

Muikun ruokamädin viljelymahdollisuudet

– esiselvitys

Juha Koskela



RIISTA – JA KALATALOUS
TUTKIMUKSIA JA SELVITYKSIÄ

4/2013

RIISTA- JA KALATALOUS

TUTKIMUKSIA JA SELVITYKSIÄ

4 / 2 0 1 3

Muikun ruokamädin viljelymahdollisuudet – esiselvitys

Juha Koskela



Suomen elinkeinokalatalouden
toimintaohjelma
2007-2013

EU investoi kestävään kalatalouteen



RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS

Julkaisija:

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Helsinki 2013

Kannen kuvat: Juha Koskela

Julkaisujen myynti:

www.rktl.fi/julkaisut

www.juvenes.fi/verkkokauppa

Pdf-julkaisu verkossa:

www.rktl.fi/julkaisut/

ISBN 978-952-303-013-8 (painettu)

ISBN 978-951-303-014-5 (verkkojulkaisu)

ISSN 1799-4764 (Painettu)

ISSN 1799-4748 (Verkkojulkaisu)

Sisällys

| | |
|---|----|
| Tiivistelmä | 4 |
| Sammandrag | 5 |
| Abstract | 6 |
| 1. Johdanto..... | 7 |
| 1.1. Tuotantoa monipuolistamalla viljelyyn kilpailukykyä..... | 7 |
| 1.2. Muikun ruokamätiä viljelyn avulla | 7 |
| 1.3. Kalat ja viljelymenetelmät..... | 8 |
| 2. Kasvatus | 9 |
| 2.1. Alkukasvatus | 9 |
| 2.2. Jatkokasvatus kesänvanhaksi | 10 |
| 2.3. Jatkokasvatus kahden kesän ikäiseksi..... | 11 |
| 3. Mädituotanto..... | 13 |
| 3.1. Kesänvanha muikku..... | 13 |
| 3.1.1. Kontrolliryhmän kalat | 13 |
| 3.1.2. Hormonirehua saaneet kalat..... | 16 |
| 3.2. Kahden kesän ikäinen kala..... | 17 |
| 4. Täysnaarasparven tuotanto..... | 19 |
| Viitteet..... | 23 |

Tiivistelmä

Vuosina 2009–2012 tehtyjen kasvatuskokeiden tarkoituksena oli selvittää mahdollisuuksia tuottaa viljelyn avulla muikun ruokamätiä. Tarkoitusta varten muikkuja kasvatettiin kuoriutumisesta alkaen kuivarehujen avulla yksi tai kaksi kasvukautta. Täysnaarasparven tuottamista varten kaloille annettiin startin (200 päiväastetta) jälkeen rehun mukana androgeenista hormonia (17 α – metyyliitestosteronia) eripituisina jaksoina (90–840 päiväastetta) ja kahtena eri pitoisuutena (2 ja 5 mg kg⁻¹).

Muikun alkukasvatus onnistui hyvin. Kahden ensimmäisen kuukauden aikana kasvu oli nopeaa ja kalat saavuttivat kasvatuksen kestosta riippuen 0,9–1,9 g:n painon ja kaloja jäi eloon 46–66 %. Ensimmäisen kasvukauden jälkeen kalojen paino oli, kasvatusvuodesta riippuen, 20–40 g ja toisen kasvukauden jälkeen 48–73 g. Kaloja kuoli kesän aikana paljon niiden sairastuttua bakteeritauteihin ja kuolleisuus vaihteli eri altaissa 30–100 %:n välillä. Kasvatustilanteen laskeminen alle 13 asteeseen vähensi kuolleisuutta.

Ensimmäisen kasvukauden jälkeen lähes kaikki normaalirehua saaneet kalat olivat sukukypsiä. Koiraskalojen gonadosomaattinen indeksi (GSI) oli 2,7 % ja naaraiden 11–13 % vastaavasti. Toisen kasvukauden jälkeen GSI % oli naaraskaloilla kaksinkertaistunut 20–26 %:iin painosta.

Alkuvaiheen rehukokeiden avulla voitiin määrittää ajankohta, jolloin on mahdollista vaikuttaa perimältään naaraspuolisen muikun sukuelinten kehittymiseen. Tämä herkkyysvaihe ajoittui 260–805 päiväasteen välille kalan kuoriutumisesta. Käytetyt hormonipitoisuudet eivät kuitenkaan olleet riittävän suuria ollakseen tehokkaita. Naaraskalat eivät kääntyneet toiminnallisiksi koiraskaloiksi, vaan ne jäivät immatuureiksi (ei-sukukypsiksi) muikuiksi. Jatkossa tulisi kokeilla suurempia hormoniannoksia toimivan menetelmän löytämiseksi.

Asiasanat: alkukasvatus, jatkokasvatus, muikku (*Coregonus albula L.*), mädintuotanto, täysnaarasparvi

Koskela, J. 2013. Muikun ruokamädin viljelymahdollisuudet – esiselvitys. *Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia ja selvityksiä 4/2013*. 23 s.

Sammandrag

Syftet med uppfödningsexperimenten 2009–2012 var att reda ut möjligheten att producera löjrom för livsmedelsbruk genom fiskodling. Från kläckningen uppföddes siklöja med torrfoder under en eller två växtperioder. För att ta fram ett stim bestående endast av honor fick fiskarna efter starten (200 daggrader) androgeint hormon (17 α – metyltestosteron) med fodret under perioder av olika längd (90–840 daggrader) och två olika halter (2 respektive 5 mg kg⁻¹).

Begynnelsefasen av uppfödningen av siklöja lyckades väl. Under de två första månaderna växte fiskarna snabbt, och beroende på uppfödningens längd nådde de snabbt en vikt på 0,9–1,9 g. Dessutom överlevde 46–66 % av fiskarna. Efter den första växtperioden vägde fiskarna, beroende på odlingsår, 20–40 g och efter den andra växtperioden 48–73 g. Under sommaren dog en hel del fiskar på grund av bakteriesjukdomar, och dödligheten varierade mellan 30 och 100 % i de olika bassängerna. En sänkning av odlingstemperaturen till under 13 grader minskade dödligheten.

Efter den första växtperioden var nästan alla fiskar som matats med normalt foder köns mogna. Hanfiskarnas gonadosomatiska index (GSI) var 2,7 % och honornas 11–13 %. Efter den andra växtperioden hade hanfiskarnas GSI fördubblats till 20–26 % av vikten.

Med hjälp av foderexperimenten i början av uppfödningen kunde man fastställa den tidpunkt då det är möjligt att påverka utvecklingen av könsorganen hos fiskar som är honor till den genetiska uppsättningen. Denna känsliga period inföll 260–805 daggrader efter kläckningen. De använda hormonhalterna var dock inte tillräckligt stora för att skapa önskad effekt. Hanfiskarna förvandlades inte till funktionella hanfiskar, utan förblev immatura (icke köns mogna) siklöjor. I fortsättningen borde man testa större hormondoser för att finna en fungerande metod.

Nyckelord: fortsatt uppfödning, uppfödning i början, romproduktion, siklöja (*Coregonus albula* L.), stim av honor

Koskela, J. 2013. Möjligheter att odla rom från siklöja för livsmedelsbruk – preliminär utredning. *Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia ja selvityksiä 4/2013*. 23 s.

Abstract

In the course of the years 2009–2012, several groups of vendace (*Coregonus albula L.*) were cultivated by intensive methods up to the age of one or two summers old to estimate the possibilities to produce caviar for human consumption. For this purpose the growth, the age of sexual maturity and gonadosomatic index (GSI %) of fish were measured and different treatments with an androgen steroid were tested during the juvenile stage to manipulate the gonadal sex of female fish.

The initial weaning of vendace was successful, and the fish weight ranged between 0.9 g and 1.9 g and survival varied between 46% and 66%, depending on the year and duration of rearing. The wet weight of one-summer-old fish varied between 20 g and 40 g, and two-summer-old vendace varied between 48 g and 73 g depending on the year of cultivation. The mortality, caused by bacterial diseases, was high during summer months and varied between 30% and 100% among tanks.

Almost all one-summer-old fish, fed on a normal diet, were sexually mature, and the maximum average GSI % was 2.7 % and 11–13% for male and female fish, respectively. After a second summer of rearing, the average GSI % of female fish was 20–26%.

The duration of androgen steroid treatments (90–840 days), but not the dose (2 or 5 mg kg⁻¹), affected the sexual maturation of one-summer-old female fish. However, the female vendace doesn't turn into gonadal male fish, rather a gradually increased number of immature fish was recorded with increasing duration of hormonal treatment. The dose of androgen steroid was probably not large enough to turn female fish into gonadal male ones.

