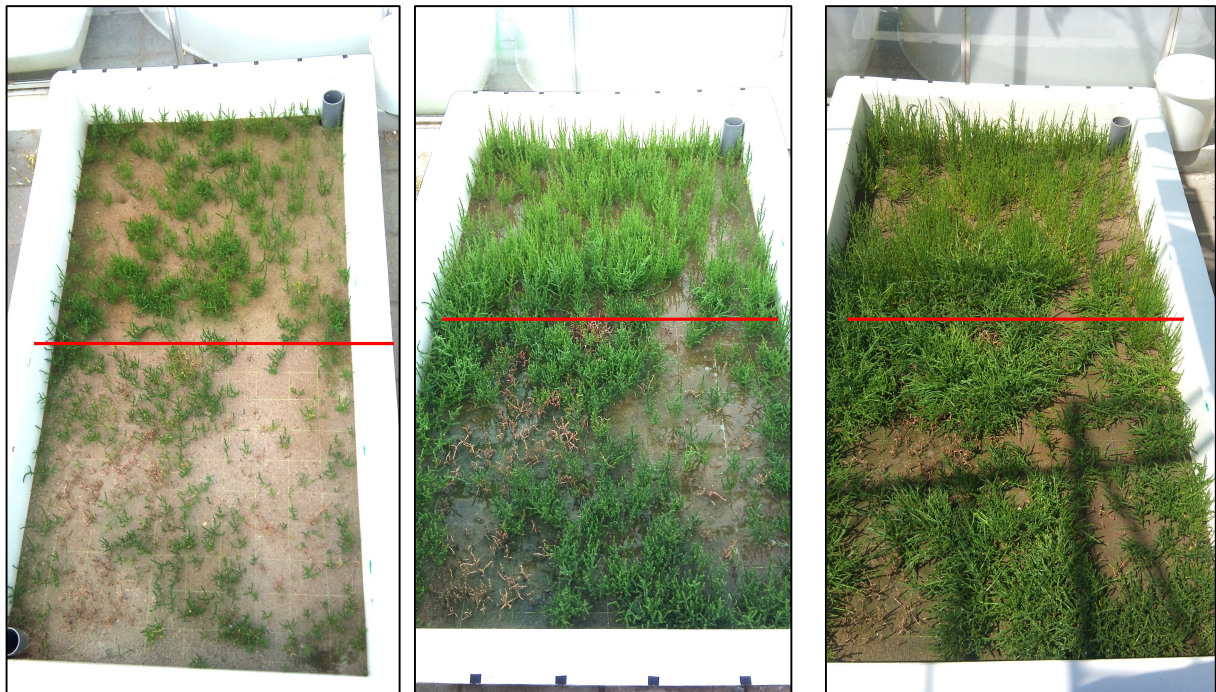
Kwaliteit

In de eerst volgende dagen na de bemesting “verbrandt” ongeveer 30% van de planten door een overschot aan stikstof (zie figuur 11). Deze planten herstellen niet. Dit leidt dus tot een verlies van product.

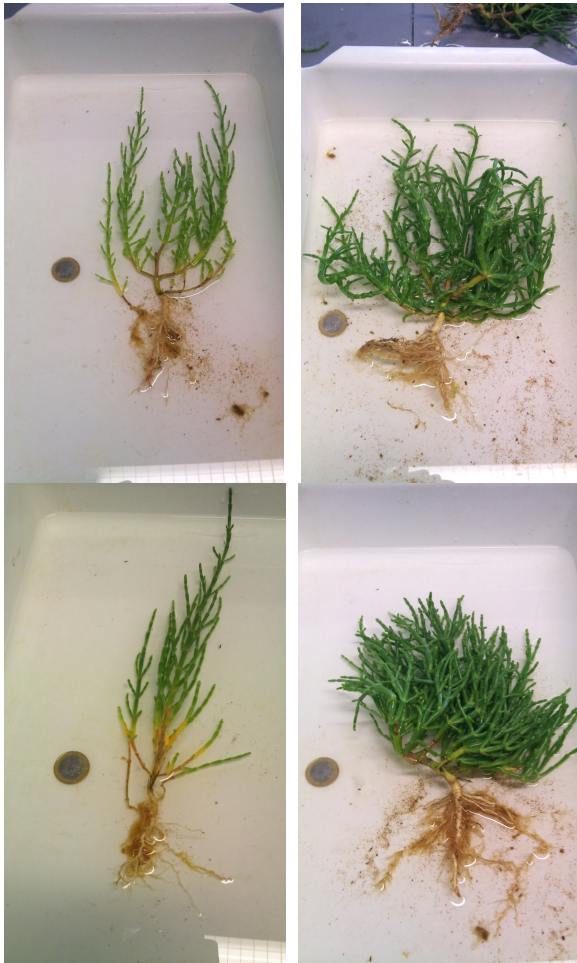


Figuur 11: Deel van de verbrande zeekraal als gevolg van bemesting (7 juni)

Andere planten die overleven laten een betere groei zien dan de onbemeste planten en vullen na verloop van tijd een deel van het verloren oppervlak weer in (zie figuur 12a, 12b en 12c). Dit gebeurt doordat de planten laag bij de grond ruimte zoeken om te vertakken. De groeivormen van de planten verschillen aanzienlijk van elkaar in kwaliteit (zie figuur 13). De bemeste planten zijn donkerder van kleur, dikker, vaker vertakt en de mate van verhouten is veel minder ten opzichte van de eerste oogst van dit veld en in vergelijking met het onbemeste deel. Qua smaak zijn de planten duidelijk minder zout en sappiger dan de onbemeste planten. De kwaliteit van de bemeste planten is dus beter dan van de onbemeste planten.



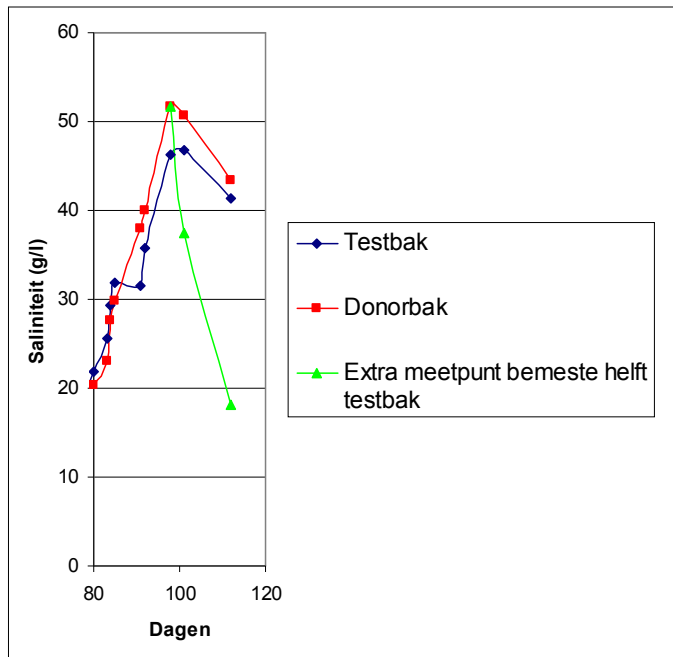
Afbeelding 12a, 12b en 12c (v.l.n.r.): 12a. Zeekraalveld vier dagen na bemesting met verbrande zeekraal (7 juni); 12b zeekraalveld met overlevende planten met donkerdere kleur (23 juni); 12c uiteindelijke situatie voor de oogst (30 juni) (voorste helft is bemest).



Figuur 13. Overzicht van verschillende groeivormen van zeekraal in het experiment naar bemesting in het zeekraalveld: linkse planten zijn niet bemest, rechtse planten zijn wel bemest met ureum.

pH en Saliniteit

Na bemesting is in het extra meetpunt een versnelde afname van de zoutconcentratie gemeten ten opzichte van het meetpunt in het onbemeste deel van de testbak (zie figuur 14). De afname van zout in het onbemeste deel is vergelijkbaar met de afname van zout in de donorbak en is dus niet te wijten aan eventuele uitspoeling van ureum vanuit het bemeste deel naar het onbemeste deel van de testbak. De pH is stabiel gebleven tussen de 7,4 en 8,0 in zowel het bemeste als het onbemeste deel (zie Bijlage V).



Figuur 14. Saliniteit verloop in de testbak van het zeekraalexperiment met de resultaten van het extra meetpunt in de bemeste helft van het zeekraalveld.

Oogst

Ondanks het verbranden van een deel van de planten in de bemeste grond, is de opbrengst hier hoger dan in het onbemeste deel. De onbemeste grond levert in de tweede oogst 1327 gram/m² zeekraal, de bemeste grond 1891 gram/m².

4.4 Conclusie en discussie

De volgende deelvraag was uitgangspunt voor dit experiment:

2.3 Is additionele bemesting aan te bevelen wanneer een zagervijver gebruikt wordt voor zeekraalteelt om een verbeterde groei, kwaliteit en opbrengst van zeekraal te bereiken?

In eerste instantie is na bemesting te zien dat een deel van de zeekraal verbrand door een teveel aan stikstof. De bemesting is naar ervaring van de opdrachtgever H. Janse handmatig uitgestrooid op het oppervlak, hierna is met zoet water gesproeid voor het oplossen van de korrels. De verbranding van een deel van de zeekraalplanten is waarschijnlijk te wijten aan de handmatige verdeling wat geen gelijkmatige verspreiding van de meststof geeft. Op lokaal niveau kan hierdoor een plotseling teveel aan stikstof zijn ontstaan waardoor de zeekraal vervolgens verbrand.

Waar uit persoonlijke communicatie met J. Bogemans blijkt dat idealiter gebruik wordt gemaakt van een slow release bemesting à 10 gram per vierkante meter, is in het experiment op aangeven van H. Janse gebruik gemaakt van eenmalige bemesting met ureumkorrels met 80% stikstofgehalte. Hiervan is ongeveer 100 gram per vierkante meter gebruikt. Hiervoor is gekozen omdat dit in de praktijksituatie bij H. Janse ook het geval is.

Ondanks de uitval van een deel van het zeekraalveld is het experiment voortgezet.

De planten die overleven in het bemeste deel van het zeekraalveld laten een snellere en veranderde groei zien. De planten zijn beter van kwaliteit (dikker, vaker vertakt en de mate van verhouten is zeer veel verminderd ten opzichte van het onbemeste deel) tevens ogen de planten gezonder. De groeivormen (vertakkingen en dikte) zijn opvallend verschillend en deze resultaten zijn ook terug te vinden bij de opdrachtgever in het zagerbassin waar inmiddels ook zeekraal is gezaaid.

Bij het proeven van de zeekraal is geconstateerd dat de bemeste zeekraal duidelijk minder zout is en minder droog en vezelig dan de planten zonder toevoeging van ureum. Er is ook een duidelijk verschil te zien in de zoutconcentratie in de bodem na bemesten (zie figuur 14). Het lijkt erop dat de zeekraal doordat deze harder groeit meer zout uit de bodem opneemt. De zoutconcentratie in de bodem in de bemeste helft van de testbak daalt sneller dan in het onbemeste deel. Dat de zeekraal minder zout smaakt kan verklaard worden als de plant in verhouding ook meer water opneemt wat een verdunning van het opgenomen zout als gevolg heeft. Er kan in verhouding meer water dan zout opgenomen worden omdat dit experiment na de periode met zoute irrigatie heeft plaatsgevonden. Er is na deze zoute periode overgegaan op irrigatie met zoet water terwijl het zout dat opgenomen wordt door zeekraal al in de bodem aanwezig moet zijn geweest uit de periode met zoute irrigatie. Deze theorie is echter niet bewezen in dit experiment.

Zeekraal kan de voedingsstoffen die in gebruikte zandbodem aanwezig zijn als gevolg van zagerteelt gebruiken voor kieming en groei waarbij een volwassen plant tot ontwikkeling komt. De voedingsstoffen zijn in dit experiment echter onvoldoende om zeekraal van een goede kwaliteit te produceren. Na bemesting is een duidelijke verbetering in kwaliteit en verhoogde opbrengst geconstateerd. Er moet echter rekening gehouden worden met de sterk verhoogde zoutconcentratie die is gemeten. Als deze concentratie werkelijk tot 52 g/l is gestegen (niet als gevolg van indamping of uitspoeling naar de bodem van het zandbed) dan zijn de leefomstandigheden in de testbak niet optimaal voor de kweek van zeekraal wat een slecht product tot gevolg heeft. Dit wordt ondersteund door de waarneming van bloei op 31 mei. Vervroegde bloei in zeekraal komt voor wanneer leefomstandigheden slecht zijn. Om de overlevingskansen te verbeteren gaat zeekraal over tot geslachtelijke voortplanting om nieuwe genotypen te produceren die beter aangepast kunnen zijn op de leefomstandigheden waarin de plant zich bevindt. Wanneer de zoutconcentratie in de bodem tijdens het experiment lager was gebleven, was de invloed van bemesting wellicht minder duidelijk geweest en waren de aanwezige voedingsstoffen wellicht voldoende geweest om een kwalitatief beter product te produceren dan nu het geval is geweest. Voor de praktijk kan echter geconcludeerd worden dat extra bemesting gewenst is voor de opbrengst van de planten en dat bemesting wellicht kan helpen met het omgaan met sterk verhoogde zoutconcentraties.

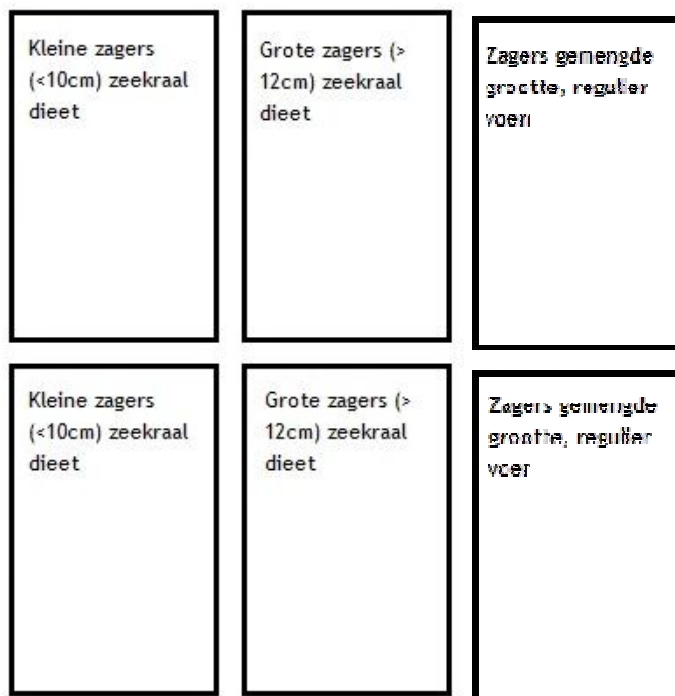
5. Experiment naar de mogelijkheden van zeekraal als voedsel voor zagers

Om te onderzoeken of zagers zeekraal consumeren is een experiment uitgevoerd. Er is onderzocht of zagers ook groei vertonen op basis van een dieet van zeekraal. Daarnaast is bekeken of er een verschil is tussen grote en kleine zagers op het gebied van consumptie van plantaardig materiaal zoals uit de literatuur blijkt (M. Olivier et al., 1996). Het doel is de volgende deelvraag te beantwoorden:

2.2 Kan zeekraal dienen als voedsel voor zagers en kunnen zagers groeien op basis van een dieet van uitsluitend zeekraal?

