Selv lave aluminiumskonsentrasjoner påvirker fysiologisk status, vekst, vandring og marin overlevelse hos to stammer av Atlantisk laks

Av F. Kroglund[1]. og B. Finstad[2]

[1] NIVA-Sørlandsavdelingen
[2] NINA-NIKU

To stammer av Atlantisk laks ble i tre måneder eksponert for moderat forsuret vann (pH 5.8; 6±2µg uorganisk monomert aluminium L^{-1} (UmAl)) eller upåvirket vann (pH >6.4; <5 µg UmAl L^{-1}). Eksponering for lave aluminiumskonsentrasjoner økte konsentrasjonen av aluminium på gjellene med 10 - 20 µg Al g^{-1} gjelle tørrvekt sammenliknet med kontrollgruppene som hadde < 10µg Al g^{-1} gjelle tørrvekt. Fisken responderte på aluminiumsbelastningen med en svak økning i plasmaglukose, mens plasmaklorid og hematokrittverdiene forble innenfor normalområdet for smolt. Fisk eksponert til moderat forsuret vann hadde redusert vekst. Etter tre måneder eksponering ble fisken transportert til og satt ut i den upåvirkede elven Imsa. Den forsuringsbelastede smolten vandret ut av vassdraget litt senere enn kontrollfisken. Basert på innleverte Carlinmerker fra voksen laks var gjenfangsten av forsuringseksponert fisk 20-30% lavere enn gjenfangsten var fra kontrollgruppene. Det var ingen forskjell i marin vekst mellom behandlingene. Resultatet antyder at selv meget lave konsentrasjoner av uorganisk monomert (labilt) aluminium kan redusere laksesmoltens marine overlevelse. De fysiologiske undersøkelsene antyder at laks ikke ble aklimert til moderat forsuret vann.

Summary

Effects of water quality on physiological response, growth, migration and marine survival in two strains of Atlantic salmon

Two strains of Atlantic salmon were exposed to slightly acidic water (pH 5.8; 6±2 µg inorganic monomeric Al) for three months. The exposure increased gill-Al by 10 – 20 µg Al g^{-1} dry weight compared to the controls having <10 µg Alg^{-1}. The fish responded to acid water by elevated plasma-glucose, while plasma-Cl^- remained

within levels normal for smolt. Exposure to acid water reduced growth. After completion of exposure, smolts were released into the non-acid river Imsa to measure effects on recovery, downstream migration and marine survival. There was no major difference in the timing of down stream migration. The number of returned Carlin-tags from adult salamon were 20-30% lower for the acid exposed groups than for the controls. There was no difference in marine growth between the groups. The results indicate that Atlantic salmon do not acclimate to acidic water as both glucose, growth, hypoosmotic capacity and marine survival were affected.

