

Effekt av temperatur på vekst, fôrinntak og vannbehov hos juvenile Drøbak-kråkeboller (*Strongylocentrotus droebachiensis*)

Sten Ivar Siikavuopio, Hege Lysne, Philip James, Atle Mortensen og Tor Andreas Samuelson





Nofima er et næringsrettet forskningskonsern som sammen med akvakultur-, fiskeri- og matnæringen bygger kunnskap og løsninger som gir merverdi. Virksomheten er organisert i fire forretningsområder; Marin, Mat, Ingrediens og Marked, og har om lag 470 ansatte. Konsernet har hovedkontor i Tromsø og virksomhet i Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Averøy.

Hovedkontor Tromsø
Muninbakken 9–13
Postboks 6122
NO-9291 Tromsø
Tlf.: 77 62 90 00
Faks: 77 62 91 00
E-post: nofima@nofima.no

Internett: www.nofima.no



Vi driver forskning, utvikling, nyskaping og kunnskapsoverføring for den nasjonale og internasjonale fiskeri- og havbruksnæringa. Kjerneområdene er avl og genetikk, fôr og ernæring, fiskehelse, bærekraftig og effektiv produksjon samt fangst, slakting og primærprosessering.

Nofima Marin AS
Nofima Marin
Muninbakken 9–13
Postboks 6122
NO-9291 Tromsø
Tlf.: 77 62 90 00
Faks: 77 62 91 00
E-post: marin@nofima.no

Internett: www.nofima.no

Rapport

ISBN: 978-82-7251-804-1 (trykt)
 ISBN: 978-82-7251-805-8 (pdf)

Rapportnr.:
 32/2010

Tilgjengelighet:
Åpen

<p><i>Tittel:</i> Effekt av temperatur på vekst, fôrinntak og vannbehov hos juvenile Drøbak-kråkeboller (<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i>)</p>	<p><i>Dato:</i> 2. november 2010</p>
<p><i>Forfatter(e):</i> Sten I. Siikavuopio, Hege Lysne, Philip James, Atle Mortensen og Tor Andreas Samuelsen</p>	<p><i>Antall sider og bilag:</i> 13</p> <p><i>Prosjektnr.:</i> 20839</p>
<p><i>Oppdragsgiver:</i> Vestlandsrådet, Sea Urchin Farm AS</p>	<p><i>Oppdragsgivers ref.:</i></p>
<p><i>Tre stikkord:</i> Vekst, fôrinntak, juvenil Drøbak-kråkebolle</p>	
<p><i>Sammendrag: (maks 200 ord)</i> Denne rapporten er den første systematiske undersøkelsen av temperaturens betydning på vekst, fôrinntak og fôrutnyttelse hos juvenil Drøbak-kråkebolle. Det ble satt opp et forsøk hvor kråkeboller med en størrelse fra 0,5 gram til 30 gram ble holdt i individuelle kamre på konstante temperaturer fra 4 til 14 °C over 90 dager. Forsøket viste at temperatur har stor betydning for veksthastigheten hos juvenile Drøbak-kråkeboller. Generelt øker veksten kraftig opp til 10 °C for så å flate ut. Videre økte fôrinntak tilnærmet eksponentielt med økende temperatur. På bakgrunn av dette systematiske arbeidet er det utarbeidet en tabell over fôrinntak hos ulike størrelser av kråkeboller ved ulike temperaturer, en tabell som vil være et nyttig verktøy for kråkebolleoppdrettere. Ved å sammenlikne fôrinntak mot vekst kom vi frem til at kråkebolle uavhengig av størrelse har den beste fôrfaktor ved 10 °C. Ved å se alle resultater under ett anbefaler vi en temperatur på 10 °C for oppdrett av juvenile Drøbak-kråkeboller.</p>	

Forord

Dette delprosjektet har vært et samarbeidsprosjekt mellom Nofima Marin og Sea Urchin Farm AS. Delprosjektet har vært finansiert med støtte fra Vestlandsrådet og Nofima Marin. Hovedmålet var å kartlegge optimal veksttemperatur, fôrintak og vannbehov hos juvenil Drøbak-kråkebolle. Denne rapporten tar for seg vekst og fôrintak.

Innhold

1	Innledning	1
2	Material og metode	2
2.1	Forsøksdyr	2
2.2	Eksperimentelle betingelser	2
2.3	Analyser	3
2.4	Forsøksoppsett	4
2.4.1	Forsøksrunde I (vekstforsøk).....	4
2.4.2	Forsøksrunde II (vannbehov)	4
2.5	Databehandling	5
3	Resultat	6
3.1	Dødelighet.....	6
3.2	Vekst	6
3.3	Fôrinntak	8
3.4	Fôrutnyttelse	9
3.5	Vannbehov	10
4	Oppsummering	11
5	Referanser	13

1 Innledning

Tre av de viktigste nøkkelfaktorene når man går i gang med oppdrett av en ny oppdrettsart er kunnskap om dyrets ernæringsbehov, fôrbehov og vekstkapasitet ved ulike temperaturer. Nofima Marin og Nofima Ingrediens har sammen utviklet et tørrfôr til juvenil Drøbak-kråkebolle som ser ut til å dekke dyrets ernæringsbehov. Fôret produseres i dag av Felleskjøpet Vaksdal i Bergen. Kunnskap om fôrbehov og vekstkapasitet hos ulike størrelsesgrupper av juvenile dyr mangler innen oppdrett av Drøbak-kråkeboller.

