

Рекомендации для разработки биотехнологии выращивания арктического гольца

Журавлева Н. Г. (*г. Мурманск, ФГБУН "Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН"*)

Аннотация. Арктический голец славится своей способностью к высоким темпам роста при низкой температуре и поэтому особенно подходит для аквакультуры в высоких широтах и высотах. Кроме того, из-за успеха программ разведения, гольцы, используемые в фермерских хозяйствах, в настоящее время растут быстрее и созревают при большем размере и возрасте, чем оригинальный дикий голец. Следовательно, несмотря на незначительные объемы выращивания аквакультура арктического гольца по прогнозам, будет расти во всех трех скандинавских странах (Исландии, Норвегии, Швеции).

Ключевые слова: аквакультура, арктический голец, солоноватая вода, океаническая соленость, темпы роста.

Введение

Взрослые гольцы хорошо растут, когда они содержатся при температуре 7–8 °С, но маточное стадо не должно подвергаться воздействию такой высокой температуры, чтобы избежать негативных последствий для развития яиц и нереста. Производители должны содержаться при низкой температуре, а именно 4 °С.

Гольцов часто выращивают до веса 250–300 г, а затем продают как "порционную" рыбу, но более крупные рыбы весом 1-2 кг также производятся для продажи.

Когда рыбу разводят в мелководных резервуарах с глубиной воды 30–40 см и при низких плотностях посадки 5–20 кг/м³, то темпы роста гольца бывают часто низкими, а различие в их размерах становится большим. Быстрого и однородного роста особей, как правило, достигают, когда рыбу содержат в глубоких резервуарах при высоких плотностях посадки 50–120 кг/м³ при условии, что качество воды может контролироваться и поддерживаться (Jobling et al., 1993; Jobling, 1995).

Основная часть. Рекомендации для биотехнологии выращивания арктического гольца.

Кислород

Количество O₂ в воде является одним из важнейших параметров для обеспечения оптимальных условий для роста рыб (Timmons et al., 2002, Pillay

and Kutty, 2005). При выращивании гольца количество O_2 в воде на входе и в бассейне должна составлять более 8,9 мг/л и более 7,45 мг/л на оттоке, как в замкнутых так и полужамкнутых системах. Эти значения кислорода выше, чем 7,0 мг/л, предложенные для аквакультуры других лососевых (Pillay and Kutty 2005).

Следует всегда поддерживать насыщение воды кислородом выше 80 % в бассейнах для выращивания арктического гольца. Рекомендуется аэрация воды, но следует не только насыщать воду кислородом, но и предотвращать перенасыщение её азотом в емкостях выращивания. Перенасыщение воды азотом вызывает болезнь плавательного пузыря у рыб, приводит к пучеглазую, повреждению жабр и вызывает высокую смертность рыб.

CO₂

Во время дыхания рыбы выделяют углекислый газ (CO_2). Увеличение концентрации CO_2 ведет к более высокой концентрации протонов водорода (H^+) в воде, и тем самым значение pH воды уменьшается. Это негативно влияет на рыб и этого следует избегать. Рекомендуемые уровни CO_2 для выращивания гольца ниже 10 мг/л при щелочности ниже, чем 100 мг/л и менее чем 15 мг/л при более высокой щелочности. Если концентрация CO_2 будет высокая воду можно дегазировать путем аэрации. Существует несколько технических решений для этого, увеличение водо-воздушной поверхности для того чтобы вытеснить газ CO_2 в воздух. (Johnston, 2002).

Концентрацию CO_2 сравнивали в установках замкнутых (RAS) и частично замкнутых (LRS). Концентрация CO_2 была немного выше в LRS (2,64–3,97 мг CO_2 /л), чем в RAS (1,87–4,32 мг CO_2 /л). Это различие может быть следствием более низкой скорости метаболизма рыбы в RAS. Количество CO_2 , произведенного на каждый мг потребленного кислорода, составляло около 1:1, как было предложено другими исследованиями на арктическом гольце (Aquafarmer 2004, Forsberg 1997). Концентрации CO_2 в обеих системах были ниже, чем 10–20 мг/л, что является рекомендуемым пределом для CO_2 в аквакультуре лососевых (Fivelstad et al., 1998, Summerfelt et al., 2000, Summerfelt et al., 2004).

Уровни аммония

Безопасные уровни аммиака, нитрита и нитрата для аквакультуры арктического гольца до сих пор неизвестны. Однако, исходя из опыта и рекомендаций по выращиванию атлантического лосося, уровень аммиака в пресной воде не должен превышать 0,015 мг/л, а уровни содержания аммиака-N должны

оставаться ниже 1,0 мг/л. Если арктический голец содержится в морской воде, рекомендуемые безопасные уровни будут несколько выше (Johnston, 2002). Нитрит-N должен всегда оставаться ниже 0,2 мг / л (Skybakmoen et al., 2009). Концентрация $\text{NH}_3\text{-N}$ в воде составляла менее 0,012–0,03 мг/л для аквакультуры лососевых (Summerfelt et al., 2004).