Innledning

Vi ønsket å undersøke om Atlantisk laks gjennom langvarig eksponering (3 mnd.) ville aklimeres til moderat lav pH og lave konsentrasjoner av aluminium. For å undersøke mulige stammeforskjeller i toleranse ble forsøket utført med to ulike laksestammer hvor foreldrene stammet fra et vassdrag upåvirket av forsuring (Imsa) eller fra et vassdrag som er moderat og episodisk påvirket av forsuring (Suldal). Fiskeresponser ble vurdert på bakgrunn av fysiologisk status, vekst, utvandringsatferd samt marin overlevelse og vekst. Stammene, produksjonsregimer, samt prøvetakingsrutiner (biologisk og vannkjemisk prøvetakingsprogram) er beskrevet i detalj i Kroglund og Finstad (2001). All prøvetaking foregikk etter tradisjonelle metoder. De fire forsøksgruppene (1250 presmolt i hver) ble etablert 9. februar 1999. Samtlige fisk ble individmerket 9. mars. Fisk av Imsastamme var da 16.1±1.6 cm lang og hadde en vekt på 38.8±12.2 g. Suldalsstammen hadde en lengde på 17.0±1.5 cm og veide 48.2±12.8 g. Det var ingen signifikant størrelsesforskjell innen stammene. Fram til 17. februar mottok forsøkskarene enten vann (20 (L min^{-1}) fra Imsa (God; pH 6.5-6.9) eller fra Fossbekken (Fossbekken; pH 5.3-5.8). Som følge av tiltagende dødelighet måtte giftigheten til vannet fra Fossbekken reduseres. Dette ble oppnådd ved å blande vann fra Imsa inn i vannstrømmen fra Fossbekken i forhold 0.3 til 0.7. Tilsetningen av vann fra God hevet pH fra 5.3-5.4 til 5.8±0.2 og reduserte konsentrasjonen av total aluminium (TrAl) med 30%. Blandingen benevnes heretter som Sur. Konsentrasjonen av uorganisk monomert Al (UmAl) ble i denne målt til 6±2 µg Al L^{-1} basert på vannprøver (n=7) innsamlet mellom 17. februar og 4. mai. Dersom UmAl konsentrasjonen kun var bestemt av fortynning skulle denne ha variert omkring 28 µg Al L^{-1} fra 17. februar til midten av april, deretter omkring 16 µg Al L^{-1}. På grunn av pH-øknin-gen vil en vesentlig andel av UmAl tilstede i Fossbekken bli transformert til ugiftige tilstandsformer (Lydersen et al., 1994; Poleo et al. 1994). Basert på ulike forsøk vil UmAl konsentrasjonen reduseres med ca 40 % i løpet av 5-10 minutter når pH heves fra ca 5.3 til ca. 5.8 (Kroglund et al., 2001ab). Oppholdstiden i eksponeringskarene overskred 3 timer. Konsentrasjonen av UmAl fisken

opplevde var derfor sannsynligvis nærmere den analyserte konsentrasjonen enn konsentrasjonen i råvannet. Den målte konsentrasjonen på 6 µg Al L-1 er samtidig lav, og på et nivå som vil være usikker da denne er nær deteksjonsgrensen for metoden.

Ved forsøksavslutning 4. mai ble henholdsvis 942 og 943 fisk fra Imsa God og Sur, og henholdsvis 1118 og 1115 fisk fra Suldal God og Sur transportert til Imsa og satt ut nedenfor fangstfella. Disse fiskene ble satt ut for å undersøke hvorvidt behandlingene påvirket marin overlevelse og vekst. I tillegg ble 150 fisk fra hver av Imsa gruppene satt ut i Imsa 800 m oppstrøms fangstfella for å undersøke om belastningene påvirket utvandringsatferd. De første 5 nettene ble det tatt blodprøver av nedvandrende fisk for å fastsette fysiologisk tilstand under nedvandring. Samtidig ble fisk overført til saltvannstester. Vannkvaliteten i Imsa tilsvarer vannkvaliteten "God". Fisk eksponert i Sur vil således kunne restitueres etter utsetting i Imsa.

