



Close up van een unieke vis.

Zwemefficiëntie en reproductie-succes van de schieraal: Echt vet!

Tekst: Arjan Palstra
 Illustraties: Arjan Palstra en
 Onno Terlouw

Vet speelt een sleutelrol in de levenscyclus van de aal. De vetvoorraad wordt gebruikt voor de maandenlange zwemtocht naar de Sargassozee en levert daarnaast de benodigde energie voor het nageslacht. Arjan Palstra promoveerde onlangs bij de Leidse Aal onderzoeksgroep onder leiding van Guido van den Thillart (Instituut Biologie Leiden) en bestudeerde hoe omgevingsfactoren de zwemefficiëntie en het voortplantingssucces van de Europese schieraal beïnvloeden.

De voortplanting van aal is zeer bijzonder, alleen al vanwege de duizenden kilometers lange paaitrek naar de Sargassozee. Het is opmerkelijk dat alen zich pas vlak voor deze trek seksueel beginnen te ontwikkelen. Gedurende het overgrote deel van hun leven is de hormoonafgifte vanuit de hersenen nodig voor de seksuele ontwikkeling namelijk geblokkeerd¹. Tijdens dit rijpingsproces, maturatie genoemd, stoppen ze ook met eten (Fig. 1). Deze niet meer etende aal wordt schieraal genoemd. Voor het begin van de

paaitrek is ook de mobilisatie van vetten geblokkeerd. Pas wanneer de schieraal als pre-puber aan de maandenlange trek over de oceaan begint, worden de vetreserves aangesproken. Wanneer de volwassen dieren, na een soms wel 50 jarig leven hun eindbestemming hebben bereikt, vindt de voortplanting plaats waarna ze sterven. Steeds minder alen bereiken echter de Sargassozee en logischerwijs is ook het aantal glasaaltjes dat onze kust weet te bereiken sterk afgenomen. Deze afname is zelf dramatisch te noemen: de afgelopen 25 jaar is het

aantal glasaaltjes dat jaarlijks arriveert met 99% gekelderde².

Als oorzaken worden vaak overbevising en migratiebarrières genoemd, maar ook virus- en parasietinfecties, watervervuiling en onvoldoende vetreserves spelen waarschijnlijk een cruciale rol in de sterke achteruitgang van deze vissoort.

Onderzoeksvragen

Tijdens het promotieonderzoek is vooral getracht de rol van vetten in de diverse aspecten tijdens die laatste beslissende fase van migratie, maturatie en reproductie te ontra-

