

Trillingen appelslak (*Pomacea canaliculata*)

Innovatiewijzer 2009, PPO-AGV

Brandt, S., Brands, H., Hartsema, O.

© 2010 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit is een vertrouwelijk document, uitsluitend bedoeld voor intern gebruik binnen PPO dan wel met toestemming door derden. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermenigvuldigd of verspreid voor extern gebruik.



Dit onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met:

- PPO Lelystad, sectie plagen, Albert Ester
- Van Antwerpen Milieutechniek, Eduard van Antwerpen
- Seamarco, Ron Kastelijn

Projectnummer: 3255039800

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving
Akkerbouw, Groene Ruimte & Vollegrondsgroententeelt
Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 83 00
Fax : 0317 - 47 83 01
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

VOORWOORD	5
1 INLEIDING	7
2 PROBLEEMSTELLING	9
2.1 Ideevorming	9
2.2 Vraagstelling	10
3 AANPAK	11
4 ZINTUIGEN APPELSLAK (<i>POMACEA SPP.</i>)	12
4.1 Zintuigen appelslak (<i>Pomacea spp.</i>).....	12
4.2 Zenuwstelsel appelslak (<i>Pomacea spp.</i>).....	14
5 LITERATUURSTUDIE	15
6 SCREENING EFFECT TRILLINGEN ALGEMEEN	17
6.1 Materiaal	17
6.2 Methode	18
6.3 Methode van waarnemen	18
7 SCREENING EFFECT MECHANISCHE TRILLING	21
7.1 Methode	21
7.2 Uitvoering	21
7.3 Resultaten	21
7.4 Conclusie	22
8 SCREENING EFFECT STROMING	23
8.1 Methode	23
8.2 Uitvoering	23
8.3 Resultaten	23
8.4 Conclusie	24
9 SCREENING EFFECT GELUIDSTRILLING	25
9.1 Geluid	25
9.2 Conclusie	28
10 DISCUSSIE	29

Voorwoord

Tijdens het verzorgen van de kweek van de appelslak voor het project “Snailwise” raakte ik geboeid door dit organisme. Vanwege het feit dat de appelslak oorspronkelijk uit tropische gebieden komt en daardoor een snelle stofwisseling heeft is, in vergelijking met niet tropische weekdieren, veel actie waar te nemen.

Het leek heel duidelijk dat de appelslak vrij direct op verandering in zijn omgeving kan reageren. Dit is zichtbaar wanneer het deksel van de kweekbak wordt opgetild of tegen de wand wordt getikt en de slak zich als gevolg hiervan op de bodem laat vallen. In mij kwam de vraag op hoe een slak, en in het bijzonder de appelslak, in staat is zijn leefomgeving waar te nemen. Zou een slak geluidstrilling in het water kunnen waarnemen en zou hij daardoor zodanig verstoord kunnen raken dat hij gehinderd wordt bij de voedselopname?

Binnen ons labteam hadden wij over deze vraag interessante discussies waarbij de meningen uiteen liepen. Met de oproep voor de innovatiewijzer 2008 grepen wij als sectie laboratorium onze kans om deze vraag met betrekking tot de bestrijding van de appelslak in de rijstteelt in te dienen. Met dank aan het managementteam en de collega's van PPO kwamen wij als winnaar uit de bus bij deze eerste Innovatiewijzer.

Enthousiast begonnen wij met de literatuurstudie. Het bleek al heel snel dat over dit onderwerp weinig tot niets bekend is. Wij bevonden ons op volledig onbekend gebied. Aan de ene kant maakte dat het onderzoek niet gemakkelijk, aan de andere kant betekende het dat het ons gelukt was een vraag te stellen die vóór ons nog niemand anders gesteld of onderzocht had. Als dat geen uitdaging is!

Hierbij wil ik mede namens het labteam onze dank uitspreken richting de sectie plagen, die graag bereid was om hun literatuurgegevens en ook de slakken zelf ter beschikking te stellen. In het bijzonder dank aan Albert Ester die ons met zijn kennis en ervaring ter zijde stond.

Simone Brandt, januari 2010

1 Inleiding

De appelslak (*Pomacea canaliculata*) of golden apple snail is een probleem in de natte rijstteelt in de tropische regionen. De slakken veroorzaken schade in met name de eerste weken na planten van de rijstplantjes. Voor de bestrijding van de appelslak wordt veel bestrijdingsmiddel ingezet. Om de hoeveelheid bestrijdingsmiddelen te beperken is door PPO-AGV onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van zaadcoating in de bestrijding van de appelslak.

Met het verzorgen van de kweek is ervaring opgedaan met de appelslak. De indruk ontstond dat de slak gevoelig is voor verstoring, met name veroorzaakt door trillingen. Hieruit voort vloeide het idee om te kijken of dit fenomeen niet gebruikt kan worden in de bestrijding of in de beperking van de schade door de appelslak.

In hoofdstuk twee wordt een korte beschrijving van de probleemstelling van de appelslak (*Pomacea canaliculata*) in de natte rijstteelt gegeven. Tevens wordt nader ingegaan op de ideevorming van het project.

In hoofdstuk drie staat beschreven voor welke aanpak binnen het project is gekozen en zijn de fases nader benoemd.

Hoofdstuk vier gaat dieper in op de zintuiglijke waarnemingen van de appelslak voor zoverre deze relevant zijn voor de vraagstelling.

Het volgende hoofdstuk geeft een overzicht van de bevindingen vanuit de literatuurstudie die is verricht.

Hoofdstukken 6 t/m 9 beschrijven de proefnemingen die verricht zijn. Voor de overzichtelijkheid is ervoor gekozen deze per hoofdstuk te behandelen. Elk hoofdstuk wordt afgesloten met een korte conclusie.

Aansluitend wordt in de discussie naar een algehele conclusie toegewerkt.

Tijdens het project werden neveneffecten waargenomen die de moeite van het onderzoeken waard waren / zijn. Deze onderwerpen zijn in het hoofdstuk 'aandachtspunten' samengevat.

Hierin wordt met name ingegaan op de mogelijkheid om de appelslak te vangen met een val.

In de bijlagen is aanvullende en meer gedetailleerde informatie te vinden over de rijstteelt en de bestrijding van appelslakken in de rijstteelt en zijn de meetgegevens van de proefnemingen te vinden.

2 Probleemstelling

De appelslak (*Pomacea canaliculata*) of golden apple snail is een tropische slak die in ondiep, stilstaand water leeft. Hij komt oorspronkelijk uit Zuid-Amerika en is in de jaren 80 in delen van Azië geïntroduceerd, ter aanvulling op het dieet. Langs verschillende wegen kwam de appelslak in de rijstteelt terecht waar hij in staat is om grote schade aan te richten. Via irrigatiesystemen en o.m. door watervogels verspreidt de appelslak zich in een razend tempo over grote gebieden.

Hij veroorzaakt hoofdzakelijk schade in de natte rijstteelt, in de eerste 3 weken nadat de rijst is gekiemd. Daarna is de rijstplant niet of nauwelijks kwetsbaar meer voor vraat door de appelslak. De economische schade is groot.

Uit de literatuurstudie die voor het PPO-AGV project ‘Snailwise’ is uitgevoerd, blijkt dat geen van de toegepaste methoden voldoende resultaat oplevert om de appelslak te bestrijden. Momenteel is de meest succesvolle methode de bestrijding met chemische middelen (insecticide, molluscicide). De kosten hiervan zijn hoog en het kan een nadelige werking op het milieu hebben. Door verkeerd gebruik kan de gezondheid van mens en dier in gevaar lopen. Er is dus behoefte aan een bestrijdingsmethode die niet milieubelastend is en niet schadelijk voor mens en dier. Het is een extra pluspunt als het een methode betreft die niet negatief bijdraagt aan de CO₂-concentratie in de atmosfeer.

2.1 Ideevorming

Bij appelslakken (*Pomacea canaliculata*) die gekweekt werden voor het project ‘Snailwise’ werden duidelijke reacties waargenomen als gevolg van versturende trillingen. Slakken die zich actief bewogen of zich aan de zijkant van een doorzichtige kweekbak vasthielden namen bij veranderingen in de omgeving van de bak binnen enkele seconden een beschermende houding aan. Dit betekent dat ze hun operculum (deksel waarmee ze hun huisje afsluiten) sluiten en passief op de bodem blijven liggen of zich met gesloten operculum op de bodem laten vallen. De veranderingen die deze reacties voortbrengen waren:

- Plotselinge verandering van licht naar donker
- Bewegen van de kweekbak
- Optillen of laten vallen van de deksel van de kweekbak
- Tikken aan de zijkant van de kweekbak
- Laten vallen van voer in de kweekbak

In hun natuurlijke leefomgeving leidt deze reactie ertoe dat de slakken minder goed zichtbaar zijn voor eventuele predatoren.



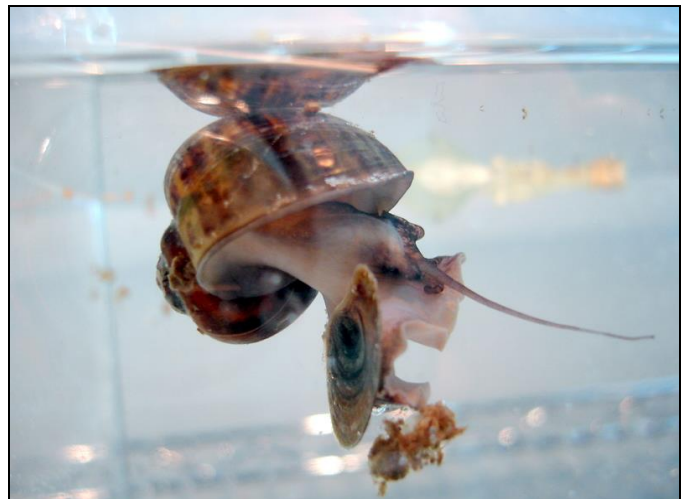
Afbeelding 1: slakken in kweekbak, actief rustend

2.2 Vraagstelling

Rijst de vraag of een appelslak door de trillingen in het water waarneemt of hij benaderd wordt door een predator en dan als reactie een beschermende houding aanneemt.

De vervolgvraag is of het mogelijk is om met geluid of andere trillingen deze reactie bij de appelslak op te roepen en daarmee de voedselopname dusdanig te verstoren dat de schade aan de rijstplanten wordt gereduceerd.

Een tweede vraag is of er geluiden of trillingen zijn waarmee organen van de appelslak beschadigd of beïnvloed worden waardoor hij minder vruchtbaar wordt of zelfs doodgaat.



Afbeelding 2: Actieve slak

De vraag of weekdieren geluid in het water waar kunnen nemen en daarop reageren heeft tot nu toe weinig aandacht gehad van de wetenschappelijke wereld. Alleen onderzoek dat uitgevoerd is door 'Seamarco' heeft enige aansluiting bij dit onderwerp.