5.1 Experimentele opzet

Voor het experiment zijn zes aquaria (22cm x 34cm x 25cm (l x b x h)) gebruikt. In deze aquaria is 12 centimeter grond geplaatst die afkomstig is uit de zagervijver bij de Heerlijkheid van Wolphaartsdijk. Vervolgens is het aquarium gevuld met grondwater uit de bron van het SEA-Lab. De aquaria worden belucht en het water wordt wekelijks vervangen door vers grondwater. Na een stabilisatieperiode van 1 dag zijn per aquarium 23 zagers toegevoegd. Dit komt overeen met de dichtheid van 300 zagers per vierkante meter, die Topsy Baits te Wilhelminadorp aanhoudt in de vijversystemen. Er is onderscheid gemaakt tussen grote (>11cm) en kleine (<10cm) zagers. De controlegroep bestaat uit zagers welke niet gesorteerd zijn op grootte. Het experiment is in duplo uitgevoerd (zie figuur 15)

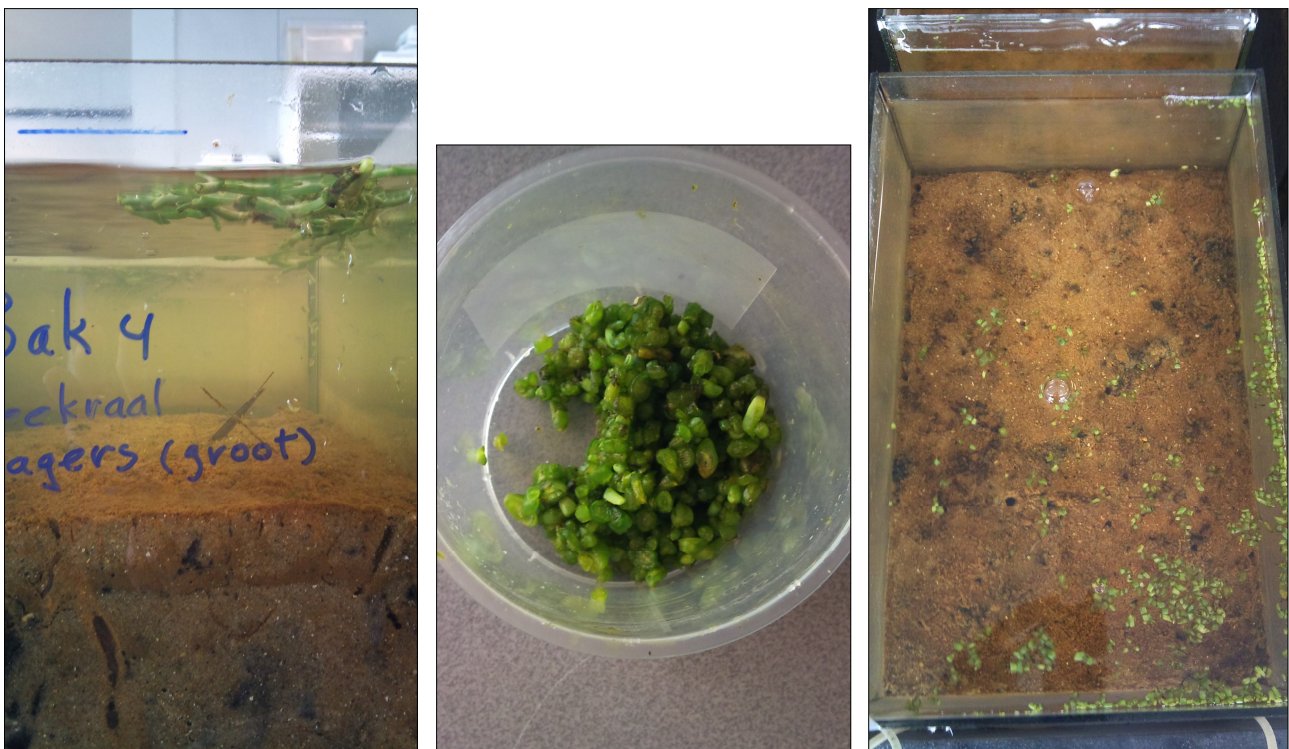


Figuur 15. Schematische weergave van de proefopstelling van het experiment naar de mogelijkheden van zeekraal als voedsel voor zagers

Na het inzetten van het experiment is nog zeven dagen gevoerd met het reguliere voer (commercieel zinkend forellenvoer in korrelvorm). Dit om eventuele problemen ten gevolge van stress te registreren voordat het experiment begint en om een gewenningsperiode voor de zagers te implementeren. Na deze week zijn de zagers gewogen en is begonnen met het voeren van zeekraal in fijngehakte vorm (<4mm). Voor dit experiment is gebruik gemaakt van gekochte zeekraal uit de supermarkt (herkomst onbekend). Het voerregime is gebaseerd op het regime dat in de praktijk bij Topsy Baits ook aangehouden wordt. Dit voerregime komt neer op een hoeveelheid voer (DW) die overeenkomt met 1% van het totale nat gewicht (WW) van de zagers per dag. Dit percentage is ook aangehouden voor zeekraal waarvan het drooggewicht 8,2% bedraagt. In verband met de toegankelijkheid van het SEA-Lab is deze voerhoeveelheid echter niet bereikt. Er is gedurende het experiment op 30 voermomenten gevoerd volgens het berekende voerregime van 1% van het lichaamsgewicht van het startgewicht van de zagers. Het experiment duurde 45 dagen.

5.2 Experimenteel verloop

Bij het eerste voermoment is vastgesteld dat zeekraal blijft drijven. De eerste zeekraal is 24 uur aangeboden om te kijken of er toch consumptie plaatsvond of dat de zeekraal na verloop van tijd toch zinkt. Na 24 uur is geen verandering waargenomen in het drijfvermogen van zeekraal. Het lijkt geen water op te nemen of te zinken, ook zijn er geen sporen van vraat zichtbaar. Daarom is besloten om de zeekraal fijn te snijden. Na het fijnsnijden zinkt een deel meteen, de rest volgt binnen 12 uur (zie figuur 16a, 16b en 16c). De zagers reageren op het voer, hoewel minder snel dan op het reguliere voer. Er is waargenomen dat zagers stukjes zeekraal consumeren. De volgende ochtend is de zeekraal grotendeels verdwenen. Het water is in verband met de waterkwaliteit twee keer per week geheel verversed. Hiervoor is het water tot de zandbodem afgehevelsd en opnieuw aangevuld met vers grondwater van het SEA-Lab.



Figuur 16a, 16b en 16c v.l.n.r.: 16a. Drijvende gekochte zeekraal; 16b. fijngehakte zeekraal (<4mm); 16c. een deel van de gehakte zeekraal zinkt meteen, de rest volgt in de volgende uren.

5.3 Metingen

Er zijn wekelijks watermonsters genomen t.b.v. nutriëntenmetingen om eventueel optredende mortaliteit te kunnen verklaren. Verder zijn twee keer per week pH en zuurstofconcentratie gemeten (met veldmeters: WTW pH 330 voor pH; WTW OXI 330 voor zuurstofconcentratie). De waterkwaliteit in de aquaria kwam vrijwel overeen met de samenstelling van het grondwater waarmee het gevuld is en daarom na de eenmalige grondwaterbepaling (zie bijlage VII) niet verder opgenomen in het rapport.

Voorafgaand en aan het eind van het experiment zijn de zagers gezamenlijk gewogen (nat gewicht) en individueel gemeten (lengte). Aan de hand van de meetgegevens kan de voedselconversie (FCR) en groeiratio (SGR) bepaald worden volgens de volgende formules:

Specific growth rate (SGR): $(\ln W_t - \ln W_0) / t * 100\%$ (in %/d⁻¹)

Op basis van de natuurlijke logaritme van de totale groei gedeeld door de tijd van het experiment wordt de groei in procenten per dag vastgesteld.

W_t = het nat gewicht van de zagers na afloop van het experiment (45 dagen),

W_0 = het nat gewicht van de zagers bij het starten van het experiment.

t = het totaal aantal dagen die de proef geduurd heeft.

Voerconversie (FC): $(F \times dm) / a / W_t - W_0$ (in g/g-1)

Door het droog gewicht van de totale hoeveelheid aangeboden voer te delen door de groei, wordt de groei van de zagers vastgesteld in grammen nat gewicht, per gram aangeboden voer (drooggewicht). Dit geeft dus inzicht in de efficiëntie van de opname van het voedsel en de efficiëntie van het voerregime. Voor de bepaling van de FC met het nat gewicht van zeekraal is de vermenigvuldiging met het percentage drooggewicht van het voer weggelaten.

F = totaal hoeveelheid aangeboden voer gedurende het experiment

a = aantal zagers in aquarium ($t=0$)

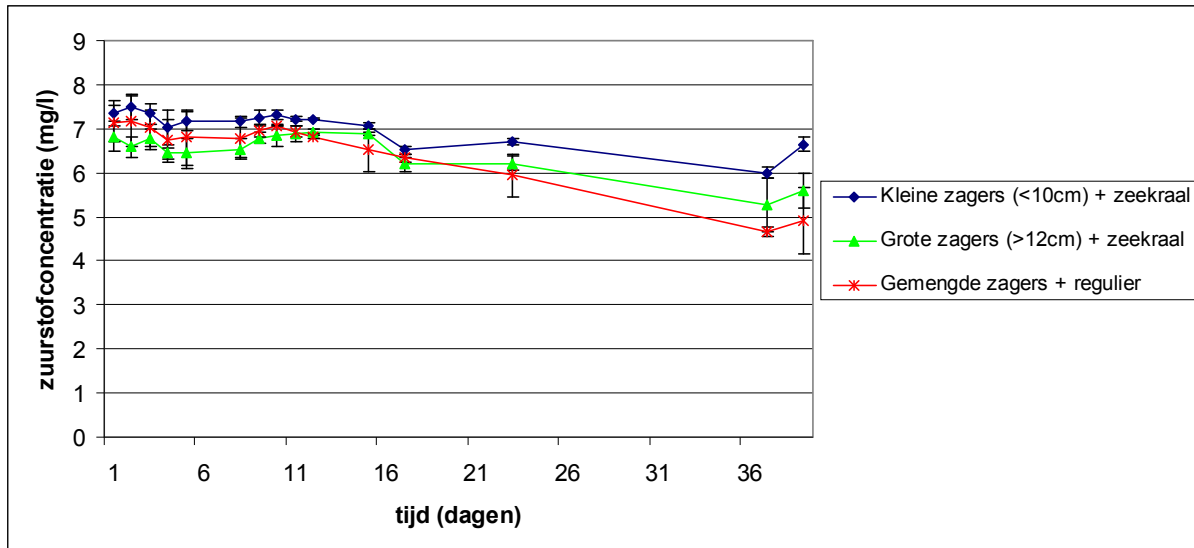
dm = percentage drooggewicht van het aangeboden voer

W_t = het nat gewicht van de zagers na afloop van het experiment (45 dagen),

W_0 = het nat gewicht van de zagers bij het starten van het experiment.

5.4 Resultaten

In onderstaande grafiek is de zuurstofconcentratie in de aquaria weergegeven (zie figuur 17). Er vond beluchting en waterverversing plaats om de zuurstofconcentratie boven de tolerantiewaarde van 5,0 mg/l te houden (M. Schiphouwer, 2009). De pH is rond de 8 gebleven gedurende het experiment (zie bijlage IIX)



Figuur 17. Zuurstofconcentratie gedurende het zagerexperiment naar de mogelijkheden van zeekraal als voedsel voor zagers; (n=2)

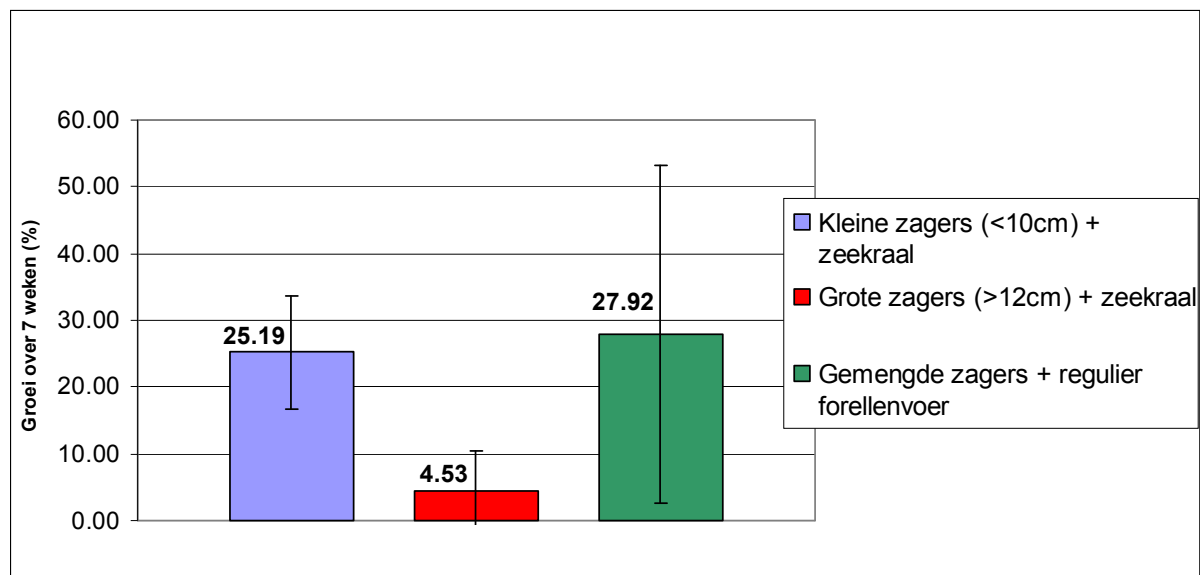
In onderstaande tabel zijn alle resultaten van de zagerproef weergegeven.

Tabel 3 geeft alle gegevens bij de start van het experiment (t=0) en het eind van het experiment na 45 dagen (t=45) weer. De resultaten zijn gecombineerd uit de duplo's per testgroep. Zo zijn er in elk aquarium 23 zagers geplaatst waar gecombineerd 46 zagers per testgroep zijn gebruikt. Van de testgroepen zijn de data weergegeven in lengte en gewicht. Het gemiddelde gewicht is de bepalende factor bij het berekenen van de groei om de invloed van mortaliteit op de gegevens uit te sluiten.

De onderste twee rijen in de tabel geven de procentuele groei van de zagers per aquarium weer. De gevonden waarden zijn uitgewerkt in figuur 18, hier is te zien dat de zagers met een regulier voedselaanbod een groei van 27.92 % doorgemaakt hebben. De standaardafwijking is groot doordat de zagers niet gesorteerd zijn op grootte waardoor de groep een grotere variatie vertoont dan de gesorteerde zagers. De groei van kleine zagers op een dieet van zeekraal benadert die van een regulier dieet met 25,19%. De grote zagers op een dieet van zeekraal laten een duidelijk mindere groei zien (4,53%). De standaardafwijking geeft een beeld van de spreiding in de resultaten en daarmee betrouwbaarheid.

Tabel 3a: Resultaten zagerexperiment naar de groei van zagers van verschillende grootte op een dieet van zeekraal

	Kleine zagers <10cm + zeekraal	Grote zagers >12cm + zeekraal	Gemengde zagers + regulier forellenvoer
aantal zagers t=0 (st.)	46	46	46
aantal zagers t=45 (st.)	45	40	45
totaal nat gewicht t=0 (g)	54.95	179.54	168.70
standaard dev. t=0 (n=2)	4.76	4.82	15.84
totaal nat gewicht t=45 (g)	67.41	163.19	211.14
standaard dev. t=45 (n=2)	4.63	0.22	4.07
gem. gewicht zagers t=0 (g)	1.19	3.90	3.67
gem. gewicht zagers t=45 (g)	1.50	4.08	4.69
gem. Lengte zagers t=0(cm)	7.78	13.07	12.96
gem. Lengte zagers t=45(cm)	10.00	15.55	17.28
gewichtstoename (%) gebaseerd op gemiddeld gewicht	25.19	4.53	27.92
standaard dev. (n=2)	8.51	5.90	25.38



Figuur 18. Procentuele groei van zagers van verschillende grootte op een dieet van zeekraal

De groei is hierna verwerkt in een specific growth rate (SGR) in % groei per dag (zie Tabel 4). De zagers met een regulier voer maken een groei door van $0,567 \text{ \%}/\text{d}^{-1}$. Deze groei wordt benaderd door kleine zagers met een dieet van uitsluitend zeekraal ($0,510 \text{ \%}/\text{d}^{-1}$). De grote zagers op een dieet van zeekraal blijven ook hier achter met een groeisnelheid van $0,100 \text{ \%}/\text{d}^{-1}$. In combinatie met de gegevens van het aangeboden voer kan de efficiëntie van het voer en het voerregime worden uitgedrukt in voerconversie (FC) in gram aangeboden voer per gram aangekomen gewicht bij de zagers (zie tabel 5). Eerst zijn de voedselconversies op basis van het drooggewicht van het voer bepaald. Hieruit blijkt dat zeekraal voor kleine zagers (<10cm) een efficiënt voer is met een FC van $1,191 \text{ g}/\text{g}^{-1}$. Dit is iets meer dan de FC van een regulier voer bij gemengde zagers (FC $1,074 \text{ g}/\text{g}^{-1}$). De groei van grote zagers op een dieet van zeekraal blijft ver achter op de groei van kleine zagers op een zeekraaldieet met een FC van $6,626 \text{ g}/\text{g}^{-1}$. Deze cijfers zijn echter gebaseerd op het drooggewicht van het voer bij een zeekraaldieet. Voor de vertaling naar de praktijk is de FC op basis van het natgewicht van het voer ook meegenomen in de tabel. Voor kleine zagers op een dieet van zeekraal is in het experiment een FC van $14,528 \text{ g}/\text{g}^{-1}$ geconstateerd. De eerdere resultaten op basis van drooggewicht voor grote zagers op een dieet van zeekraal, worden uitvergroet wanneer met het natgewicht gerekend wordt ($80,841 \text{ g}/\text{g}^{-1}$).