I naturen kan man finne Drøbak-kråkebolle (*Strongylocentrotus droebachiensis*) på vanntemperaturer fra -1 °C til +20 °C. I dag regnes 22 °C som den høyeste temperatur hvor Drøbak-kråkebolle klarer å overleve. Temperatur er den viktigste vekstregulerende miljøfaktor for alle vekselvarme dyr, inkludert kråkeboller. Generelt vil biokjemiske prosesser øke med en faktor på omkring 2 ved en økning i temperaturen på 10 °C opp til en viss øvre grense. På samme måte vil veksten hos kråkeboller øke ved økende temperatur opp til et temperaturoptimum, hvoretter veksten faller ved ytterligere økning i temperaturen.

Det er tidligere gjort systematiske studier på effekt av temperatur på gonadevekst hos kjønnsmodne Drøbak-kråkeboller (Siikavuopio et al., 2006). Resultatene fra disse forsøkene viste at temperaturer over 8 °C ikke hadde positiv effekt på gonadevekst om vinteren. På sommeren begynte nedgangen i gonadevekst først å gjøre seg gjeldende ved 12 °C. Ut fra disse resultatene er det lite hensiktsmessig å øke temperaturen over 8 °C om vinteren, mens det om sommeren bør benyttes en høyere temperatur for å oppnå optimal gonadevekst (Siikavuopio et al., 2006).

I takt med økende interesse for oppdrett av kråkeboller er kunnskap knyttet til skallvekst av stor betydning for en optimal drift. Det finnes få tilsvarende studier på optimal temperatur for skallvekst hos juvenile Drøbak-kråkeboller. Det eneste systematiske studiet vi kjenner til er en studie utført av canadiske forskere, hvor det anbefales en temperatur mellom 10 til 13 °C for å optimalisere skallvekst hos juvenile kråkeboller rett etter bunnslåing (Pearce et al., 2005).

Målet med dette prosjektet var derfor å:

- I) Kartlegge veksthastighet til juvenil Drøbak-kråkebolle under ulike temperaturregimer
- II) Etablere en fôrtabell for juvenil Drøbak-kråkebolle
- III) Beregne vannbehov til juvenil Drøbak-kråkebolle

2 Material og metode

2.1 Forsøksdyr

Forsøkene ble gjennomført ved Havbruksstasjonen i Tromsø. Det ble benyttet kunstig klekkede Drøbak-kråkeboller (*Strongylocentrotus droebachiensis*) fra Troms Kråkebolle AS. I perioden frem til forsøksstart ble kråkebollene føret på kommersielt tilgjengelig kråkebollefor utviklet av Nofima.

2.2 Eksperimentelle betingelser

Seks renner, hver med en størrelse på 200 x 42 cm, ble inndelt i kamre á 12 x 12 x 20 cm, for individuell registrering av kråkeboller (Bilde 1).



Bilde 1 Kråkeboller i fôringskammer.

Hver renne fikk tilført 35 liter filtrert sjøvann pr. minutt. For å sikre at kråkebollene fikk dekket sitt vannbehov ble et spredør montert over hele rennen. I tillegg ble oksygenivået målt hver uke gjennom forsøket. Det ble ikke målt verdier på under 95 % metning på noe tidspunkt i forsøket. Det ble lagt inn en falsk bunn i hver av rennene. Bunnen var perforert slik at kun ekskrementer ble skilt ut. Under forsøkene ble det benyttet simulert naturlig lys ("Tromsølys") og lysstyrken over vannoverflaten ble målt til ca.150 lux. Vanntemperaturen ble målt daglig gjennom forsøket. Temperaturen ble justert hvis avviket var større enn $\pm 0,5$ °C (Vedlegg 1).

2.3 Analyser

Alle kråkeboller ble målt og veid ved forsøksstart og hver måned gjennom forsøksperioden. Kråkebollenes diameter ble målt med et skyvelær med 0,1 mm nøyaktighet. Kråkebollene ble veid med 0,01 g nøyaktighet.

I forsøkene ble det benyttet kråkebollefôr av type 8 utviklet av Nofima (Siikavuopio et al., 2009). Fôret ble produsert av Felleskjøpet Vaksdal i Bergen.