Keywords: all-female, caviar production, initial weaning, on-growing, vendace (*Coregonus albula L.*)

Koskela, J. 2013. Caviar production of cultivated vendace, a preliminary study. *Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia ja selvityksiä 4/2013*. 23 p.

1. Johdanto

1.1. Tuotantoa monipuolistamalla viljelyyn kilpailukykyä

Kalojen kasvatusta on ollut viime vuosikymmenien aikana yksi nopeimmin kasvavista elintarviketuotannon aloista. Globaali kalatarjonnan kasvu on 1990-luvulta lähtien perustunut lisääntyvään viljelyyn, kun kalasaaliit eivät ole enää kasvaneet. Eri asiantuntijaryhmien arvioiden mukaan tarjonnan kasvu tulee jatkossakin perustumaan viljeltyyn kalaan, koska useimmat kalakannat hyödynnetään jo täysimääräisesti. Luonnonkantoja, joita voitaisiin hyödyntää nykyistä enemmän, on hyvin vähän (FAO 2012).

Kalankasvatuksen globaali kasvu yhdessä kalamarkkinoiden avautumisen kanssa on tuonut Suomen markkinoille kotimaisen tarjonnan kanssa kilpailevia tuotteita. Erityisesti Norjassa kasvatettu lohi on edullisen hinnan ja hyvän saatavuuden myötä laajentanut jalansijaa kotimaisilla kalamarkkinoilla. Tuodun viljellyn kalan kulutuksen kasvaessa on kotimaisen luonnonkalan ja viljellyn kirjolohen merkitys pienentynyt. Tiukan ympäristölupapolitiikan sekä haastavien luonnonolosuhteiden takia suomalainen kalanviljely ei ole voinut kilpailla tehokkaasti halpaa massatuotantoa vastaan.

Kuluttajat haluavat vaihtoehtoja massatuotteiden rinnalle. Kotimainen kalanviljely on viime vuosien aikana laajentanut tuotantoa arvokkaiden kalalajien, kuten siian, sammen ruokamädin ja kuhan, kiertovesikasvatukseen. Uudet tuotteet on otettu markkinoilla hyvin vastaan. Viljeltyä siikaa tuotettiin 2011 jo 1,2 miljoonaa kiloa ja tuotannon arvo oli 20 % koko ruokakalaviljelyn arvosta.

1.2. Muikun ruokamätiä viljelyn avulla

Muikkua esiintyy pääasiassa Itämeren laskevissa vesistöissä. Suomessa se kuuluu useimpien keskikokoisten ja suurten järvien kalastoon. Merialueella muikkua tavataan Perämerellä ja itäisellä Suomenlahdella, missä Itämeren suolapitoisuus ei ole lajille liian suuri (Koli 1990). Muikku on sisävesialueella tärkeä saaliskala ja ammattikalastuksen saalis on ollut vuosina 2000–2010 2,4–2,8 miljoonaa kiloa (Muikun ammattikalastus <http://www.rktl.fi/tilastot/tietokanta/>). Suomen lisäksi muikkua kalastetaan Ruotsissa ja vähäisempiä määriä Puolassa, Saksassa ja Liettuassa (FAO 2012). Muikun mäti on erikoistuote, jota saadaan luonnonkaloista vain lyhyen sesongin ajan. Suomessa mätiä tuotettiin vuonna 2010 14 000 kg ja kalastajan saama hinta oli 44€ kg⁻¹ (Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2012). Mädin vähittäishinta on korkea ja vaihdellut 90–140 €/kg välillä. Osan mädistä kalastajat myyvät suoraan Ruotsiin, jossa mätiä myydään kalliina merkkituotteena kuten ”Kalixlörrom”.

Muikun mätiä voidaan tuottaa ruokintaviljelyn avulla, jos lajin tuotanto-ominaisuudet ovat tarkoitukseen sopivat ja keskeiset viljelymenetelmät tunnettuja. Mädin tuotannon kannalta tärkeitä tekijöitä ovat kasvu, eloonjäänti ja parven tuottama mätimäärä. Muikun ruokintaviljelyn menetelmät tunnetaan huonosti ja tietoja on julkaistu lähinnä lajin alkukasvatuksesta (Luczynski ym. 1986, Mamcarz ym. 1995). Tässä työssä selvitettiin muikun kasvu, sukukypsyyttä ja mädintuotantomäärä. Lisäksi selvitettiin mahdollisuuksia tehdä täysnaarasparvi,

jossa kaikki parven yksilöt ovat mätiä tuottavia naaraskaloja. Hankkeen toimintaa on rahoitettu Keski-Suomen ELY-keskuksen myöntämistä EKTR varoista.

1.3. Kalat ja viljelymenetelmät

Eri vuosina kokeissa käytetyt muikut olivat peräisin Hanka-Taimenen laitoksella olevista emokaloista. Muikun desinfioitu mäti tuotiin silmäpistevaiheessa Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL) Laukaan toimipaikan tutkimustiloihin tammi-maaliskuussa ja haudottiin siellä 5–7-asteisessa vedessä kuoriutumiseen asti (23.2.2009, 22.3.2010 ja 1.4.2011). Kuoriutumisen jälkeen veden lämpötila nostettiin asteittain 15 asteeseen ja muikkujen ruokinta aloitettiin kaupallisella starttirehulla (Gemma micro, Nutra HP eri raekoot, Skretting).

Kun poikaset olivat syöneet rehua 14–16 vrk:n ajan (200 päiväastetta) vaihdettiin normaali starttirehu rehuun, johon oli lisätty androgeenistä hormonia (17 α -metyyli-testosteroni, Fluka) tarkoituksena kääntää geneettiseltä perimältään olevat naaraskalat maitia tuottaviksi kaloiksi (Devlin ja Nagahama 2002). Hormoniannoksen määrää ja ruokinta-aikaa vaihdeltiin eri vuosina sopivan annoksen löytämiseksi (taulukko 1). Tämän vaiheen jälkeen kaloja ruokitettiin kaupallisella rehulla (Nutra HP ja parr, Silver sarjan rehut, Raisioagro) seurannan loppuun asti. Joka vuosi kokeissa oli kontrolliryhmä, jota ruokittiin normaalilla rehulla.

Taulukko 1. Hormoniannoksen suuruus (mg kg⁻¹ rehua) ja hormoniannoksen ruokinta-aika (pva = päiväastetta) vuosina 2009–2011. Ruokinta koerehuilla aloitettiin sen jälkeen, kun poikaset olivat syöneet 200 päiväasteen ajan normaalia starttirehua.

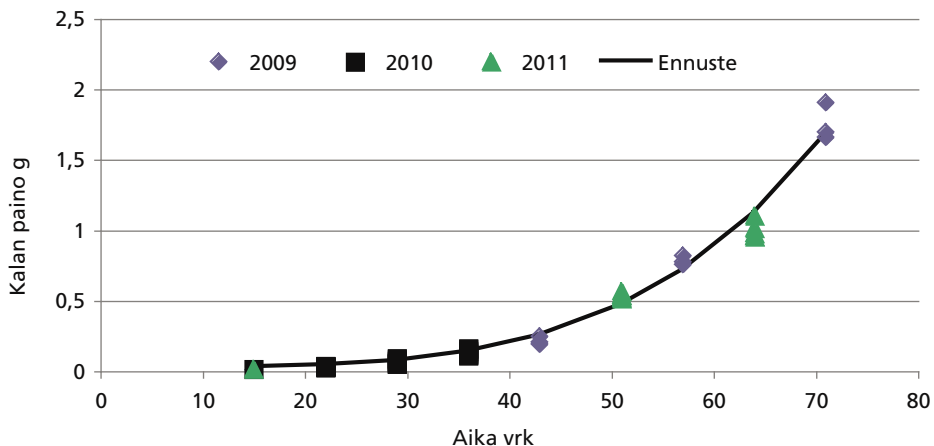
| 2009 Annos mg kg ⁻¹ | Ruokinta-aika pva | 2010 Annos mg kg ⁻¹ | Ruokinta-aika pva | 2011 Annos mg kg ⁻¹ | Ruokinta-aika pva |
|--------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|
| 2 | 420 | 2 | 90 | 2 | 540 |
| 2 | 630 | 2 | 210 | 2 | 735 |
| 2 | 840 | 2 | 315 | 5 | 540 |
| | | 5 | 90 | 5 | 735 |
| | | 5 | 210 | | |
| | | 5 | 315 | | |

Alkukasvatuksessa (maaliskuu–toukokuu) käytetty tulovesi hiekkasuodatettiin, lämmitettiin (15 °C) ja ilmastettiin ennen johtamista altaisiin (80 litran pyöreät ja vihreät muovialtaat, kaksi allasta per käsittely). Kalat ruokittiin alkuvaiheessa kahden tunnin välein kylläisiksi (syömätöntä rehua jäi altaan pohjalle) hihna-automaattien avulla ja kasvatustilaa valaistiin ympäri vuorokauden keinovalolla. Hormonirehuokinnan päättyessä laskettiin elossa olevien kalojen määrä ja rinnakkaisten starttialtaiden parvet yhdistettiin yhteen vesitilavuudeltaan 500 l:n muoviseen altaaseen ja kasvatettiin luonnonvalorytmissä ja rajoitetussa luonnonlämpötilassa (vuonna 2009 jatkuva valaistus) seurannan loppuun asti. Kesällä veden lämpötila pidettiin vuosina 2009, 2010 ja 2011 alle 16 asteessa ja vuonna 2012 alle 13 asteessa. Muikkuja kasvatettiin siialla kehitettyjen viljelymenetelmien avulla (Koskela ym. 2002) yhden (2009, 2010 ja 2011) tai kahden (2011–2012) kasvukauden ajan.