Specific growth rate (SGR):

Tabel 4: SGR in experiment zeekraal als voedsel voor zagers van verschillende grootte (n=2)

	Kleine zagers <10cm + zeekraal	Grote zagers >12cm + zeekraal	Gemengde zagers + regulier forellenvoer
Gem. SGR (%/d ⁻¹)	0.510	0.100	0.567
Standaard dev. (n=2)	0.150	0.125	0.436

Voerconversie (FC):

Tabel 5: Voedselconversie op basis van gemiddelde gewichten uit experiment zeekraal als voedsel voor zagers van verschillende grootte (n=2)

	Kleine zagers (<10cm) + zeekraal	Grote zagers (>12cm) + zeekraal	Gemengde zagers + regulier forellenvoer
Gem. FC DW (g/g ⁻¹)	1.191	6.626	1.074
Gem. FC WW (g/g ⁻¹)	14.528	80.841	n.v.t.

5.5 Conclusie en discussie

Dit experiment geeft inzicht in een belangrijke stap in de overgang van zeekraalteelt naar zagerteelt. In dit experiment stond de volgende deelvraag centraal:

2.2 Kan zeekraal dienen als voedsel voor zagers en kunnen zagers groeien op basis van een dieet van uitsluitend zeekraal?

Zeekraal kan als voedsel dienen voor zagers. Uit de resultaten blijkt dat jonge zagers zeekraal goed accepteren als voedsel en ook groei vertonen op een dieet van zeekraal. Deze groei (25,19%) benadert de groei op regulier voedsel (27,92%). Uit waarnemingen is te concluderen dat ook grotere zagers zeekraal eten maar deze laten een verminderde groei zien, 4,53% tegenover 25,19% op regulier voer. Deze getallen worden ook weergegeven in een “specific growth rate” (SGR) in % per dag. De voedselconversie bij kleine zagers is veelbelovend, deze ligt zelfs lager dan bij het reguliere forellen voer. Dit is positief omdat er minder voer per gram groei aangeboden hoeft te worden. Er moet wel rekening gehouden worden met het feit dat voor de controlegroep die regulier voer ontvangen heeft uit zagers van verschillende grootte bestond. Dit verklaart ook de grote standaardafwijking die deze groep laat zien. Omdat groei in procenten relatief is ten opzichte van gemiddelde gewicht is het logisch dat kleine zagers meer groei laten zien.

Er is weinig mortaliteit dus ook de grote zagers kunnen op zeekraal overleven. Er zijn goede aanwijzingen dat vooral aan het begin van het zagerseizoen de zeekraalresten geconsumeerd zullen worden door de dan toch nog kleinere zagers, en dit voedsel ook deels in lichaamsgewicht kunnen omzetten.

Een belangrijk discussiepunt in dit onderzoek is het feit dat de hoeveelheid benodigd voedsel (zeekraal) is bepaald op basis van het drooggewicht van de zeekraal a.d.h.v. het reguliere voedselregime, en niet naar de voedingswaarde van zeekraal. Het is wellicht goed om in vervolgonderzoek te kijken naar de voedingswaarde van zeekraal om te kijken hoe compleet een dieet van zeekraal is in de beginfase van het zeekraalseizoen.

Voor dit experiment is fijngehakte zeekraal uit de supermarkt gebruikt. Dit zijn dus de groene delen van de plant die direct als voedsel kan worden aangewend. In het vervolgonderzoek “Experiment naar zeekraal als zagervoedsel met intacte planten geworteld in de bodem van een zagervijver” wordt verder gekeken naar de beschikbaarheid van voedsel in de vorm van staande zeekraal aan het begin van het zagerseizoen.

6. Experiment naar zeekraal als zagervoedsel met intacte planten geworteld in de bodem van een zagervijver

Als uitbreiding van het voorgaande zagerexperiment (hoofdstuk 5) is nogmaals gekeken naar de consumptie van zeekraal door zagers op basis van de volgende deelvraag:

2.2 Kan zeekraal dienen als voedsel voor zagers en kunnen zagers groeien op basis van een dieet van uitsluitend zeekraal?

Dit maal is echter de gekweekte zeekraal als gehele plant gebruikt evenals de bodem waarin deze zijn gegroeid. Zo kan inzicht gegeven worden in de consumptie van zeekraal door zagers wanneer deze als geheel aangeboden worden inclusief het wortelstelsel. De consumptie van het wortelstelsel kan ook belangrijk zijn omdat de oogstmachine wellicht problemen kan ondervinden met zeekraalresten tijdens het oogstproces van de zagers.

6.1 Experimentele opzet

Voor dit experiment zijn zes aquaria (22cm x 34cm x 25cm (l x b x h)) ingericht. Hiertoe is per aquarium een passend stuk grond met zeekraal uit de “donor”bak gestoken en overgeplaatst. Ook hier is weer een vergelijking gemaakt met een controlegroep die commercieel zagervoer volgens het reguliere voerschema aangeboden krijgt (1% van lichaamsgewicht per dag) (zie figuur 19). De testgroepen die zeekraal aangeboden krijgen als voedsel zijn afhankelijk van de aanwezige hoeveelheid zeekraal, er is niet bijgevoerd om de dagelijkse voedselvoorziening van 1% DW per dag te halen of om de voedselvoorziening aan te vullen als de aanwezige zeekraal op is. Voor de controlegroep is vers zand uit de zagervijver gebruikt. Na een acclimatisatieperiode van twee dagen zijn de aquaria vervolgens gevuld met zout grondwater. Na weer een dag acclimatisatie zijn in de aquaria met zagers, 14 gewogen zagers uitgezet welke niet zijn geselecteerd op grootte. De zagers zijn afkomstig uit het vorige zagerexperiment (zie hoofdstuk 5). Het experiment is na toevoeging van de zagers 5 weken onderhouden waarna de zagers opnieuw gewogen zijn om eventuele groei vast te stellen. De aquaria worden belucht en het water wordt wekelijks vervangen door vers grondwater.



Figuur 19. Schematisch overzicht van de proefopstelling voor het experiment met zagers met intacte zeekraalplanten als voedsel

6.2 Metingen

Voorafgaand en aan het eind van het experiment zijn de zagers gezamenlijk gewogen (nat gewicht) en individueel gemeten (lengte). Aan de hand van de meetgegevens kan de groeiratio (SGR) bepaald worden volgens de volgende formule:

Specific growth rate (SGR): $(\text{LN } W_t - \text{LN } W_0) / t * 100\%$ (in %/d⁻¹)

Op basis van de natuurlijke logaritme van de totale groei gedeeld door de tijd van het experiment wordt de groei in procenten per dag vastgesteld.

W_t = het nat gewicht van de zagers na afloop van het experiment (45 dagen),

W_0 = het nat gewicht van de zagers bij het starten van het experiment.

t = het totaal aantal dagen dat de proef geduurd heeft.

De voedselconversie (FC) kan in dit experiment niet berekend worden omdat de hoeveelheid aangeboden zeekraal onbekend is.

Naast de meetgegevens vormen waarnemingen een belangrijk onderdeel van dit experiment. Om de vraat en afbraak van zeekraal vast te leggen zijn 3x per week foto's gemaakt. De duidelijkste foto's zijn verwerkt in een fototabel.

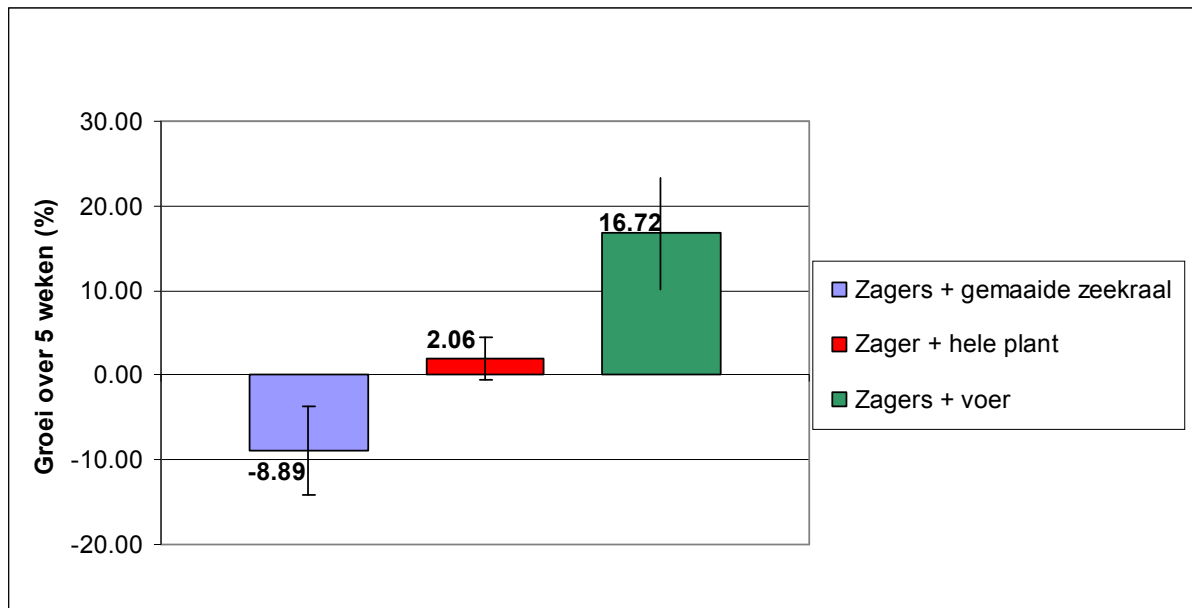
De waterkwaliteit in de aquaria kwam vrijwel overeen met de samenstelling van het grondwater waarmee het gevuld is en daarom na de eenmalige grondwaterbepaling (zie bijlage VII) niet verder opgenomen in dit experiment.

6.3 Resultaten

Tabel 6 geeft de groeieresultaten van het tweede zagerexperiment naar zeekraalconsumptie door zagers weer. Deze resultaten zijn te vergelijken met de resultaten uit het eerste zagerexperiment. De resultaten zijn verwerkt in figuur 20.

Tabel 6: Resultaten zagerexperiment naar de groei van zagers op een zeekraaldiët wanneer een gemaaide of een intacte plant aangeboden wordt

	Zagers + gemaaide zeekraal	Zager + hele plant	Zagers + voer
aantal t=0 (st.)	28	28	28
aantal t=35 (st.)	20	25	24
totaal nat gewicht t=0 (g)	75.86	60.71	69.81
standaard dev. t=0 (n=2)	3.55	3.46	5.69
totaal nat gewicht t=35 (g)	49.37	55.32	69.84
standaard dev. t=35 (n=2)	4.39	5.37	3.78
gem. gewicht t=0 (g)	2.71	2.17	2.49
gem. gewicht t=35 (g)	2.47	2.21	2.91
gewichtstoename (%) gebaseerd op gemiddeld gewicht	-8.89	2.06	16.72
standaard dev. (n=2)	5.17	2.51	6.50



Figuur 20. Groei van zagers in procenten in het experiment met intacte zeekraal als voedselbron (n=2)

Specific growth rate (SGR):

In onderstaande tabel (tabel 7) is de SGR uitgerekend aan de hand van gemeten groei.

Tabel 7: SGR in het experiment met intacte zeekraal als voedselbron (n=2)

	Zagers + gemaaide zeekraal	Zagers + hele plant	Zagers + regulier forellenvoer
SGR	-0.27	0.48	0.45
Standaard dev.	0.16	0.68	0.16

De fototabel (zie tabel 8) laat belangrijke veranderingen en verschillen zien in het verloop van de afbraak en consumptie van zeekraal. Na tien dagen (t=10) is te zien dat de hele planten nog geheel intact zijn terwijl de planten die afgemaaid zijn glazig beginnen te worden. Na 17 dagen (t=17) beginnen de delen van de hele planten die onder water staan week te worden. De afgemaaide planten zijn van onderaf kaal, waarschijnlijk als gevolg van vraat door zagers, terwijl een aantal centimeter van de bodem nog een kleine hoeveelheid groen materiaal aan de verhoutte resten hangt. Bij de afgemaaide planten is ook duidelijk dat er plantaardig materiaal op de bodem ligt. Na 30 dagen zijn zowel de hele planten als de afgemaaide planten kaal, alleen de verhoutte kern blijft over en wordt niet aangevreten door zagers. Op de laatste twee foto's in de fotobak is te zien dat de wortelstelsels van de afgemaaide zeekraal kleiner zijn dan van de hele plant.

Tabel 8: Fototabel waarnemingen in het zagerexperiment naar zeekraal als zagervoedsel met intacte planten geworteld in de bodem

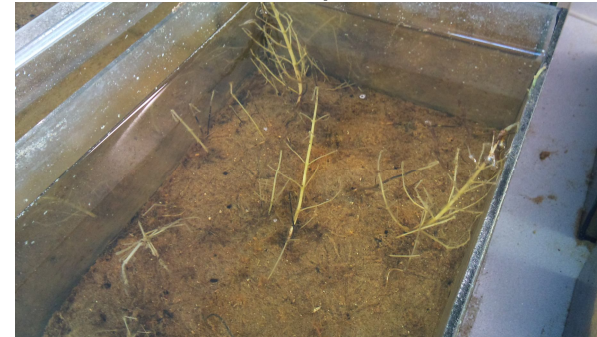
t=10 hele plant



t=17 hele plant



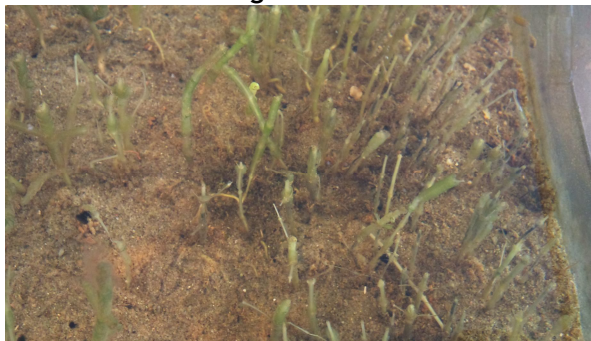
t=30 hele plant



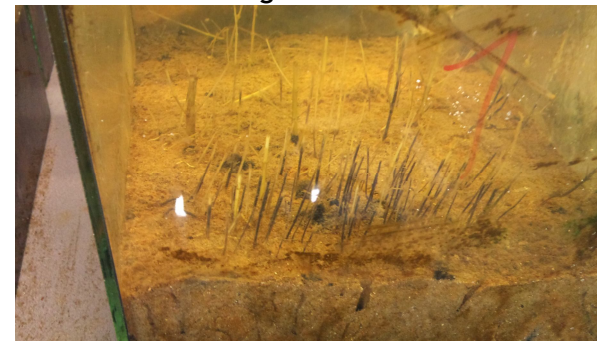
T=10 gemaaid



t=17 gemaaid



t=30 gemaaid



T=30 hele plant



T=30 gemaaid



6.4 Conclusie en discussie

2.2 Kan zeekraal dienen als voedsel voor zagers en kunnen zagers groeien op basis van een dieet van uitsluitend zeekraal?