Hypothese:

1. *Er zijn (geluids)trillingen die bij de appelslak leiden tot een defensieve reactie.*
2. *Er zijn (geluids)trillingen die een negatief effect op de reproductie van de appelslak hebben.*
3. *Er zijn (geluids)trillingen die bij appelslakken tot de dood kunnen leiden*

3 Aanpak

PPO-AGV stelde aan de winnaar van de innovatieprijs een bedrag van €10.000 ter beschikking. Hiermee is een complete projectopzet waarbij alle vragen beantwoord worden niet te realiseren. Om structuur aan te brengen en duidelijke beslismomenten in te bouwen is ervoor gekozen het project op te delen in de volgende fases:

1. Brainstorm,
waarbij de verantwoordelijkheden zijn benoemd en een plan van aanpak is opgesteld.
2. Literatuurstudie,
waarin gezocht wordt naar informatie over het effect van (geluids)trillingen op slakken, weekdieren en/of overige dieren levend in een aquatische omgeving.
3. Screening,
waarbij met de kennis uit de literatuur en vanuit het netwerk diverse systemen grof worden getoetst met het doel inzicht te krijgen in de haalbaarheid van het werken met geluidstrillingen. Deze fase is ingelast omdat er te weinig bekend bleek en daardoor beslissingen t.a.v. methodiek en proefopzet niet meteen te nemen waren. De gegevens van de screening worden gebruikt om keuzes te maken t.a.v. methode en proefopzet.
4. Labtest,
daadwerkelijke uitvoering van testen in meervoud.
5. Praktijktoets,
De varianten die in de labtest als veelbelovend worden beoordeeld worden in testen onder praktijkomstandigheden nogmaals getoetst op uitvoerbaarheid en resultaat.
6. Communicatie.

Na elke fase werd op basis van de verkregen informatie beslist hoe het vervolg er uit kwam te zien.

4 Zintuigen appelslak (*Pomacea spp.*)

Over de anatomie en de levenswijze van de appelslak is veel bekend. Er is voldoende informatie te vinden op internet en in literatuur. Het verslag beperkt zich tot de informatie over dat deel van de anatomie van de appelslak die relevant is voor het waarnemen van trillingen in het water.

4.1 Zintuigen appelslak (*Pomacea spp.*)

Appelslakken hebben een goed ontwikkeld reukzintuig. Dit gebruiken ze bij het vinden van voedsel en een partner voor paring. Het reukzintuig zit in de osphradia. De osphradia is een structuur met chemische receptoren die voor de long zit. Hiermee worden chemische stoffen in het water waargenomen.

De ogen van de appelslak zijn minder goed ontwikkeld. Ze kunnen alleen licht en donker waarnemen. Ze zijn niet in staat om kleuren waar te nemen.

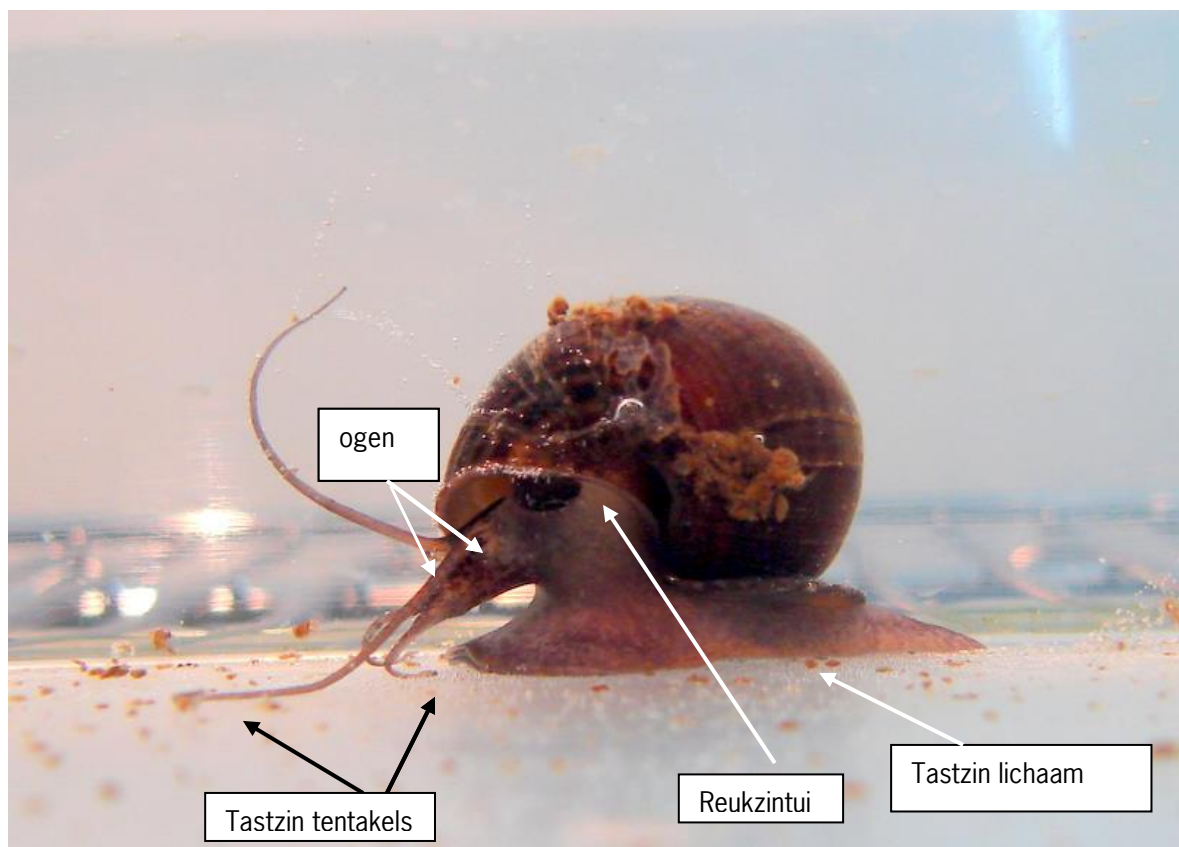
Appelslakken hebben geen oren.

De tastzin is heel goed ontwikkeld hetgeen zichtbaar wordt als een slak over een scherp voorwerp kruipt.

Het hele lichaamsoppervlakt van de slak bevat chemische en mechanische receptoren. Receptoren zijn moleculen in de celmembraan die fungeren als specifieke bindingsplaats voor bepaalde stoffen.

De tentakels aan kop en mond zijn belangrijke tastorganen voor het verplaatsen.

De statocyste is een evenwichtsorgaan dat zich dicht bij de pedal ganglia, in de voet van de slak, bevindt. Hij is nodig om te kunnen bepalen in welke positie de slak zich bevindt ten opzichte van de bodem.

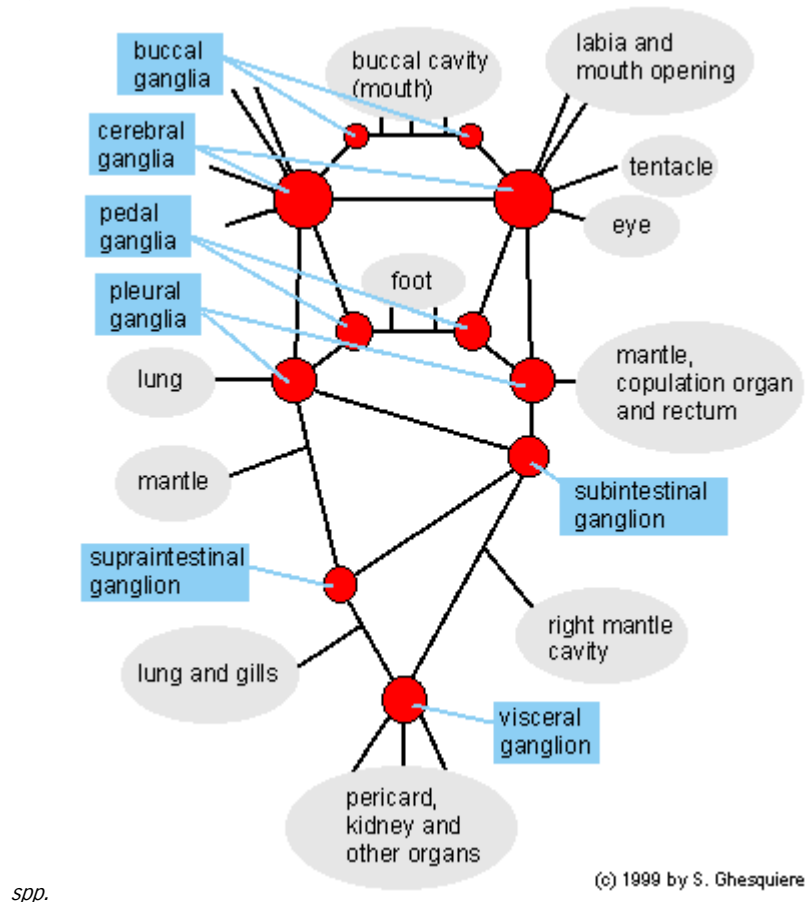


Afbeelding 3: Zintuigen appelslak (*Pomacea* spp.)

4.2 Zenuwstelsel appelslak (*Pomacea spp.*)

Figuur 1: Schema zenuwstelsel *pomacea spp.*

Figuur 2: Schema zenuwstelsel *pomacea*



Het centrale zenuwstelsel (zie Figuur 1) van de appelslak bestaat uit verschillende ganglione (een verzameling van zenuwvezels en zenuwcellen, die een tussenstation vormen in de zenuwprikkeloverdracht) die met elkaar in verbinding staan door commissuras. De perikaries (cell-bodies van de zenuwcellen) zijn geconcentreerd in deze ganglione.

Sommige delen van het zenuwstelsel zijn symmetrisch, andere niet. Dit heeft te maken met de asymmetrische lichaamsbouw van de slak.

Er zijn geen centrale hersenen, zoals bij zoogdieren het geval is. De verschillende ganglione zijn over het lichaam van de slak verdeeld met een concentratie in de kop.

Elk ganglion staat in verbinding met een specifiek orgaan en stuurt deze aan. De functie van de commissures (verbinding) tussen de ganglione is om de verschillende systemen van het zenuwstelsel te integreren.

Bron: www.applesnail.net, Sensory system

5 Literatuurstudie

Uit literatuuronderzoek naar de effecten van trillingen op slakken, weekdieren en levende organismen in het algemeen blijkt dat er weinig bekend is over de invloed van trillingen en het meeste onderzoek nog in de kinderschoenen staat.

Met betrekking tot slakken en hun gevoeligheid voor geluidstrillingen is niet of nauwelijks informatie te vinden. Wel is bekend dat de slakken trillingen met hun lichaam kunnen waarnemen (Ghesquiere, S. A. I. (2009), Ross, R. J. (1979), Joshi, R. C. and L. S. Sebastian (2006).

Het meeste onderzoek dat wordt gedaan naar de invloed van geluidstrillingen gebeurt aan zeezoogdieren. Door de sterke toename van menselijke activiteit in de grote open wateren is de geluidsvervuiling van deze wateren eveneens sterk toegenomen. Geluidstrillingen die worden voortgebracht door meer en grotere scheepvaart, exploitatie van de zeebodem in de zoektocht naar nieuwe velden van fossiele grondstoffen, methodieken in de visserij en het snel groeiende ecotoerisme.