2. Kasvatus

2.1. Alkukasvatus

Muikun alkuvaiheen kasvua seurattiin kasvuhormonirehuruokinnan aloituksesta sen päättymiseen asti. Seurannan alussa kalat olivat 200 päiväasteen (14–16 vrk) ikäisiä ja seuranta päättyi, kun starttiruokinnan aloituksesta oli kulunut 71 vrk (2009), 36 vrk (2010) ja 64 vrk (2011). Muikut kasvoivat ja menestyivät hyvin alkukasvatusvaiheessa. Eri vuosina seurannan päättyessä muikut painoivat 0,9–1,9 grammaa ja kaloja oli elossa 46–66 % (kuva 1 ja taulukko 2). Vuosien väliset erot kasvussa johtuivat eripituisista kasvatusjaksoista ja eri vuosina havaittu muikun kasvu voitiin kuvata epälineaarisen regressiomallin avulla ($0,023 + 7,39E-08 \times \text{vrk}^{3,97}$, $R = 0,98$, kuva 1). Alkuvaiheen kasvu ja eloonjääminen olivat vastaavia kuin on havaittu kasvatetuilla siian poikasilla (Koskela ja Eskelinen 1992) tai mitä Luczynski ym. (1986) ja Marnicz ym. (1995) ovat raportoineet muikun alkukasvatuskokeista



Kuva 1. Kasvatusajan vaikutus muikun painon kehitykseen viljelyn alkuvaiheessa. Pisteet kuvaavat eri vuosina mitattuja kalaparven keskipainoja ja käyrä kaikkien pisteiden avulla mallitetun kasvuennusteen arvoja.

Hormonikäsittelyt vaikuttivat jossain määrin kalojen kasvuun (taulukko 2). Vuonna 2010 2 mg kg^{-1} sisältävää hormonirehua saaneet kalat olivat seurannan lopussa pienempiä kuin kontrolliryhmän tai 5 mg kg^{-1} hormonirehulla ruokitut kalat (Anova, $p = 0,003$). Vastaavaa rehun hormonipitoisuuden vaikutusta ei ollut havaittavissa vuonna 2011 ja eri hormonimäärillä ruokittujen ryhmien painot olivat seurannan päättyessä samansuuruiset (Anova, $p = 0,237$). Hormonikäsittelyn kestolla (pva) ei ollut vaikutusta eri vuosina havaittuun poikasten loppupainoon alkukasvatuksen päättyessä (lineaarinen regressio, $a + b \times \text{pva}$; 2009 $p = 0,635$, 2010; $p = 0,162$ ja 2011 $p = 0,940$).

Taulukko 2. Muikkujen alkuvaiheen painon kehitys (g) eri hormoniruokintaryhmissä (mg = rehun hormonipitoisuus, pva = hormoniruokinnan kesto päiväasteina) vuonna 2009–2011. Aika on ilmoitettu päiväasteina (pva) hormonirehuruokinnan aloituksesta (pva = 0). Tulokset on ilmoitettu kahden rinnakkaisen altaan keskiarvoina. Vuonna 2009 elossa olevien kalojen määrää ei laskettu eikä kontrolliryhmän kaloja punnittu.

| Vuosi ja käsittely mg/pva | Mittausajankohta (pva) ja kalan paino (g) | | | | Eloonjäänti % | |
|---------------------------|---|---------|---------|---------|---------------|------|
| 2009 | 0 pva | 420 pva | 630 pva | 840 pva | | |
| | 2/420 | 0,008 | 0,245 | 0,775 | 1,660 | - |
| | 2/630 | 0,008 | 0,205 | 0,820 | 1,905 | - |
| | 2/840 | 0,008 | 0,190 | 0,755 | 1,695 | - |
| 2010 | 0 pva | 90 pva | 210 pva | 315 pva | | |
| | Kontrolli | 0,013 | 0,035 | 0,092 | 0,160 | 50,2 |
| | 2/90 | 0,013 | 0,033 | 0,054 | 0,117 | 46,6 |
| | 2/210 | 0,013 | 0,026 | 0,050 | 0,112 | 54,2 |
| | 2/315 | 0,013 | 0,028 | 0,056 | 0,116 | 55,6 |
| | 5/90 | 0,013 | 0,034 | 0,066 | 0,143 | 66,8 |
| | 5/210 | 0,013 | 0,033 | 0,072 | 0,156 | 55,4 |
| | 5/315 | 0,013 | 0,038 | 0,085 | 0,133 | 51,7 |
| 2011 | 0 pva | 540 pva | 735 pva | | | |
| | Kontrolli | 0,016 | 0,540 | 1,015 | | 64,0 |
| | 2/540 | 0,016 | 0,535 | 0,975 | | 56,7 |
| | 2/735 | 0,016 | 0,515 | 1,100 | | 48,6 |
| | 5/540 | 0,016 | 0,565 | 0,955 | | 51,1 |
| | 5/735 | 0,016 | 0,520 | 0,955 | | 53,3 |

2.2. Jatkokasvatus kesänvanhaksi

Ensimmäisen kasvukauden ja 8–10 kuukauden kasvatuksen jälkeen muikkujen paino oli eri vuosina 20–40 gramman välillä (taulukko 3). Kalat kasvoivat parhaiten vuonna 2009 ja saavuttivat noin 40 g:n koon, kun muina vuosina muikut olivat noin 20 g:n painoisia. Vuosien välinen ero kasvussa johtui eroista kasvatusjakson pituudessa (2009; 297 vrk, 2010; 236 vrk ja 2011; 233 vrk). Vuonna 2009 starttikasvatus alkoi muita vuosia aikaisemmin. Lisäksi kasvatustila pidettiin syksyllä ympäri vuorokauden valaistuna marraskuun alkuun asti ja sen jälkeen noudatettiin luonnonvalorytmiä. Muina vuosina kasvatustila valaistiin luonnonvalon rytmin mukaisesti koko kasvatuskauden ajan. Pitkän päivän olosuhteissa kalojen sukukypsyminen viivästy ja kasvuvaihe kesti syksyllä normaalivuotta pidempään.

Punnituksen yhteydessä määritettiin useasta kymmenestä kalasta per koeryhmä kalan sukupuoli ja kalat luokiteltiin silmämääräisesti tunnistettavien sukuelinten mukaan naaraisiin ja koiraisiin. Kalat, joiden sukupuolta ei voitu tunnistaa, luokiteltiin sukukypsytymättömiin eli immatuureihin kaloihin. Kasvukauden päättyessä naaraskalat olivat hieman suurempia kuin koiraskalat tai immatuurit kalat, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Poikasvaiheessa saadulla kasvuhormoniannoksella ei ollut selvää vaikutusta kalojen kasvuun. Hormonikäsittely vaikutti eri sukupuoliksi luokiteltujen kalojen määrään parvessa. Pääsääntöisesti hormo-

nirehuruokinnan pidentäminen kasvatuksen alkuvaiheessa vähensi naaraiksi tunnistettavien kalojen osuutta ja lisäsi immatuureiksi luokiteltavien kalojen määrää parvessa (taulukko 3). Koiraskalojen osuuteen ruokinnalla ei ollut vaikutusta. Tulokset on käsitelty tarkemmin luvussa neljä.