Generelt har kråkebollefôret en hard konsistens med et tørrstoffinnhold på ca. 90 %. Kråkeboller ble tilbudt fôr i overskudd, tilsvarende en pellet på ca 2,5 g per dyr per uke, gjennom forsøket. Utfôring skjedde en gang i uka etter at fôrrester var oppsamlet. Kråkebollene ble fôret individuelt i kammer og hver fôrpellet veid til nærmeste 0,01g før og etter utfôring. Dette ble gjort for å få et mål på fôrinntak (Christiansen & Siikavuopio, 2007) Det ble beregnet en omregningsfaktor for hver temperatur. Omregningsfaktoren korrigerer for vektendring som skyldes opptak av vann og fôrlekkasje.

Fôrinntak og fôrfaktor ble beregnet på individnivå etter følgende formler:

Fôrinntak og fôrfaktor:

Fôrinntak = mengde fôr (g) spist per dyr per uke

Fôrfaktor = fôrinntak (gram tørrvekt)/ våtvektøkning (gram våtvekt)

Spesifikk gonadevekstrate er uttrykt som % vekst / dag og er beregnet etter formelen:

Spesifikk vekstrate (SGR) = $(\ln V_{t1} - \ln V_{t0} / d) * 100$

hvor V_{t0} = startvekt (gram), V_{t1} = sluttvekt (gram), d = antall dager mellom målingene.

Data over vekst og fôrutnyttelse er presentert for hele forsøksperioden.

2.4 Forsøksoppsett

Forsøksperioden varte fra oktober 2009 til april 2010. Det ble benyttet 270 kråkeboller i forsøk I og 180 kråkeboller i forsøk II. Kråkebollene ble fordelt på 5 forskjellige temperaturregimer (4, 6, 10, 12 og 14 °C). Innen hver temperaturgruppe ble det benyttet kråkeboller fordelt på 6 størrelsesgrupper (Tabell 1). Ved forsøkstart var størrelsesspredning på kråkebollene fra 0,2 til 30 gram. Hver temperaturgruppe besto av totalt 54 individer, fordelt på 9 individer i hver størrelsesgruppe (Tabell 2).

Tabell 1 Oversikt over de forskjellige temperaturregimer som ble benyttet i forsøket samt antall kråkeboller innen hvert temperaturregime og størrelsesgruppe.

Temperatur (°C)	4	6	10	12	14
Størrelse (gram)	Antall	Antall	Antall	Antall	Antall
20-30	9	9	9	9	9
15-20	9	9	9	9	9
10-15	9	9	9	9	9
5-10	9	9	9	9	9
2,5-5	9	9	9	9	9
1-2,5	9	9	9	9	9
Sum :	54	54	54	54	54

2.4.1 Forsøksrunde I (vekstforsøk)

Ved forsøksrunde I (oktober 2009-januar 2010) ble det benyttet 270 kråkeboller. Kråkebollene ble fordelt på 5 forskjellige temperaturregimer (4,6,10,12 og 14 °C). Innenfor hver temperaturgruppe ble kråkebollene fordelt på 6 størrelsesgrupper. Ved forsøkstart var størrelsesspredning på kråkebollene fra 0,2 til 30 gram. Hver temperaturgruppe inneholdt totalt 54 individer, fordelt på 9 individer i hver størrelsesgruppe. Forsøket hadde en varighet på 100 dager.

2.4.2 Forsøksrunde II (vannbehov)

Ved forsøksrunde II (januar 2010 – april 2010) ble det benyttet 36 kråkeboller (totalt 180) ved hver temperatur fordelt på ulike størrelsesgrupper (fra 1 gram til 40 gram). Forsøket hadde en varighet på 60 dager. Hensikten med forsøk II var å måle kråkebollens spesifikke oksygenforbruk ($\text{mg O}_2 \text{ h}^{-1}$).

Før forsøksstart fikk kråkebollene en akklimeringsperiode på 14 dager til de respektive temperaturregimene. Det spesifikke oksygenforbruket ble målt ved forsøksstart (sult) og forsøkslutt (fôr). Det spesifikke oksygenforbruket hos kråkebollene ble målt ved at dyrene ble plassert i et lukket respirasjonskammer (lukket respirometri) (Karamushko, 1993). Det ble benyttet tre ulike størrelser respirometere (100, 75 og 10 ml). Kamrene var plassert nede i et temperaturstabil vannbad. Temperaturen i respirometere var alltid den samme som kråkebollene hadde gått på før målingene. Kammeret var utstyrt med en innebygd optisk elektrode (Loligo). Oksygenforbruket ble målt på individnivå.

