

УДК 616.15

## Управление качественными показателями водных биологических ресурсов: на примере гематологических показателей

**Фатхуллин Раиль Фэридович**

Аспирант,  
преподаватель общеобразовательных дисциплин,  
Российский государственный университет правосудия,  
117418, Российская Федерация, Москва, ул. Новочерёмушкинская, 49;  
e-mail: rail.rail88@mail.ru

### Аннотация

В данной работе в результате комплексного исследования окружающей среды и показателей крови рыб определены сезонная и возрастная динамика гематологических показателей карпа разного возраста, уровень и динамика пластичности параметров крови, установлена достоверная корреляционная связь ихтиогематологических показателей с гидрохимическими ингредиентами в вегетационный и зимний периоды, с метеорологическими параметрами в вегетационный период, а также найден характер связи показателей крови с массой, темпом роста, упитанностью, плотностью посадки. Впервые установлена достоверная положительная функциональная связь СГЭ, концентрации гемоглобина, общего белка в сыворотке крови и КСБ с массой тела карпа разного возраста в вегетационный период, которая описывается степенной функцией.

С использованием современных достижений в классификации клеток крови рыб для основных объектов аквакультуры определена лейкоцитарная формула, установлены гематологические показатели адаптаций рыб при выращивании их в различных индустриальных условиях. Выявлены закономерности ихтиогематологических адаптаций к различным гидрохимическим условиям, плотности посадки, виду и качеству корма, уровню кормления, голоданию, заболеваниям.

### Для цитирования в научных исследованиях

Фатхуллин Р.Ф. Управление качественными показателями водных биологических ресурсов: на примере гематологических показателей // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Том 9. № 4А. С. 142-148.

### Ключевые слова

Управление качественными показателями, гематологические показатели, плазма крови, форменные элементы, эритроциты, лейкоциты, гемоглобин.

## Введение

Оценка качественных показателей водных биологических ресурсов является значимым для управления состояние внешней окружающей средой. В этой связи представляется значимым осуществлять выбор показателей, однозначно позволяющих определять данные показатели, однозначно позволяющие определять состав показателей, оказывающих воздействие на внешнюю среду. По мнению автора, к таким показателям относятся гематологические показатели водных биологических ресурсов. В качестве объекта изучения автором предлагается исследуется. Так, кровь вместе с сердцем, сосудами и капиллярами образует кровеносную систему. К основным функциям кровообращения рыб можно отнести перенос питательных веществ и газов от одних участков тела к другим, перенос и распределение резервного материала внутри тела рыбы, а также освобождение клеток от продуктов их обмена.

Отметим, что ряде работ отмечается, что [Строганов, 1962] роль кровообращение (наряду с нервной системой) выполняет очень важную функцию интеграции — гуморальную интеграцию. Анализируя общее количество содержания крови рыб важно отметить следующее:

- общие содержание крови относительно массы тела у рыб (до 7%) меньше по сравнению с высшими позвоночными животными;

- содержание крови в теле пресноводных (например, у карповых от 2,2% до 4,7%) меньше по сравнению с морскими видами рыб (у акул от 3,7 до 6,8 %), потому что морским рыбам труднее поддерживать гипотонию своей крови по отношению к внешней среде [Martin, 1950];

- количество крови у разных особей одного и того же вида колеблется, в 1,5—3,5 раз [Коржуев П. А. 1984]; у плотвы, живущей в реке, крови больше, чем у плотвы, живущей в водохранилище.

## Литературный обзор

Обобщая данные [Сарвачёва, 1957], [Строганова, 1962], M. Fontaine, S. Boucher-Firly, Adler, T. Lustig и Ernst., E. A. Рога по физико-химическому составу крови можно отметить следующее:

- количество белка в сыворотке крови рыб от 2,5 до 7%, у плотвы 3,53%), ниже, чем у высших позвоночных и меняется в зависимости от пола и качества питания;

- содержание сахара в крови колеблется в очень узких пределах и зависит от пола, половой активности, качества питания;

- наибольшее количество неорганических веществ крови относится к солям Na, K, Ca, Mg, и имеет различия у пресноводных и морских форм (в крови морских рыб содержится больше ионов), у самцов и самок;

- рН крови рыб не постоянен и меняется в зависимости от рН внешней среды и внутреннего состояния рыбы (к примеру, от сезона года);

- исследования окислительно-восстановительных процессов показали, что окислительно-восстановительный потенциал (Eh) изменчив у каждой отдельно взятой особи, причём изменения происходят в определённых границах (плотва имеет размах колебаний от 207-213 mv);

- вязкость крови у рыб значительно ниже, чем у высших позвоночных;

- понижение температура замерзания у морских рыб выше, чем у пресноводных (у плотвы средняя депрессия по Г.Н. Калашникову составляет 0,5, например, у ската электр. 2,31, скумбрии 0,73).