Vooraf uit waarnemingen valt in dit experiment op te maken dat zagers zeekraal consumeren. De zeekraal lijkt van de onderkant van de plant afgegraasd te worden. De hogere delen van de plant worden moeilijker bereikt door de zagers. De zagers lijken te wachten tot de zachte delen van de houtige stengel afzakken tot de bodem alvorens deze ook te eten. Dit bevestigt dus de resultaten uit het eerste experiment waar de drijvende zeekraal pas geconsumeerd wordt wanneer deze fijngehakt op de bodem wordt aangeboden. Aanwijzingen voor consumptie van zeekraal door zagers zijn vooral te vinden in de zichtbare uitwerpselen welke duidelijk van plantaardig voedsel afkomstig zijn (zie tabel 8: t=17). De uitwerpselen zijn donkerder en steviger dan bij de zagers die regulier voedsel krijgen. De gemaaide planten vergaan sneller en worden snel geconsumeerd (na 20 dagen zijn de stengels ontdaan van groene delen), de hele planten vergaan langzamer (na 28 dagen kaal) doordat ze gedeeltelijk boven het water uitsteken. Dit kan ook de afname in gewicht bij de zagers verklaren bij de testgroep in de aquaria met gemaaide zeekraal. Hier is minder zeekraal aanwezig en het voedsel is snel op waarna de zagers gaan interen op reserves. Bij de hele zeekraal is meer voedsel aanwezig over een langere periode waardoor er geen afname in gewicht is geconstateerd.

De gebruikte zagers zijn afkomstig uit het eerste experiment.

Tussen de twee experimenten heeft een periode van 3 weken gezeten waarin de zagers onder minder gecontroleerde omstandigheden bewaard zijn. Dit verklaart waarschijnlijk de verminderde groei bij zowel de testgroepen als de controlegroep als de groei wordt vergeleken met het eerste experiment. Het is wellicht mogelijk dat de zagers al gedeeltelijk ingeteerd zijn voorafgaand aan het experiment. Het is echter ook mogelijk dat zeekraal een te eenzijdige voedingsbron is voor langere perioden, dit is niet bewezen.

Uit de foto's blijkt dat er significante resten overblijven van de zeekraal nadat de groene delen geconsumeerd zijn. De houten delen worden niet gegeten en de wortelstelsels worden grotendeels intact gelaten. Alleen de aller-fijnste wortels zijn verdwenen. Dit kan zijn gebeurd door consumptie door zagers maar ook door natuurlijke rottingsprocessen, dezelfde waarnemingen aan het wortelstelsel zijn namelijk gedaan in een rottingsexperiment dat is uitgewerkt in hoofdstuk 7 van dit rapport. De houten zeekraalresten kunnen uiteindelijk dus problemen opleveren voor de oogstmachine.

7. Experiment naar de effecten van inundatie zeekraalveld bij wisseling van zeekraalteelt naar zagerteelt

Dit experiment is uitgevoerd om de situatie die tijdens de overgang van zeekraalveld naar zagervijver optreedt na te bootsen. In de praktijksituatie wordt een stabilisatieperiode van enkele weken gehanteerd zodat stoffen in de bodem weer in oplossing kunnen komen wanneer het systeem na de droge periode weer onder water komt te staan. Na de stabilisatieperiode wordt zagerbroed “gezaaid”. Bij het beoogde wisselteeltsysteem zouden er restanten van zeekraalplanten in het systeem aanwezig zijn. De volgende deelvraag wordt behandeld:

1.8 Welke invloed heeft het onder water zetten van uitgegroeide zeekraal na het kweekseizoen op de waterkwaliteit?

- c. Als de zeekraal blijft staan
- d. Als de zeekraal afgemaaid wordt

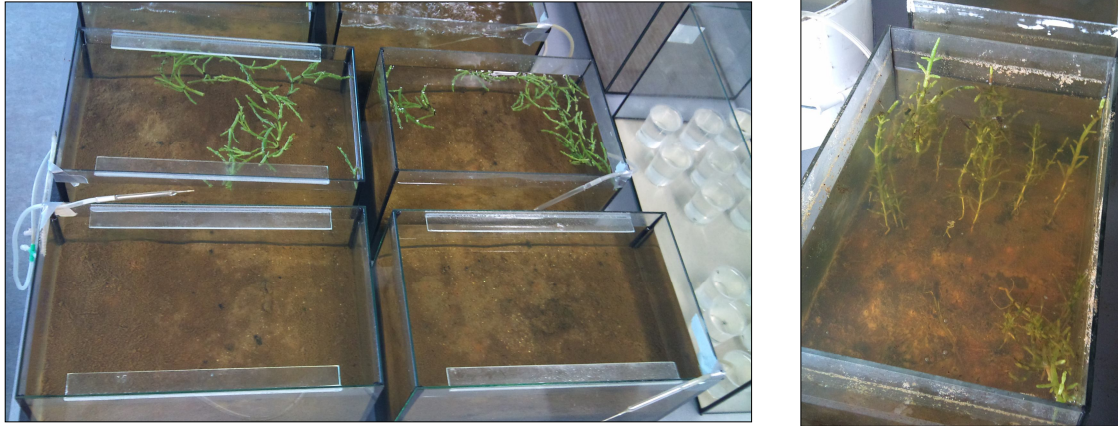
7.1 Experimentele opzet

Voor het experiment zijn zes aquaria (22cm x 34cm x 25cm (l x b x h)) gebruikt waarin op verschillende manieren zeekraal aanwezig is. Het experiment is opgedeeld in twee delen omdat de experimenten verschillen vertonen in de opzet (gebruikte grond en andere zeekraal) en in een andere tijdsperiode zijn uitgevoerd (“afgemaaide zeekraal” van 5 april tot 28 april; “staande zeekraal” van 7 juni tot 5 juli). Het deel “afgemaaide zeekraal” beschrijft een experiment met een vergelijking tussen de afbraak van de groene delen van zeekraal en een systeem zonder zeekraal. Het tweede deel “staande zeekraal” is uitgevoerd met gekweekte zeekraal. De zeekraal is niet afgemaaid (zie figuur 21).



Figuur 21. Schematische weergave opstelling experimenten m.b.t. inundatie van zeekraal

Voor het experiment met de afgemaaide zeekraal zijn vier aquaria gebruikt. In deze aquaria is 12 centimeter grond, rechtstreeks afkomstig uit een zagervijver, geplaatst en aangevuld met grondwater met een saliniteit van 29 g/l. Na een stabilisatieperiode van 3 dagen met beluchting is 12 gram gekochte zeekraal uit de supermarkt (herkomst onbekend) toegevoegd. De andere twee aquaria vormen de blanco met alleen grond. Er was geen beluchting meer vanaf het moment van toevoegen van de zeekraal (zie figuur 22a en 22b).



Figuur 22a en 22b. Foto van de proefopstellingen: links met drijvende gemaaide zeekraal, rechts een aquarium met staande zeekraal

Voor het tweede deel van het experiment met staande zeekraal is gebruik gemaakt van gekweekte zeekraal die met grond en al is overgeplaatst uit de donorbak van het zeekraalveld (zie hoofdstuk 3). De aanwezige grond is gebruikt om de zeekraal in op te kweken. Na een acclimatisatieperiode van twee dagen zijn de aquaria vervolgens gevuld met zout grondwater met een saliniteit van 29 g/l. De wortels zijn aanwezig en de planten zijn niet afgemaaid. Ook in dit deel van het experiment vond geen beluchting of waterverversing plaats. Na het vullen van de aquaria met grondwater heeft geen stabilisatieperiode plaatsgevonden omdat de zeekraal al aanwezig is in het systeem.

7.2 Experimenteel verloop

De experimenten hadden een duur van 32 dagen. Wat opvalt aan zowel afgemaaide zeekraal als staande zeekraal is, dat tijdens de afbraak van zeekraal geen rottingsgeuren zijn waargenomen. Dit is een positief punt omdat op locatie geuroverlast onwenselijk is in verband met de naastgelegen landschapscamping.

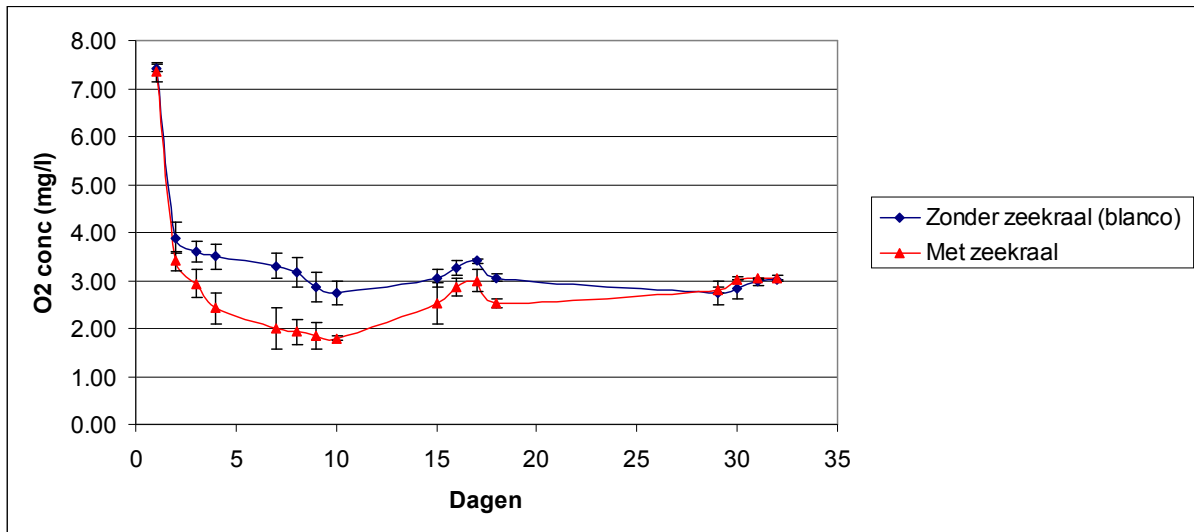
7.3 Metingen

Er is twee keer per week een watermonster t.b.v. nutriëntenanalyses genomen, deze zijn gefiltreerd (0,45 micrometer) en vervolgens gedurende twee weken gekoeld bewaard tot analyse. De analyses van $N-NO_2$, $N-NH_4$ en $P-PO_4$ zijn uitgevoerd met de HACH-kit (DR/2400) en bijbehorende protocollen. De meting van $N-NO_3$ is uitgevoerd met de Perkin-Elmer spectrofotometer (Lambda 40 UV/VIS Spectrometer) voor analyse in UV spectrum.

Tevens zijn voor afgemaaide zeekraal dagelijks de zuurstofconcentratie, en pH gemonitord (WTW oxi 330 voor O_2 ; WTW pH 330 voor pH) (voor staande zeekraal zijn deze gegevens niet gemonitord).

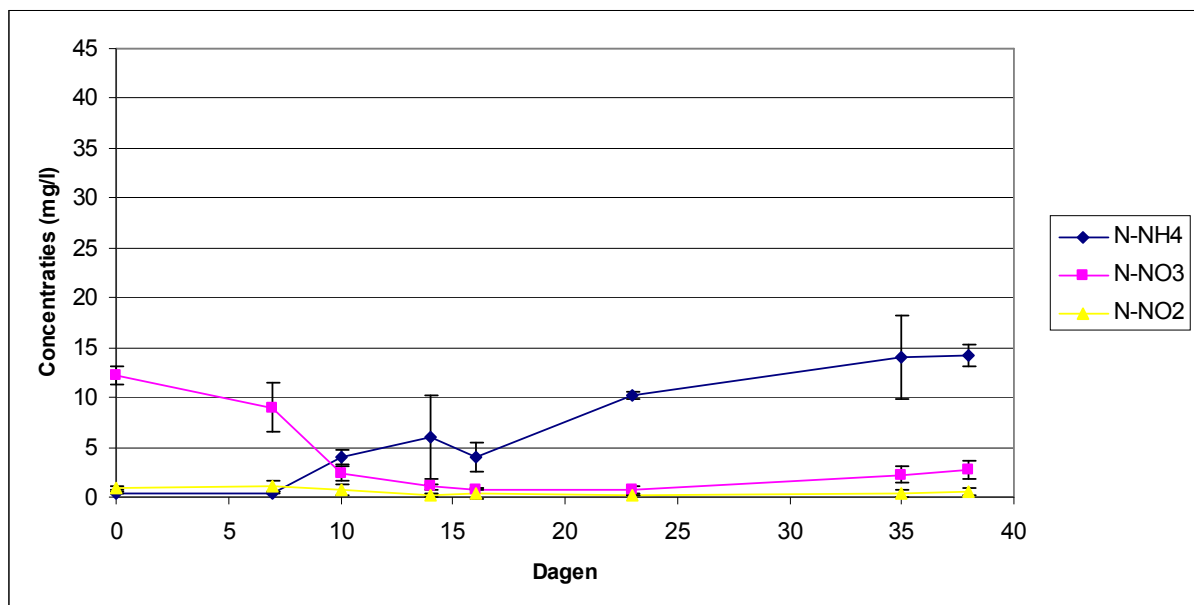
Na afloop van het experiment zijn de zeekraalresten voorzichtig verwijderd en gefotografeerd om te kijken of en in welke staat de wortelstelsels overblijven.

7.4 Resultaten afbraak van afgemaaide zeekraal

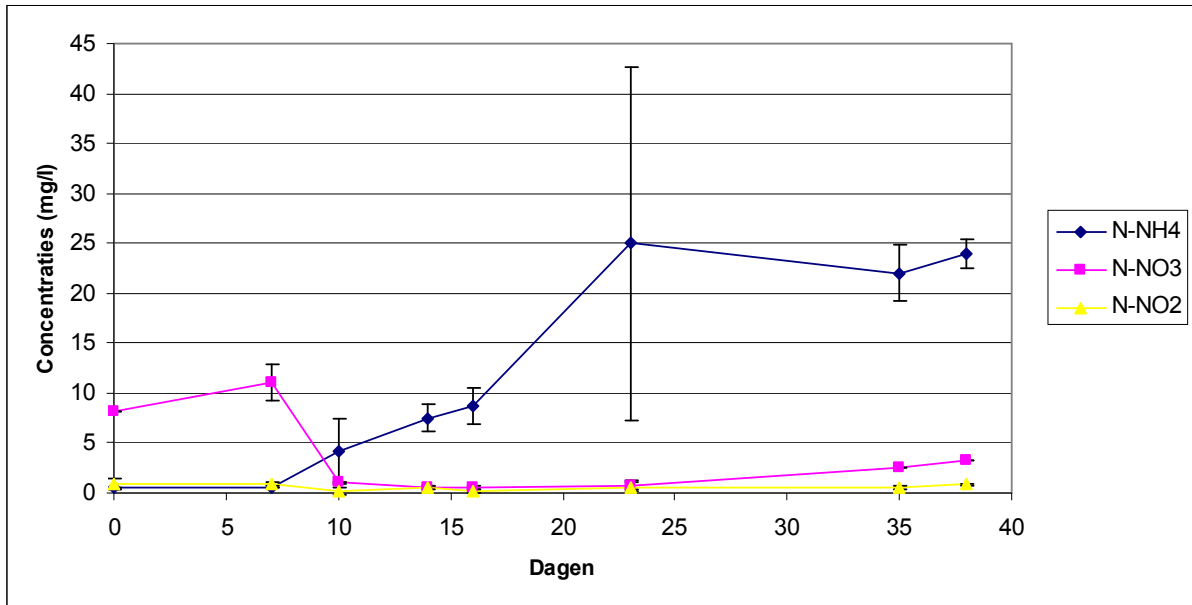


Figuur 23. Zuurstofconcentraties tijdens experiment naar de afbraak van zeekraal; afgemaaide zeekraal (zonder beluchting); n=2

Bovenstaande figuur 23 laat het verloop van de zuurstofconcentratie zien vanaf het moment dat de beluchting is uitgeschakeld. De zuurstofconcentratie neemt de eerste tien dagen af. In de aquaria zonder zeekraal daalt de concentratie na 10 dagen tot een minimum van 2,74 mg/l. Met zeekraal daalt de zuurstofconcentratie verder tot 1,84mg/l door de afbraak van organisch materiaal (zeekraal). Na 28 dagen is het organisch materiaal afgebroken en bereikt de zuurstofconcentratie een waarde van 3,00 mg/l. De pH is gedurende het experiment stabiel gebleven rond de 8 (zie bijlage IX).