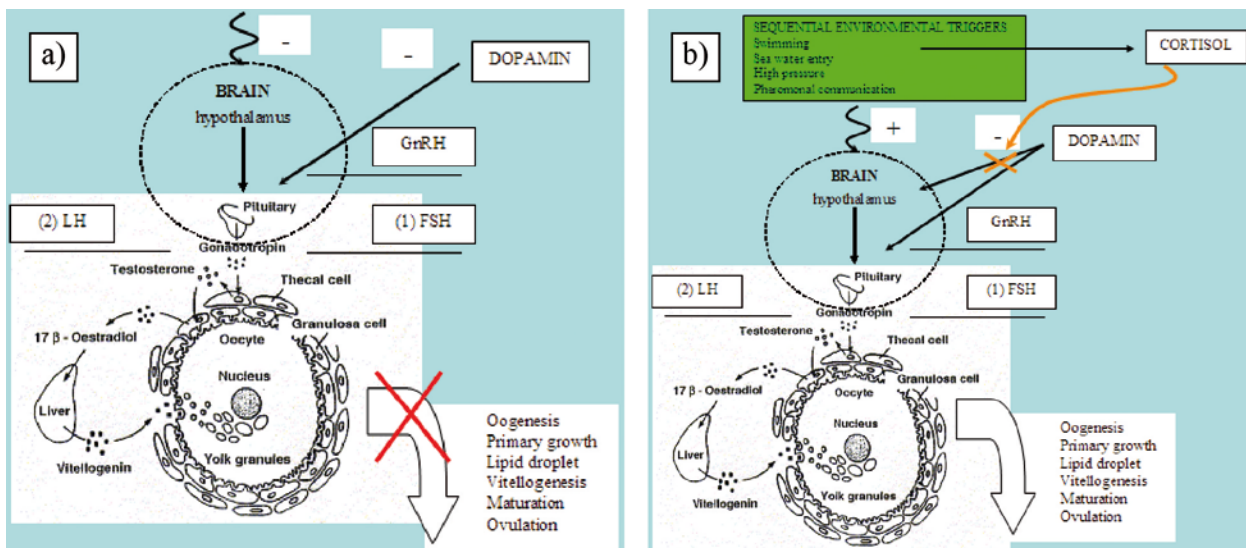


Fig. 1: Regulatie van maturatie bij vissen en de aal in het bijzonder. De hersenen ontvangen bepaalde stimuli waardoor de hypothalamus gonadotropine-releasing hormoon (GnRH) gaat aanmaken. Dit hormoon zet de hypofyse aan tot productie en afgifte van de gonadotropines follikel stimulerend hormoon (FSH) en luteïniserend hormoon (LH). Bij het vrouwtje zetten deze de eicellen aan tot productie van steroïden: testosteron en oestradiol. Oestradiol zet de lever aan tot productie van vitellogenine, een eiwit dat door de eicellen wordt opgenomen (vitellogenese). Bij de niet-schiere dieren worden de hersenen niet gestimuleerd en bovendien door dopamine onderdrukt om gonadotropines af te geven (a). We hebben gevonden dat zwemmen de hersenen wel stimuleert en mogelijk via stresshormoon cortisol de dopamine blokkade opheft en vetten mobiliseert (b).

Fig. 2

De buitenkant reflecteert de binnenkant: door te zwemmen worden de ogen groter en gaan de eicellen ontwikkelen (van a naar c). In de eicellen van de aal die 2 weken heeft gezwommen (c) zijn de afgezette vetdruppels als blaasjes waar te nemen 3.

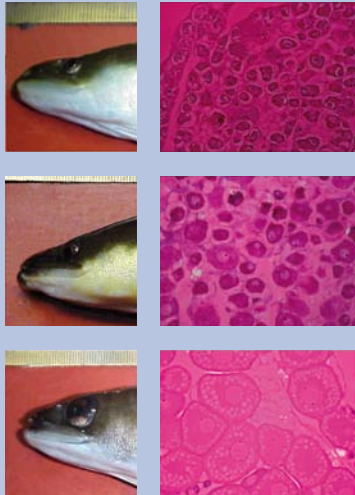


Fig. 3

De laatste fase van eicelontwikkeling voor ovulatie in zeven stadia. De eicel zwelt op door wateropname, de eicelkern migreert naar de membraan en vetdruppeltjes fuseren tot een enkele vetdruppel.

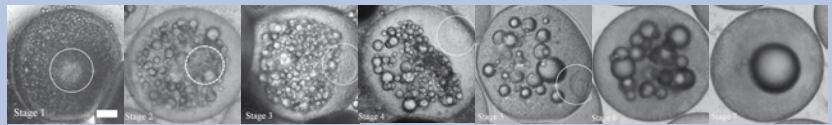


Fig. 4

Een Leidse gekweekte embryo, 35 uur na bevruchting.

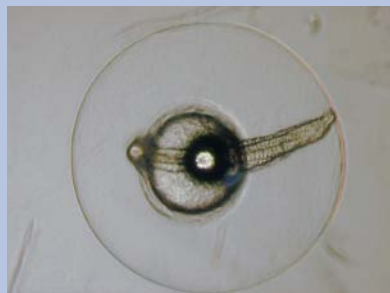


Fig. 5

Een zwemmende schieraal in de zwemtunnel onder experimentele omstandigheden met rood licht dat de schieraal niet kan waarnemen.



felen. Daarbij stonden de volgende onderzoeksvragen centraal.