Endringer i oksygenkonsentrasjon i respirometret per tidsenhet fulgte i hver måling et rettlinjert forløp. Forløpet kunne beskrives matematisk ved hjelp av lineær regresjonsanalyse. Oksygenforbruket kan således beregnes ut fra følgende formel:

$$Q_{O_2} = [(C_o - C_t) R_{vol}]t^{-1}$$

Q_{O_2} er oksygen forbruk rate ($\text{mg O}_2 \text{ h}^{-1}$), R_{vol} er volum (l) av respirometret minus volum av kråkeboller estimert utfra kroppsvekt i forhold $1 \text{ g} \sim 1 \text{ ml}$, t er varigheten av måleperioden (time), og C_o og C_t er oksygenkonsentrasjon ($\text{mg O}_2 \text{ l}^{-1}$) i respirometret ved start og slutten av målingen.

For en oppdretter er det mer interessant å vite hvor stor vanntilførsel kråkebollene trenger enn hvor mye oksygen de bruker. Som oftest er det oksygentilførsel som er dimensjonerende kriterium for vanntilførsel. For å kunne beregne spesifikt vannforbruk må vi vite følgende:

1. Spesifikt oksygenforbruk (målt i forsøk l)
2. Minimumskonsentrasjon (eller – metning) av oksygen i vannet.

Formelen vi kan bruke er som følger:

$$\text{Spesifikt vannforbruk (l/min pr kg)} = \frac{\text{Spesifikt oksygenforbruk}}{\text{Kons. O}_2 \text{ inn} - \text{Kons. O}_2 \text{ ut}}$$

2.5 Databehandling

Statistikkberegninger ble utført ved hjelp av programpakken Statistica 8.0. Kruskal-Wallis test ble brukt til å sammenligne medianverdier ved tre eller flere utvalg. Mann-Whitney test ble benyttet til sammenligning av medianverdier ved to utvalg. I alle statistiske tester ble p -verdi $\leq 0,05$ betraktet som signifikant. Regresjonsanalyse er benyttet i presentasjonen av data for fôrinntak og vekst.

3 Resultat

3.1 Dødelighet

Det ble kun registrert dødelighet hos kråkeboller holdt på 4 °C i forsøk I. Denne dødeligheten kom overraskende og vi har ingen god forklaring på hvorfor den var så stor. Dødeligheten oppsto 14 dager etter forsøksstart og vedvarte ut forsøket. Den var i hovedsak knyttet til de to største størrelsesgruppene, hvor 17 av 18 døde. Den totale dødeligheten ved 4°C var på 38 % (Tabell 2).

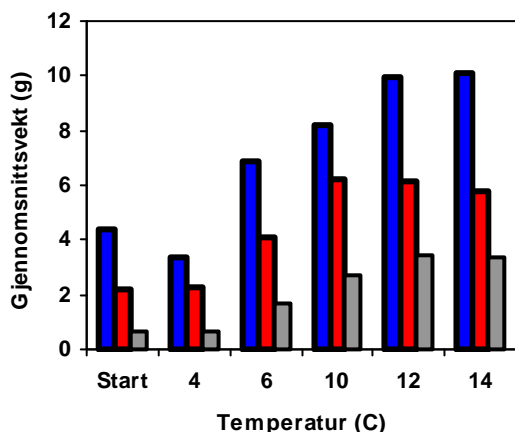
Tabell 2 Prosentandel døde kråkeboller som ble registrert i løpet av forsøket, knyttet til temperatur og totalt.

Temperatur	4 °C	6 °C	10 °C	12 °C	14 °C	Totalt
Dødelighet (%)	38	0	0	0	0	8%

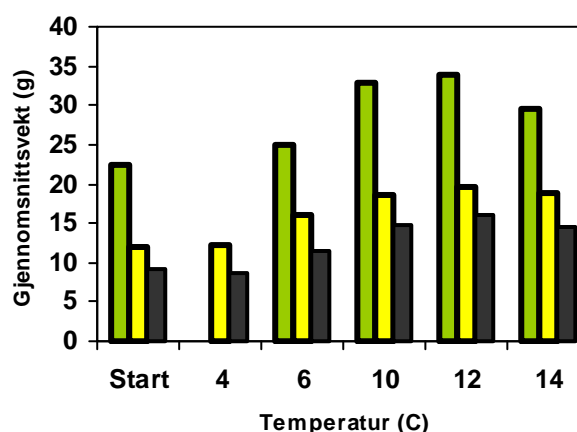
3.2 Vekst

Figur 1a og 1b viser vekst hos de ulike størrelsesgruppene ved de ulike temperatuene. Som det fremgår av figur 1a og 1b ligger vekst optimum mellom 10 - 12 °C. Spesielt er dette bildet tydelig hos de tre største størrelsesgruppene av kråkebolle. Ved en statistisk sammenlikning ble det ikke funnet signifikante forskjeller mellom 10, 12 og 14 °C. Videre stoppet veksten opp hos kråkeboller holdt på 4 °C.