Figuur 24. Verloop van nutriëntconcentraties in het experiment naar de afbraak van zeekraal; afgemaaide zeekraal (geen zeekraal aanwezig (blanco)); n=2

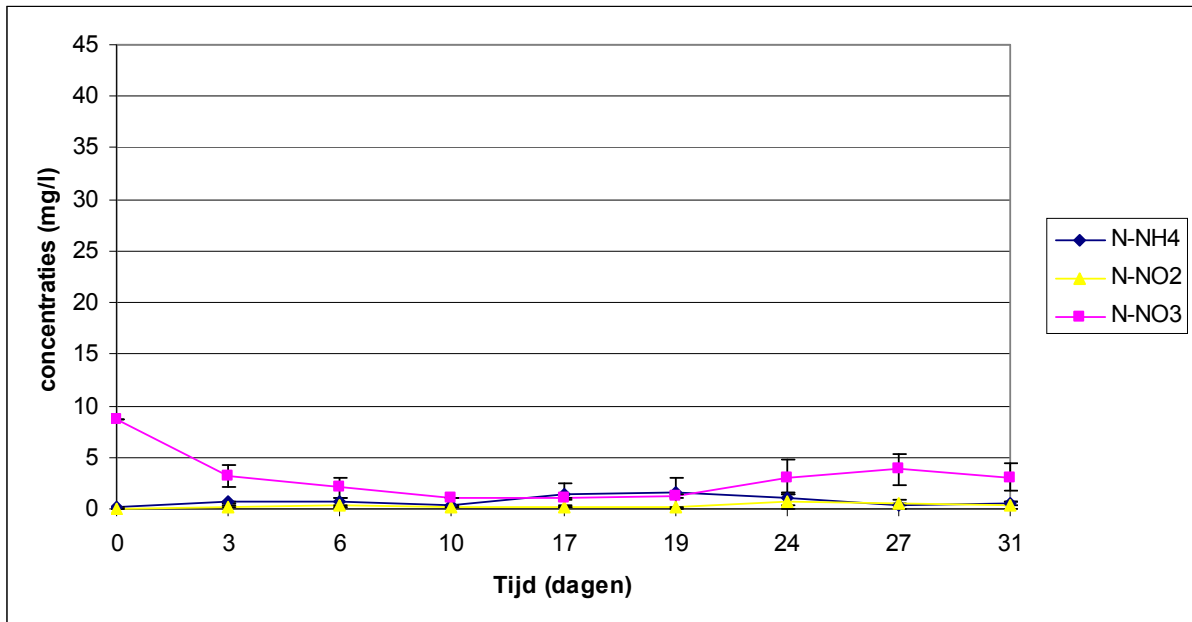


Figuur 25. Verloop van nutriëntenconcentraties in het experiment naar de afbraak van zeekraal; afgemaaide zeekraal (met zeekraal); n=2

In de twee bovenstaande grafieken (figuur 24 en 25) is het verloop van de nutriëntenconcentraties van N-NO₃, N-NO₂, N-NH₄ tijdens de afbraak van zeekraal te zien. De resultaten van PO₄ metingen zijn te vinden in Bijlage X en worden in deze resultaten verder buiten beschouwing gelaten omdat de andere nutriënten in dit geval belangrijker zijn voor de waterkwaliteit.

7.5 Resultaten afbraak van staande zeekraal als hele plant

In onderstaande grafiek (figuur 26) staan de resultaten van de nutriëntenmetingen in de aquaria met staande gekweekte zeekraal en zonder beluchting. Deze resultaten zijn te vergelijken met de resultaten uit het eerdere “afbraak experiment”. Het resultaat van de PO_4 metingen is terug te vinden in bijlage XI.



Figuur 26. Verloop van nutriëntenconcentraties in het experiment naar de afbraak van zeekraal; staande zeekraal (met zeekraal); n=2

Figuur 27 laat de restanten van de zeekraal inclusief wortelstelsel na afloop van het experiment zien. De houten delen zijn overgebleven en ook het wortelstelsel is grotendeels intact. Alleen de aller-fijnste worteltjes zijn vergaan.



Figuur 27. Zeekraalresten inclusief wortelstelsel na vijf weken in een nabootsing van een “zagevijver”

7.6 Conclusie en discussie

1.8 Welke invloed heeft het onder water zetten van uitgegroeide zeekraal na het kweekseizoen op de waterkwaliteit?

- a. Als de zeekraal blijft staan
- b. Als de zeekraal afgemaaid wordt

In figuur 23 over de zuurstofconcentratie is te zien dat de zuurstofconcentratie snel daalt naar 4 mg/l nadat de beluchting is uitgeschakeld. Hierna is een verschil op te merken tussen de aquaria met en zonder zeekraal. In de aquaria zonder zeekraal is te zien dat de zuurstofconcentratie na tien dagen de laagste concentratie bereikt van iets minder dan 3 mg/l. Dit trekt langzaam weer bij naar de 3,00 mg/l. Op het moment dat 3,00 mg/l bereikt wordt is er een balans tussen zuurstofconsumptie in het water en diffusie vanuit de lucht. Het feit dat de zuurstofconcentratie in eerste instantie toch verder daalt laat zien dat er wel organisch materiaal aanwezig is en wordt afgebroken als er geen zeekraal aanwezig is. Uit waarnemingen blijkt dit ook, er is een biofilm te zien op de glazen wanden van het aquarium. Dit is te verklaren doordat er grondwater is gebruikt en er zand in het systeem zit wat eerder gebruikt is voor de zagerteelt. In de aquaria met zeekraal daalt de zuurstofconcentratie verder dan in de aquaria zonder zeekraal, tot onder de 2 mg/l. Dit komt omdat de zeekraal meer organisch materiaal bevat waardoor er meer afgebroken wordt waarvoor meer zuurstof nodig is. De zuurstofconcentratie trekt door diffusie langzaam weer bij naar de balanssituatie. In de aquaria met zeekraal duurt dit langer dan in de blanco zonder zeekraal. Op basis van deze gegevens is te constateren dat er beluchting nodig is om de gewenste waarde van 6,0 - 8,0 mg/l voor zagers te handhaven. Dit is van belang tijdens de overgang van zeekraalteelt naar zagerteelt, hiertussen wordt normaalgesproken een stabilisatieperiode gehandhaafd. Als tijdens deze stabilisatieperiode al zagers worden toegevoegd om optimaal gebruik te kunnen maken van de aanwezige zeekraal als voedsel voor zagers, dient er beluchting plaats te vinden. Omdat de balans voor elk systeem echter anders is en afhankelijk van andere factoren zoals bijvoorbeeld temperatuur, zal de mate van beluchting in de praktijk bekeken en gecontroleerd moeten worden.

In de resultaten van de nutriëntenmetingen is te zien dat in de aquaria met zeekraal meer organisch materiaal wordt afgebroken. Om de schadelijkheid van de vastgestelde concentraties te bepalen zijn uit literatuur (M. Schiphouwer, 2009) onderstaande grenswaarden naar voren gekomen (zie tabel 9).

Tabel 9: Gewenste en limietwaarden van chemische en fysische parameters voor zagers (M. Schiphouwer, 2009)

parameters	gewenste waarde	Tolerantie waarden	Bron:
Zuurstof	6,0-8,0 mg/l	5,0-8,0 mg/l	(Gooley & Gavine 2003)
pH	6,5-8,0	6,0-8,0	(Gooley & Gavine 2003)
Saliniteit	30,0 ppt	20,0-35,0 ppt	(Gooley & Gavine 2003)
Temperatuur	18,0-20,0 °C	12,0-25,0 °C	(Imsland 2003, Gooley & Gavine 2003)
Ammonium (TAN)	0,0-0,5 mg/l	0,0-4,0 mg/l	(pers. comm. Van der Heul)
Nitriet	0,0-0,25 mg/l	0,0-10,0 mg/l	(pers. comm. Van der Heul)
Nitraat	0,0-250,0 mg/l	0,0-300 mg/l	(pers. comm. Van der Heul)

De N-NH₄ concentratie stijgt sneller en verder in de bakken met zeekraal dan zonder. De N-NH₄ concentratie stijgt in het experiment met gekochte zeekraal ver boven de grenswaarden voor zagers. Ook dit laat zien dat beluchting belangrijk kan zijn. Omdat er in dit geval geen beluchting heeft plaatsgevonden zal geen, of te beperkt, nitrificatie hebben plaatsgevonden. Voor de oxidatie van ammonium naar uiteindelijk nitraat is zuurstof nodig welke niet voldoende aanwezig was in de opstelling. Als er beluchting plaatsvindt, kan nitrificatie wel plaatsvinden waardoor NO₃ ontstaat waar zagers een veel hogere tolerantie voor hebben. In de aquaria met staande zeekraal is de grenswaarde voor ammonium niet overschreden. Dit komt waarschijnlijk doordat er minder zeekraal aanwezig is geweest en de zeekraal geleidelijker is vergaan doordat deze met wortelstelsel is geplaatst. Ook is zichtbaar dat de gebruikte zeekraalplanten doordat deze niet zijn afgesneden nog "dicht" zijn, waardoor de afbraak minder snel gaat dan bij de afgemaaide planten. Met staande

zeekraal geven de nutriëntenmetingen een ander beeld dan met de gekochte zeekraal. De nutriëntenconcentraties blijven met staande zeekraal lager en ruim onder de grenswaarden voor zagers. Dit is gunstig wanneer in de praktijk een snelle omschakeling tussen teelten gewenst is zodat de zeekraal aanwezig is als voedsel voor zagers.

8. Experiment naar de effecten van een plotselinge overvloed van zoet water op zeekraal als gevolg van een regenbui

Omdat de zeekraalteelt mogelijk gaat plaatsvinden in een systeem met een door folie afgesloten onderlaag en een bodem met kleine buffercapaciteit kan een plotselinge toevoeging van veel zoet water, zoals bij een grote regenbui, een grote impact hebben. Om de effecten van zo een regenbui te onderzoeken is gekeken naar de invloed van een voor Nederland “grote regenbui” van 80mm in 24uur op de groei van zeekraal. Hiermee wordt inzicht gegeven in de veerkracht van zeekraal ten opzichte van een plotselinge overvloed van zoet water en inundatie. De volgende deelvraag wordt onderzocht:

3.1 Regenbui: In welke mate heeft een voor Nederland “grote regenbui” (80mm in 24uur) invloed op de kwaliteit en opbrengst van zeekraal?

8.1 Experimentele opzet

Voor deze aanvullende proef is de grond met zeekraal uit de donorbak van het zeekraalveld gebruikt. Deze is handmatig uitgestoken en overgeplaatst in twee aquaria (22cm x 34cm x 25cm (l x b x h)) (zie figuur 28). De donorbak zelf vormt de blanco. Er is na het overplaatsen van de grond een week acclimatisatieperiode aangehouden in de aquaria voor het inklinken van de grond en het verzadigen van de bodem met water. Daarna is het equivalent van een regenbui van 80mm in 24 uur toegevoegd. Het zoete water is vanwege praktische overwegingen in 8 uur, verdeeld over 24uur, toegevoegd om een geleidelijke waterstijging en tussentijdse verdamping te simuleren. Het water is op dag 1 om 12 u, 13u, 14u, 15u toegevoegd. Op dag 2 is om 9u, 10u, 11u en 12u water toegevoegd. Na elke toevoeging is het waterpeil gemeten en in de daaropvolgende dagen is dit bijgehouden om de verdamping te bepalen. De proef is uitgevoerd in de kas van het SEA-Lab.



Figuur 28. Foto van de experimentopzet naar inundatie van zeekraal door een regenbui; twee aquaria met zeekraal na toevoeging van het equivalent van 30mm regen.

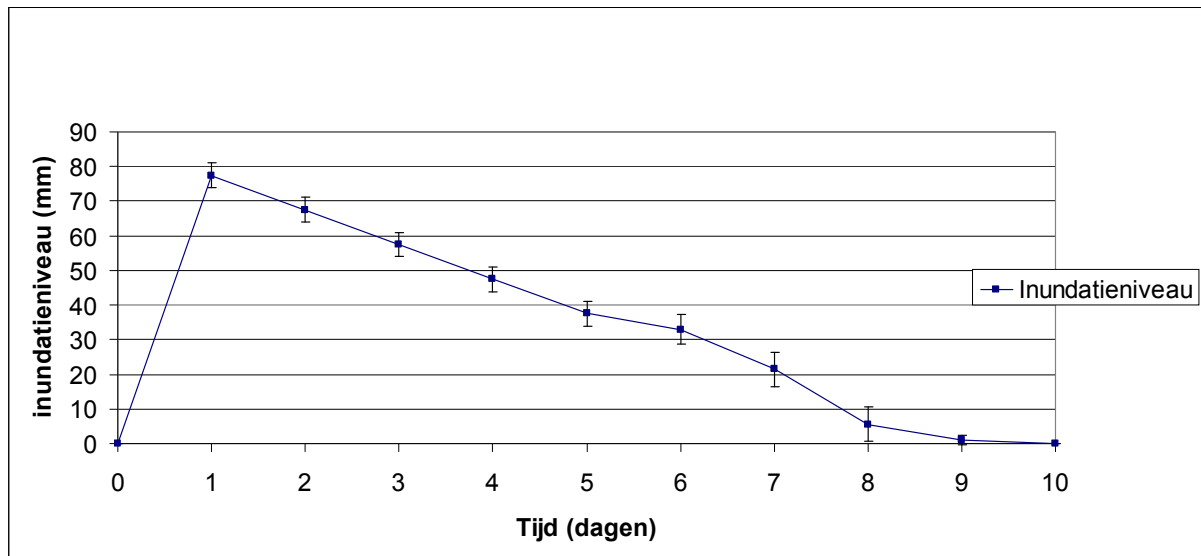
8.2 Metingen

In de proef is de mate van inundatie gemonitord en 2 weken na afloop van de inundatieperiode de staat van de zeekraal bekeken welke fotografisch is vastgelegd.

8.3 Resultaten

Inundatieniveau:

In de eerste 24 uur is er een toename van het waterpeil die gelijk is aan de relatieve regenval. Daarna daalt het waterpeil gedurende 9 dagen tot 0mm, waarna er geen sprake meer is van inundatie (zie figuur 29).



Figuur 29. Verloop inundatieniveau in het regenbui experiment.

Foto's / waarnemingen:



Figuur 30a en 30b. links de uitgangssituatie na toevoeging van de gehele "regenbui", rechts de staat van de zeekraal 2 weken na verdamping van het water.



Figuur 31. Resultaat regenbui experiment 3 weken na afloop van de inundatieperiode.

De planten zijn twee weken na de afloop van de inundatie aan de basis verder verhout dan de planten in de donorbak (blanco) van het zeekraalveld (zonder extra regenval en zonder inundatie). Ongeveer tot daar waar het water gestaan heeft zijn ze bruin gekleurd en slap (zie figuur 30a, 30b en 31). Na het opdrogen zijn de planten niet doodgegaan. Het groene deel dat boven water is blijven staan blijft groen. In de drie volgende weken is niet te zien dat de groei in vergelijking met het de zeekraal in de donorbak achterblijft. De onderste delen van de plant en de onderste vertakkingen herstellen niet.

8.4 Conclusie en Discussie

3.1 Regenbui: In welke mate heeft een voor Nederland “grote regenbui” (80mm in 24uur) invloed op de kwaliteit en opbrengst van zeekraal?