Zeezoogdieren gebruiken geluid om zich te kunnen oriënteren, voedsel te zoeken en om te communiceren met soortgenoten. Wetenschappers, biologen maken zich zorgen over de invloed van geluidstrillingen op het voortbestaan van deze dieren. Geluidsvervuiling kan de dieren beschadigen (tot aan doden toe), verstoort ze bij het uitoefenen van hun gedrag, vermindert de kwaliteit van hun habitat en heeft een negatieve invloed op de efficiëntie en het vermogen om voedsel te zoeken. Dientengevolge verzwakken de dieren, brengen minder nakomelingen voort en worden gedwongen zich terug te trekken op andere (niet verstoorde) plekken. (Lusseau, D. (2008). Markensteijn, C. (2005).

Ook vissen raken beschadigd of gaan dood wanneer ze worden blootgesteld aan (zware) geluidstrillingen. Bij het heien van palen voor de kust van San Francisco, werd gekooide zalm blootgesteld aan de geluidstrillingen die daar mee gepaard gaan. Binnen 50 meter van de geluidsbron stierf alle vis meteen, en op 1000 meter van de heillocatie werden ernstige beschadigingen bij de vis waargenomen zodanig dat die binnen korte tijd daarna als nog stierf. (Haan, D. d., D. Burggraaf, et al. (2007).

Bekend in de visserij is het gebruik van geluid als techniek om vis te vangen. De vis wordt m.b.v. geluid in een bepaalde richting gestuurd al waar ze massaal wordt gevangen. Ook wordt geluid ingezet om het tegenovergestelde effect te bereiken, namelijk om dieren te weren. Het beoogde doel is, om ze weg te houden van de vangst (roofvis), net verstrengeling te voorkomen of bijvangst tegen te gaan.

Een bekend probleem is het binnendringen van vis in waterkrachtcentrales. Onderzoek aan de blueback herring liet zien dat geluid een probaat middel kan zijn om dit probleem tegen te gaan. Tests met geluidstrillingen tussen 110 -140 kHz lieten een significante vermijding, afweer reactie zien van deze vis. Andere frequenties leverden minder sterke reacties op. Heel lage frequentie, 0,1 – 1,0 kHz, riep slechts gedurende korte tijd een schrik/schok reactie op (Nestler, J. M., G. R. Ploskey, et al. (1992)).

In verband met de toenemende geluidsvervuiling is eveneens onderzoek verricht naar de levensvatbaarheid van forelleneieren. Daarbij blijkt dat de levensvatbaarheid van forelleneieren na blootstelling aan mechanische en elektrische trillingen afneemt (Dwyer, W.P., W. Fredenberg, et al. (1993)).

Meer recent is het onderzoek van Kastelein aan kokkels. Kokkels worden in Nederland commercieel gekweekt. Het dier leeft van plankton in het water. De kokkel graaft zich in de waterbodem in en ligt slechts met twee openingen naar boven gericht om hierdoor het water te filteren. Het probleem dat zich voordoet bij de oogst van deze dieren is dat tijdens het oogst proces zand in de kokkels komt. Uit een oriënterende studie is gebleken dat de kokkels onder invloed van geluidstrillingen hun schelpen gedurende enige tijd sluiten. Wellicht biedt dit mogelijkheden voor verbetering van het oogstproces.

Niet alleen commercieel gezien is het van belang meer te weten te komen van het effect van geluid op kokkels, er is ook een ecologisch belang. Wanneer de kokkel door verstoring minder tijd beschikbaar heeft om water te filteren, zal hij minder goed groeien en zich ook minder goed vermenigvuldigen. Dit heeft consequenties voor de voedselketen (5,6).

Het gebruik van geluidstrillingen, ultrasoon geluid is nog het meest bekend op het gebied van de algenbestrijding. Bij de bestrijding van algenbloei in vijvers, plassen en zwembaden wordt gebruik gemaakt van een apparaat dat trillingen overbrengt in water waarna de algen verdwijnen of zich niet verder ontwikkelen. Wat precies de verklaring hiervoor is en welke rol de geluidstrillingen in dit proces spelen behoeft verder onderzoek (Antwerpen Milieutechniek, b. v. v. (2009)).

Conclusie:

Er is zeer beperkt onderzoek gedaan naar het effect van trillingen op weekdieren en slakken in het bijzonder. Op basis van enkele onderzoeken is te veronderstellen dat er een negatief effect kan zijn op het aantal nakomelingen. Dit effect kan zowel direct zijn (levensvatbaarheid van eieren bij vissen), als indirect (aantal nakomelingen, zeezoogdieren, kokkels).

Omdat er te weinig concrete informatie is gevonden wordt besloten door te gaan naar de screeningsfase.

6 Screening effect trillingen algemeen

In dit hoofdstuk staat beschreven met welk materiaal en op welke wijze de tests in de screeningen zijn uitgevoerd. Er is voor gekozen de algemeen geldende informatie in dit hoofdstuk op te nemen. De meer specifieke informatie staat per test beschreven.

6.1 Materiaal

6.1.1 Slakken

Bij het uitvoeren van de trillingtests is er gekozen voor een slakkenmaat met diameter boven de 15 mm. Dit omdat in de praktijk blijkt dat kleinere slakken geen of weinig vraatschade veroorzaken aan rijstplanten. Ook bij de tests voor het onderzoeksproject Snailwise is voornamelijk gewerkt met slakkenmaat 15-20 mm. Tenzij voor een andere slakkenmaat gekozen is word dit aangegeven. De slakken komen uit eigen kweek.

De slakken die getest zijn behoren tot de *Pomacea canaliculata* groep, deze groep bestaat uit canaliculata en nog wat andere verwante soorten.

Herkomst van slakken:

Filipijnen: Calamba, Laguna 4037, slakken zijn verzameld op 20 dec. 200

BASF, Agricultural Research Foundation Incorporated

6.1.2 Bakken

De screeningstests zijn uitgevoerd in twee soorten transparante kunststof bakken, `Real useful box`. Een met een inhoud van 35liter, afmeting l.b.h. 40x30x28 cm en een met een inhoud van 60liter, l.b.h. 65x40x28 cm.

6.1.3 Omstandigheden

De voorbereidingen voor de screeningstests en de screeningtests zelf zijn uitgevoerd in de kweekruimte van de appelslak. Dit is een geconditioneerde ruimte met een temperatuur van 25 graden Celsius en kunstlicht, 12 uur aan, 12 uur uit. (TL buizen).

Een 35 liter bak is gevuld met een laag water van 10 cm. Het water bestaat uit +/- 2 liter water uit een bestaande slakkenbak (oud water) en geconditioneerd (toevoeging van enkele gram natuurskalk) kraanwater. Het water heeft een temperatuur van 25 graden Celsius, pH 6.5-7. Per bak zijn 10 slakken gebruikt.

De bak met de slakken is 72 uur met rust gelaten om de slakken te laten acclimatiseren. De slakken zijn minimaal 24 uur voor de test niet gevoerd.

Voor de tests is de bak op een stevige tafel geplaatst.

6.2 Methode

De voorbereidingen voor alle tests zijn op dezelfde manier uitgevoerd. Afhankelijk van de soort test zijn er meerdere bakken voorbereid. De methode staat per test beschreven.

De afstand van de slak ten opzichte van de testapparatuur is variabel. Dit is afhankelijk van de positie van de slak in de kweekbak bij uitvoeren van de test.

Om duidelijke veranderingen in het gedrag door de behandeling waar te kunnen nemen is het belangrijk dat de slakken voor het begin van de screeningtests zich in actieve toestand bevinden. Dit betekent dat ze zich actief bewegen of zich in actieve rusttoestand bevinden.

Om de slakken actief te krijgen is vóór het uitvoeren van een test een kleine hoeveelheid voer (Gold Stik Basic Food van Velda) in de bakken gegooid. Hierbij werden enkele korrels van het voer midden in de bak, in het water gestrooid. Het voer drijft aan de oppervlakte van het water. De slakken beginnen binnen enkele minuten actief naar het voedsel te zoeken.

6.3 Methode van waarnemen

Omdat het bij de appelslak (*Pomacea canaliculata*) om een tropische slak gaat en daardoor de stofwisseling hoog is, is in vergelijking met inheemse slakken, veel activiteit waar te nemen. Dit is belangrijk om duidelijke reacties op de tests te kunnen constateren.

Bij de uitvoering van de tests is gewerkt met een waarnemingslijst.

In deze lijst werd onderscheid gemaakt tussen de verschillende vormen van wel en niet actieve slakken. Alleen duidelijk zichtbare veranderingen tijdens de tests zijn genoteerd.

Tijdens het waarnemen is er zodanig een positie gekozen dat er uitgesloten kan worden dat de slakken op andere veranderingen reageren dan de geteste apparatuur.

Uitvoering waarneming

Na het plaatsen van de testapparatuur in de 'Real useful box' wordt gewacht totdat de slakken overgaan naar hun normale gedrag. Dit omdat de slakken door het plaatsen van de apparatuur verstoord worden en tot een passieve toestand overgaan. Als de slakken weinig activiteit vertonen werd een beetje voer in de bak gestrooid. De test is in de volgende fasen te onderscheiden:

- | | |
|--------------------|--|
| Waarneming 1: | In het waarnemingsformulier wordt de activiteit van elke slak genoteerd zie Tabel 1 |
| Behandeling: | De testapparatuur wordt aangezet. De duur van de behandeling kan per screening variëren. |
| Waarneming 2: | Na enkele seconden wordt met behulp van het waarnemingsformulier de activiteit van elke slak genoteerd. Gaat het om een screening die over een langere tijdsduur gaat wordt waarneming 2 op bepaalde tijdstippen herhaald. |
| Einde behandeling: | De testapparatuur wordt uitgezet. |

Om de bewegingen van de slakken te scoren zijn de activiteiten van de slakken in een aantal klassen onderverdeeld. Deze staan vermeld in Tabel 1. Gedurende de test zijn twee klassen toegevoegd. Dit waren onnatuurlijk gedragingen, waarschijnlijk als reactie op de veroorzaakte trillingen.

Tabel 1: activiteitsklassen die onderscheiden zijn bij het waarnemen van de appelslak tijdens de test.