1a



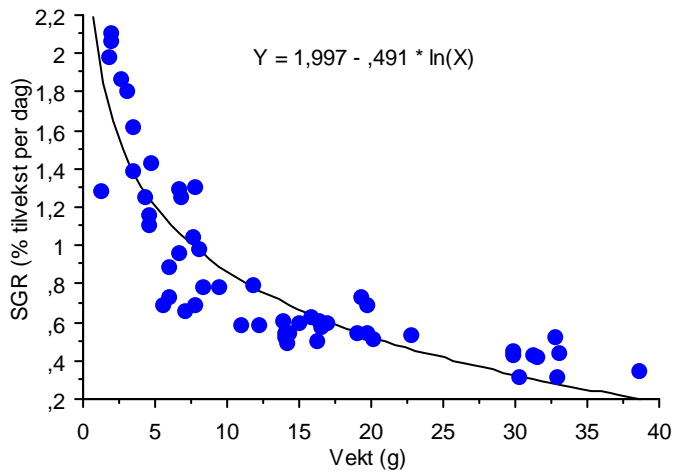
1b



Figur 1a og 1b Gjennomsnittsvekt ved start og forsøksslutt hos de seks ulike størrelsesgruppene (1-30 g) av juvenile kråkeboller holdt ved ulike temperaturer (4, 6, 10, 12 og 14 °C).

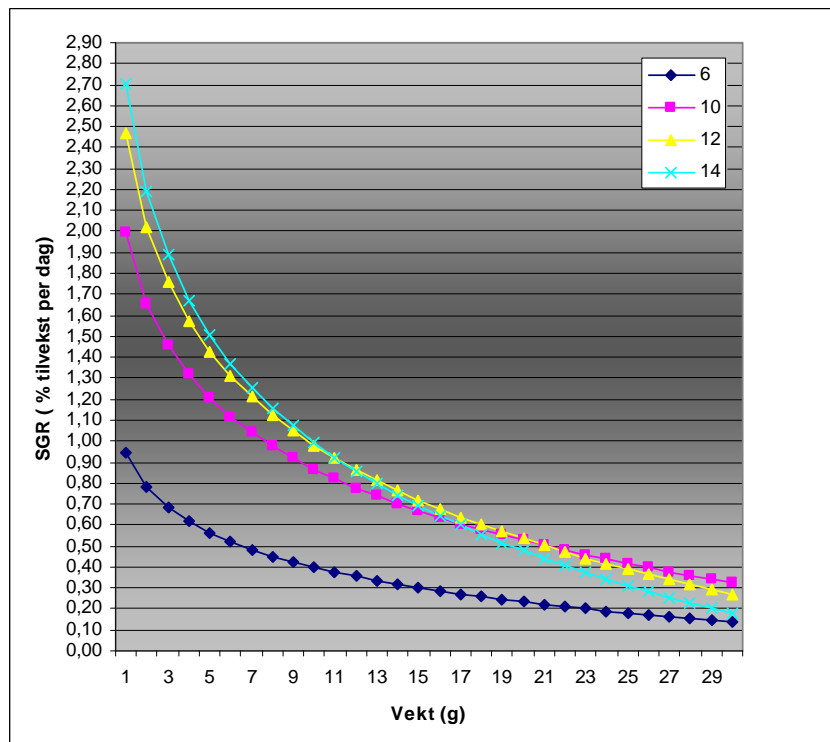
En alternativ metode for å beskrive vekst er bruk av spesifikk vekstrate (SGR). Ved bruk av SGR får man et mål på % tilvekst per dag i forhold til kroppsstørrelse. Det ble kjørt en regresjon mellom SGR og vekt for hvert temperaturregime (figur 2). Som det fremgår av figur

2 avtar SGR med økende størrelse fra over 2 % tilvekst per dag ved en størrelse på 1 gram til 0,2% tilvekst per dag ved en størrelse på 40 gram.



Figur 2 SGR (% tilvekst per dag) hos de ulike størrelsesgrupper av kråkeboller holdt på 10 °C relatert til størrelse.

På tilvarende måte er det kjørt sammenlikning mellom størrelse og tilvekst ved de ulike temperatuene. Resultatene for de ulike temperatuene er summert opp i figur 3.

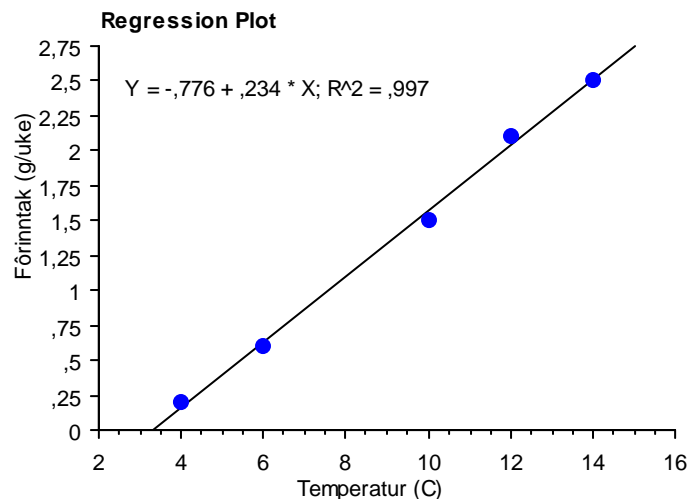


Figur 3 Spesifikk vekstrate (SGR) hos kråkeboller fra 1 til 30 g holdt ved forskjellige temperaturer (6, 10, 12 og 14 °C).