Zeekraal kan een periode van ten minste 10 dagen inundatie met zoet water aan. Er zal echter wel een deel van het product verloren gaan door het verhouten van de onderste delen van de plant. In het experiment is gewerkt met extreme omstandigheden voor zowel regenval als verdamping door de hoge temperatuur in de kas.

Bij de interpretatie van de resultaten in dit experiment dient rekening gehouden te worden met de conditie van de gebruikte planten. De planten zijn niet geoogst, maar zijn in plaats daarvan doorgroeid tot volwassen planten van 40cm. De impact op een volwassen plant is kleiner dan wanneer, door oogst laaggehouden planten te maken zouden krijgen met een vergelijkbare regenbui. Omdat de delen die zich onder water bevinden rechtstreeks worden aangetast door inundatie is in verhouding het gedeelte dat wordt aangetast bij grote planten kleiner dan bij laaggehouden planten die misschien grotendeels onder water zouden staan. Naast de grootte van de plant is het ook van belang dat de bodem in de donorbak (net als de testbak in hoofdstuk 3) een sterk verhoogde zoutconcentratie als gevolg van zoute irrigatie bevat. De planten in de donorbak zijn hierdoor niet meer van hoge kwaliteit en al deels verhout waardoor de plant zich waarschijnlijk afsluit/beschermd voor extreme omstandigheden. De resultaten kunnen nadeliger zijn wanneer een regenbui in de praktijk voor of tijdens het oogstseizoen zou plaatsvinden omdat verse lage planten kunnen meer nadelige effecten ondervinden van tijdelijke inundatie met zoet water.

9. Algemene conclusie en discussie

Centrale vraag

Hoe beïnvloeden de teelten van zagers (*Nereis virens*) en zeekraal (*Salicornia europaea*) elkaar wanneer deze seizoensgewijs afgewisseld worden in een zager kweekvijver?

Uit het literatuuronderzoek blijkt dat de zagervijver in theorie voldoet aan de voorwaarden die de teelt van zeekraal en van zagers stellen aan de omgeving. Ook uit in dit onderzoek uitgevoerde experimenten zijn er positieve aanwijzingen dat seizoensgewijze wisselteelt kan werken.

De eerste aanwijzingen met betrekking tot zeekraalteelt op de bodem van een droogstaande zagervijver zijn veelbelovend. Irrigatie is wel van groot belang. Omdat gebruik gemaakt wordt van een door zeil afgedicht systeem waar water alleen via verdamping het systeem kan verlaten kan een ophoping van zout grote problemen opleveren. Een voorwaarde voor een succesvolle zeekraalteelt is dus de voorziening van zoet water. Naast het zoete water dat nodig is voor de kieming van zeekraal kan de zoutconcentratie beperkt worden door irrigatie met zoet water. De zoutconcentratie blijft een risicofactor die gemonitord dient te worden.

Zeekraal kiemt en groeit op een droogstaande bodem van een zagervijver en maakt hierbij gebruik van de door zagers in de bodem gebrachte voedingsstoffen. Er is echter wel een snelle verhouting en verkleuring waargenomen. Er is gebleken dat bemesting met ureum kan helpen meer en een kwalitatief betere zeekraal voort te brengen welke niet verkleurt en waar minder verhouting optreedt. De verwachting is dat de waargenomen verkleuring en verhouting een gevolg zijn van een te hoge zoutconcentratie. De ureumbemesting lijkt een positieve invloed te hebben op de mate waarin zeekraal kan omgaan met sterk verhoogde zoutconcentraties.

Na afloop van het zeekraalseizoen wordt het zeekraalveld onderwater gezet en worden er in de beoogde wisselteelt pootzagers geïntroduceerd. Met het oog op hergebruik van voedingsstoffen is onderzoek gedaan naar de consumptie van zeekraal door zagers. Ook hier zijn de resultaten hoopvol. Zagers eten zeekraal, en vooral kleine (<10cm) zagers laten groei zien, die de groei op basis van een commercieel voer benadert. Deze groei is echter bereikt bij een voerregime dat qua drooggewicht van het voer (8,2% bij zeekraal) gelijk is aan het commercieel voer. Deze hoeveelheid kan dus anders zijn dan de werkelijke hoeveelheid aanwezige zeekraal na het zeekraalseizoen. Wanneer "staande" zeekraal wordt aangeboden is de consumptie en dus groei afhankelijk van de aanwezige hoeveelheid zeekraal. Wanneer de zeekraal als plant wordt aangeboden worden alleen de groene delen geconsumeerd. De houten delen evenals de wortelstelsels blijven staan en worden niet gegeten. De houten resten die overblijven, kunnen misschien problemen opleveren met de oogstmachine voor zagers

- Gem. gewicht kleine zagers <10cm = 1,19g
- Gemiddeld 300 zagers/m² in zagervijver
- Hoeveelheid voedsel: 10% van lichaamsgewicht per dag voer (DG) nodig.
- Droogstofgehalte zeekraal = 8,2%

$$(1,19 \times 300) \times 0,1 = 35,7 \text{ gram droog voer per m}^2$$

Met een drooggewicht van 8,2% komt dat neer op $(100/8,2) \times 35,7 = 435,37 \text{ g/m}^2/\text{d}^{-1}$

In een vijver met een oppervlakte van 2000m² komt dat neer op 870kg verse zeekraal per dag, tegenover 71,4kg droog voer bij regulier (forellen) voer.

Tijdens de omschakeling van zeekraalseizoen naar zagerseizoen komt zeekraal onder water te staan. Het gevolg van deze inundatie is dat de zeekraal zal vergaan. Tijdens deze afbraak kan vooral de verhoogde N-NH₄ concentratie problemen opleveren wanneer geen beluchting plaatsvindt. De grenswaarde voor zagers kan overschreden worden afhankelijk van de hoeveelheid zeekraal en snelheid van de afbraak. Beluchting zal helpen om nitrificatie tot stand te brengen waardoor N-NH₄ omgezet wordt in NO₃ waar zagers een veel hogere tolerantie voor hebben.

Zeekraal kan een periode van ten minste 10 dagen inundatie met zoet water aan. Er zal echter wel een deel van het product verloren gaan door het verhouten van de onderste delen van de plant.

Bij het experiment m.b.t. de regenbui dient wel rekening gehouden te worden met het feit dat grotere planten zijn gebruikt dan tijdens het oogstseizoen zou voorkomen. De impact kan groter zijn op verse en door oogst laaggehouden planten. Omdat de delen die zich onder water bevinden rechtstreeks worden aangetast door inundatie is in verhouding het gedeelte dat wordt aangetast bij grote planten kleiner dan bij laaggehouden planten die misschien grotendeels onder water zouden staan.

10. Aanbevelingen

De resultaten uit dit onderzoek zijn veelbelovend, Er zijn echter nog wel factoren naar voren gekomen waar extra onderzoek naar gedaan dient te worden om tot een succesvol wisselteelt systeem te komen. Daarnaast kunnen er aanbevelingen gedaan worden aan de opdrachtgever om te starten met praktisch onderzoek in de zagerkweekvijver bij de Heerlijkheid van Wolphaartsdijk.

Praktijk

De zoutconcentratie dient nauwkeurig gemanaged te worden, waarschijnlijk kan een drainage systeem bijdragen aan het onder controle houden van de zoutconcentratie in de bodem. Door te zorgen voor een systeem waardoor naast verdamping water met zout kan worden afgevoerd kan verzilting worden voorkomen.

De resten van zeekraal na de consumptie van de groene delen door zagers kunnen hinderlijk zijn voor de oogstmachine die gebruikt wordt om zagers te oogsten. Wellicht is het nodig om de zeekraal van tevoren te verwijderen en gesorteerd (groene delen) aan te bieden aan het begin van het zagerseizoen.

Experimenteren met bemesting is nodig om inzicht te geven in de hoeveelheid en het soort bemesting die is voor zeekraal. Literatuur stelt een ander soort bemesting (slow-release) voor dan in de praktijk gebruikt wordt. Ook dient inzicht verkregen te worden in de hoeveelheid bemesting die nodig is om verbranding te voorkomen.

Vervolgonderzoek

Onderzoek naar de uitspoeling van zouten in een zandbodem waar geen waterafvoer mogelijk is kan inzicht geven in de ophoping van zouten. Door onderzoek in verschillende bodemlagen kan bekeken worden of verzilting in een bodem te concentreren is waardoor minder grootschalige drainagesystemen mogelijk zijn.

De opname van zout door zeekraal is interessant voor vervolgonderzoek. Dit kan inzicht geven in de hoeveelheid zout die zeekraal kan opnemen. Hierop zou het irrigatie schema aangepast kunnen worden zodat de verzilting beter beperkt kan worden door een lagere zout gift. Daarnaast zijn interne processen in zeekraal die de zoutconcentratie regelen interessant. Het uitgevoerde onderzoek geeft aanwijzingen dat voedingsstoffen, als gevolg van bemesting met ureum, de zeekraal helpen om te gaan met sterk verhoogde zoutconcentraties. Als dit inderdaad beïnvloed kan worden door bemesting is het mogelijk om zeekraal in sterk zoute milieus te telen en is zoute irrigatie een minder groot probleem.

Ten tweede is een onderzoek naar de effecten van een, tijdens het zeekraalseizoen, met ureum bemeste bodem op de waterkwaliteit. De aanwezigheid van extra voedingsstoffen als gevolg van bemesting kan een negatieve invloed hebben op de waterkwaliteit. De waterkwaliteit dient getoetst te worden aan de tolerantiewaarden van zagers tegenover de waterkwaliteit.

Referenties

C.J.S. Aggenbach, Indicatieve plantensoorten voor habitattypen, Alterra Wageningen UR, 2008

Habitatrichtlijn bijlage I; Profielen habitattypen (2008); Eénjarige pioniersvegetaties van slik- en zandgebieden met *Salicornia* spp. en andere zoutminnende soorten (H1310)

I.A. Ungar, Influence of salinity and temperature on seed germination, Department of Botany, Ohio University, Athens, Ohio, 1967

J.C. van Nieuwenhuijze, (2008); *Er zit toekomst in zilte teelten*; Provincie Zeeland

J.R. Hoekstra e.a., Utrecht (2005); *De kweek van zagers op landbouwbedrijven in Zeeland*; Innovatienetwerk Groene Ruimte en Agrocluster

Maatschap Janse, (2008); *Zeekraal is meer dan een Zeeuwse delicatessen*; artikel Agrarische kalender ABN AMRO Bank

M. Olivier et al., (1996); Juvenile growth of *Nereis diversicolor* (O.F. Miller) feeding on a range of marine vascular and macroalgal plant sources under experimental conditions; Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.

M.P.J. van der Voort, (2005); *Marktperspectieven van Zilte Groenten; herkomst en afzet van Zeekraal en Zee-aster*, Wageningen UR: praktijkonderzoek plant en omgeving

M. Schiphouwer, (2009); Doorweek van tong (*Solea solea*) op een dieet van zagers (*Nereis virens*): een vergelijking van mengteelt met cascadeteelt, Yerseke: IMARES

T. v.d. Hiele, J. Heringa, A. Verkruyssen, Vlissingen (mei 2008); *Mogelijkheden voor zilte teelten in Waterdunen*; Spring, Centrum voor Duurzaamheid en Water, Hogeschool Zeeland

Web:

www.aquavlan.eu; Wageningen UR (geraadpleegd: februari 2011)

www.soortenbank.nl; (geraadpleegd: febr. 2011)

www.wikipedia.nl; (geraadpleegd: febr 2011)

Bijlage I: Protocol voor het maken van een bodemextract

Zorg voor een luchtgedroogd grondmonster, bepaal hiervan het vochtgehalte (=a%) door een deel van het monster een dag en een nacht te drogen bij 105°C. Weeg (100+a) gram monster af (bovenweger, 2 decimalen) in een droge kunststoffles van 500ml. Eveneens op de bovenweger (100-a) gram CO₂-vrij water toevoegen. Sluit de fles en schud twee uren. Maak gebruik van een schudmachine. Laat de monsters gedurende de nacht rusten en schud de volgende morgen nogmaals een uur.

Voorbeeld: het vochtgehalte is 12%. Weeg 112 gram monster af en voeg 88 gram water toe.

Volg vervolgens onderstaande stappen:

1. Grond/water monster in glazen centrifugebuis van 250mL
2. Draai de monsters gedurende een half uur af bij 1600xg (2500rpm).
3. Schenk na het centrifugeren de vloeistof over in een schone kunststoffles. Meet onmiddellijk hierna de pH en het geleidend vermogen van het extract.
4. Breng de waterextracten over in centrifugebuizen die bij de hoogtoerige centrifuge horen
5. Draai de extracten nu verder af bij 20.000xg (14.000 rpm). Centrifugeer 40 minuten.
6. Het nu heldere extract wordt gefiltreerd over een membraanfilter met een doorlaat van <0,2µm.
7. Meet in het extract N-NO₃⁻, N-NO₂⁻, N-NH₄⁺, P-PO₄³⁻ met de HACH-kit (DR/2400) volgens bijbehorende protocollen.

Extract is beperkt houdbaar, binnen enkele dagen meten en donker en gekoeld bewaren

Bijlage II: Protocol NO_3^- bepaling in zout water

Achtergrond

Omdat er voor de bepaling van NO_3^- geen kleurontwikkelaar beschikbaar is, wordt deze geanalyseerd m.b.v. spectrometrie in het UV- gebied. Deze methode is samengesteld aan de hand van een voorschrift verkregen van NIOO, te Yerseke.

Benodigde chemicaliën/ apparatuur

- Perkin Elmer Spectrofotometer (Lambda 40 UV/VIS Spectrometer) (Zie afbeelding 1)
- Quarts kuvetten en bijbehorend kuvet papier (Quarts kuvetten vragen bij labbeheerster, kuvet papier aanwezig in L023)
- KNO_3 (aanwezig in chemicaliënmagazijn, afdeling Chemie)
- 100 ppm NO_3^- stock oplossing
- Kallibratie reeks NO_3^- 0,1 ppm - 2,5 ppm
- Synthetisch zeewater 33 g.L⁻¹ (bij monsters in zout water medium)
33 gram zout dient te worden opgelost in 1 L demiwater
- .45 μm filter of whatmann GF/C



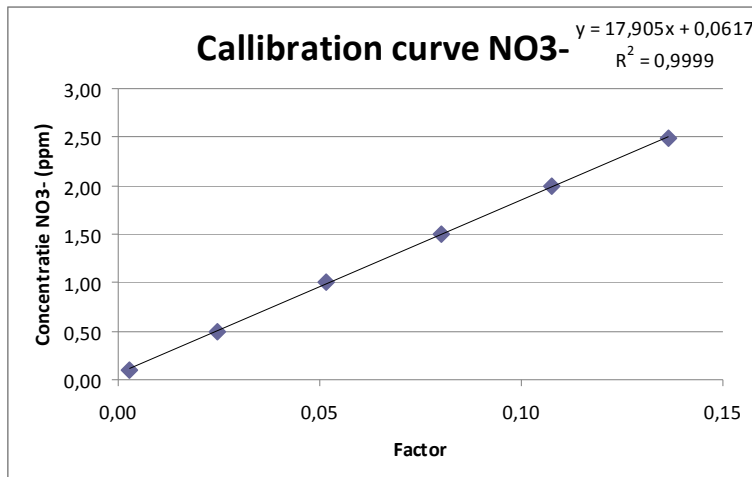
Afbeelding 1; Perkin Elmer spectrofotometer

Deze methode berust op analyse in het UV gebied. De absorptie wordt gemeten op 220 nm en op 275 nm. De nitraat concentratie wordt op de volgende manier berekend:

$$\text{Factor} = \text{Abs.}(220 \text{ nm}) - 2 * \text{Abs.}(275 \text{ nm})$$

Voor callibratie wordt eerst een verdunningsreeks gemaakt van bekende concentraties NO_3^- (zie kader) in synthetisch zeewater met een saliniteit die gelijk is aan de te meten monsters.