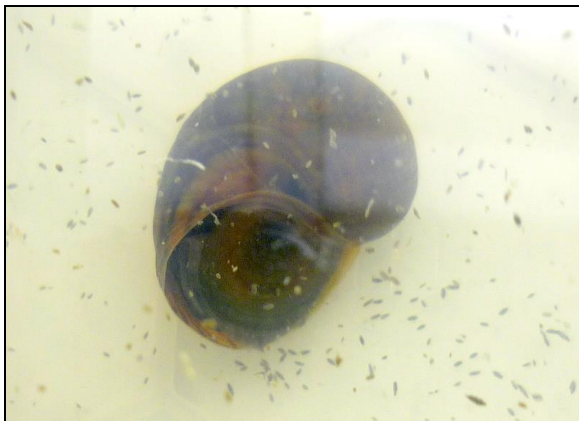
<i>Klasse</i>	<i>Beschrijving</i>
Actief	De slak beweegt zich actief door de bak of in het water op zoek naar voedsel of partner. De slak neemt voedsel op.
Parend	2 slakken zitten in paringshouding op elkaar.
Eieren leggend	De slak zit op de bakwand boven de waterspiegel en legt eieren.
Actief rustend	De slak houdt zich actief in het water, aan de zijwand van de bak vast maar beweegt zich niet. In dit geval is de voet van de slak duidelijk zichtbaar.
Actief vluchtend	De slak houdt zich actief buiten het water, aan de zijwand van de bak vast of beweegt zich van het water weg. In dit geval is de voet van de slak duidelijk zichtbaar.
Passief drijvend	De slak drijft in een passieve toestand aan het wateroppervlakte. Het operculum is min of meer dicht.
Passief liggend	De slak ligt in een passieve toestand op de bodem van de bak. Het operculum is min of meer dicht.
Passief vluchtend	De slak ligt in de bovenste rand van de bak, het operculum is dicht.
Dood	De slak ligt op de bodem van de bak. Het operculum wordt niet meer actief door de slak dicht gehouden. Het operculum staat open of kan met lichte druk naar binnen gedrukt worden.
<i>Later toegevoegd</i>	
Actief schokkend	De slak beweegt zich actief door de bak of in het water op zoek naar voedsel of partner. De slak neemt voedsel op. Hierbij maakt de slak schokkende/stuiptrekkende bewegingen.
Passief schokkend	De slak ligt in een passieve toestand op de bodem van de bak. De klep is min of meer dicht. Hierbij maakt de slak schokkende/stuiptrekkende bewegingen.



Afbeelding 4: actieve slak



Afbeelding 5: actief rustende slakken



Afbeelding 6: passief liggende slak



Afbeelding 7: eieren leggende slak

7 Screening effect mechanische trilling

Mechanische trilling is een vorm van energie die zich als een golf door het medium, in dit geval stilstaand water, verplaatst. De golven worden mechanisch veroorzaakt.

7.1 Methode

De golven worden met behulp van een trilapparaat overgebracht op het stilstaande water. Het trilapparaat is een waterdichte kunststofbak met de afmetingen 20 cm bij 13 cm, 10 cm hoog, waarin zich een excentrische schijf bevindt. Deze schijf wordt met stroom in beweging gebracht. Het trilapparaat is gebouwd door Seamarco en is gebruikt voor onderzoek aan kokkels. Seamarco is een bedrijf dat zich gespecialiseerd heeft in onderzoek naar het effect van onderwater-geluid op zeezoogdieren.

Het apparaat is instelbaar van 1- 25 volt. Een laag voltage geeft lange golven, deze komen overeen met lage frequenties dus lage tonen. Een hoog voltage geeft korte golven, deze komen overeen met hoge frequenties, dus hoge tonen.

7.2 Uitvoering

Het trilapparaat wordt in het midden van de bak op de bodem gezet. Er wordt zo lang gewacht tot de slakken weer overgaan naar hun normale gedrag. Dit duurt tussen de 5 en 15 minuten.

Voor aanvang van de test is van iedere slak de activiteit genoteerd op het waarnemingsformulier. Het trilapparaat wordt aangezet en na 5 seconden wordt opnieuw de activiteit van de slakken genoteerd.

Test 1

Slakkenmaat 15-20 mm

Trilapparaat aangezet bij 5 Volt en na 60 seconden in 5 Volt stappen omhoog tot 20 Volt.

Test 2

Slakkenmaat 15-20 mm

Trilapparaat aangezet bij 5 Volt en na 20 minuten in 5 Volt stappen omhoog tot 15 Volt.

Test 3

Slakkenmaat 15-20 mm

Trilapparaat bij 20 Volt aangezet, 20 minuten lang.

7.3 Resultaten

Bij geen van de uitgevoerde tests was een duidelijke reactie van de slakken te zien. Wel bestond de indruk dat de slakken net iets actiever werden. (zie bijlage 3)

7.4 Conclusie

De appelslakken reageren niet duidelijk zichtbaar op de trillingen die op mechanische wijze op het water overgebracht zijn.

Wel bestaat de indruk dat de actieve slakken door de mechanische trillingen iets actiever worden (sneller bewegen). Dit komt overeen met de waarnemingen die tijdens het verzorgen van de slakkenweek gemaakt zijn.

8 Screening effect stroming

Stroming is een beweging van het water zelf. Dit kan een continue beweging zijn maar ook een korte beweging.

8.1 Methode

De beweging wordt op 2 verschillende manieren in het water gebracht. De eerste methode is met een doorzichtige kunststofdeksel die langzaam door het water getrokken wordt. Hierbij ontstaat een korte golfbeweging in het water die na verloop van tijd minder wordt. Doordat doorzichtig materiaal gebruikt wordt mag uitgesloten worden dat de slakken op een verandering van het licht reageren.

Bij de tweede methode wordt met een staafmixer een continue stroming in het water veroorzaakt. De staafmixer kan op verschillende snelheden draaien waardoor de sterkte van de stroming regelbaar wordt.

8.2 Uitvoering

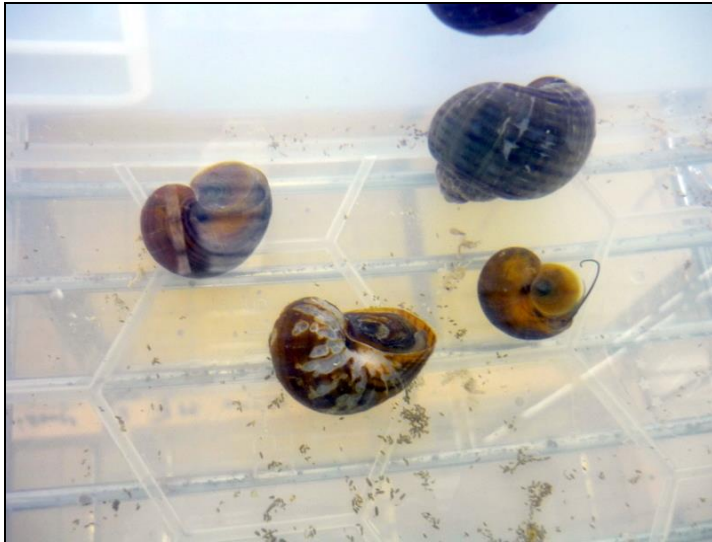
Bij methode 1 wordt gewacht tot de meeste slakken actief zijn. De kunststofdeksel wordt met de hand voorzichtig, verticaal, 5 cm diep in het water gebracht. De deksel wordt 3 tot 4 keer, langzaam in het water heen en weer bewogen en weer uit het water getild.

Bij methode 2 wordt een staafmixer, op 5 cm diepte in het water van een bak gehangen. Er wordt zolang gewacht tot de meeste slakken actief zijn. De staafmixer wordt aangezet op een lage snelheid. Na 1 –2 minuten wordt de snelheid opgevoerd.

8.3 Resultaten

Bij methode 1 is duidelijk zichtbaar dat de slakken op de stroming reageren. 8 van de 10 slakken stoppen met hun activiteit. Ze sluiten hun operculum en laten zich meedrijven met de stroming. Ze beginnen pas weer actief te worden als de stroming minder wordt. Slakken die niet met de stroming meegaan zijn in een actief rustende toestand, op de bodem of aan de zijkant van de bak.

Bij methode 2 is zichtbaar dat hoe sterker de stroming, hoe meer slakken stoppen met hun activiteit. De tentakels van de slakken bewegen met het stromende water mee. Wordt de stroming sterker dan gaan de slakken over in een actief rustende toestand aan de zijkant of op de bodem van de bak. 5 van de 10 slakken sluiten na 1-2 minuten hun operculum en laten zich meedrijven met de stroming. Na enkele minuten worden de slakken weer actiever. Slakken die zich hebben laten meedrijven proberen zich weer vast te houden. Als er voer aanwezig is bewegen ze zich actief richting het voer.



Afbeelding 8: slakken meedrijvend met de stroming

8.4 Conclusie

Het is duidelijk zichtbaar dat de slakken moeite hebben met sterker stromend water. Worden de slakken verrast door een korte golf laten ze zich onmiddellijk vallen en gaan met gesloten operculum met de stroming mee. Bij een continue stroming lijkt het alsof de slakken er aan kunnen wennen, maar het kost hun meer kracht dan in stilstaand water om zich vast te houden of zich te verplaatsen.

Dit gedrag zou kunnen verklaren hoe de appelslak zich verspreidt via de irrigatiesystemen in de natte rijstteelt. De slakken laten zich meevoeren met het snel stromende irrigatiewater. Dit komt overeen met het gedrag van de slakken bij het verversen van het water in de kweekbak tijdens de verzorging van de slakkenkweek.

9 Screening effect geluidstrilling

Geluid is een verandering in de luchtdruk die zich als geluidsgolf (trilling) door de lucht of door het water voortplant. De soort trilling wordt uitgedrukt in frequenties. Frequentie geeft aan hoe vaak zich iets binnen een bepaalde tijdseenheid herhaalt. In het geval van geluid is dat het aantal golven (golftoppen) per seconde. Hoe meer golven, hoe hoger de frequentie. De frequentie wordt uitgedrukt in Hertz.

De frequenties zijn ingedeeld in: Hertz (Hz), Kilohertz (KHz), Megahertz (MGz), Hypersone geluiden.

Frequenties die tussen de 18 KHz en de 800 MHz liggen worden ultrasone geluiden genoemd. Boven de 800 MHz heten ze hypersone geluiden.

Het geluidsniveau wordt uitgedrukt in decibel (dB). Bij de tests werd het geluidsniveau uitgedrukt in Volt.

Er zijn 2 verschillende methoden getest.

De tests zijn uitgevoerd met verschillende maten slakken en instellingen. (zie bijlage 4)

Bij sommige tests werden dezelfde slakken meerdere keren gebruikt om vast te kunnen stellen of deze slakken op dezelfde manier reageren. (zie bijlage 4)

9.1 Geluid

Bij de natte rijstteelt staan de rijstplanten tot 1-2 weken voor de oogst continue onder water. Geluidsgolven planten zich in het water sneller voort dan in de lucht. Ook wordt het geluid in het water versterkt. Geluid wordt onder meer in het water gebruikt als echolood.

9.1.1 Methode 1

Bij methode 1 is gebruik gemaakt van de Vamsonic. Het standaard-apparaat wordt gebruikt als algenbestrijder en is ontwikkeld door “Van Antwerpen Milieutechniek” in Borssele. Voor de screeningstests is gebruik gemaakt van een test-unit. Het apparaat bestaat uit een waterdichte, keramische luidspreker in de vorm van een cilinder (8 cm hoog, Ø 6 cm) en een elektrische voeding. De standaardinstellingen zijn 42 tot 51 kilohertz (ultrasoon), 600 volt, continu geluid. Mogelijkheden om de instellingen van het apparaat te veranderen zijn beperkt. De RMS-waarde¹ kan in stappen van 1 t/m 4 aangepast worden. De geluidsgolven kunnen ingesteld worden als continu of als pulserend. De geluidstrillingen worden met behulp van de luidspreker die op de bodem van de bak in het water staat overgebracht op het water.