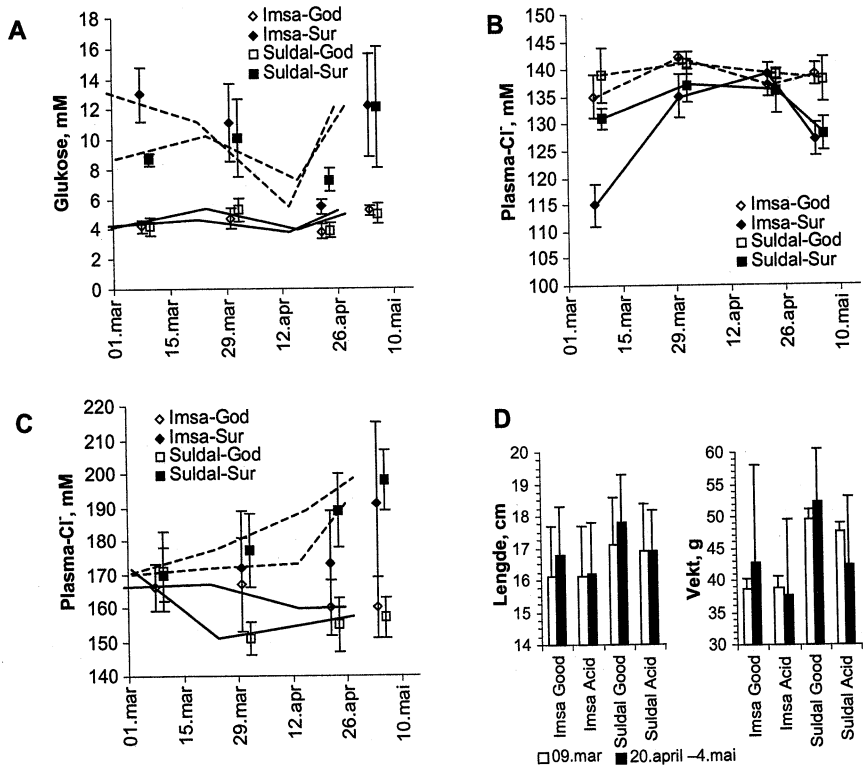
Resultat og diskusjon

Fisk eksponert i Sur hadde signifikant høyere gjelle-Al konsentrasjon enn fisk eksponert i God. Høyest konsentrasjon (200-300 µg g^{-1} tv (gram pr. tørrvekt)) ble målt etter 6 dager eksponering, eller når fisken ble eksponert kun i råvann fra Fossbekken. Etter etablering av vannkvaliteten Sur avtok gjelle-Al konsentrasjonen og var fra tidlig mars kun 10 til 20 µg g^{-1} tv høyere enn konsentrasjonen målt i God (<10 µg g^{-1} tv). Basert på sammenhenger mellom UmAl og gjelle-Al påvist i forsøk (Kroglund et al., 2001ab) samsvarer gjelle-Al konsentrasjonen i Sur med den målte konsentrasjonen av UmAl. Økningen i gjelle-Al representerer en respons i forhold til UmAl i Sur. I løpet av eksponeringsperioden hadde fisk eksponert i Sur signifikant lavere plasma-Cl^- enn fisk eksponert i God og signifikant høyere glukoseverdier. Data er vist i figur 1a-d. Fisk eksponert i Sur ble ikke saltvannstolerant i løpet av eksponeringsperioden i motsetning til fisken eksponert i God. Selv om plasma-Cl^- konsentrasjonene målt i Sur ikke indikerte noen betydelig biologisk respons, indikerte både måling av plasma-Cl^-, glukose og saltvannstestene at fisk eksponert i Sur responderte ulikt i forhold til fisk eksponert i God. Disse forskjellene antyder at forsøksfisken ikke ble akklimert; tvert imot de ble økende intolerant overfor saltvann fra mars til mai. Det var også signifikante forskjeller i vekst mellom eksponeringsgruppene. Fisk eksponert i Sur hadde liten til ingen lengdeøkning, og fisken tapte vekt i forhold til størrelsen fisken hadde 9. mars (Fig 1d).

Tilnærmet samtlige fisk (>95%) satt ut oppstrøms fangstfella i Imsa ble gjenfanget i fella innen 14 dager etter utsetting. Imsa-God vandret før Imsa-Sur, men forskjellen i utvandringstidspunkt var mindre enn 3 dager. Forskjellene i utvandringstidspunkt vurderes som av liten betydning ettersom all utvandring skjedde innenfor

den tidsperioden utvandring normalt skjer ved på Ims (Hvidsten et al., 1998). Større betydning kan det ha at fisken vandret på tross av at den ikke var saltvannstolerant, selv om det i ferskvannsmålingene ble registrert en begynnende restituering.

Etter ett år i sjøvann hadde 10.7 % av Imsa-God blitt gjenfanget mot 7.7 % av Imsa Sur. Denne forskjellen var signifikant og antydet en redusert marin overlevelse på 28 prosent. For Suldalstammen var forskjellene ikke signifikante som følge av at det totalt ble innrapportert færre gjenfangster. Dersom forskjellen mellom Suldal-God og Suldal-Sur skulle ha vært signifikant, måtte forskjellen i gjenfangster ha vært på minst 67%. Det var ingen signifikant forskjell mellom vekst i sjøvann innen stammene.