## Материалы и методы

Анализ, проведённый на основе собранного материала в 2018 году на территории Куйбышевского водохранилища представлен в таблицах.

**Таблица 1 – Содержание эритроцитов плотвы Куйбышевского водохранилища 2018 г. (до/после нереста)**

| ПОЛ\КОЛ-ВО<br>В МЛН/ММ <sup>3</sup> | 1,1-1,3 | 1,3-1,5 | 1,5-1,7 | 1,7-1,9 | 1,9-2,1 | 2,1-2,3 | 2,3-2,5 | n     |
|-------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| самки                               | 6/5     | 11/12   | 9/9     | 11/1    | 4/5     | 1/3     | 3/5     | 43/38 |
| самцы                               | 3/0     | 4/1     | 7/11    | 8/9     | 5/6     | 3/6     | 4/4     | 34/37 |

**Таблица 2 – Содержание лейкоцитов плотвы Куйбышевского водохранилища 2018 г. (до/после нереста)**

| ПОЛ\КОЛ-ВО<br>В ТЫС/ММ <sup>3</sup> | 15-20 | 20-25 | 25-30 | 30-35 | 35-40 | 40-45 | 45-50 | 50-55 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| самки                               | 4/4   | 2/9   | 9/8   | 9/6   | 3/1   | 0/1   | 2/0   | 1/0   |
| самцы                               | 2/2   | 3/2   | 5/4   | 7/2   | 1/1   | 2/2   | 3/2   | 0/0   |

**Таблица 3 – Содержание гемоглобина плотвы Куйбышевского водохранилища 2018 г. (до/после нереста)**

| ПОЛ\КОЛ-ВО<br>В %. | 5,0-5,5 | 5,5-6,0 | 6,0-6,5 | 6,5-7,0 | 7,0-7,5 | 7,5-8,0 | 8,0-8,5 | 8,5-9,0 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| самки              | 0/1     | 2/8     | 5/6     | 5/6     | 10/9    | 4/2     | 9/2     | 2/1     |
| самцы              | 0/0     | 2/2     | 5/2     | 2/4     | 1/3     | 5/4     | 2/1     | 0/0     |

При исследовании гематологических показателей плотвы был произведён расчёт количества эритроцитов, лейкоцитов, гемоглобина.

Пробы брались непосредственно до и после нереста. Причиной выбора данных временных рамок является изменения количества форменных элементов крови. Павлов В.А., Кролик Б.Г. [Павлов, Кролик, 1936] году указывали на зависимость количества эритроцитов от месяца сбора материала. В исследованиях Смирновой Л.И. [Смирнова, 1962], Назаренко В.А. [Назаренко, 1964], проведённых на территории Куйбышевского и Рыбинского водохранилищ, отмечаются изменения количества эритроцитов, лейкоцитов, гемоглобина после нереста. В работах Черниковой В.В. [Черникова, 1966] анализируя показатели крови у плотвы от лета к осени отмечается незначительное изменения белка в плазме крови к осени, от 6,84 % до 7,5 %. Хамайдэ Л.Л. отмечал изменения числа эритроцитов в течении суток: в утренние часы наименьшие показатели, наибольшие - в дневные.

Как видно из данных количество эритроцитов у самок до нереста от 1,1 млн. до 2,5 млн., наиболее часто встречаемые особи имели показатели содержания эритроцитов 1,5-1,9 млн. После нереста наиболее часто встречаемые особи имели показатели содержания эритроцитов 1,3-1,7 млн. Посленерестовых самок с содержанием эритроцитов в плазме крови более 2,3 млн. не обнаружено.

При анализе содержания эритроцитов в крови самцов плотвы до и после нереста, наблюдается повышение количества эритроцитов после нереста (таб. 1).

Повышенное количество эритроцитов содержащихся в крови самцов по сравнению с самками, связано с повышенным обменом у самцов. В период нереста количество эритроцитов уменьшается, а после нереста увеличивается.