9.1.2 Uitvoering

De luidspreker wordt midden in de bak, op de bodem gezet. Er wordt zo lang gewacht tot de slakken weer overgaan tot hun normale gedrag.

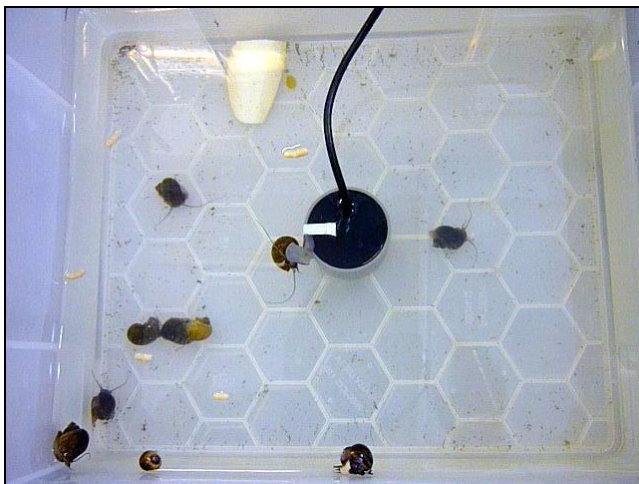
¹ De RMS of effectieve waarde is een waarde voor een spanning of stroom die een even groot vermogen in een weerstand dissipeert als een gelijkstroom met dezelfde waarde.

Om een duidelijke reactie waar te nemen is het voordelig dat de meeste slakken zich in actieve toestand bevinden. Dat betekent dat ze op het moment van de tests zich actief bewegen, bijvoorbeeld dat ze op zoek zijn naar voedsel. Hiertoe is voorafgaand aan de test voer gestrooid in de bak

Voor de start van de test is de activiteit van elke slak op het waarnemingsformulier genoteerd. De Vamsonic wordt aangezet en na enkele seconden is opnieuw de activiteit van de slakken genoteerd. De Vamsonic is na 2 minuten weer uitgezet.



Afbeelding 9: Vamsonic apparaat



Afbeelding 10: Uitvoering test met Vamsonic

9.1.3 Resultaten

Bij slakken, maat 15-20 mm, is duidelijk zichtbaar dat sommige slakken hun activiteit veranderen. Dit wordt zichtbaar doordat slakken die actief of actief rustend waren hun operculum sluiten en tot een passief rustende toestand overgaan. Andere slakken blijven wel actief maar dit gaat gepaard met schokkende/stuiptrekkende bewegingen. Weer andere liggen passief rustend op de bodem van de bak en maken schokkende/stuiptrekkende bewegingen.

Dit gedrag blijven ze houden totdat de Vamsonic weer uit is. Na enkele seconden vertonen ze weer hun normale gedrag. Een lange termijn effect of zelfs sterfte is niet waargenomen. Het effect op de reproductie is niet gemeten. Bij slakkenmaat groter 20 mm is weinig of geen reactie zichtbaar.

In 2 tests is de Vamsonic langere tijd continu aangezet (24 uur, 8 uur) met slakkenmaat groter 20 mm. Als reverentie zijn bakken met dezelfde slakkenmaat en zonder blootstelling aan de Vamsonic opgesteld.. Hier was geen verschil in gedrag waar te nemen in vergelijking met het gedrag van de slakken die geen ultrasone geluidsbehandeling hadden gekregen.

Bij de testserie waarbij de instelling van de Vamsonic gevarieerd werd is bij slakkenmaat 15 tot 20 mm een duidelijke reactie zichtbaar. Verandering in de instelling van het apparaat levert geen verschil op.

Bij slakkenmaat 20-30 mm is weinig of geen reactie zichtbaar. Wordt de luidspreker op korte afstand (10-20 mm), direct op een slak gericht, is er wel reactie zichtbaar.

(zie bijlagen 4.2)

9.1.4 Methode 2

Bij methode 2 is in samenwerking met Seamarco en serie geluidstests gedaan met variatie in Transducers: (keramische luidsprekers). DRS_12 (Lage Frequenties), Labforce (Midden Frequenties), EDO Western 6061 (Hoge Frequenties)

Frequenties: kHz 8, 16, 32, 64, 125

Geluidsniveaus: Volt 1. 10

Versterker: zonder, 28 dB

Golfvormen: Pure toon, Blok golf, FSK, Sweep(100 Hz modulation), 2 Hz modulation, Random Gaussian noise.

De tests werden uitgevoerd in stilstaand water bij een waterniveau van 13 cm. Dit in verband met de grote van de transducers. De transducer moet volledig onder water zijn.

Tijdens het veranderen van de instellingen bleef de luidspreker in het water maar was spanningsloos. Met controle apparatuur werd gecontroleerd of het geluid goed werd overgebracht in het water.

9.1.5 Uitvoering

De eerste serie metingen zijn uitgevoerd met slakkenmaat 15 mm met de Labforce transducer. Na de tweede serie metingen zijn bij dezelfde bak 10 slakken toegevoegd van de afmeting 25 mm. De grotere slakken zijn toegevoegd om te testen of de reactie van de slak op de trilling verandert bij een andere slakkenmaat (diameter slakkenhuis) De luidspreker hing in de bak, aan de zijkant onder water. De microfoon hing naast de luidspreker.

De metingen met de DRS-12 transducer zijn uitgevoerd in een transparante kunststof bak `Real useful box` 60liter, (l.b.h. 65x40x28 cm)in verband met de grote van de transducer. De transducer lag op de bodem in de bak. Ook de metingen met de EDO Western 6061 zijn in de zelfde bak uitgevoerd. De transducer hing in dit geval onder het water, aan de zijkant van de bak. Slakkenmaat was 15 mm, 25 mm en groter 25 mm.

(zie bijlage 3)

9.1.6 Resultaat

Bij de serie tests waren geen duidelijke reacties van de slakken waar te nemen.
(zie bijlage 3)

9.2 Conclusie

Sommige slakken met een diameter kleiner dan 20mm reageren op ultrasoon geluid dat geproduceerd wordt door de Vamsonic. Duidelijk zichtbaar is dat de slakken in hun activiteit gestoord worden. Ze reageren met een verandering in hun gedrag. Ze laten zich op de bodem van de bak vallen, maken liggend op de bakbodem schokkende bewegingen of zijn actief en laten stuiptrekkende bewegingen zien. Tijdens de tests viel op dat niet altijd dezelfde slakken op het geluid reageren. Het is niet duidelijk wat hiervoor de reden is. Mogelijk dat de positie van de slak ten opzichte van de luidspreker invloed heeft. Dit is niet verder onderzocht. De vraag is waarom de slakken op het ultrasoon geluid van de Vamsonic reageren en dit niet het geval is bij de testserie van Seamarco. Er zijn 3 mogelijkheden:

- De slakken reageren op een heel beperkte frequentie, in dit geval 42 tot 51 kilohertz.
- De slakken reageren op het geluidsniveau van de luidspreker. Vamsonic werkt met 600 Volt tot 800 Volt. Seamarco 1 volt tot 10 Volt, met versterker 28 dB.
- Het is een combinatie van frequentie en geluidsniveau.

10 Discussie

Appelslakken reageren in een aantal gevallen op geluidstrillingen. Deze reactie is alleen waar te nemen bij de tests met de Vamsonic. De slakken reageren door schokkende of stuiptrekkende bewegingen te maken. Als het apparaat wordt uitgezet laten de slakken zeer snel weer hun oude gedragingen zien. Met de grootte van de slak neemt de gevoeligheid voor geluidstrillingen af.

Hieruit valt te concluderen dat slakken afgeleid kunnen worden en daardoor minder schade aan het gewas kunnen veroorzaken. Ze worden niet gedood met geluidstrillingen.

Dit geldt echter niet voor alle slakken. Bovendien is het de vraag of deze reactie in een rijstveld ook valt waar te nemen. Stel dat dit zo is, hoeveel vermogen is nodig om dit effect in een rijstveld te bewerkstelligen?

De slakken gaan niet dood aan de trillingen van de Vamsonic, ook wanneer ze er 24 uur aan worden blootgesteld. Dagen later is er nog geen sterfte waargenomen. Gezien de literatuur is het aannemelijk dat als er sprake is van een effect dit te verwachten is op de mate van reproductie. Dit is echter niet gemeten vanwege het beperkte budget.

De oorzaak van het schokken is niet bekend. Reageren de slakken op de hoge frequentie van 42 tot 51 KHz (ultrasoon) of op het vermogen c.q. het geluidsniveau (600 Volt). Of reageren ze op een combinatie van beide. Het uitgangspunt was om in de tweede test de frequentie van de eerste test te herhalen. Blijft de vraag in hoeverre de geluidsniveaus van de uitgevoerde tests met elkaar te vergelijken zijn. Wat is in geval van de tests het geluidsniveau uitgedrukt in decibel? Dit is te meten maar hiervoor moet kostbare apparatuur ingezet worden. Is er reactie zichtbaar bij de appelslak bij tests met een grotere schaal aan frequenties in combinatie met een variatie van geluidsniveau?

Een andere vraag is op welke manier de slakken de geluidstrilling waarnemen en welke reactie het bij hun veroorzaakt. Nemen de slakken het geluid waar met hun mechano receptoren? Dit zou betekenen dat ze de trilling met de buitenkant van hun lichaam en hun tastzin waarnemen. In dit geval zou de reactie vergelijkbaar zijn met een soort druk of weerstand die ze voelen. Een andere mogelijkheid is dat binnen in de slak een resonantie ontstaat waardoor de slak reageert. Deze resonantie zou in het slakkenhuis zelf ontstaan maar het is ook mogelijk dat dit in de long of een ander orgaan gebeurt. Dit zou verklaren waarom slakken met een maat groter dan 20 mm minder reageren dan kleinere slakken. Als er in de slak een resonantie ontstaat, rijst de vraag of dat een negatief effect heeft op de vitaliteit van de slak. Misschien is het mogelijk m.b.v. verhoging van het geluidsniveau een dusdanige resonantie te veroorzaken dat er organen beschadigd raken en de slakken dood gaan. Uit de ongecontroleerde wijze van schokken / stuiptrekken is te concluderen dat het zenuwstelsel wordt geprikkeld.

Appelslakken reageren duidelijk op sterk, stromend water. Als ze verrast worden door een golf laten ze zich met het stromende water meedrijven. Of appelslakken met verschillende diameter op dezelfde manier reageren is niet getest. In de praktijk wordt met dit fenomeen rekening gehouden door zeven bij de inloop van rijstvelden te plaatsen. Dit roept de vraag op of het mogelijk is om met een mechanische methode, met behulp van stromend water, appelslakken te verwijderen. Het probleem nu is dat de slakken verspreid worden door het

stromende water. Met andere woorden: zijn er maatregelen te bedenken waardoor het effect omgedraaid wordt en de slakken juist gevangen kunnen worden door stromend water in te zetten. Als het water hiervoor erg hard moet stromen is de hechting van het jonge gewas aan de grond de beperkende factor. Het moet er niet toe leiden dat het gewas samen met de slakken wordt weggespoeld.