Figur 1a-d. Gjennomsnittsverdier ±1SD for A) glukose (mM) og B) plasma-Cl⁻ (mM) målt i løpet av eksponeringsperioden i ferskvann og C) plasma-Cl⁻ målt etter 24 timer saltvannstest. Prøvetakingsdatoen er økt med 2 dager for Suldalsstammen for å lette identifisering av verdiene. D) lengde (cm) og vekt (g) målt 9.mars (hvite søyler) i forhold til verdier målt i perioden 20.april til 4.mai.

Diskusjon

Hos en rekke fiskearter er det påvist at langvarig eksponering for suboptimale vannkvaliteter igangsetter kompensatoriske prosesser som øker toleransen bl.a. for forsuret vann (se Muller et al., 1991 for utfyllende diskusjon). Selv om plasma-Cl^- konsentrasjonene i Sur ikke indikerte effekt, var både glukose og saltvannstoleranse klart avvikende fra kontrollfisken. Videre hadde fisk eksponert i Sur hadde betydelig lavere gjenfangst enn fisk fra God. Dette tyder på redusert marin overlevelse. Resultatet antyder ikke at fisk eksponert i Sur ble akklimert, fisken synes heller å bli økende følsom etter hvert som smoltifiseringsprosessen skred fremover. Smolt fra vassdrag moderat påvirket av forsuring var heller ikke mer tolerant enn forsuringsnaiv smolt, i samsvar med konklusjonene i Rosseland et al. (2001).

Det var forventet at forsuringsbelastet smolt satt ut i Imsa ville ha en forsinket nedvandring og at nedvandring ville tilta med økende saltvannstoleranse. Fem døgn i god vannkvalitet var for kort tid til at hypoosmotiske egenskaper ble etablert. Dette er i samsvar med tidligere forsøk (Kroglund og Staurens, 1999; Kroglund m.fl., 2001b). Vi antar at smolt-adult overlevelse i hovedsak ble redusert umiddelbart etter utvandring til sjøvann ettersom vekst i sjøvann ikke ble påvirket. Svekket saltreguleringsevne påvirker unnvikelsesatferd slik at smolten blir lettere utsatt for predasjon (Handeland m.fl., 1996).

Basert på dette forsøket synes ikke Atlantisk laks å kunne tilpasse seg og gjennomføre normal smoltifisering i moderat forsuret vann. Under forsøksbetingelsene smolten opplevde i dette forsøket påvirket vann med pH 5.8 og 6 µg UmAl L^{-1} marin overlevelse. Denne lave Al-konsentrasjonen gjør at man ikke kan fastsette noen entydig nedre grense for aluminium. Andre metoder må inkluderes ved evaluering av vannkvalitet. Basert på erfaringer anbefaler vi at vannkvalitetsevalueringer for lakseførende vassdrag inkluderer gjelle-Al, ANC, TOC, pH, Ca samt vannkjemi og fiskestatus i sidebekker.

Referanser

Handeland, et al., 1996. *Can .J. Fish. Aquat.Sci.* 53:2673-2680.

Hvidsten, et al., 1998. Nordic J. Freshw. Res. 74, 79-86.

Kroglund og Staurnes, 1999. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56, 2078-2086.

Kroglund, F., Teien, H.C., Rosseland, B.O., Salbu, B., 2001a. Water, Air, and Soil Pollution 130: 905-910.

Kroglund, F., Teien, H.C., Rosseland, B.O., Salbu, B., Lucassen. E.C.H.E.T., 2001. Water, Air, and Soil Pollut 130: 911-916.

Kroglund og Finstad. 2001. NIVA-rapport 4381-2001; 45 s.

Lydersen, et al., 1994. J. Ecol. Chem. 3, 357-365.

Mueller, et al., 1991. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48, 2016-2027.

Poléo, et al., 1994. Water. Air. and Soil Pollut. 75: 339 - 351.

Rosseland og Staurnes. 1994. In: Steinberg, C.E.W and Wright, R.F. (eds). Acidification of Freshwater Ecosystems: Implications for the Future. John Wiley & Sons Ltd. 228-246.

Rosseland, B.O., Kroglund, F., Staurnes, M., Hindar,K., Kvellestad, A., 2001. Water, Air, and Soil Pollution 130: 899-904.