Som det fremgår av figur 3 har en kråkebolle med en vekt på 1 gram en SGR på litt under 1 ved 6 °C og 2,5 ved en temperatur på 12 °C.

3.3 Fôrintak

Fôrintak ble registrert gjennom hele forsøksperioden for å få en mest mulig detaljert oversikt. På bakgrunn av fôrintaksmålingene ble det kjørt en regresjonsanalyse mellom fôrintak og temperatur, illustrert i figur 4.



Figur 4 Fôrintak hos kråkeboller med samme gjennomsnittsvekt (30 gram) ved ulike temperaturer (4 -14 °C).

Som det fremgår av figur 4 er det en lineær sammenheng mellom fôrintak og temperatur. I figur 4 er fôrintaket ved 4 °C 0,25 gram fôr per uke hos en kråkebolle med gjennomsnittsvekt på 30 gram. Ved en økning i temperatur til 14 °C ser vi at fôrintaket øker til 2,25 gram fôr per uke, med andre ord er fôrintaket til kråkebollene i høy grad temperaturavhengig.

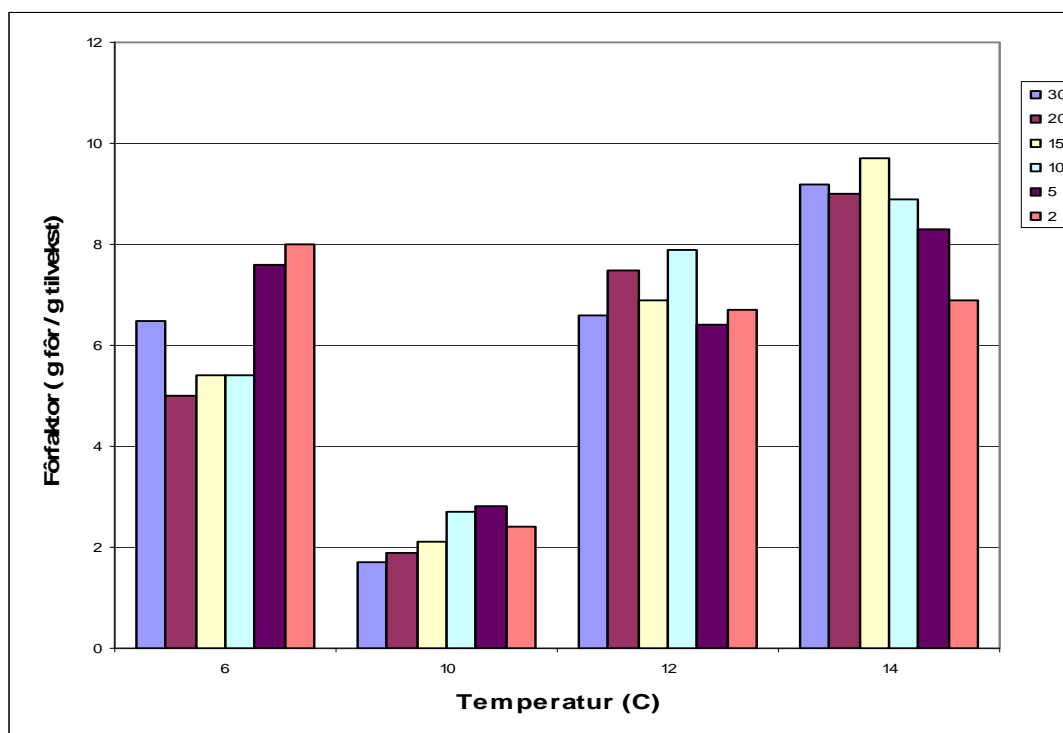
På bakgrunn av regresjonsanalysen ble en fôrintakstabell for kråkeboller mellom 1 og 30 gram utarbeidet (Tabell 3). Her fremgår det at 1 kg kråkeboller med gjennomsnittsstørrelse på 30 gram har et fôrbehov på 47 gram per uke ved en temperatur på 10 °C, mens kråkeboller med gjennomsnittsvekt på 15 gram har et fôrintak på det dobbelte (98g) ved samme temperatur.

Tabell 3 Oversikt over fôrintak hos Drøbak-kråkebolle i gram fôr per uke per kg kråkebolle ved ulike temperaturer fordelt på ulike størrelsesgrupper fra 1 gram til 30 gram.