Taulukko 3. Kesänvanhan muikun paino ja eri sukupuolta olevien kalojen osuus kontrolliryhmässä ja eri hormonikäsitellyn saaneissa ryhmissä (mg = rehun hormonipitoisuus, pva = hormoniruokinnan kesto päiväästeina). Kasvumittaus tehtiin ajankohtana, jolloin kontrolliryhmän kalojen gonadosomaattinen indeksi oli suurimmillaan (2009 vko 51, 2010 vko 47 ja 2011 vko 46).

| Vuosi | Käsittely mg/pva | Naaras Osuus % | Paino g | Koiras Osuus % | Paino g | Immatuuri Osuus % | Paino g |
|-------|---------------------|-------------------|---------|-------------------|---------|----------------------|---------|
| 2009 | kontrolli | 43 | 43,1 | 54 | 37,6 | 3,0 | - |
| 2009 | 2/420 | 13 | 34,0 | 62 | 33,0 | 25 | 33,7 |
| 2009 | 2/630 | 3 | 36,6 | 56 | 37,8 | 40 | 40,2 |
| 2009 | 2/840 | 3 | 40,9 | 62 | 34,8 | 35 | 34,9 |
| 2010 | kontrolli | 39 | 23 | 61 | 18,6 | 0 | - |
| 2010 | 2/315 | 25 | 23,6 | 54 | 20,9 | 21 | 23,7 |
| 2010 | 5/90 | 51 | 21,6 | 49 | 17,8 | 0 | - |
| 2010 | 5/210 | 39 | 23,6 | 56 | 20,4 | 5 | 19 |
| 2010 | 5/315 | 28 | 31,2 | 60 | 28,4 | 12 | 27,2 |
| 2011 | kontrolli | 51 | 20,9 | 46 | 18,0 | 3 | - |
| 2011 | 2/540 | 19 | 18,7 | 39 | 17,8 | 42 | 17,9 |
| 2011 | 2/735 | 16 | 22,1 | 42 | 20,7 | 42 | 20,6 |
| 2011 | 5/540 | 22 | 23,8 | 43 | 22,3 | 35 | 20,9 |

Kesällä, veden lämpötilan noustua yli 15 asteen, muikut sairastuivat kaikkina vuosina bakteeritauteihin (*Aeromonas salmonicida* ja/tai *Flavobacterium psychrophilum*). Kaloille annettiin rehuun sekoitettuna useita antibioottikuureja (Orimycin oksitetrazykliini, Orion), mutta niistä huolimatta kalojen kuolleisuus oli suurta. Myös kalojen ruokahalu ja sen myötä kasvu heikkenivät. Kesän aikainen kuolleisuus oli eri koeryhmissä 30–100 %. Suuri kuolleisuus yhdistettiin veden lämpötilan nousuun, ja ilmeisesti yli 15 asteen lämpötilat ovat kesän aikana lajille stressaavia ja lisäävät kalojen alttiutta sairastua. Vuonna 2012 veden lämpötila pidettiin alle 13 asteessa ja kalojen kuolleisuus oli hieman pienempää.

2.3. Jatkokasvatus kahden kesän ikäiseksi

Vuonna 2011 startattujen muikkujen kasvatus jatkettiin toisen kasvukauden ajan. Kahden kasvukauden jälkeen kontrolliryhmän muikut olivat kasvaneet noin 50 gramman kokoisiksi. Vastaavasti alkukasvatusvaiheessa hormonikäsitellyt muikut (2mg/550 pva ja 5mg/550 pva) olivat kasvaneet 37–48 g:n ja 72–73 g:n painoisiksi (taulukko 4). Kalat sairastuivat kesän aikana bakteeritauteihin, mikä aiheutti kuolleisuutta, heikensi kalojen ruokahalua ja hidasti niiden kasvua sekä mahdollisesti vaikutti kasvueroihin koeryhmien välillä. Kontrolliryhmän parvessa

naaraskalojen osuus oli selvästi koiraskaloja suurempi, mikä johtunee koiraskaloja suuremmasta kuolleisuudesta kasvatuksen aikana. Hormonikäsittelyn saaneissa parvissa naaraskalojen osuus oli kasvanut ja immatureiksi luokiteltavien kalojen osuus pienentynyt ensimmäisen kutuajankohdan arvoista (taulukko 3). Tämä on voinut johtua ryhmien erilaisesta kuolevuudesta kasvatuksen aikana. On myös mahdollista, että osa ensimmäisenä kutuajankohtana immatureiksi jääneistä kaloista on sukukypsynyt toisen kasvukauden aikana naaraskaloiksi.

Taulukko 4. Kaksi kasvukautta vanhojen naaraiden, koiraiden ja immatuurien muikkujen osuudet ja painot.

| Käsittely mg/pva | Naaras Osuus % | Paino g | Koiras Osuus % | Paino g | Immatuuri Osuus % | Paino g |
|---------------------|-------------------|---------|-------------------|---------|----------------------|---------|
| kontrolli | 70 | 53 | 26 | 47 | 4 | - |
| 2/550 | 38 | 48 | 40 | 37 | 23 | 42 |
| 5/550 | 44 | 73 | 31 | 72 | 25 | 72 |

3. Mädituotanto

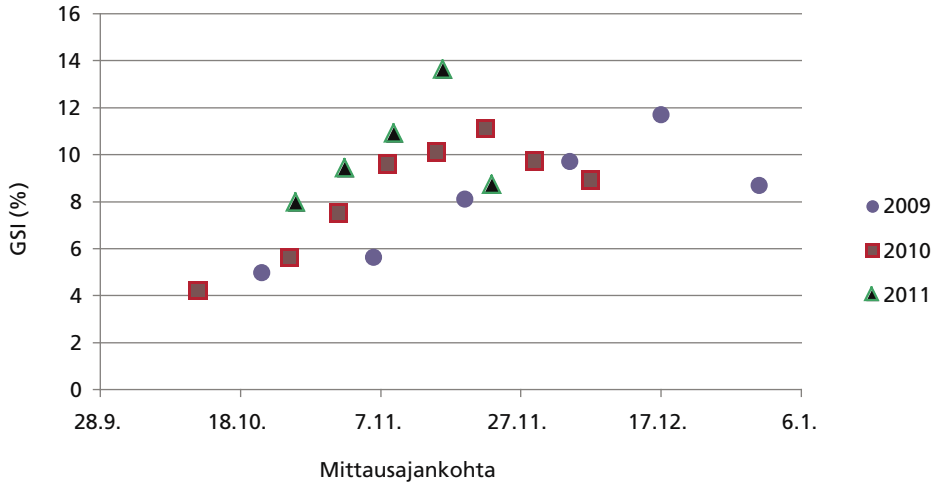
Kesänvanhojen viljeltyjen muikkujen sukukypsymistä seurattiin lokakuusta alkaen mittaamalla määrävälein usean kymmenen kalan ja kalan sukutuotteiden painot (maiti- ja mätipussien paino) ja laskemalla gonadosomaattinen indeksi ($GSI = \text{sukutuotteet g} / \text{kala g} \times 100$). Seurantavuosien välillä oli eroja veden lämpötilakehityksessä ja kasvatustilan valaistuksessa. Käytetyn järviveden lämpötila oli syksyllä 2011 poikkeuksellisen korkea (15.10–30.11, keskiarvo 6,2 °C) verrattuna vuosiin 2009 ja 2010 (keskiarvo 3,4–3,5 °C). Vuonna 2009 altaat valaistiin loppukesästä alkaen ympäri vuorokauden hallin katossa olevien valojen avulla aina 6. marraskuuta asti, kun taas vuosina 2010 ja 2011 kasvatushallin valorytmi noudatti luonnonvalorytmiä. Kahden kesän ikäisten muikkujen mätimittaukset tehtiin syksyllä 2012.