Уровни концентрации $\text{NH}_3\text{-N}$ были ниже 0,025 мг/л в течение всего периода выращивания, как в замкнутых так и в полужамкнутых (RAS и RLS) системах, рекомендованных для выращивания арктического гольца (Aquafarmer, 2004). Летальный уровень $\text{NH}_3\text{-N}$ для арктического гольца составляет 0,03 мг/л (Aquafarmer, 2004).

pH

Баланс pH имеет важное значение для обмена веществ у рыб и влияет, например, на поглощение кислорода, водно – солевой баланс и кислотно-щелочное равновесие. Хотя лососевые переносят pH в диапазоне от 5 до 9, в оптимальных условиях выращивания область значений pH должна быть между 6.5 и 8.5. Уровни pH воды составляли 7,4-8,0 в обеих системах (RAS и RLS) в течение всего экспериментального периода выращивания, значения которых были в оптимальных пределах для аквакультуры арктического гольца (Aquafarmer, 2004).

Температура

В большинстве исследований указывают на максимальные темпы роста арктического гольца при температуре от 12 до 16°C. Важно отметить, что этот диапазон температуры является нормой только тогда, когда рост не ограничен кормовой базой. Когда количество корма ограничено, оптимальная температура для роста гольца будет ниже. Оптимальное использование корма (коэффициент конверсии корма, КК) получено при более низкой температуре, чем оптимальная температура для скорости роста и, как сообщается, составляет 9 °C. Высокие плотности посадки, используемые при интенсивном выращивании рыб, ограничивают температуру выращивания. Рыба требует больше кислорода и экскреция аммиака резко возрастает с повышением температуры, грибковые и бактериальные болезни часто становятся проблемой при температурах выше 15°C. Следовательно, температура 12 °C является самой оптимальной, обеспечивая высокие темпы роста, хорошее использование корма и снижение риска заболеваний и грибковых инфекций.

Соленость

В настоящее время аквакультура гольца осуществляется исключительно в пресной воде, хотя низкие температуры в зимнее время приводят к ухудшению роста в течение нескольких месяцев. К сожалению, когда анадромный арктический голец вынужден оставаться в морской воде в течение осени или зимы, отмечена высокая смертность и снижение темпов роста (Johnson, 1980, Wandsvik, Jobling, 1982a), на ранних стадиях онтогенеза в таких условиях отмечена очень низкая выживаемость. Было высказано предположение, что содержание арктического гольца в садках в море зимой, при использовании традиционных технологий разведения лосося, не может быть экономически выгодным из-за высокой смертности и замедленного темпа роста. В отличие от атлантического лосося, арктический голец не способен переносить высокие концентрации солей в воде при низких температурах, и требуется, чтобы он был переведен в солоноватую или пресную воду в зимнее время.

Весьма изменчивые жизненные стратегии арктического гольца влияют на толерантность к солености (солеустойчивость) у этого вида. Анадромный арктический голец толерантен к морской воде (33–35 ‰) в течение 2 месяцев при миграции к морю летом. В остальное время года толерантность к морской воде уменьшается, но арктический голец хорошо переносит солоноватую воду до 20 ‰, однако и это зависит от размера рыбы и температуры воды, с увеличением всех проблем при низких температурах.

В Северной Норвегии есть небольшое фермерское хозяйство, которое выращивает в морской воде проходного арктического гольца из культивированного штамма (штамм Хаммерфест).

В Исландии арктического гольца без каких-либо осмотических проблем выращивают из посадочного материала весом 100 г до товарного веса 400–700 г при солености воды 26–30 ‰, но при постоянной температуре воды 6–8 °С.

Глубина воды

Недостаточная глубина воды может вызвать стресс-синдром плавательного пузыря, для молоди гольца, критическая глубина воды составляет 15 см, но даже при глубине воды 24 см иногда наблюдалось увеличение смертности. Таким образом, рекомендуемая минимальная глубина воды составляет >30 см.

Плотность посадки

Арктический голец переносит высокие плотности посадки без отрицательного влияния на потребление корма и рост. Низкой плотности следует

избегать, поскольку это увеличивает их социальные взаимодействия. Шестьдесят килограммов рыбы на м³ воды некоторые исследователи считают минимальной плотностью при условии выращивания в небольших системах. Верхний предел неясен, но не менее 120 кг / м³ можно без ущерба применять для успешного производства, если качество воды и условия роста являются оптимальными. В промышленных масштабах в аквариумах (>10 м³), плотность может быть уменьшена приблизительно до 20–30 кг рыбы / м³, не вызывая агрессии и формирования иерархии. Более низкая плотность может быть благоприятна для разведения мелких рыб при высокой температуре и ограниченной концентрации кислорода в течение лета.