1. Vet als brandstof.

Hoe efficiënt zijn alen onder verschillende condities in het gebruiken van vet als brandstof voor het zwemmen?

Hoe beïnvloedt de zwemblaasparasiet, een mogelijke veroorzaker van de afname van de aalpopulatie, de zwemefficiëntie?

2. Vet voor het nageslacht.

Stimuleert zwemmen de rijping van eicellen door het mobiliseren en afzetten van vetten in de eicellen?

Wat gebeurt er met de afgezette vetten tijdens de laatste fase van maturatie en de vroege embryonale ontwikkeling?

Hoe beïnvloeden de in het vetopgeloste vervuilende stoffen als PCB's, een andere mogelijke veroorzaker van de afname van de aalpopulatie, de embryonale ontwikkeling?

3. Synthese:

Wat zijn de totale vetkosten voor migratie en maturatie?

1. Vet als brandstof

Voor dit onderzoek zijn 181 vrouwtjes alen, afkomstig van het Grevelingenmeer, de Loire rivier, het Balatonmeer en uit een aalkwekerij aan een zwem-

Vrouwtjesalen gebruiken 67% van hun vetvoorraad voor de voortplanting

fitness-test onderworpen. Voor deze test zijn 22 zwemtunnels gebruikt waarin de alen bij een variabele duur aan verschillende stroomsnelheden werden blootgesteld. Alen zwemmen niet erg hard, maar wel uitermate efficiënt. De Europese aal blijkt zelfs bij uitstek een langeafstandsspecialist die de lange reis in slechts drieneenhalve maand kan afleggen. Opvallend is dat wilde aal in deze tests slechter presenteert dan kweekaal, wat er op duidt dat de conditie van de laatste beter is. Dit toont aan dat omgevingsinvloeden de zwemefficiëntie negatief beïnvloeden. Opvallend is dat

alen met een door de zwemblaasparasiet beschadigde zwemblaas duidelijk minder efficiënt zwemmen en hun vetvoorraad waarschijnlijk al hebben verbruikt voordat ze de Sargassozee hebben bereikt.

2. Vet voor het nageslacht

Om de vragen behorende bij dit onderdeel te beantwoorden, is onderzocht wat er gebeurt wanneer vrouwtjesalen gedurende langere periodes (1 week tot 2 maanden) en bij een constante snelheid in de tunnels zwemmen. Uit dit onderzoek komt naar voren dat het zwemmen een natuurlijke trigger is voor het matureren en het schier worden van vrouwtjesalen. Al na twee weken zwemmen worden de ogen 70% groter, het teken van schierwording (Fig. 2). Daarnaast begint, vooral bij de oudere dieren, de ontwikkeling en rijping van de eicellen. Opvallend is dat in de eitjes grote hoeveelheden vet worden afgezet. In het verlengde hiervan zijn zowel mannetjes als vrouwtjesalen door hormoonbehandeling tot respectievelijk spermatische en ovulatie gebracht. In de laatste fase van ontwikkeling van de eicellen blijken de vetdruppeltjes in het eitje te fuseren

tot een enkele druppel (Fig. 3) die na bevruchting onderdeel wordt van de dooierzak. Van één vrouwtje zijn de embryo's tot vier dagen lang in leven gehouden (Fig. 4).

Met betrekking tot de ontwikkeling van de embryo's blijkt dat PCB's een versturende factor zijn. Al in zeer lage dosis blijken PCB's deze ontwikkeling onmogelijk te maken. Het is zeer aannemelijk dat PCB's samen met de zwemblaasparasiet een belangrijke oorzaak zijn van de achteruitgang van de wilde aal.

3. Totale vetkosten

Hoeveel vet wordt er nu precies gebruikt voor de paaitrek en hoeveel vet wordt er uiteindelijk in de eitjes afgezet? Dit is onderzocht door vrouwelijke schieralen uit de Grevelingen te laten migreren in de zwemtunnels én deze tegelijkertijd te behandelen met hormonen. Het blijkt dat 39% van de vetvoorraad van vrouwtjesalen wordt gespenseerd aan de migratie en 28% aan de eitjes. In totaal wordt 67% van de vetvoorraad van een vrouwtjesaal dus gebruikt voor de voortplanting. Dit impliceert dat de gemiddelde schieraal tenminste een vetpercentage moet hebben van 13% om zich succesvol te kunnen voortplanten. Waarschijnlijk blijven alen net zo lang in het zoete binnenwater tot ze dit vetpercentage hebben bereikt.