3.1. Kesänvanha muikku

3.1.1. Kontrolliryhmän kalat

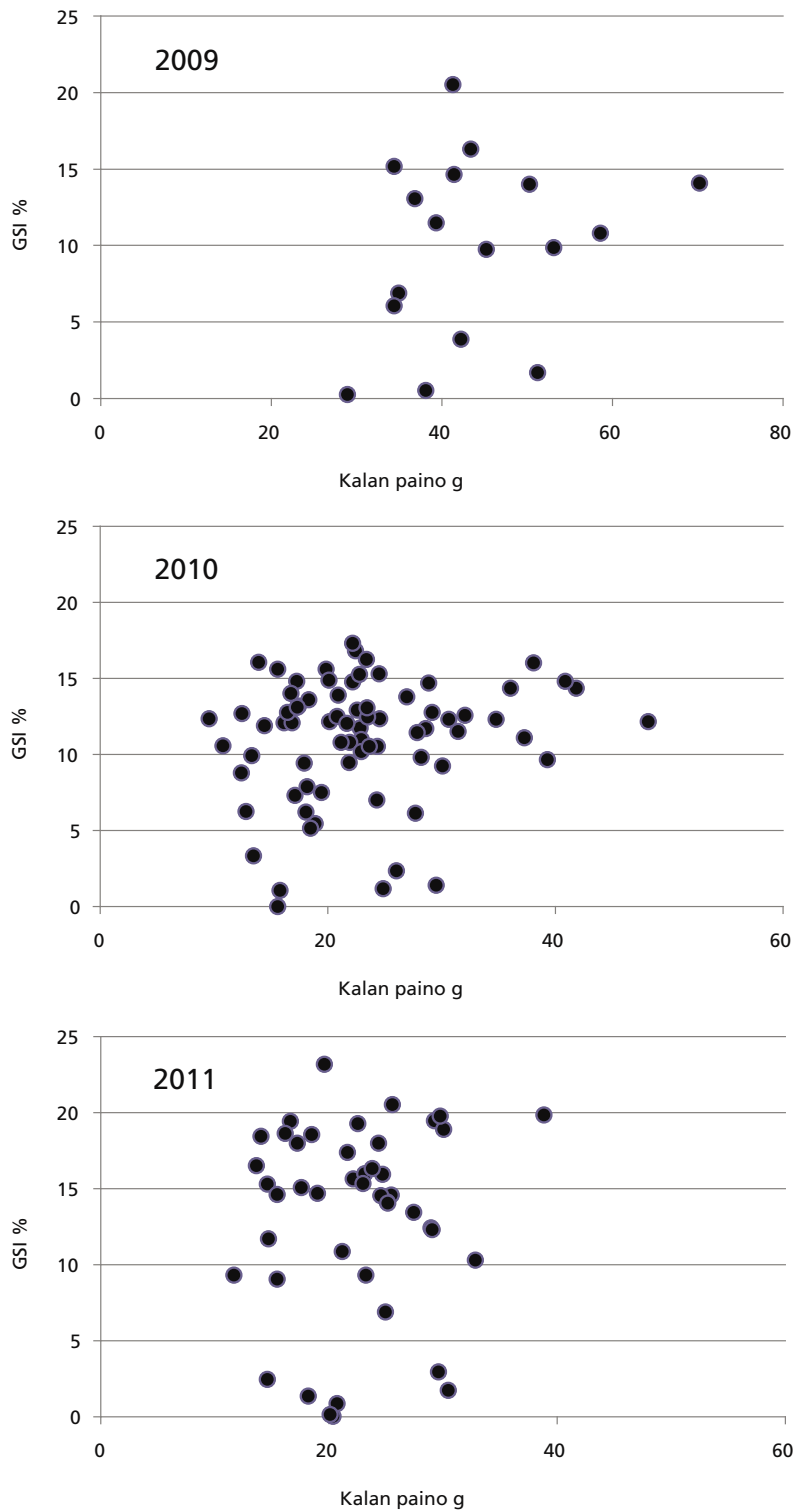
Lähes kaikki kontrolliryhmän koiras- ja naaraskalat olivat sukukypsiä ensimmäisen 8 kuukautta kestäneen kasvukauden jälkeen. Koiraskaloilla parven keskimääräinen GSI kasvoi hieinan seurantajakson (15. lokakuuta – 30. marraskuuta) aikana (2–2,7 %, keskiarvo 2,3 %). Naaraskaloilla parven keskimääräinen GSI kasvoi syksyn edetessä ja saavutti maksimiarvon (11,1–13,6 %) marraskuussa viikolla 46–47 tai joulukuussa viikolla 51 (kuva 2). Yksi naaraskala (20–40 g) tuotti 2,5–5 g mätiä, joten yhden mätikilon tuottamiseen tarvitaan 200–400 naaraskalaa.

Eri vuosina saatuihin tuloksiin on vaikuttanut syksyn aikainen veden lämpötilakehitys ja kasvatuksessa käytetty valojakso. Korkeammasta syksyn lämpötilasta johtuen mätisaanto oli vuonna 2011 suurin (13,6 %) ja saantohiippu ajoittui lyhyemmälle ajanjaksolle kuin vuonna 2009 tai 2010. Vuonna 2009 kasvatustilan ympärivuorokautinen valaistus siirsi mädituotannon maksimin myöhempään ajankohtaan (viikko 51) kuin vuosina 2010 tai 2011. Muikun mädituotannon maksimiajankohtaa voitiin siirtää 4–5 viikkoa eteenpäin muuttamalla syksyn valorytmi lyhenevästä päivästä jatkuvaan valaistukseen.



Kuva 2. Normaalirehulla ruokitun kesänvanhan muikkuparven keskimääräisen GSI:n kehitys loka-joulukuun aikana vuosina 2009–2011. Maksimimätimäärä (11,1–13,6 %) saatiin luonnonvalorytmissä pidetyistä kaloista viikolla 46–47 ja vuonna 2009 jatkuvassa valaistuksessa pidetyistä kaloista viikolla 51.

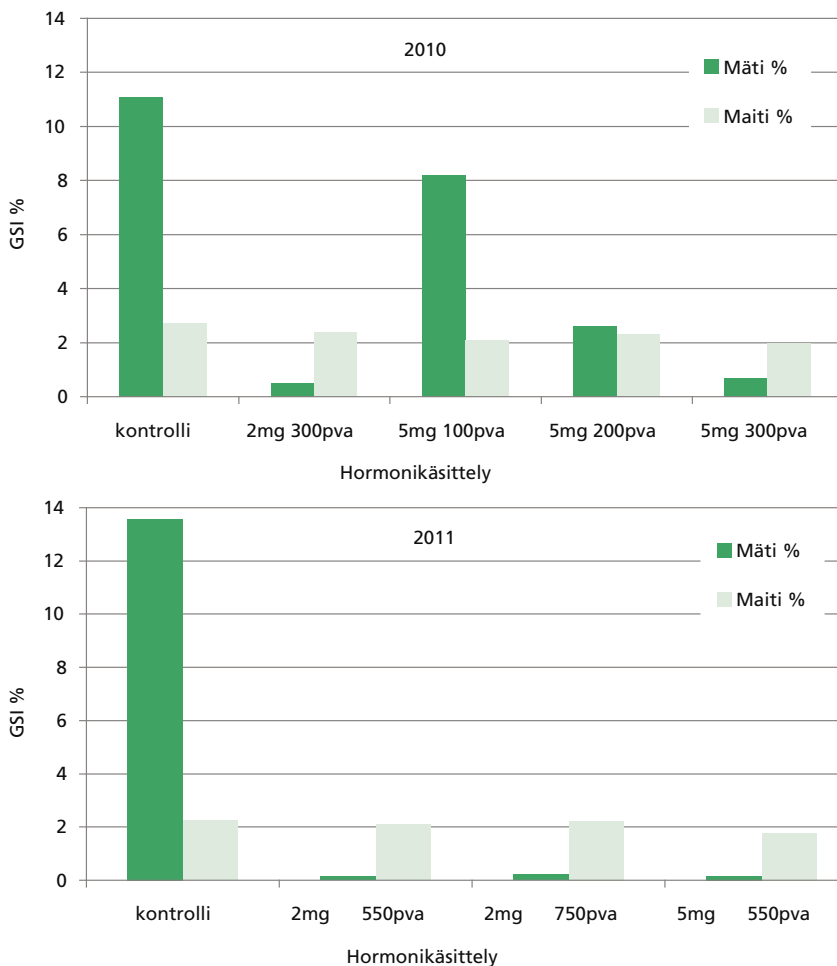
Parven mädintuotannon maksimijankohtana GSI:ssä oli naaraskalojen välillä suurta yksilöjen välistä vaihtelua. Enimmillään kaloista saatiin mätiä yli 20 % kalan painosta, kun taas osa yksilöistä oli lähes ilman mätiä (kuva 3). Tämä vaihtelu ei selittynyt kalayksilöiden painolla vaan johtui yksilöllisistä eroista kutukypsyiden kehittämisessä. Pienet GSI:n arvot (alle 5 %) johtuivat pääasiassa siitä, että nämä kalat olivat jo saavuttaneet kutukypsyiden. Mäti oli vapautunut mätipusseista kalan ruumiinonteloon ja osa mädistä poistunut kalasta. Muu vaihtelu GSI:ssä johtunee osin siitä, että osa kaloista ei ole vielä saavuttanut kutukypsyttä ja mädin koon kasvu on vielä käynnissä. On myös mahdollista, että kaikki kalat eivät tuota yhtä suurta mätimäärää.