Показатели содержания лейкоцитов в крови плотвы представлены в таблице 2. У самок до нереста содержание колебалось от 15 до 55 тыс., после нереста происходит снижение содержания лейкоцитов, при колебании от 15 тыс. до 45 тыс. У самцов плотвы происходит незначительное снижение содержания лейкоцитов (по сравнению с самками) за счёт уменьшения числа особей с содержанием 30-35 тыс. штук лейкоцитов.

Закономерность снижения показателей форменных элементов плотвы Куйбышевского водохранилища после нереста наблюдается и при анализе содержания в крови гемоглобина (таб. 3). Как у самцов, так и у самок доля особей с содержанием лейкоцитов после нереста более 7,5 % падает.

### Результаты и обсуждение

Проведённый анализ в после нерестовой период свидетельствует о снижении содержания в крови эритроцитов, лейкоцитов, гемоглобина.

Шубников Д.А. [Шубников, 1960], Строганов Н.С. [Строганов, 1962], Смирнова Л.И. [Смирнова, 1962], Назаренко В.А. [Назаренко, 1964] в своих работах отмечают снижение показателей плотвы в процессе онтогенеза [Назаренко, 1968, 760]. Содержание эритроцитов уменьшается с увеличением веса, длины, возраста, абсолютной плодовитости, веса гонад, а также с увеличением лейкоцитов, и соответственно увеличивается с повышением упитанности и содержанием в крови гемоглобина. Содержание гемоглобина уменьшается с увеличением веса, абсолютной плодовитости и веса гонад. Содержание лейкоцитов соответственно увеличивается с увеличением абсолютной плодовитости, веса тела, веса гонад.

Исследования содержания количества форменных элементов крови помимо теоретического значения имеют и практическое значение. В связи с увеличением влияния человека на окружающую среду, происходят изменения в экосистеме водоёма. Гематологические показатели рыб служат оценкой экологического состояния водоёма. Талкина М.Г. [Талкина, 2004] проводя опыт: «Комплексная оценка длительного воздействия ртути на молодь плотвы в экспериментальных условиях» приходит к выводу, что аккумуляция ртути приводит к уменьшению количества лимфоцитов и возрастанию количества моноцитов и нейтрофилов. Степанова В.М. [Степанова, 1998] в ходе исследований отмечает влияние кадмия на содержание лимфоцитов. Аккумуляция кадмия вызывает уменьшение количества лимфоцитов, повышение в кровяном русле клеток, обладающих фагоцитарной активностью, и разрушение миелоцитов. Минеев А.К. [Минеев, 2012] сравнивая водоёмы с минимальным уровнем антропогенной нагрузки (реки Нылга и Ува) и водоём с высоким уровнем антропогенной нагрузки, отмечает, что основу популяции плотвы в Нылге и Уве составляют особи с нормальным соотношением лейкоцитов и эритроцитов ( $66,7 \pm 11,4\%$ ), в то время, как среди плотвы Саратовского водохранилища доля таких рыб – всего  $11,1 \pm 11,1\%$ .

В ряде работ [Метелев, 1974], [Гольдин, 1975], [Котов, 1976], [Brozio, 1977], [Моисеенко, 2010] в своих работах указывают на то, что при загрязнении водоёма у рыб в большинстве случаев отмечается лейкоцитоз. При этом наблюдается нейтрофилез, а остальные показатели весьма разнородны: могут быть как лимфоцитоз, так и лимфоцитопения – пониженное содержание лимфоцитов, как моноцитоз, так и моноцитопения, эозинофилия или число

озинофилов остаётся неизменным. В ряде работ [Brozio, 1977], [Моисеенко, 2010] с использованием нейтрофилов (активные ферментообразователи, им свойственна и фагоцитарная функция.), меченных радиоактивными изотопами наблюдают нейтрофильный лейкоцитоз со сдвигом влево (в сторону увеличения доли палочкоядерных нейтрофилов), как следствие, воспалительных процессах и различных интоксикациях. Данные изменения ряд исследователей считают приспособлением плотвы к меняющимся условиям происходящие в водоеме [Минеев, 2017].

### Заключение

Необходимым условием успешного ведения интенсивного рыбоводства и воспроизводства ценных видов рыб является тщательный контроль за физиологическим состоянием объектов выращивания. Кровь, как наиболее лабильная ткань, быстро реагирует на действие различных факторов и приводит к восстановлению равновесия между организмом и средой. Поэтому для ранней диагностики заболевания, в том числе и незаразных, наряду с паразитологическими, микробиологическими и вирусологическими исследованиями важное значение имеет анализ крови.