De volgende callibratiecurve wordt verkregen:



Aan de hand van de verkregen formule kan de onbekende concentratie NO₃⁻ in het monster bepaald worden.

Aanmaken verdunningsreeks:

1. Aanmaken stock oplossing NO₃ 100 ppm (mg/L)
 Weeg 163,03 mg KNO₃ af. Breng deze kwantitatief over in een maatkolf van 1 L, homogeniseer en vul aan tot de maatstreep.
2. Aanmaken stock oplossing NO₃⁻ 10 ppm
 Breng 10 ml van de 100 ppm stockoplossing kwantitatief over in een maatkolf van 100 ml, homogeniseer en vul aan tot de maatstreep.
3. 0,1 ppm NO₃⁻ oplossing
 Breng 1,0 ml van de 10 ppm stock oplossing kwantitatief over in een maatkolf van 100 ml, homogeniseer en vul aan tot de maatstreep.
4. 0,5 ppm NO₃⁻ oplossing
 Breng 5,0 ml van de 10 ppm stock oplossing kwantitatief over in een maatkolf van 100 ml, homogeniseer en vul aan tot de maatstreep.
5. 1,0 ppm NO₃⁻ oplossing
 Breng 10,0 ml van de 10 ppm stock oplossing kwantitatief over in een maatkolf van 100 ml, homogeniseer en vul aan tot de maatstreep.
6. 1,5 ppm NO₃⁻ oplossing
 Breng 15,0 ml van de 10 ppm stock oplossing kwantitatief over in een maatkolf van 100 ml, homogeniseer en vul aan tot de maatstreep.
7. 2,0 ppm NO₃⁻ oplossing
 Breng 20,0 ml van de 10 ppm stock oplossing kwantitatief over in een maatkolf van 100 ml, homogeniseer en vul aan tot de maatstreep.
8. 2,5 ppm NO₃⁻ oplossing
 Breng 25,0 ml van de 10 ppm stock oplossing kwantitatief over in een maatkolf van 100 ml, homogeniseer en vul aan tot de maatstreep.

Let op! De kallibratie curve wordt opgesteld aan de hand van de gecorrigeerde concentraties. Bijv. er dient 163,03 mg afgewogen te worden, toch wordt er 164,2 mg afgewogen. Hieraan dienen de gestelde concentraties te worden aangepast.

Voorbeeld berekening:

Concentratie NO_3^- (ppm)	Concentratie NO_3^- gecorrigeerd (ppm)
0,1000	0,0998
0,5000	0,4992
1,0000	0,9984
1,5000	1,4976
2,0000	1,9968
2,5000	2,4959

Afwegen: 163,03 mg KNO_3

Afgewogen: 164,2 mg KNO_3

$164,2/1000$ (mg \rightarrow gram) = 0,1642

$(0,1642/101,1(\text{molmassa } \text{KNO}_3))^* 62(\text{molmassa } \text{NO}_3) = 0,0998 \text{ ppm (mg.L}^{-1}\text{)}$

Procedure metingen:

- Filtreer alle monster met .45 filter of Whatman GF/C filter
- Stel de Perkin Elmer spectrofotometer via 'Wave Program' in op golflengte 275 nm en 220 nm.
- Voer aantal monsters in, eventueel bijbehorende naam.
- Meet de blanco. (Hetgeen waarmee de kallibratie reeks is aangevuld, demiwater bij analyses in zoet water en synthetisch zeewater bij analyses in zout water.)
- Bij de Perkin Elmer spectrofotometer dienen bij het meten van de blanco twee quartz kuvetten geplaatst te worden. De achterste kuvet blijft gedurende alle analyses op zijn plek. De voorste kuvet wordt na het meten van de blanco met de te analyseren monsters gevuld.
- Meet de monsters. Let erop dat er geen luchtbelletjes aan de binnenkant van het kuvet zitten, of waterdruppels aan de buitenkant van het kuvet!
- Bepaal met behulp van de gemeten absorptiewaarden de factor (Factor = $\text{Abs.}(220 \text{ nm}) - 2*\text{Abs.}(275 \text{ nm})$)
- Bepaal aan de hand van de verkregen formule uit de callibratiecurve de onbekende concentratie NO_3^- in het monster.
- Bij verdunning van monsters dient bij de berekening rekening gehouden te worden met de verdunningsfactor! Verdunning is nodig wanneer de factor hoger ligt dan de factor op de x as van de callibratiecurve.

Bijlage III: Protocol organische stof gehalte in een grondmonster bepalen

Voor de bepaling van de organische stof in een bodem wordt een grondmonster van 100 gram (luchtgedroogd) genomen en in een gewogen aluminium bakje (A) voor 24 uur op 80 graden verder gedroogd, en daarna gewogen (DW+A). Hiermee wordt het droog gewicht (DW) bepaald. Daarna wordt het monster verast. Dit gebeurt voor 4 uur op 500 °C. opnieuw wordt het monster inclusief bakje gewogen (AG+A), dit is het asgewicht. Het verschil tussen het drooggewicht en asgewicht is het asvrij drooggewicht (AVDG), dit is het totaal aan organische stof dat het monster bevat. Het organische stof gehalte is het percentage organische stof in het grondmonster.

Volgens onderstaande berekening wordt het organisch stof gehalte bepaald.

$$((DW+A)-A)-((AG+A)-A)=AVDG$$

$$AVDG/((DW+A)-A)\times 100=\text{organische stof gehalte (\%)}$$

Bijlage IV: Fotografisch overzicht zeekraalveld tijdens experimenten



6-4-2011; kiemplantjes van zeekraal 29 dagen na zaaiing. Op de achtergrond spurrie.



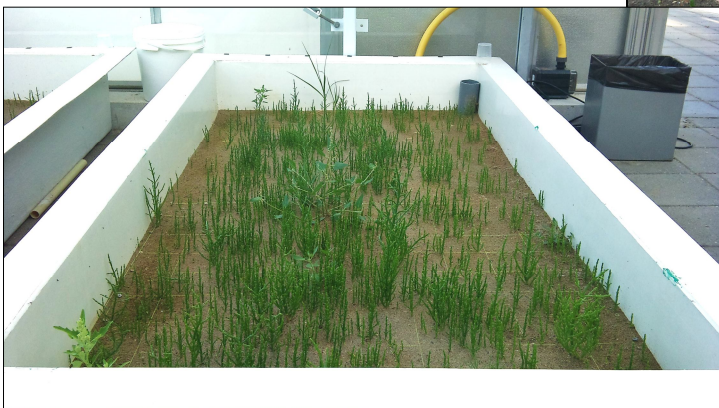
11-4-2011; zeekraal 34 dagen na zaaiing



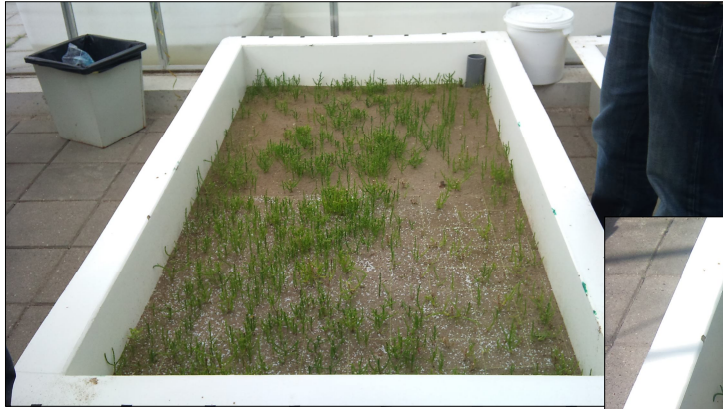
18-4-2011; zeekraal 41 dagen na zaaiing met daartussen kiemplantjes van tweede zaaiing (11 dagen na zaaiing)



26-4-2011; zeekraal in het testbak, 49 dagen na zaaiing



11-5-2011; zeekraal in de donorbak, 64 dagen na zaaiing



31-5-2011; testbak op het moment van bemesten, 18 dagen na eerste oogst.



7-6-2011; bemeste vak met verbrande zeekraal uit de testbak, 7 dagen na bemesten



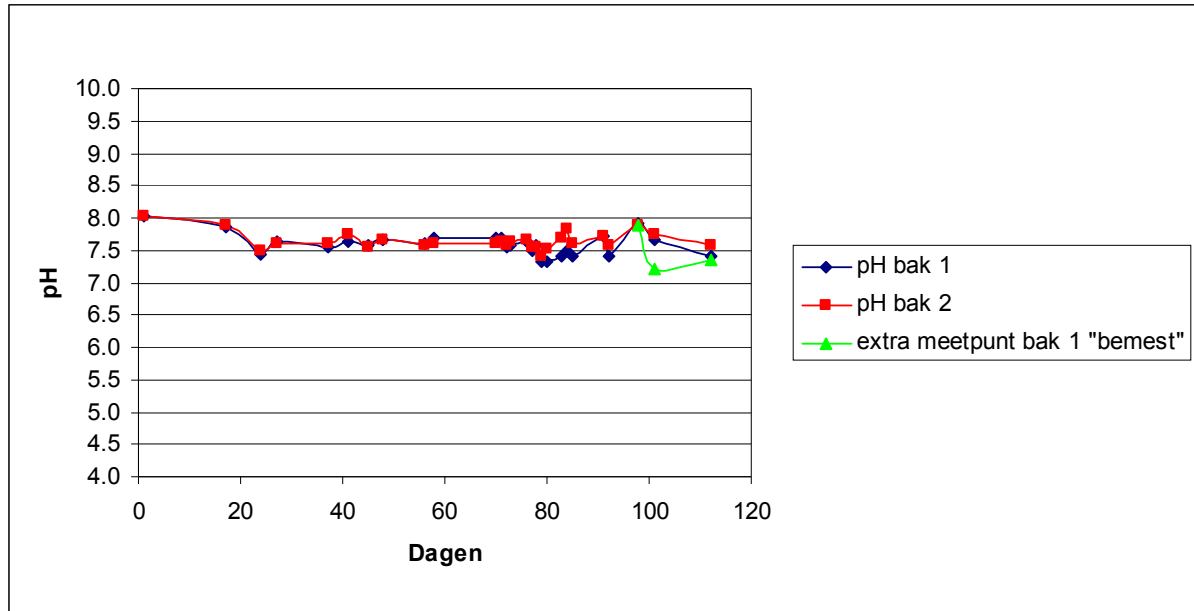
5-7-2011; bemeste vak uit de testbak van het Zeekraalveld, 28 dagen na bemesting



8-7-2011; deel van de tweede oogst in het bemeste deel van de testbak van het zeekraalveld

Bijlage V: Resultaten pH metingen in het zeekraalveld

In onderstaande grafiek is te zien dat de pH in het grondwater van het zeekraalveld tijdens het experiment naar kieming en groei van zeekraal in een zagervijver stabiel is gebleven tussen de 7,4 en 8,0.



Figuur 1. Verloop van de pH in het grondwater van het experiment naar kieming en groei van zeekraal in een zagervijver

Bijlage VI. Kiemproeven

Vanwege de slechte kieming na de eerste zaaiing op de veldjes is een aanvullende kiemproef gestart. Naast de controle van de kieming op de zeekraalveldjes in de kas is ook onder gecontroleerde omstandigheden gekeken naar de kiemkracht van het zaad. Dit is gebeurd in twee kiemproeven. Voor de tweede kiemproef is een nieuwe deelvraag geformuleerd, namelijk:

X. Kiemt zeekraal beter in een verlichte of verduisterde omgeving?

Experimentele opzet

Kiemproef 1

Voor de eerste kiemproef is, net als bij de eerste zaaiing, alleen zaad gebruikt uit schonings-rest. Voor de kiemproef zijn handmatig 100 zaadjes geselecteerd en verdeeld over twee petri-schaaltjes (duplo van 50 zaadjes) met vochtige watten. Deze zijn bij kamertemperatuur onder TL verlichting (24uur per dag) geplaatst.

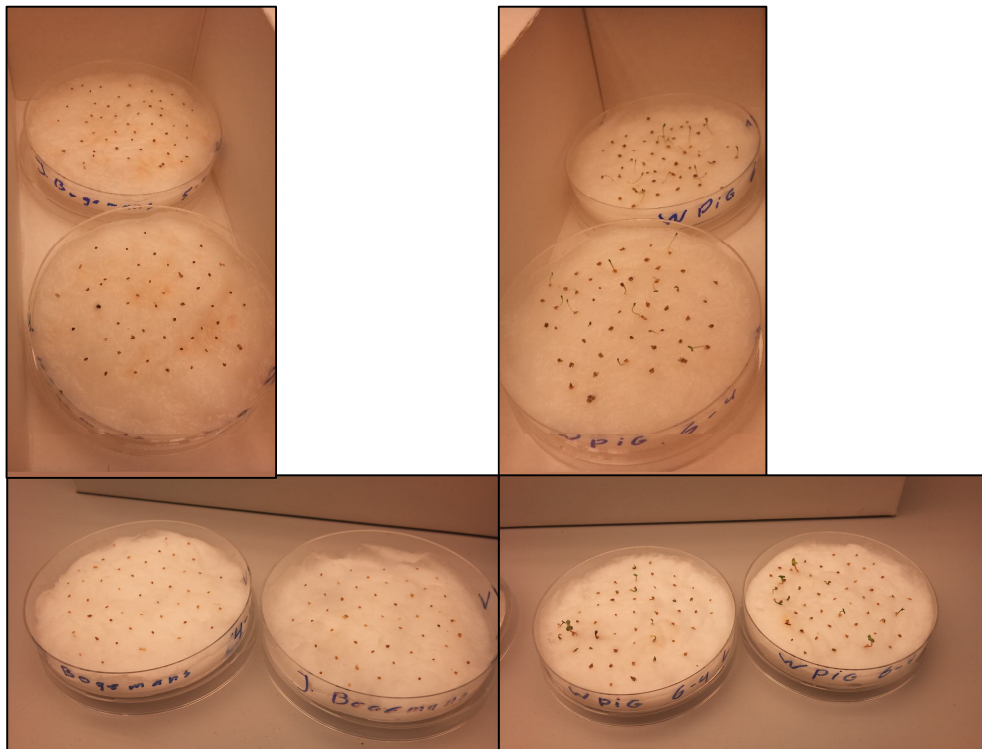
De eerste kiemproef geeft een kieming van 1% na 21dagen.

Kiemproef 2

Hierna is besloten om het zaad een temperatuurschok te geven. Hiervoor is het zaad 7 dagen in de koelkast (3°C - 7°C) geplaatst waarna opnieuw zaad is geselecteerd voor de kiemproef.

Na overleg met An Decombel (WPIG) is ook nieuw zaad beschikbaar gesteld. Dit is ook meegenomen in de kiemproef als vergelijking. Tevens is naar aanleiding van een stagebezoek van dhr. Paul Vader (stagebegeleider vanuit de opleiding) de kiemproef uitgebreid met een licht - donker vergelijking.

Dit omdat de kieming van zaad over het algemeen beter in het donker plaatsvindt. Van beide zaadbronnen zijn handmatig 200 zaden geselecteerd waarvan 100 zaden in het licht en 100 zaden in een doos in het "donker" geplaatst zijn. De zaden zijn weer verdeeld over twee petri-schaaltjes om een duplo van 50 zaden te creëren. De proef is uitgevoerd op vochtige watten en op kamertemperatuur. De watten zijn handmatig vochtig gehouden door indien nodig water toe te voegen. Figuur 1 geeft een overzicht van de proefopstelling.



Figuur 1. Foto's van de kiemproef (linksboven: zaad schonings-rest; donker, rechtsboven: zaad WPIG; donker, linksonder: zaad schonings-rest; licht, rechtsonder: zaad WPIG; licht)

Methode

Om een kiempercentage te berekenen zijn 3 weken na de eerste kieming, het totaal aantal kiemplantjes geteld. Daarna is door middel van onderstaande formule het kiempercentage bepaald.

$$\text{Kiempercentage} = \text{Aantal ontkiemde zaadjes} / \text{Totaal aantal zaadjes} * 100$$

Resultaten

Kiemproef 1:

De kieming uit de eerste kiemproef bedraagt in totaal 1%.