Kuva 3. Kesänvanhojen kontrolliryhmän muikkuyksilöiden GSI:n vaihtelu ajankohtana, jolloin parven tuottama mätimäärä oli suurimmillaan (2009; viikko 51, 2010; viikko 47 ja 2011; viikko 46).

3.1.2. Hormonirehua saaneet kalat

Sukutuotteiden määrä mitattiin hormonikäsittelyn saaneista kaloista vuosina 2010 ja 2011 samana ajankohtana, kun kontrolliparven mätisaanto oli suurimmillaan. Osa koeryhmistä menetetttiin kesän aikana kalojen sairastuttua epätyypilliseen paisetautiin. Hormonikäsittelyillä ei ollut vaikutusta koiraskalojen GSI:n arvoon, ja se oli samalla tasolla kuin kontrolliryhmässä (kuva 4). Sitä vastoin parven naaraskalojen keskimääräinen GSI:n arvo oli selvästi pienempi hormonia saaneissa ryhmissä kuin kontrolliryhmässä. Mätimäärään vaikutti ennen kaikkea alkukasvatusvaiheessa käytetty hormoniruokinta-ajan pituus. 90 päiväasteen pituinen ruokinta hormonirehulla pienensi parven keskimääräisen GSI:n kontrolliryhmän 11 prosentista koeryhmän 8 prosenttiin, ja 210 sekä 315 päiväasteen ruokinta pienensi mätisaannon kahteen ja yhteen prosenttiin. Tätä pidempiaikaisemmillä hormoniannoksilla kaikilla naaraskaloiksi tunnistettavilla kaloilla GSI:n arvo oli alle 1 % kalan painosta. Immatuureiksi luokiteltuja kaloja ei huomioitu laskelmissa.



Kuva 4. Poikasvaiheessa annetun hormonikäsittelyn vaikutus GSI:n arvoihin kesänvanhoilla koiras- ja naaraskaloilla vuosina 2010 ja 2011.

3.2. Kahden kesän ikäinen kala

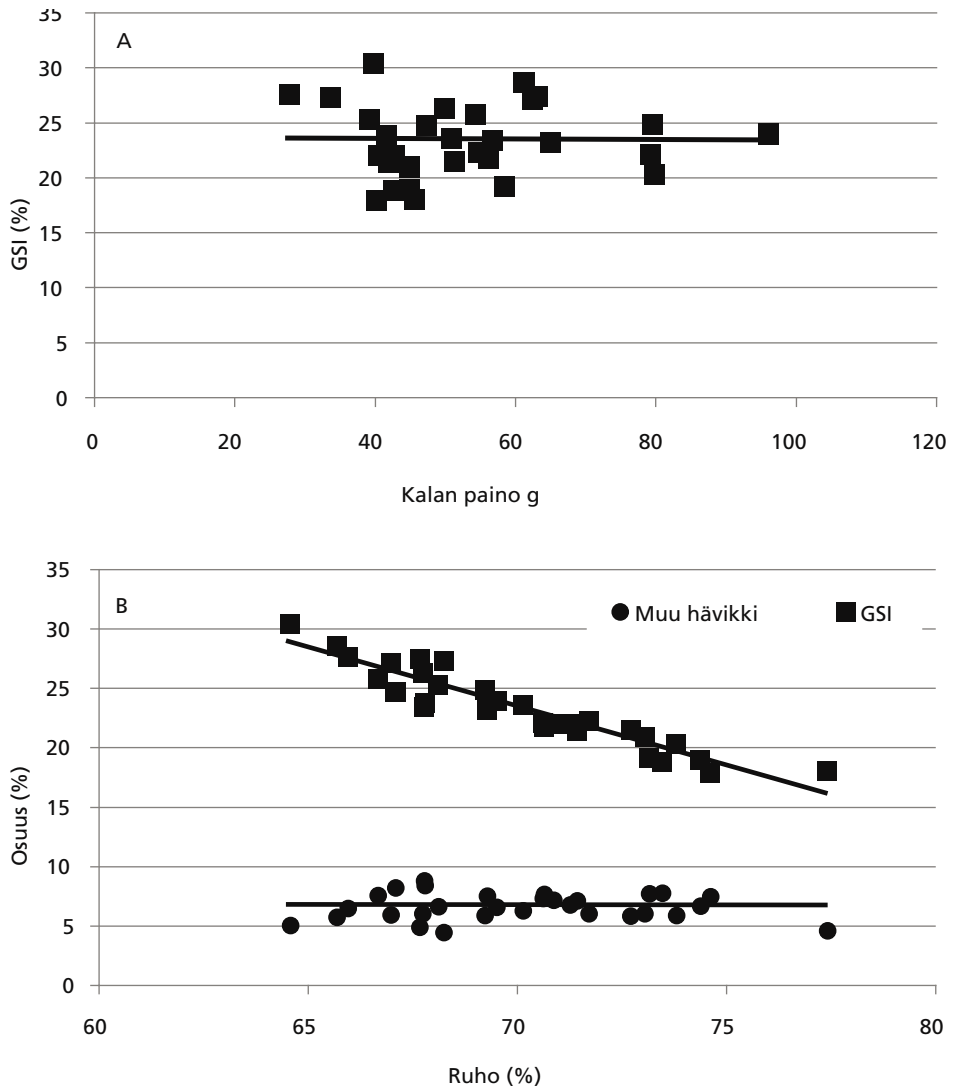
Kahden kesän ikäisellä ja toisen kerran kutevalla kontrolliryhmän naarasmuikulla parven keskimääräinen GSI:n arvo kasvoi lokakuun aikana 20 prosentista aina 26 prosenttiin (taulukko 5), jonka jälkeen kalat olivat kutukypsiä. Mätisaanto oli suuri ja kasvanut noin kaksinkertaiseksi verrattuna parven kaloihin vuotta aikaisemmin (kuva 2, 2011). Samalla kun mätisaanto kasvoi, pieneni ruhon osuus kalan painosta muun hävikin (sisäelimet ja ruumiinontelon rasva) pysyessä lähes samansuuruisena. Tuloksen perusteella muikku ottaa mädin kehityksen loppuvaiheessa tarvittavat ravintoaineet pääasiassa lihaksistosta, ja ruumiinontelon rasvan merkitys on vähäinen.

Taulukko 5. Mädin ja ruhon sekä muun hävikin kehittyminen kahden kesän ikäisellä kontrolliryhmän muikuilla (keskiarvo + keskihajonta). Ruho; peratun ruho paino / kalan paino $\times 100$, muu hävikki; ruumiinontelon sisällön paino ilman gonadeja / kalan paino $\times 100$.

| Aika | Osuus (%) Ruhon | Mäti | Muu hävikki |
|--------|--------------------|----------|-------------|
| 10.10. | - | 19,7+3,5 | - |
| 17.10. | 70,1+3,1 | 23,3+3,3 | 6,6+1,1 |
| 24.10. | 67,5+3,5 | 26,2+3,6 | 6,3+2,2 |

Naaraskalojen GSI:n arvossa oli paljon yksilöiden välistä vaihtelua (kuva 5A). Tämä vaihtelu ei selittynyt kalayksilöiden painolla (lineaarinen regressio; $R^2 < 0,00$, $p = 0,955$) vaan johtui todennäköisesti yksilöllisistä eroista kutukypsyyden kehittymisessä. Tämän ajatuksen mukaan pienemmän GSI-arvon omaavat kalat kutsivat muita yksilöitä myöhemmin, ja näillä kaloilla mädin koon kasvu oli vielä käynnissä. On myös mahdollista, että kaikki kalat eivät tuota yhtä suurta mätimäärää ja havaittu vaihtelu kuvaa yksilöiden välisiä todellisia eroja mädintuotannon suhteellisessa määrässä. Tämän ajatuksen mukaan havaittu vaihtelu GSI-arvoissa johtuisi yksilöiden välisistä eroista mätijyvien määrässä ja/tai koossa.

Yksilötasolla mitattuna oli ruhon %-osuuden ja naaraskalan GSI:n arvon välillä voimakas negatiivinen ja tilastollisesti merkitsevä lineaarinen riippuvuus ($p < 0,001$, $R^2 = 0,89$), kun mätisaannon kasvaessa ruhon osuus kalan painosta pieneni (kuva 5B). Kaikilla mitatuilla kaloilla mäti oli vielä mätipusseissa, eikä kutu ollut vielä käynnistynyt. Sitä vastoin ruhon osuuden ja muun kuin mädistä aiheutuvan hävikin välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta ($p = 0,959$, $R^2 < 0,00$). Kahden kesän ikäisen kasvatetun naarasmuikun GSI-arvot olivat vastaavalla tasolla luonnonmuikulla (Lahti ja Muje 1991, Sarvala ja Helminen 1995) tai mitä Rösch (2000) on havainnut luonnonsiialla ennen kutua.