De toekomst

Uit het onderzoek in de zwemtunnels blijkt duidelijk dat het zwemmen een natuurlijke trigger is voor de ontwikkeling van de eicellen.

Daarnaast is het gelukt om schieralen in gevangenschap tot reproductie te brengen, dit biedt zeker handvaten voor toekomstige kweek. Het onderzoek is inmiddels weer een paar flinke stappen verder. In een project, dat door LNV wordt gesponsord, is een zwemgoot met een inhoud van 6000 liter gebouwd die is gebruikt om grote groepen mannetjes en vrouwtjes tegelijk te laten zwemmen. Uit dit onderzoek blijkt dat ook de testisontwikkeling bij mannetjes door zwemmen wordt gestimuleerd, zelfs sterker dan de eicelontwikkeling bij vrouwtjes. Verder is onderzocht welke genen een rol spelen bij de maturatie. Ook zijn er speciale hormoonproducerende cellen ontwikkeld die, ingebracht in de aal, de maturatie triggeren en de stressvolle wekelijkse hormooninjecties overbodig maken.

Guido van den Thillart zal hier in een volgend nummer van *Visionair* meer over berichten.

Dankwoord

Het hier beschreven onderzoek is uitgevoerd onder leiding van dr. G. van den Thillart via door de EU-commissie (project EELREP # Q5RS-2001-01836) gefinancierde projecten en het Ministerie van LNV (projecten # 3201817).

De auteur bedankt de sponsoren van zijn proefschrift; CPO Nederlandse Vissersbond-IJsselmeer UA, Nutreco Nederland BV, Intervet International, Spakenburg Paling BV en collega's, studenten en partners die het onderzoek tot een succes hebben gemaakt. **V**

Over de auteur

Dr. Ir. Arjan Palstra is bioloog gespecialiseerd in de reproductie van vissen. Van 2001 tot 2006 verrichte hij het hier beschreven



onderzoek aan de Universiteit van Leiden waar hij in oktober 2006 op promoveerde. Sinds februari 2006 is hij als post-doc aangesteld aan de Leiden Universiteit op het door LNV gefinancierde onderzoek naar het verbeteren van de vruchtbaarheid van de aal door zwemexperimenten en cel-implantaten.

Geraadpleegd

1. Dufour, S., Burzawa-Gerard, E., Le Belle, N., Sbaihi, M., Vidal, B. (2003) Reproductive endocrinology of the European eel, *Anguilla anguilla*. In: Aida, K., Tsukamoto, K., Yamauchi, K. (Eds.), *Eel Biology*. Springer, pp. 373-386.
2. Dekker, W. (2004) Slipping through our hands. Population dynamics of the European eel. PhD thesis, University of Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands.
3. Palstra, A. (2006) Energetic requirements and environmental constraints of reproductive migration and maturation of European silver eel (*Anguilla anguilla* L.). PhD thesis, University of Leiden, Leiden, The Netherlands.
4. Palstra AP, Cohen EGH, Niemantsverdriet PRW, van Ginneken V.J.T., van den Thillart, G.E.E.J.M. (2005) Artificial maturation and reproduction of European silver eel: Development of oocytes during final maturation. *Aquaculture* 249 (1-4): 533-547.
5. Palstra, A.P., van Ginneken, V.J.T., Murk, A.J., van den Thillart, G.E.E.J.M. (2006) Are dioxin-like contaminants responsible for the eel (*Anguilla anguilla*) drama? *Naturwissenschaften* 93: 145-148.
6. van Ginneken, V. (2006) Simulated migration of European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus 1758). PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.



Overzicht van de proefopstelling.