Kiemproef 2:

Na een periode van drie weken is de kieming van zeekraal bekeken en hier is een percentage van bepaald (zie tabel 1).

Tabel 1: Overzicht van de kieming van zeekraal in het licht en donker

	licht	donker
WPIG	19%	28%
Schonings-rest	0%	2%

Conclusie en discussie

X. Kiemt zeekraal beter in een verlichte of verduisterde omgeving?

De vermoedens van de slechte kwaliteit van het eerste zaad worden bevestigd. De eerste kiemproef gaf een resultaat van 1% in het licht, de tweede kiemproef waar dit zaad een koudeschok heeft gehad laat een kieming van 0% in het licht en 2% in het donker zien. Dit zaad is niet bewaard onder voorgeschreven condities wat mogelijk de slechte kieming kan verklaren.

Het zaad verkregen van WPIG laat een betere kieming zien van 19% in het licht en 28% in het donker. Dit resultaat is opvallend omdat uit persoonlijke communicatie met Greet Blom van de universiteit van Wageningen blijkt dat zeekraal beter zou kiemen onder invloed van licht. Om de activering van zaad door middel van licht te starten is slechts weinig licht nodig (pers. Comm. G. Blom). Een discussiepunt bij het uitgevoerde kiemexperiment is dat de kieming in het "donker" niet geheel donker is geweest. Het zaad is in het Petri-schaaltje in een dun kartonnen doos geplaatst onder TL verlichting naast het verlichte zaad. Er is waarschijnlijk toch licht door de doos of door kiertjes van de doos binnengedrongen wat niet tot geheel donkere condities heeft geleid. Er kan dus niet gesproken worden van een kieming in het donker. Toch toont het experiment wel aan dat lichtintensiteit invloed heeft op de kieming van zeekraal.

Bijlage VII: Nutriëntenlading van het gebruikte grondwater van het SEA-Lab

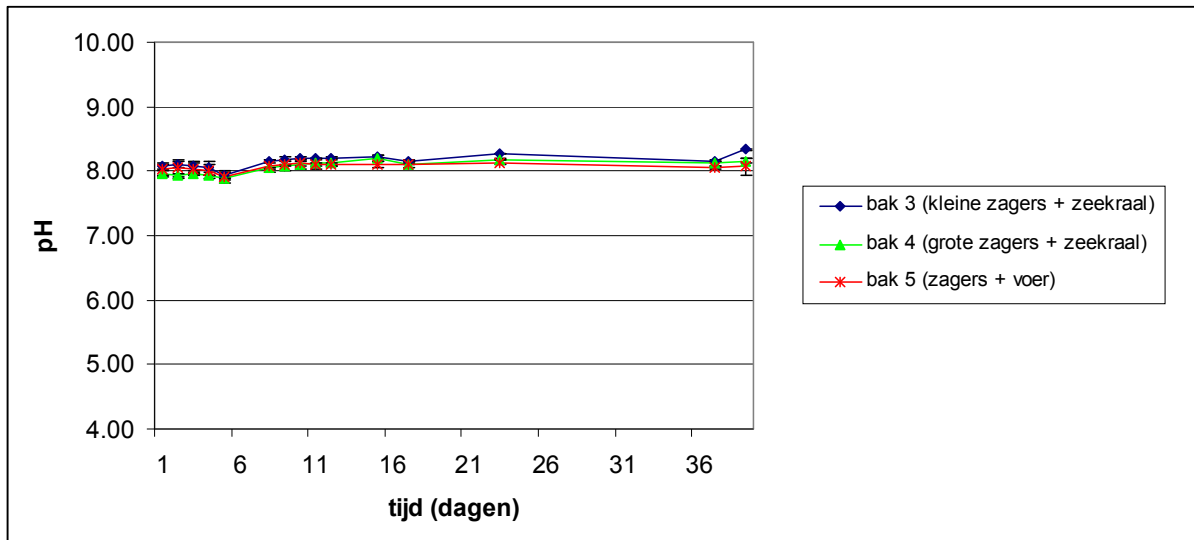
Voor de grondwaterbepaling t.b.v. de uitgevoerde experimenten met zagers en de afbraak experimenten (hoofdstukken 5,6 en 7) zijn op vier momenten de nutriëntenconcentraties van N-NO₃, N-NO₂, N-NH₄ en P-PO₄ bepaald van het grondwater uit de voorraad van het SEA-Lab na de ontijzerings-installatie. Dit is gebeurd op 30 maart, 31 maart, 5 april en 8 april. De resultaten in onderstaande tabel geven de gemiddelde waarden weer van deze metingen en vertegenwoordigen de algemene grondwaterbepaling.

Tabel 1. Gemiddeld resultaat van de nutriëntenmetingen t.b.v. een eenmalige grondwaterbepaling voor hoofdstukken 5, 6 en 7

	N-NH ₄	N-NO ₂	N-NO ₃	P-PO ₄
Gemiddelde concentraties (mg/l) (n=8)	0.15	0.55	14.76	0.17
stdev (n=8)	0.07	0.84	2.11	0.12

Bijlage VIII: pH metingen in zagerexperiment: Experiment naar de mogelijkheden van zeekraal als voedsel voor zagers van verschillende grootte

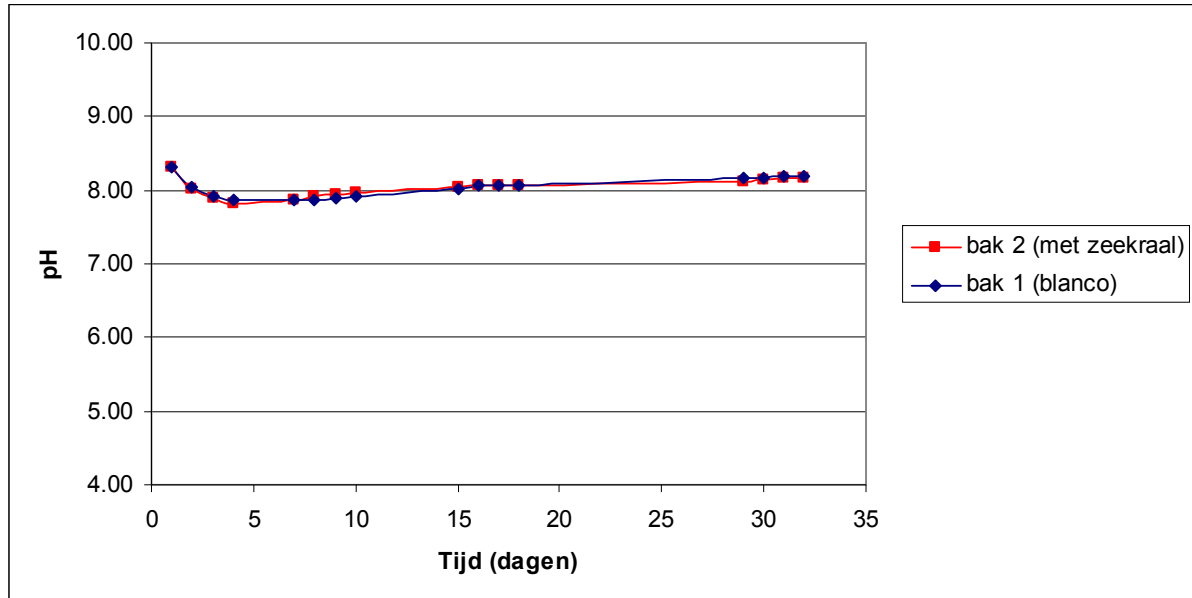
In onderstaande figuur 1 is te zien dat de pH van het water, tijdens het experiment naar zeekraal als zagervoedsel met zagers van verschillende grootte, stabiel is gebleven rond de 8,0.



Figuur 1. pH gedurende het zagerexperiment naar zeekraal als zagervoedsel met zagers van verschillende grootte; (n=2)

Bijlage IX: Resultaten pH metingen in experiment: Effecten van inundatie zeekraalveld bij wisseling van teelt

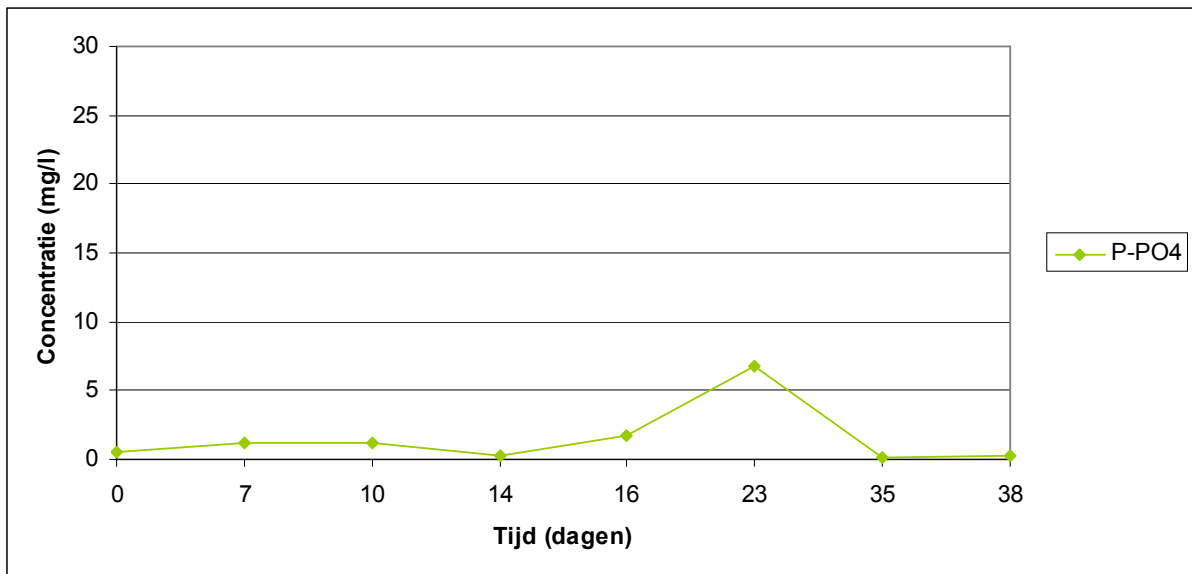
In onderstaande figuur is te zien dat de pH tijdens het experiment naar de afbraak van gemaaide zeekraal (zonder beluchting) stabiel is gebleven rond de 8,0



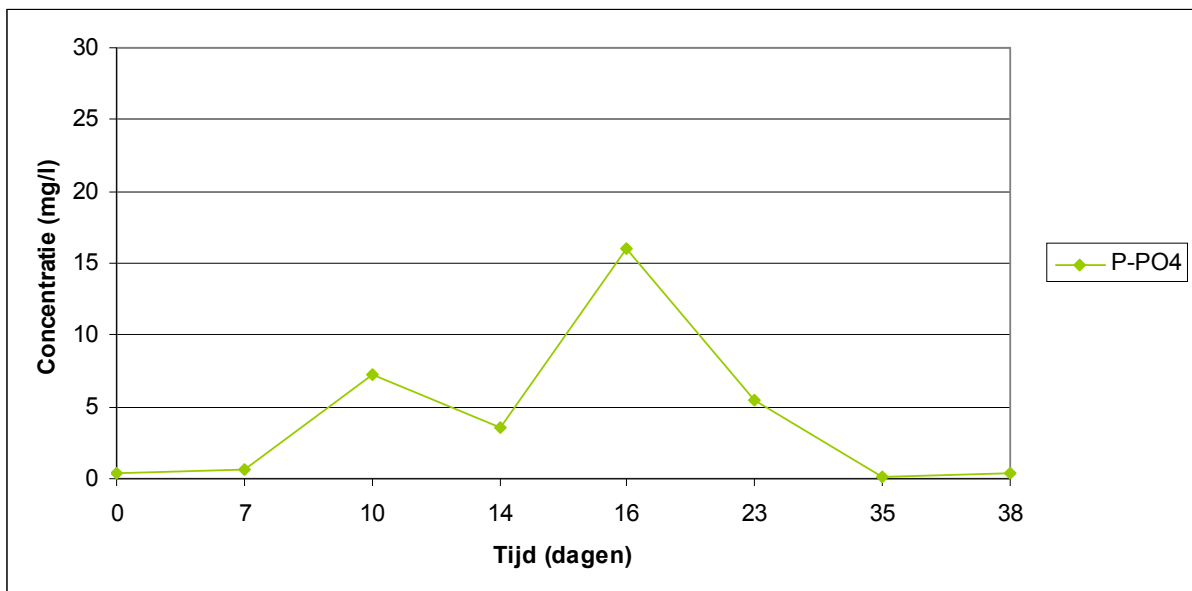
Figuur 1. pH tijdens het experiment naar de afbraak van gemaaide zeekraal (zonder beluchting);
 $n=2$

Bijlage X: Resultaten nutriënten meting P-PO₄ in experiment: Effecten van inundatie zeekraalveld bij wisseling van teelt

In figuur 1 (zonder zeekraal) en figuur 2 (met zeekraal) is het verloop van de P-PO₄ concentratie in de aquaria van de eerste helft met gekochte zeekraal (herkomst onbekend) van het experiment weergegeven. Er is te zien dat de afbraak van zeekraal een verhogende invloed heeft op de P-PO₄ concentratie.

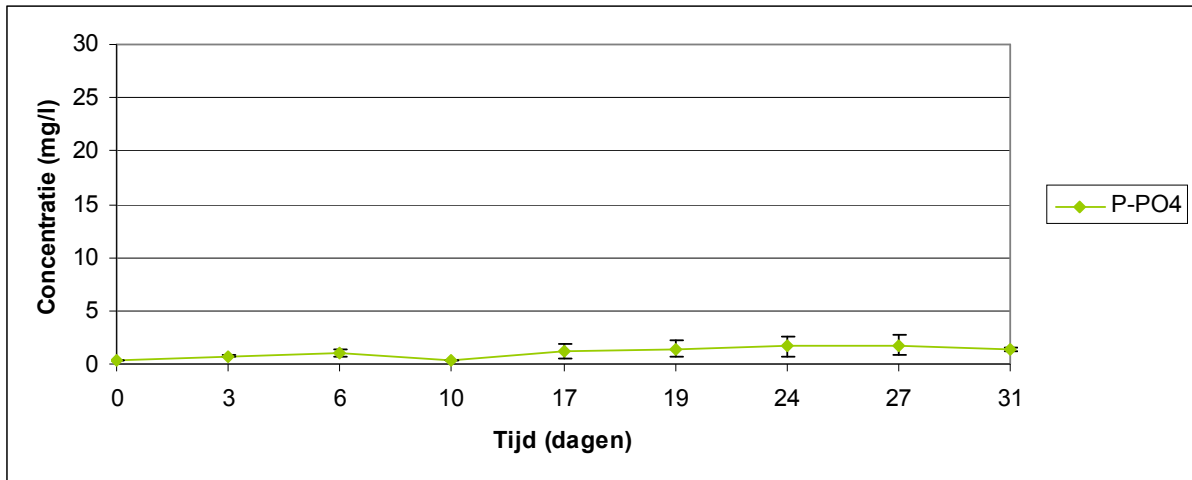


Figuur 1. Verloop van PO₄ concentratie uit experiment in overschakelingsperiode naar zagerteelt gekochte zeekraal (Zonder zeekraal); n=2



Figuur 2. Verloop van PO₄ concentratie uit experiment in overschakelingsperiode naar zagerteelt gekochte zeekraal (met zeekraal); n=2

In figuur 3 is het verloop van de P-PO₄ concentratie te zien uit de aquaria met staande zeekraal van het experiment naar de overschakelingsperiode van zeekraalteelt naar zagerteelt. Hier is de zeekraal aanwezig die gestoken is uit de donorbak als intacte plant. Deze zeekraal heeft veel mindere verhoging van de P-PO₄ concentratie in het water.



Figuur 3. Verloop van PO₄ concentratie uit experiment naar de overschakelingsperiode van zeekraalteelt naar zagerteelt, staande zeekraal (met zeekraal); n=2