Kuva 5. A; Naaraskalan painon ja GSI:n välinen suhde. B; Ruhon %-osuuden (peratun ruho paino / kalan paino \times 100) ja GSI:n sekä muun hävikin %-osuuden (ruumiinontelon sisällön paino ilman mätää / kalan paino \times 100) välinen suhde naarasmuikulla. Mittaus on tehty 17.10.2012. Pisteet kuvaavat yksittäisen kalan arvoa ja viiva yksilöhavainnoista laskettua lineaarista suhdetta.

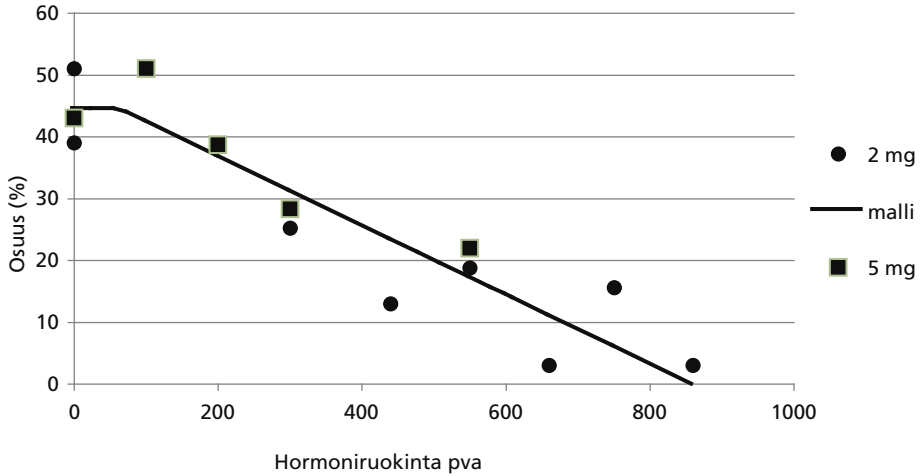
4. Täysnaarasparven tuotanto

Vastakuoriutuneen lohikalan sukupuolielimet ovat vielä kehittymättömät, ja niiden kehitys koiraspuolisiksi tai naaraspuolisiksi elimiksi alkaa lajista ja sukupuolesta riippuen päivien, viikkojen tai kuukausien kuluttua alkion kuoriutumisesta. Normaalisti sukuelinten kehitys määrytyy kalan geneettisen sukupuolen mukaisesti, mutta sukuelinten kehityksen herkkyysvaiheessa annetulla sopivan suuruisella hormoniannoksella voidaan vaikuttaa siihen, kehittykö kalasta maitia tai mätiä tuottava yksilö (Piferrer 2001, Devlin ja Nagahama 2002). Lohikalojen viljelyssä käytetään yleisesti täysnaarasparven tuotantomenetelmää, jossa androgeenisen hormonin annostuksen avulla käännetään perimältään naaraspuoliset kalat sukuelimiltään maitia tuottaviksi kaloiksi. Kun käännetyn naaraskalan maidilla hedelmöitetään normaalin naaraskalan mäti, saadaan kaikista jälkeläisistä naaraskaloja.

Menetelmä vaatimukset tunnetaan hyvin esimerkiksi kirjolohen kasvatuksessa, mutta siiansukuisille lajeille sopiva hormoniannostusmäärä ja annostusajankohta eivät ole tiedossa. Tämän vuoksi kokeissa vaihdeltiin hormoniruokinnan kestoa (90–840 päiväastetta) sekä annostuksen määrää (2 tai 5 mg metyylyltestosteronia / kg rehua). Ruokinta hormonirehulla aloitettiin vasta, kun kaloja oli ensin ruokittu 200 päiväasteen ajan kuoriutumisen jälkeen normaalirehulla.

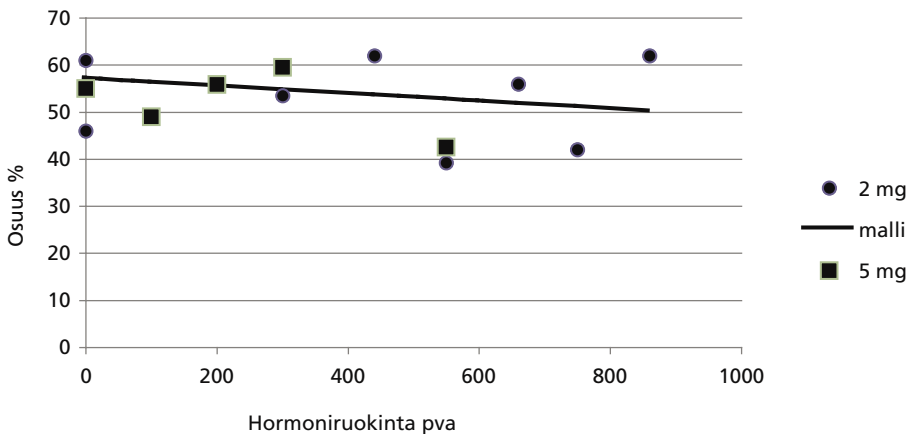
Kalojen sukupuoli määritettiin syksyllä ensimmäisen kasvukauden jälkeen ja kalat luokiteltiin koiraksi, naaraksi tai immatuureiksi. Viimeksi mainittuun ryhmään kuuluivat kalat, joiden sukupuolta ei voitu silmämääräisen tarkastelun perusteella tunnistaa. Periaatteessa sopivaan aikaan annetun ja sopivan suuruisen hormoniannoksen tulisi vähentää kalaparvessa naaraskalojen osuutta ja lisätä vastaavasti koiraskalojen määrää, kun osa perimältään naaraspuolisista kaloista on kääntynyt toiminnallisiksi koiraskaloiksi.

Kontrolliryhmän kaloista oli eri vuosina naaraskaloja 40–50 % ja naaraiden osuus parven kaloista laski sitä pienemmäksi, mitä pidempiaikaisen hormoniannoksen kalat olivat saaneet kasvatuksen alkuvaiheessa (taulukko 3, kuva 6). Hormoniannostuksen suuruudella (2 tai 5 mg / kg rehua) ei ollut vaikutusta naaraskalojen osuuteen parvessa. Broken line (Systat 2009) -analyysin perusteella hormoniruokinta alkoi vaikuttaa merkitsevästi naaraskalojen osuuteen vasta sen jälkeen, kun kaloja oli ruokittu hormonirehulla yli 65 päiväasteen ajan ($R^2 = 0,85$). Hormoniruokinnan jatkaminen aina 840 pva:n ajan ehkäisi lähes täysin kalojen kehittymisen sukuelimiltään tunnistettaviksi naaraskaloiksi. Vastaavasti kalojen ikä kuoriutumisesta oli 265 ja 1 040 päiväastetta.



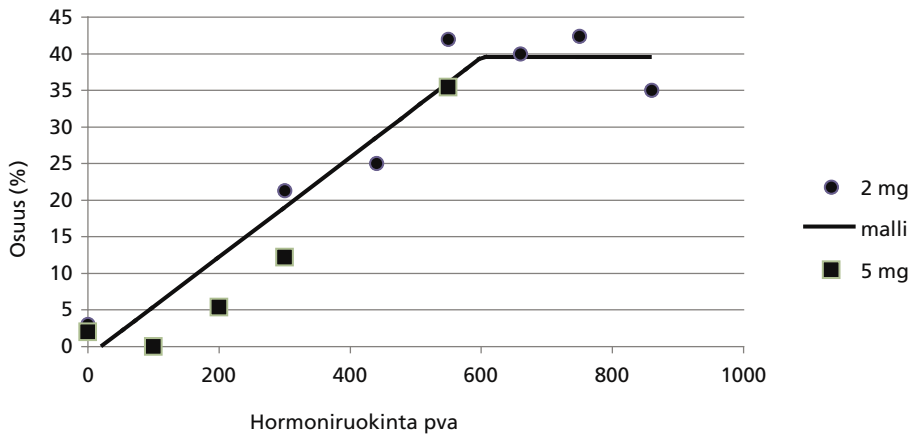
Kuva 6. Kasvatuksen alkukasvatusvaiheessa annetun hormoniruokinnan keston ja annosmäärän vaikutus sukuelimiltään naaraiksi määritettyjen kalojen osuuteen parvessa. Yksittäinen piste kuvaa yhden kalaparven tulosta ensimmäisen kasvukauden jälkeen ja viiva pisteiden avulla laskettua suhdetta (broken line -analyysi) ruokinnan keston ja naaraskalojen osuuden välillä.