Aanbevelingen:

- Appelslakken laten een duidelijke respons zien na blootstelling aan geluidstrillingen. Meer onderzoek is geboden om er achter te komen voor welke specifieke trilling(en) de appelslak gevoelig is.
- Gezien de conclusie uit het literatuuronderzoek, rijst de vraag of er een invloed is van geluidstrillingen op de levensvatbaarheid van de eieren van de appelslak.

Literatuurlijst

GEVONDEN IN ARTIK, DE CATALOGUS EN ZOOLOGICAL RECORDS OVER TRILLINGEN, MECHANISCHE BESTRIJDING EFFECT OP GAS BREED GENOMEN

dd. 20090713

(Seto 1964; Linford 1966; Blitz 1967; Spackman 1973; 1974; Werkgroep Waddenzee 1975; Ross 1979; van Eerden and Smit 1979; Centrum voor Landbouwpublikaties en 1980; Graber and Suter 1985; Lacanilao 1988; Nestler, Ploskey et al. 1992; South 1992; Thomas and Daldorph 1992; Dwyer, Fredenberg et al. 1993; Ketelaar 1993; Henderson 1996; Mohsen Soliman 1996; Ichinose, Wada et al. 1998; Frid, Chandrasekara et al. 1999; Muller and Weber 1999; Leighton, Zervos et al. 2000; Stanton, Chu et al. 2000; Speiser 2001; Ito 2002; Moore and Clarke 2002; Dussart 2003; Jensen 2003; McCauley and Cato 2003; Pepper, Nascarella et al. 2003; Rodgers, Cox et al. 2003; van Duijn, Oppedijk et al. 2003; Teo 2004; Welch, Miller et al. 2004; Faulkner, Tonn et al. 2006; Halwart, Poethke et al. 2006; Joshi and Sebastian 2006; Ranamukhaarachchi and Wickramasinghe 2006; Stone and Tasker 2006; Weilgart 2007; Brownell, Nowacek et al. 2008; Jolley, Willis et al. 2008; Lusseau 2008)

Aanvullingen november

(Markensteijn 2005; Haan, Burggraaf et al. 2007; Antwerpen Milieutechniek 2009; Ghesquiere 2009)

anonimus, (1974). Levenswijze (biologie) van mollen : biologische bestrijding. Wageningen, [s.n.].

Antwerpen Milieutechniek, b. v. v. (2009). "(Afval)waterbehandeling & slibontwatering
<http://www.vambv.nl/site/> "

Blitz, J. (1967). Fundamentals of ultrasonics. London, Butterworths.

Brownell, R. L., Jr., D. P. Nowacek, et al. (2008). Hunting cetaceans with sound: a worldwide review, *Journal of Cetacean Research and Management*. 2008 Summer; 10(1):81-88.

Centrum voor Landbouwpublikaties en, L. (1980). De invloed van geluid of lawaai op plantengroei. Wageningen, Pudoc.

Dussart, G. B. J. (2003). Slugs & snails : agricultural, veterinary & environmental perspectives : organised by the British Crop Protection Council in association with the Malacological Society of London, held at University College, Canterbury, Kent, 8 & 9 September 2003. Alton, British Crop Protection Council [etc.].

Dwyer, W. P., W. Fredenberg, et al. (1993). Influence of electroshock and mechanical shock on survival of trout eggs, *North American Journal of Fisheries Management*. 1993 Fall; 13(4):839-843.

Faulkner, S. G., W. M. Tonn, et al. (2006). Effects of explosives on incubating lake trout eggs in the Canadian Arctic, *North American Journal of Fisheries Management*. 2006 November; 26(4):833-842.

Frid, C. L. J., W. U. Chandrasekara, et al. (1999). The restoration of mud flats invaded by common cord-grass (*Spartina anglica*, CE Hubbard) using mechanical disturbance and its effects on the macrobenthic fauna, *Aquatic Conservation*. 1999 January-February; 9(1):47-61 (Special Issue).

Ghesquiere, S. A. I. (2009). Apple snails ; <http://www.applesnail.net/>.

Graber, C. and H. Suter (1985). Schnecken - Regulierung : eine Anleitung zur Verhuetung von Kulturschaeden durch Schnecken oder: Es geht auch ohne Schneckenkoerner. Oberwil, Forschungsinstitut fuer Biologischen Landbau.

Haan, D. d., D. Burggraaf, et al. (2007). Underwater sound emissions and effects of the pile driving of the OWEZ windfarm facility near Egmond aan Zee (Tconstruct) (Report C106/07). IJmuiden, IMARES

Halwart, M., H. J. Poethke, et al. (2006). Golden applesnail population ecology in rice-fish culture and rice

monoculture: a modelling approach.

Henderson, I. F. (1996). Slug & snail pests in agriculture : proceedings of a symposium organised by the British Crop Protection Council in conjunction with the Association of Applied Biologists and the Malacological Society of London, held at the University of Kent, Canterbury, UK on 24 - 26 September 1996. Farnham, BCPC.

Ichinose, K., T. Wada, et al. (1998). Utilization of plastic bottles for trapping the golden apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck), Proceedings of the Association for Plant Protection of Kyushu. 1998; 44:50-52.

Ito, K. (2002). Environmental factors influencing overwintering success of the golden apple snail, *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae), in the northernmost population of Japan, Applied Entomology and Zoology. 2002 November; 37(4):655-661.

Jensen, J. O. T. (2003). New mechanical shock sensitivity units in support of criteria for protection of salmonid eggs from blasting or seismic disturbance, Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. 2003; 2452:i-vii, 1-18.

Jolley, J. C., D. W. Willis, et al. (2008). The effects of mechanically reducing northern pike density on the sport fish community of West Long Lake, Nebraska, USA, Fisheries Management and Ecology. 2008 August; 15(4):251-258.

Joshi, R. C. and L. S. Sebastian (2006). Global advances in ecology and management of golden apple snails. Nueva Ecija, Philippine Rice Research Institute.

Ketelaar, J. W. H. (1993). Strategies for solving the Philippine snail problem : a system perspective. Wageningen [etc.], Wageningen Agricultural University [etc.].

Lacaniño, F. J. (1988). Culture problems of the golden apple snail, Natural and Applied Science Bulletin. 1988; 40(1):43-49.

Leighton, B. J., S. Zervos, et al. (2000). Ecological factors in schistosome transmission, and an environmentally benign method for controlling snails in a recreational lake with a record of schistosome dermatitis, Parasitology International. 2000 March; 49(1):9-17.

Linford, J. H. (1966). An introduction to energetics : with applications to biology. London, Butterworths.

Lusseau, D. (2008). Understanding the impacts of noise on marine mammals.

Markensteijn, C. (2005). De mogelijke effecten van antropogeen geluid op zeezoogdieren in de Noordzee, Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

McCauley, R. D. and D. H. Cato (2003). Acoustics and marine mammals: introduction, importance, threats and potential as a research tool.

Mohsen Soliman, A. (1996). Effect of ultrasound exposure on *Biomphalaria alexandrina* the intermediate host snail for *Schistosoma mansoni*, Journal of the Egyptian German Society of Zoology. 1996 July; 21(D):1-15.

Moore, S. E. and J. T. Clarke (2002). Potential impact of offshore human activities on gray whales (*Eschrichtius robustus*), Journal of Cetacean Research and Management. 2002 Spring; 4(1):19-25.

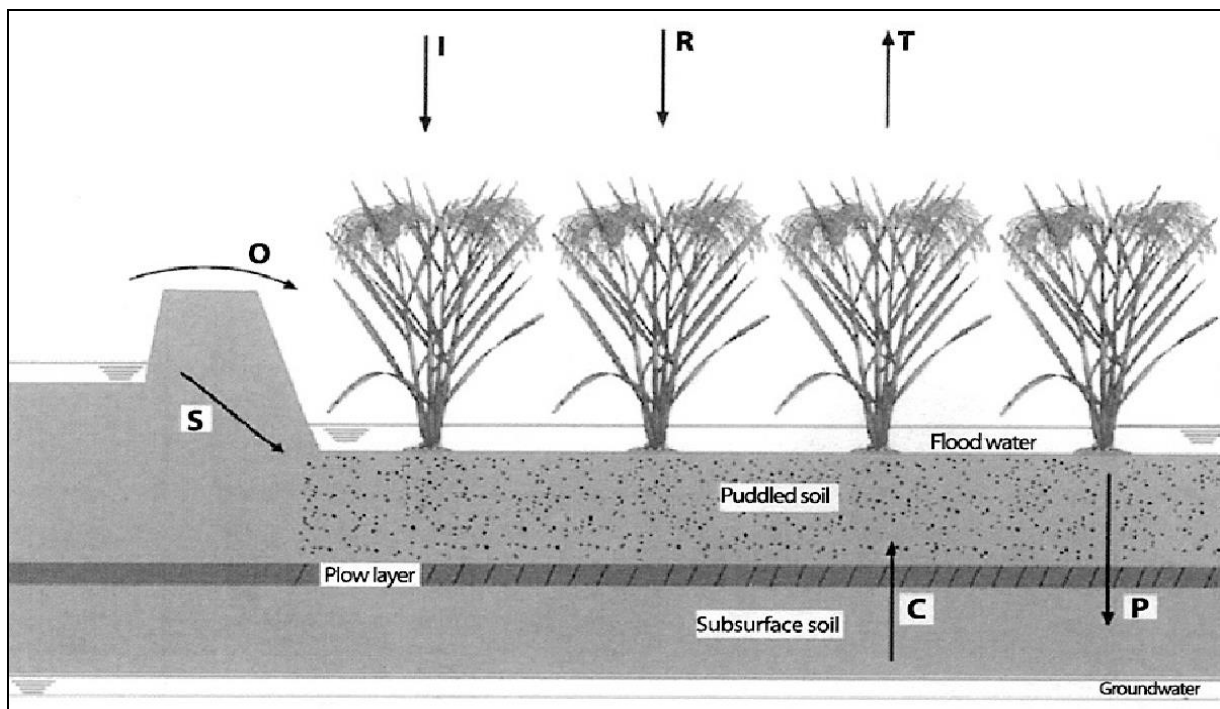
Muller, K.-H. and C. Weber (1999). Wanderschranken als Schutz vor Landschnecken: Auswirkungen von Oberflächenstrukturen und Beschichtungen im Labor und im Freiland, Verhandlungen der Gesellschaft fuer Oekologie. 1999; 29:337-341.

Nestler, J. M., G. R. Ploskey, et al. (1992). Responses of blueback herring to high-frequency sound and implications for reducing entrainment at hydropower dams, North American Journal of Fisheries Management. 1992 Fall; 12(4):667-683.