Temperatur (°C)											
Størrelse (g)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
20-30	7	14	20	27	33	40	47	53	60	66	73
15-20	8	20	31	43	55	67	78	90	102	113	125
10-15	14	28	42	56	70	84	98	112	125	139	153
5-10	22	41	61	81	100	120	140	159	179	199	219
2,5-5	21	59	96	134	171	209	247	284	322	360	397
1-2,5	24	63	102	141	180	218	257	296	335	374	412

3.4 Fôrutnyttelse

Ved å sammenlikne fôrintak opp mot tilvekst vil en kunne beregne hvor mye fôr som vil gå med per kg tilvekst. Et mål på fôrutnyttelse er bruken av forfaktor som defineres som gram tørrfôr pr gram tilvekst (våtvekt) (Figur 5).



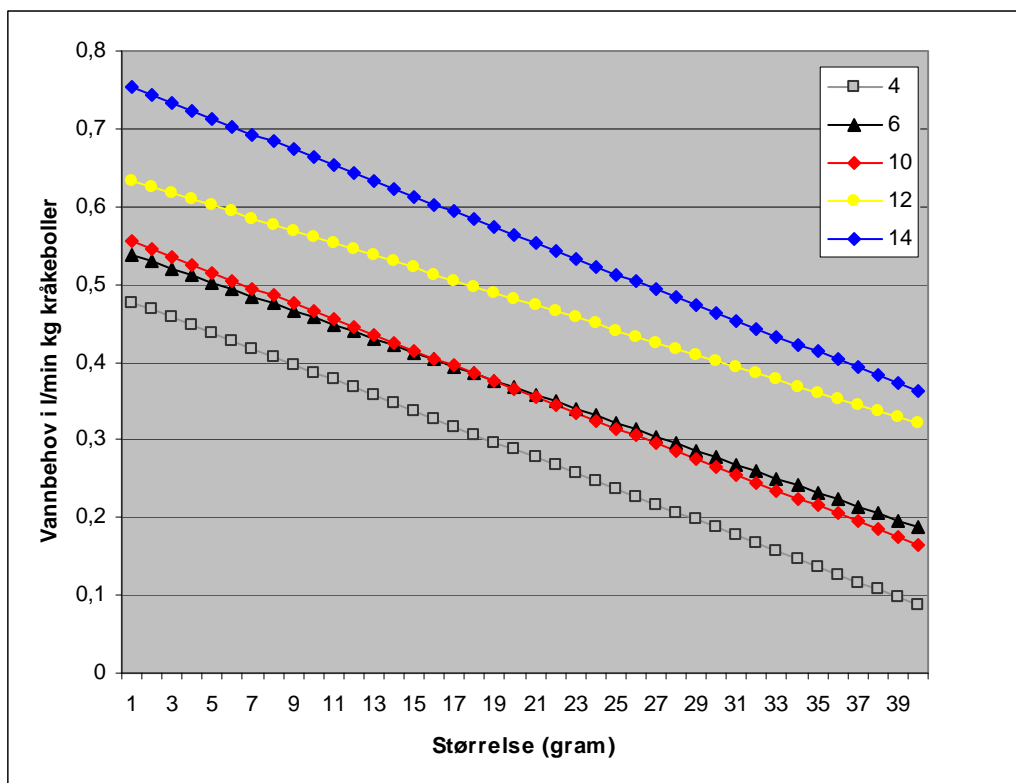
Figur 5 Fôrfaktor (gram fôr / gram tilvekst) hos ulike størrelsesgrupper av kråkebolle ved fire ulike temperaturer (6, 10, 12 og 14 °C).

På grunn av negativ vekst hos kråkebolle holdt på 4 °C er disse ikke tatt med i figur 5. Som det fremgår av figur 5 hadde kråkebolle holdt på 10 °C den signifikant beste fôrfaktoren. Gjennomsnittlig FU hos kråkebolle holdt på 10 °C var 2. Sagt med andre ord går det altså med 2 gram fôr for hvert gram en kråkebolle vokser. Kråkebolle holdt på den høyeste

temperaturen (14 °C) hadde den signifikant dårligste fôrfaktoren på over 8. Med andre ord går det med fire ganger så mye fôr som ved 10 °C for å oppnå samme vektøkning. Det ble ikke funnet signifikant forskjell mellom temperaturgruppene 6 °C og 12 °C.

3.5 Vannbehov

Figur 6 viser vannbehovet hos ulike størrelser av kråkeboller ved ulike temperaturer. Måling er basert på individuelle målinger av oksygenforbruk hos spisende kråkeboller. Som vi ser av figur 6 går vannbehovet ned ved nedgang i temperatur, og avtar med økende individstørrelse innenfor en gitt temperatur. Som det fremgår av figur 6 så har 1 kg med kråkeboller med en gjennomsnittsvekt på 1 gram et vannbehov på ca. 0,75 liter ved 14 °C. Ved en gjennomsnittsvekt på 40 gram har vannbehovet ved samme temperatur gått ned til ca. 0,35 l per kg per minutt.