Kontrolliryhmän kaloista oli eri vuosina sukuelimiltään koiraksi tunnistettavia kaloja 46–60 % (taulukko 3, kuva 7). Kasvatuksen alkuvaiheessa annetulla hormoniruokinnan pituudella tai annoksen suuruudella oli lievästi laskeva, mutta ei tilastollisesti merkitsevä lineaarinen vaikutus siihen, kuinka suuri osuus parven kaloista oli koiraspuolisia yksilöitä ($p = 0,673$). Tutkituilla kaloilla oli maititiehyyet, mikä viittaa siihen, että kalat olivat aitoja koiraskaloja. Maititiehyyden puuttumista pidetään lohikaloilla koiraksi kääntyneen naaraskalan tuntomerkinä (Piferrer 2001, Devlin ja Nagahama 2002). Tulos tarkoittaa sitä, että mikään käytetyistä hormoniannoksista ei kääntänyt naaraskaloja toiminnallisiksi koiraskaloiksi.



Kuva 7. Kasvatuksen alkukasvatusvaiheessa annetun hormoniruokinnan keston ja annosmäärän vaikutus sukupuolielimiltään koiraksi määritettyjen kalojen osuuteen parvessa. Yksittäinen piste kuvaa yhden kalaparven tulosta ja viiva pisteiden avulla laskettua lineaarista suhdetta ruokinnan keston ja koiraskalojen osuuden välillä.

Alkukasvatusvaiheessa annetun hormoniruokinnan kesto vaikutti immatuurien kalojen määrään parvessa (kuva 8). Kontrolliryhmässä ja 90 päiväasteen hormoniruokintaryhmässä immatuuereja kaloja oli hyvin vähän ensimmäisen kasvukauden jälkeen. Näiden kalojen osuus alkoi kasvaa, kun hormoniruokinnan kesto oli yli 90 pva ja määrä saavutti broken line -analyysin perusteella maksimiarvon 605 päiväasteen ruokinnan (805 päiväastetta starttiruokinnan aloituksesta) jälkeen ($R^2 = 0,93$). Tätä pidempi hormoniruokinta ei lisännyt immatuurien kalojen määrää. Immatuurit kalat olivat todennäköisesti geneettiseltä taustaltaan naaraskaloja, koska hormoniruokinta ei vaikuttanut koiraspuolisten yksilöiden määrään parvessa.



Kuva 8. Kasvatuksen alkukasvatusvaiheessa annetun hormoniruokinnan keston ja annosmäärän vaikutus sukuelimiltään immatuuereiksi määritettyjen kalojen osuuteen parvessa. Yksittäinen piste kuvaa yhden kalaparven tulosta ja viiva pisteiden avulla laskettua suhdetta (broken line -analyysi) ruokinnan keston ja immatuurien kalojen osuuden välillä.

Tulosten perusteella naarasmuikkujen sukuelinten erilaistumiseen voitiin vaikuttaa silloin, kun kalojen ikä oli yli 260 pva mutta alle 805 pva (200 pva alkuruokinta + hormoniruokinta). Kasvatuksen alkuvaiheessa annetut hormonikäsittelyt vaikuttivat sukupuoleltaan tunnistamattomien, immatuurien kalojen osuuteen, joka kasvoi samalla, kun sukukypsien naaraskalojen osuus pieneni. Käytetty hormoniannos oli riittävän suuri ehkäisemään perimältään naaraspuolisten kalojen sukukypsymistä ensimmäisen kasvukauden jälkeen mutta liian pieni, jotta kalat olisivat kääntyneet toiminnallisiksi koiraskaloiksi. Tutkimuksessa tuli esille muutama kala, joilla oli sekä maiti- että mätipussit (kuva 9). Kalat olivat peräisin 5 mg / 550 pva -ruokintaryhmästä. Sukupuoleltaan välimuotoa (intersex) olevia kaloja muodostuu, jos hormoniannos on liian pieni johtaakseen naaraskalojen kääntymiseen täydellisesti toiminnallisiksi koiraskaloiksi (Piferrer 2001).



Kuva 9. Osittain kääntyneen ja sukupuoleltaan välimuotoa olevan naarasmuikun tuottamat maiti- ja mätipussit. *Kuva: Maija Pellinen*

Yleisesti hormonihoidon tehokkuuteen tuottaa sukupuolielimiltään koiraskaloiksi kääntyneitä naaraskaloja vaikuttaa annoksen oikea ajankohta, kesto sekä rehun hormonipitoisuus. Nämä tekijät ovat osin toisiaan kompensoivia, eli suurella rehun hormonipitoisuudella ja lyhyemmällä ruokinta-ajalla päästään samaan tulokseen kuin pidemmällä annostusajalla ja pienemmällä pitoisuudella (Hunter ja Donaldson 1983). Tässä kokeessa saatiin selvitettyä hormonihoidolle sopiva ajankohta ja osoitettua hormonihoidon keston vaikutus sukuelimiltään naaraspuolisten kalojen osuuteen parvessa. Hormonihoidon pituutta lisäämällä saatiin käännettyä kaikki naaraskalat immatuureiksi kaloiksi, mutta ei koiraspuolisiksi yksilöiksi. Tämä on johtunut siitä, että rehun hormonipitoisuus ei ole ollut tarkoitukseen riittävän suuri.

Eri lajien välillä on suuria eroja siinä, mikä rehun metyyli-testosteronipitoisuus on riittävä. Kirjolohella toimiva pitoisuus on 1–3 mg kg⁻¹, kun taas kirjoahvenilla ja särkikaloilla annoskoon tulee olla kertaluokkaa suurempi (Hunter ja Donaldson 1983). Todennäköisesti mui-kulle toimiva annoskoko sijoittuu näiden lajiryhmien välille.

Viitteet

- Devlin, R.H. & Nagahama, Y. 2002. Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. *Aquaculture* 208: 191–364.
- FAO 2012. *The state of world fisheries and aquaculture*. Rome, 209 s.
- Hunter, G.A. & Donaldson, E.M. 1983. Hormonal sex control and its application to fish culture. In: Hoar, W.S., Randall, D.J., Donaldson, E.M. (eds.), *Fish Physiology*, vol. IX, Reproduction, Part B, Behavior and fertility control, Academic Press, New York, s. 223–303.
- Koli, L. 1990. *Suomen kalat*. Werner Söderström Oy, Porvoo, 357 s.
- Koskela, J. & Eskelinen, U. 1992. Growth of larval European whitefish (*Coregonus lavaretus* L. s.l.) at different temperatures. In T. N. Todd and M. Luczynski (Eds.) *Biology and Management of Coregonid Fishes*. *Polish Archives Hydrobiology* 39: 677–682.
- Koskela, J., Määttä, V., Vielma, J., Rahkonen, R., Forsman, L., Setälä, J. & Honkanen, A. 2002. Siian kasvatusta ruokakalaksi. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki, 46 s.
- Lahti, E. & Muje, P. 1991. Egg quality and female condition in vendace (*Coregonus albula* L.) before and during spawning. *Hydrobiologia* 209(3): 175–182.
- Luczynski, M., Majkowski, P., Bardega, R. & Dabrowski, K. 1986. Rearing of larvae of four Coregonid species using dry and live food. *Aquaculture* 56: 179–185.
- Mamcarz, A., Chybowski, L., Poczyczynski, P., Dostatni, D., Kozłowski, J. & Kuzminski, H. 1995. Effects of methyltestosterone in a dry diet on the growth of *Coregonus albula* L. larvae in tanks and cages. *Archives Hydrobiology. Special Issues Advanced Limnology* 46: 339–347.
- Piferrer, F. 2001. Endocrine sex control strategies for the feminization of teleost fish. *Aquaculture* 197: 229–281.
- Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2012. Ammattikalastus sisävesillä 2010. *Riista- ja kalatalous – Tilastoja 4/2012*. Suomen virallinen tilasto – Maa-, metsä ja kalatalous. 29 s.
- Rösch, R. 2000. Gonadosomatic index (GSI) of female whitefish (*Coregonus lavaretus*) in Lake Constance. *Limnologica* 30: 193–196.
- Sarvala, J. & Helminen, H. 1995. Significance of egg size variation in the year-class fluctuations of vendace (*Coregonus albula*). *Archives Hydrobiology. Special Issues Advanced Limnology* 46: 187–194.
- Systat 2009. SYSTAT 13 Statistics. SYSTAT Software Inc. Chicago, IL.



Itella Green

JULKAISIJA

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Viikinkaari 4

PL 2

00791 Helsinki

Puh. 0295 301 000

www.rktl.fi