- Pepper, C. B., M. A. Nascarella, et al. (2003). A review of the effects of aircraft noise on wildlife and humans, current control mechanisms, and the need for further study, *Environmental Management*. 2003 October; 32(4):418-432.
- Ranamukhaarachchi, S. L. and S. Wickramasinghe (2006). Golden apple snails in the world: introduction, impact, and control measures.
- Rodgers, K. u., E. Cox, et al. (2003). Effects of mechanical fracturing and experimental trampling on Hawaiian corals, *Environmental Management*. 2003 March; 31(3):377-384.
- Ross, R. J. (1979). The effects of mechanical disturbances on the behaviour of inactive terrestrial snails, *Journal of Molluscan Studies*. 1979; 45(1):35-38.
- Seto, W. W. (1964). *Theory and problems of mechanical vibrations*. New York [etc.], [s.n.].
- South, A. (1992). *Terrestrial slugs : biology, ecology and control*. London [etc.], Chapman & Hall.
- Spackman, E. W. (1973). *Control of moles*. Laramie, [s.n.].
- Speiser, B. (2001). Slug damage and control of slugs in horticultural crops. Frick, Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) [etc.].
- Stanton, T. K., D. Chu, et al. (2000). Acoustic scattering by benthic and planktonic shelled animals, *Journal of the Acoustical Society of America*. 2000 August; 108(2):535-550.
- Stone, C. J. and M. L. Tasker (2006). The effects of seismic airguns on cetaceans in UK waters, *Journal of Cetacean Research and Management*. 2006 Winter; 8(3):255-263.
- Teo, S. S. (2004). Biology of the golden apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822), with emphasis on responses to certain environmental conditions in Sabah, Malaysia, *Molluscan Research*. 2004; 24(3):139-148.
- Thomas, J. D. and P. W. G. Daldorph (1992). Evaluation of some bioengineering approaches aimed at controlling pulmonate snails: a preliminary account of the effects of light extinction and mechanical removal of macrophytes on populations of freshwater gastropods, *Proceedings of the International Malacological Congress*. 1992; 10(2):351-354.
- van Duijn, B., B. Oppedijk, et al. (2003). "Schokkend nieuws voor wittevlug." *Vakblad voor de bloemisterij* 59(5): 38-39.
- van Eerden, M. R. and C. J. Smit (1979). Het effect van schietoefeningen in het Lauwersmeergebied op het gedrag van watervogels. Arnhem [etc.], R.I.N.
- Weilgart, L. S. (2007). The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management, *Canadian Journal of Zoology*. 2007 November; 85(11):1091-1116.
- Welch, J. R., K. V. Miller, et al. (2004). Response of understory vegetation important to the northern bobwhite following imazapyr and mechanical treatments, *Wildlife Society Bulletin*. 2004 Winter; 32(4):1071-1076.
- Werkgroep Waddenzee, U. (1975). *Luchtverkeer in het Waddengebied : rapport over de verstoring van mens en dier door vliegtuigen in het Waddengebied*. Utrecht, Werkgroep Waddenzee Utrecht.

Bijlage 1: Rijstteelt algemeen

Een typisch rijstveld bestaat uit een laag water van 0 tot 10cm, een bovenlaag modder van 10 tot 20 cm, en een laag grond die gevormd is uit een oude laag modder (soms wel tientallen jaren) en een ondergrondse laag die niet beschadigd is door bewerking. Om het rijstveld loopt een dam. Rijstplanten wortelen ondiep, de wortels reiken niet verder dan de bovenlaag modder



1 - 4 weken voordat gezaaid wordt (direct zaaien of planten) laat men water in het braakliggende veld lopen. Dat voorkomt onkruid en ziektes. De grond wordt in natte omstandigheden bewerkt voor het zaaien of planten. Afhankelijk van de teelt (droge, natte en droge, natte teelt) blijft er een laag water staan van 5 -10 cm tot 1 á 2 weken voor de oogst. Afhankelijk van de omstandigheden en de manier van telen kunnen er per jaar 1 tot 3 oogsten plaatsvinden.

Er vindt een continu waterverlies plaats door verdamping aan het wateroppervlak, verdamping via de plant, de overloop, het doorsijpelen door de dammen en percolatie. De laatste 3 punten zijn sterk afhankelijk van verschillende omstandigheden zoals grondsoort, hoogte grondwaterspiegel e.v.m..

In zware grond en met een hoge grondwaterspiegel kan het waterverlies door doorsijpelen en percolatie 25 - 50 % van de totale waterinput zijn. In lichte grond met een lage grondwaterspiegel zelfs 50 - 85 %.

Dit water komt terecht in het grondwater, drainagesystemen, greppels en putten en kan gedeeltelijk weer teruggevoerd worden naar de rijstvelden met behulp van pompen en andere hulpmiddelen.

De overloop vindt plaats naar andere,onderliggende rijstvelden (terras paddies), greppels en

putten zodat men van een samenhangend irrigatiesysteem kan spreken.

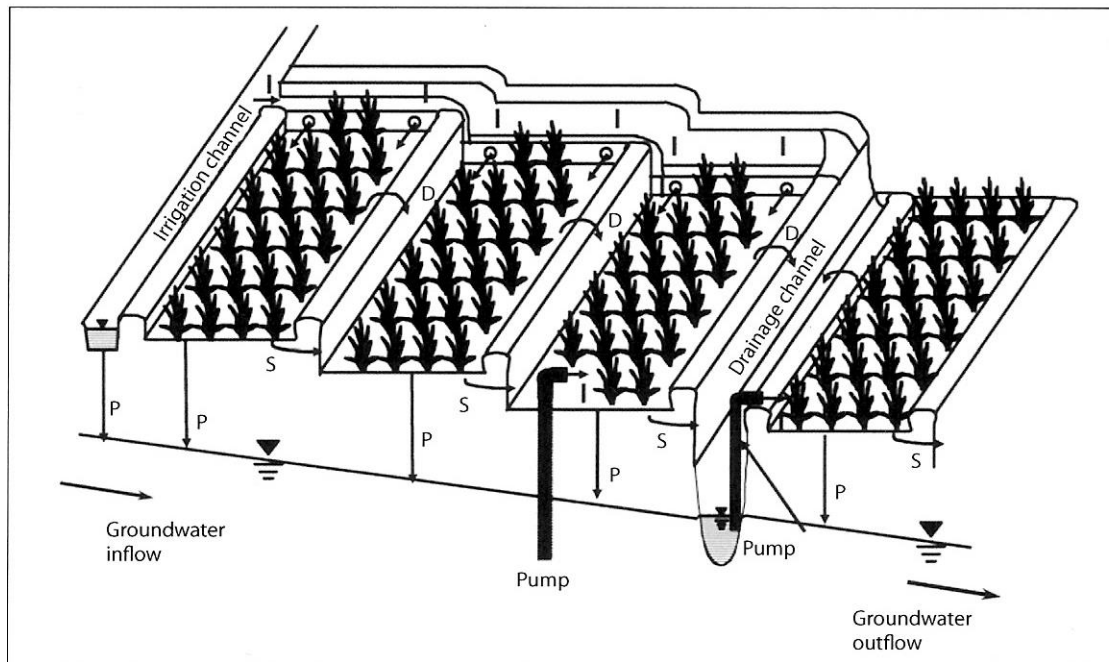


Fig. 5.1. Surface and subsurface water flows across a toposequence of rice fields. D = drainage (overbund flow), I = irrigation, P = percolation, S = seepage.

Er zijn 3 verschillende methoden van rijstteelt. Welke manier gekozen wordt is onder meer afhankelijk van de natuurlijke omstandigheden zoals hoogte grondwaterspiegel, grondsoort, beschikbaarheid water, rijstsoort etc. Wat alle 3 rijstteelten gemeen hebben is dat er altijd voor gezorgd moet worden dat de wortels van de rijstplant contact hebben met water. Een tekort aan water kan leiden tot een verlaging van de opbrengst.

Gezaaid wordt handmatig of met behulp van apparatuur (bladblazers) met gewoon of voorgekiemd zaad. Een derde methode is het handmatig planten van 2-3 weken oude plantjes.

Natte rijstteelt

Bij de natte rijstteelt staat het rijstveld tijdens de hele groeiperiode onder water tot 1-2 weken voor de oogst. De hoogte van het water is 5-10 cm. Deze teelt wordt ook anaerobe rijstteelt genoemd.

Voordelen: Lage onkruid en ziektedruk, hoge opbrengst, weinig handmatig werk, geen vruchtwisseling nodig waardoor 1-3 oogsten per jaar mogelijk zijn (praktijk 2 oogsten per jaar, teeltduur 120 dagen), minder verzilting door continu doorspoelen.

Nadelen: Hoog waterverbruik, vraatschade door appelslak aan jonge rijstplanten.

Natte en droge rijstteelt

Bij de natte en droge rijstteelt wisselt de hoogte van het water tussen de 5 cm onder de grond en 5 cm boven de grond. Men noemt dit een aërobe-anaërobe rijstteelt.

Voordelen: Minder waterverbruik, geen of minder vraatschade door appelslak aan jonge rijstplanten, minder verzilting.

Nadelen: Lagere opbrengst, meer handmatig werk, hogere onkruid en ziektedruk.

Droge rijstteelt

De droge rijstteelt is te vergelijken met de teelt van maïs of granen. De hoogte van de grondwaterspiegel moet zodanig zijn dat de wortels altijd water beschikbaar hebben. Dit wordt bereikt met behulp van regen of irrigatie. Men noemt de droge rijstteelt ook wel aërobe teelt.

Voordelen: Minder waterverbruik, geen vraatschade door appelslak aan jonge rijstplanten.

Nadelen: Lagere opbrengst, veel handmatig werk, hoge onkruid en ziektedruk waaronder ook meloidogine, vruchtwisseling nodig, gevaar van verzilting en erosie.

Bron: International Rice Research Institute (IRRI)

Los Banos, Philippines

Water management in irrigated rice

Coping with water scarcity

Bijlage 2: Bestrijding van de appelslak in de rijstteelt

Chemische bestrijding met mollusciciden en insecticiden.

Goede resultaten door vermindering van de appelslak binnen enkele dagen. Nadelig is dat ook andere, niet schadelijke slakken en organismen gedood worden. Hoog verbruik aan middelen door verdunning in het water en verdamping vanwege de hoge temperatuur. Gevaar van lichamelijke schade voor boeren en landarbeiders door verkeerd gebruik van de middelen en/of te weinig bescherming.

Biologische bestrijding

Natuurlijke predatoren van de appelslak zijn eenden, vissen, vogels, vuurmieren, spinnen, ratten, mijten, slangen en andere reptielen. Vuurmieren en langhorn-sprinkhanen zijn bekend als predatoren van de eieren van de appelslak.

Het meeste onderzoek is uitgevoerd met eenden en vissen omdat zij ook een ecologische waarde hebben.

Bij het gebruik van eenden is een duidelijke afname van de appelslak te constateren. In de literatuur worden cijfers getoond van 200 tot 900 eenden per hectare over een periode van 30 dagen tot 2 jaar. De resultaten zijn goed, maar de kosten voor de eenden zijn hoog en ze zijn niet altijd beschikbaar. Een nadeel is dat de eenden huidirritaties en huidziektes kunnen veroorzaken door parasieten. Gevaar van vogelgriep.

De beste resultaten werden bereikt door de eenden voor het zaaien / planten in de rijstvelden te laten eten. Op deze manier is de slakkendruk laag voor de jonge rijstplanten die vooral in de eerste 3 weken na de kieming of het planten vatbaar zijn.