Figur 6 Vannbehov til juvenil kråkebolle ved ulike temperaturer (4, 6, 10, 12 og 14 °C) og størrelser. Målingene er basert et nivå på 90% metning i avløpsvannet.

4 Oppsummering

Denne rapporten er den første systematiske undersøkelsen av temperaturens betydning på vekst, fôrinntak og fôrutnyttelse hos juvenil Drøbak-kråkebolle. Det ble satt opp et forsøk hvor kråkeboller med en størrelsesfordeling fra 0,5 gram til 30 gram ble holdt i atskilte kamre på konstante temperaturer (4 til 14 °C) over en periode på 90 dager.

Det ble kun registrert dødelighet hos 4 °C gruppen. Hos denne gruppen oppstår primært dødelighet i de to største gruppene (30-15 g). Denne dødeligheten kom overraskende og vi har ingen god forklaring på hvorfor dødeligheten var så stor. Videre hadde flertallet av kråkeboller i denne gruppen negativ vekst gjennom forsøksperioden. Resultatene viser at temperatur har stor betydning for veksthastigheten hos juvenile kråkeboller. Generelt øker veksten kraftig opp til 10 °C for så å flate ut ved ytterligere temperaturøkning. Spesielt tydelig er dette bildet hos de fire største vektgruppene. Fôrinntaket øker tilnærmet eksponentielt med økende temperatur. På bakgrunn av dette systematiske arbeidet har vi utarbeidet en tabell over fôrinntak hos ulike størrelser av kråkeboller ved ulike temperaturer. Denne tabellen vil være et nyttig verktøy for planlegging av fôring hos kråkebolleoppdrettere.

Det er verd å merke seg at nyere forsøk har vist at appetittreguleringen hos kråkeboller er mangelfull. Ved å redusere utfôret mengde til det halve i forhold til maksimalt fôrinntak hos juvenil kråkebolle har man oppnådd tilsvarende vekst som ved maksimalt fôrinntak.

Kråkebollene hadde den beste fôrfaktoren ved 10 °C, uavhengig av størrelse. Ut fra våre resultater anbefaler vi å bruke vanntemperatur på 10 °C ved oppdrett av juvenile Drøbak-kråkeboller.

I dag finnes det lite systematiske undersøkelser av vannbehovet til juvenil kråkeboller. Dette arbeidet er det første systematiske arbeidet hvor vannbehovet til juvenil kråkebolle er kartlagt. Hos kråkeboller, som ikke har hemoglobin eller andre oksygenbindende proteiner i kroppsvæsken, vil kroppsvæskens oksygeninnhold øke med oksygenmetningen helt opp til 100 %. I den grad oksygentilgjengelighet er begrensende faktor for vekst vil derfor også veksten øke med oksygenmetningen opp til 100 %. På grunn av de forholdene som er nevnt ovenfor er det problematisk å gi eksakte tilrådninger for nødvendig vanntilførsel til kråkebolleoppdrett basert på oksygenforbruk og minimumsmetning. Hvis vi likevel antar at vi kan tillate oksygenmetningen i et kar med kråkebolle å synke til 90 % uten at dette får for store negative virkninger på veksten, så er det mulig å gjøre beregninger basert på de målingene av oksygenforbruk som er foretatt.

Som figur 6 viser er vannbehovet til juvenil kråkebolle avhengig av både temperatur og størrelse. Vannbehovstallene bør brukes som en veileder for en oppdretter og det anbefales å måle nivå av oksygen daglig i karene og justere opp oksygenivået når den kommer under 90% metning i avløp. Ved oksygenering av vannet bør man i tillegg kontrollere for metabolske avfallsprodukter som kan være skadelig for kråkeboller i lave konsentrasjoner (Siikavuopio, 2009).

5 Referanser

- Christiansen J. S., Siikavuopio, S.I., 2007. The relationship between feed intake and gonad growth of single and stocked green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) in a raceway culture, *Aquaculture*, 262, 163-167.
- Pearce, C.M., Williams, S., Yuan, F., Castell, J.D., Robinson, S.M.C., 2005. Effect of temperature on somatic growth and survivorship of early post-settled green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis* (Müller). *Aquaculture Research*. 36, 600-609.
- Siikavuopio, S. I., Christiansen, J. S., Dale, T. 2006. Effects of temperature and season on gonad growth and feed intake in the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*). *Aquaculture*, 255, 389-394.
- Siikavuopio, S.I., 2009. Green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*, Muller) in aquaculture: the effects of environmental factors on gonad growth, *Dr. philos.*, University of Tromsø.



ISBN 978-82-7251-804-1 (trykt)
ISBN 978-82-7251-805-8 (pdf)
ISSN 1890-579X