Фотопериод

Высокие темпы роста арктического гольца наблюдаются при освещенности 50 ЛК, такая интенсивность света и рекомендуется для выращивания гольца. Для восприятия рыбой дня и ночи, разница между темнотой и светом является более важной, чем абсолютная интенсивность света. Поэтому важно держать ночи как можно более темными. Манипуляция фотопериодом может быть важным инструментом для активизации роста гольца, а также для предотвращения и отсрочки раннего созревания.

Выводы

1. Изучение литературы, касающейся особенностей морфологических и экологических изменений арктического гольца в сезонном и возрастном аспектах показало, что он имеет ограниченную толерантность к высокой (океанической 33–36 ‰) солености, и особенно к сочетанию низкой температуры и высокой солености.

2. Арктический голец – это факультативно анадромный вид. Основную часть своей жизни они проводят (зимуют) в озерах. Из озер, соединенных реками с морем, они могут выходить для питания в весенне-летний период на короткий промежуток времени (от 4 до 9 недель) в опресненные губы и заливы. Половозрелые гольцы летом при температуре 6–10 °С могут находиться короткое время (до 4 недель) в морской воде океанической солености 33–36 ‰.

3. Исходя из современных условий, в отсутствие селекционных станций и селекционного посадочного материала круглогодичное выращивание арктического гольца в губах и заливах Баренцева моря в настоящее время не может быть рекомендовано.

Исследования проведены в рамках: ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического ком-

плекса России на 2014–2020 годы" проекта "Разработка технических средств, биотехнологий выращивания нетрадиционных видов рыб и беспозвоночных для прогресса аквакультуры Южного и Северо-Западного федеральных округов России", соглашение № 14.607.21.0163 от 03.10.2016 г., уникальный идентификатор прикладных научных исследований и экспериментальных разработок (проекта) RFMEFI60716X0163.

Библиографический список

1. Aquafarmer. 2004. The farming of Arctic charr. Technical Institute of Iceland, the Holar University College and The Aquaculture Development Centre of Ireland. November 2007 – January 2008; <<http://www.holar.is/~aquafarmer/>>
2. Fivelstad, S., Thomassen, J. M., Smith, M., Kjartansson, H. and Sando, A. B. 1990. Metabolite excretion rates from Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) reared in single pass land-based brackish water and sea water systems. *Aquacultural Engineering* 9: 1–21.
3. Forsberg, O. I. 1997. The impact of varying feeding regimes on oxygen consumption and excretion of carbon dioxide and nitrogen in post-smolt Atlantic salmon *Salmo salar* L. *Aquaculture Research* 28: 29–41.
4. Jobling M. (1995) Simple indices for the assessment of the influences of social environment on growth performance, exemplified by studies on Arctic charr *Salvelinus alpinus*. *Aquaculture International* 3, 60–65.
5. Jobling, M., Jørgensen, E. H., Arnesen, A. M. and Ringø, E. (1993) Feeding, growth, and environmental requirements of Arctic charr: a review of aquaculture potential. *Aquaculture International* 1, 20–46.
6. Jobling M. & Wandsvik A. (1983) Effects of social interactions on growth rates and conversion efficiency of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *Journal of Fish Biology* 22, 577–584.
7. Johnson, L. (1980) The Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. In *Charrs, Salmonid Fishes of the Genus Salvelinus*. In: Balon, E.K. (Ed). W. Junk, The Hague, Netherlands. – 87 pp.
8. Johnston, G. (2002) *Arctic Charr Aquaculture*. Fishing News Books, Oxford.
9. Pillay, T. V. R. and Kutty, M.N. 2005. *Aquaculture, Principles and Practices*, 2nd Edition. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK. – 630 p.
10. Skybakmoen, S., Siikavuopio, S.I. and Sæther B-S. (2009). Coldwater RAS in an Arctic charr farm in Northern Norway . *Aquacultural Engineering*, 41: 114–121.

11. Summerfelt, S. T., Vinci, B. J. and Piedrahita, R. H. 2000. Oxygenation and carbon dioxide control in water reuse systems. *Aquacultural Engineering* 22 (1-2): 87–108.

12. Summerfelt, S. T., Wilton, G., Roberts, D., Rimmerd, T. and Fonkalsrud, K. 2004. Developments in recirculating systems for Arctic char culture in North America. *Aquacultural Engineering* 30: 31–71.

13. Timmons, M. B., Ebeling, J. M., Wheaton, F. W., Summerfelt, S. T. and Vinci, B. J. 2002. *Recirculating Aquaculture Systems*, 2nd Edition. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, NY 14850, USA. 800 p. NRAC Publication No. 01-002.

14. Wandsvik A. & Jobling M. (1982a) Overwintering mortality of migratory Arctic charr *Salvelinus alpinus* reared in salt water. *Journal of Fish Biology* 20, 701–706.

15. Wandsvik A. & Jobling M. (1982b) Observations on growth rates of Arctic charr *Salvelinus alpinus* reared at low temperature. *Journal of Fish Biology* 20, 689–699.