Naar het gebruik van vissen als bestrijdingsmethode van de appelslak is nog niet veel onderzoek gedaan maar wordt als een potentiële mogelijkheid gezien omdat vis ook een economische waarde heeft. Bekend is dat de gewone karper, *Cyprinus carpio* en de meerval, *Piaractus brachypomus* appelslakken eten. Goede resultaten zijn onder meer afhankelijk van de grootte van de vis en welke maat slakken zij kunnen eten. Te grote vissen kunnen ook schade veroorzaken aan rijstplanten.

In Vietnam kon men een duidelijke vermindering zien van de appelslak in gecombineerde rijstteelt – viskweek met karper en meerval.

Voor het invoeren van nieuwe vissoorten wordt gewaarschuwd omdat deze een bedreiging kunnen vormen voor inheemse organismen.

Manuele en culturele bestrijding

Gangbaar is het handmatig verwijderen van de appelslak. Verder wordt gebruik gemaakt van metalen zeven en insectengaas bij inlaat van water, oudere kiemplanten, meer kiemplanten per hectare en een onderbroken drainagesysteem.

Ook wordt in de meest kwetsbare periode van de kiemplanten ander organisch voedsel zoals zoete aardappelen, papayabladeren, cassava e.v.m. in de rijstvelden aangeboden. De appelslak spaart op deze manier de jonge kiemplanten wat een schadereductie van 75 % op kan leveren. Nadeel is dat de slakkenpopulatie niet afneemt.

Er zijn ook planten gevonden die als vanggewassen kunnen dienen. De appelslak geeft aan deze planten de voorkeur en spaart op deze manier de jonge rijstplanten en ze kunnen bij de vanggewassen makkelijk handmatig verwijderd worden.

De keuze van het rijstras heeft ook invloed op de hoogte van de vraatschade. Sommige rassen zijn meer kwetsbaar dan andere.

Gebruik van de appelslak

De appelslak kan gebruikt worden als voedsel voor mens en dier. Als zodanig wordt hij gebruikt in de eendenteelt, de visteelt en voor leghennen en vleeskippen. Voor mensen kan hij een bron van proteïne zijn, in plaats van vis of vlees .

De appelslak kan ook ingezet worden bij de onkruidbestrijding. Dit wordt al toegepast in organische? en gangbare rijstteelt in Japan, de Filippijnen en Zuid-Korea. Er wordt op gewezen dat in gebieden waar de appelslak tot nu toe niet voorkomt het strikt verboden is om hem te voeren.

De praktijk laat zien dat geen van de boven genoemde methoden voldoende is om de appelslak op een effectieve manier te bestrijden. De meest effectieve wijze van bestrijden is een combinatie van verschillende methoden.

Bron: Golden Appel Snail *Pomacea* spp. In the Philippines:

Review on Levels of Infestation, Control Methods, Utilization and Future Research
Direction . Corresponding author, Ravindra C. Joshi

Bijlage 3 Geluidexperimenten met tropische zoetwater appelslakken (SEAMARCO)



Datum rapportage: 16 november 2009

Datum experimenten

Maandag 16 november 2009

Personeel

Observatie appelslakkengedrag: Simone Brandt, PPO, AGV.

Geluidsproductie: Ron Kastelein, SEAMARCO

Doel

Zoetwaterslakken eten in een bepaalde levensfase rijstplanten in tropische gebieden.

PPO, AGV zoekt naar een methode om de vraat door slakken te reduceren.

Recent is daarvoor een akoestisch apparaat ingezet dat ontwikkeld is om algengroei te reduceren. Een goede omschrijving van het uitgezonden geluid van dat apparaat ontbreekt, maar het zou in de 45-60 kHz band zijn. Tijdens proeven met het “algenbestrijdingsapparaat” bleken een aantal slakken in een aquarium zich te sluiten en/of stuiptrekkingen te vertonen. Vooral de kleine slakken vertoonden dit gedrag. Nu het leek dat geluid een optie was om het gedrag van de slakken te beïnvloeden heeft PPO de hulp van SEAMARCO ingeroepen om te kijken welke specifieke geluiden het gedrag beïnvloeden en of alle in het aquarium aanwezige slakkenmaten beïnvloed konden worden met bepaalde geluiden.

Apparatuur

Geluidzendapparatuur:

Hewlett Packard geluidsgenerator

Krohn-Hite breedbandversterker

Transducers:

- 1) DRS_12 (Lage Frequenties)
- 2) Labforce (Midden Frequenties)
- 3) EDO Western 6061 (Hoge Frequenties)

Controle apparatuur:

Luidsprekerbox (voor audio frequenties)

Bat detector (voor ultrasound detectie)

Labforce hydrofoon

Oscilloscoop en spectrumanalyser

Geteste geluidstypen:

Pure tonen, Blokgolven, FSK (Frequency Shift Keying), Sweeps, random Gaussian noise

Methode

De slakken werden elke trial ongeveer 20 seconden aan onderstaande geluiden blootgesteld.

Tussen de trials zat ongeveer een minuut waarin de geluidsparameters werden aangepast.

Gegevens

Trial	Transducer	Frequentie	Output geluidsgenerator	Versterker	Golfvorm	Reactie slakken
	Labforce	kHz	Volt (p-p)	Geen	Pure toon	Geen
1	„	8	1	„	„	„
2	„	8	10	„	„	„
3	„	16	1	„	„	„
4	„	16	10	„	„	„
5	„	32	1	„	„	„
6	„	32	10	„	„	„
7	„	64	1	„	„	„
8	„	64	10	„	„	„
9	„	125	1	„	„	„
10	„	125	10	„	„	„
11	„	8	1	„	Blokgolf	„
12	„	8	10	„	„	„
13	„	16	1	„	„	„
14	„	16	10	„	„	„
15	„	32	1	„	„	„
16	„	32	10	„	„	„
17	„	64	1	„	„	„
18	„	64	10	„	„	„
19	„	125	1	„	„	„
20	„	125	10	„	„	„

Trial	Transducer	Frequentie	Output Geluids- generator	Versterker	Golfvorm	Reactie slakken
	Labforce	kHz	Volt (p-p)	Geen	FSK	Geen
21	„	8	1	„	„	„
22	„	8	10	„	„	„
23	„	16	1	„	„	„
24	„	16	10	„	„	„
25	„	32	1	„	„	„
26	„	32	10	„	„	„
27	„	64	1	„	„	„
28	„	64	10	„	„	„
29	„	125	1	„	„	„
30	„	125	10	„	„	„
31	„	8 (7-9)	1	„	Sweep (100 Hz modulation)	„
32	„	8(7-9)	10	„	„	„
33	„	16 (14-18)	1	„	„	„
34	„	16(14-18)	10	„	„	„
35	„	32 (28-36)	1	„	„	„
36	„	32 (28-36)	10	„	„	„
37	„	64 (58-70)	1	„	„	„
38	„	64 (58-70)	10	„	„	„
39	„	125 (110-135)	1	„	„	„
40	„	125 (110-135)	10	„	„	„

Trial	Transducer	Frequentie	Output geluidsgenerator	Versterker	Golfvorm	Reactie slakken
	Labforce	kHz	Volt (p-p)	28 dB	Pure toon	Geen
41	„	8	1	„	„	„
42	„	16	1	„	„	„
43	„	32	1	„	„	„
44	„	64	1	„	„	„
45	„	125	1	„	„	„
46	„	8	1	„	Blokgolf	„
47	„	16	1	„	„	„
48	„	32	1	„	„	„
49	„	64	1	„	„	„
50	„	125	1	„	„	„

Trial	Transducer	Frequentie	Output Geluids generator	Versterker	Golfvorm	Reactie slakken
	Labforce	kHz	Volt (p-p)	28 dB	Sweep & blokgolf (100 Hz modulation)	Geen
51	„	8(7-9)	1	„	„	„
52	„	16 (14-18)	1	„	„	„
53	„	32 (28-36)	1	„	„	„
54	„	64 (58-70)	1	„	„	„
55	„	125 (110-135)	1	„	„	„
56	„	8(7-9)	1	„	Sweep (100 Hz modulation)	„
57	„	16 (14-18)	1	„	„	„
58	„	32 (28-36)	1	„	„	„
59	„	64 (58-70)	1	„	„	„
60	„	125 (110-135)	1	„	„	„

Trial	Transducer	Frequentie	Output geluidsgenerator	Versterker	Golfvorm	Reactie slakken
	Edo Western 337	kHz	Volt (p-p)	geen	Pure toon	Geen
61	„	8	10	„	„	„
62	„	16	10	„	„	„
63	„	32	10	„	„	„
64	„	64	10	„	„	„
65	„	125	10	„	„	„
66	„	8	10	„	Blokgolf	„
67	„	16	10	„	„	„
68	„	32	10	„	„	„
69	„	64	10	„	„	„
70	„	125	10	„	„	„
71	„	8(7-9)	1	„	Sweep	„

					(100 Hz modulation)	
72	„	16 (14-18)	10	„	„	„
73	„	32 (28-36)	10	„	„	„
74	„	64 (58-70)	10	„	„	„
75	„	125 (110-135)	10	„	„	„

Trial	Transducer	Frequentie	Output geluidsgenerator	Versterker	Golfvorm	Reactie slakken
	DRS-12	kHz	Volt (p-p)	28 dB	Pure toon	Geen
76	„	0.05	300 mV	„	„	„
77	„	1	„	„	„	„
78	„	8	„	„	„	„
79	„	16	„	„	„	„
80	„	8(7-9)	„	„	Sweep (100Hz mod)	„
81	„	16 (14-18)	„	„	„	„
82	„	32 (28-36)	„	„	„	„
83	„	64 (58-70)	„	„	„	„
84	„	64 (58-70)	„	„	2 Hz modulation	„
85	„	0.05-0.2	„	„	„	„
86	„	Broadband noise	10 V	„	Random Gaussian noise	„

Conclusie

Op geen enkel geluid reageerden de slakken, ook al was het geluid soms pijnlijk aan de oren van de onderzoekers in de lucht, of veroorzaakten de laagfrequente geluiden golfjes op het wateroppervlak. Helaas was het akoestische algenbestrijdingsapparaat niet meer aanwezig, anders hadden we de geluiden daarvan kunnen bekijken op de spectrum analyser.

Er zijn op dit moment 2 verklaringen te verzinnen waarom we geen effecten met geluid konden veroorzaken bij de slakken:

- 1) Het akoestische algenbestrijdingsapparaat maakt een veel hoger geluidsniveau in de 45-60 kHz band dan door SEAMARCO kon worden opgewekt.
- 2) De dieren reageerden niet op het geluid van het akoestische algenbestrijdingsapparaat, maar op een elektromagnetische veld dat het apparaat mogelijk maakt. Dit idee kwam op omdat er ook experimenten met elektrische velden zijn gedaan. Tijdens die experimenten reageerden de slakken op een vergelijkbare manier als tijdens experimenten met het algenbestrijdingsapparaat.



DRS-12 transducer en appelslakken



Labforce transducer en appelslakken