### Библиография

1. Минеев А.К. Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. Современное морфофизиологическое состояние массовых видов рыб в экологических условиях водоемов и водотоков бассейна средней и нижней волги. Тольятти: 2017.
2. Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А. Формирование химического состава вод озер в условиях изменения окружающей среды. М.: Наука, 2010.
3. Назаренко В.А. О гематологических исследованиях плотвы Куйбышевского водохранилища (*Rutilus rutilus* L.) // *Вопр. ихтиологии*. - 1968,- Т. 8,- Вып. 4 (51). - С. 760.
4. Aboagye, Daniel L, and Peter J Allen. 2018. "Effects of Acute and Chronic Hypoxia on Acid-Base Regulation, Hematology, Ion, and Osmoregulation of Juvenile American Paddlefish." *Journal of Comparative Physiology B* 188(1): 77–88. <https://doi.org/10.1007/s00360-017-1104-7>.
5. Ghiasi, Sareh et al. 2014. "Effect of Thiamine Injection on Growth Performance, Hematology and Germinal Vesicle Migration in Sterlet Sturgeon *Acipenser Ruthenus* L." *Aquaculture International* 22(5): 1563–76. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9765-7>.
6. Haus, Olga, Anna Poluha, and Katarzyna Skonieczka. 2012. "Cytogenetics in Hematology." In *Molecular Aspects of Hematologic Malignancies: Diagnostic Tools and Clinical Applications*, eds. Michal Witt, Malgorzata Dawidowska, and Tomasz Szczepanski. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 161–81. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-29467-9\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-642-29467-9_10).
7. Javed, M, and N Usmani. 2015. "Impact of Heavy Metal Toxicity on Hematology and Glycogen Status of Fish: A Review." *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences* 85(4): 889–900. <https://doi.org/10.1007/s40011-014-0404-x>.
8. Lee, Seunghan et al. 2016. "Effects of Extruded Pellet and Moist Pellet on Growth Performance, Body Composition, and Hematology of Juvenile Olive Flounder, *Paralichthys Olivaceus*." *Fisheries and Aquatic Sciences* 19(1): 32. <https://doi.org/10.1186/s41240-016-0032-x>.
9. Mahajan, C L, and J M S Dheer. 1979. "Autoradiography and Differential Hemoglobin Staining as Aids to the Study of Fish Hematology." *Experientia* 35(6): 834–35. <https://doi.org/10.1007/BF01968282>.
10. Najfeld, Vesna. 2008. "Fluorescence In Situ Hybridization (FISH) and Conventional Cytogenetics for Hematology and Oncology Diagnosis." In *Molecular Genetic Pathology*, eds. Liang Cheng and David Y Zhang. Totowa, NJ: Humana Press, 303–64. [https://doi.org/10.1007/978-1-59745-405-6\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-59745-405-6_12).
11. Pandey, K C, and A K Pandey. 1977. "Hematology of a Cat Fish *Rita Rita* (Ham)." *Proceedings of the Indian Academy of Sciences - Section B* 85(6): 369–77. <https://doi.org/10.1007/BF03052244>.
12. Ramaswamy, M, and T Gopalakrishna Reddy. 1978. "A Comparative Study of Hematology of Three Air-Breathing Fishes." *Proceedings of the Indian Academy of Sciences - Section B, Animal Sciences* 87(12): 381–85. <https://doi.org/10.1007/BF03179027>.

13. Sala-Rabanal, M et al. 2003. "Effects of Low Temperatures and Fasting on Hematology and Plasma Composition of Gilthead Sea Bream (*Sparus Aurata*)." *Fish Physiology and Biochemistry* 29(2): 105–15. <https://doi.org/10.1023/B:FISH.0000035904.16686.b6>.
14. Su, Jianmei, Hongli Hou, Chunhong Wang, and Yuliang Luo. 2019. "Effects of Replacing Soybean Meal with Cottonseed Meal on Growth, Muscle Amino Acids, and Hematology of Juvenile Common Carp, *Cyprinus Carpio*." *Aquaculture International* 27(2): 555–66. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00340-2>.
15. Zheng, Qingmei et al. 2012. "Effect of Replacing Soybean Meal with Cottonseed Meal on Growth, Hematology, Antioxidant Enzymes Activity and Expression for Juvenile Grass Carp, *Ctenopharyngodon Idellus*." *Fish Physiology and Biochemistry* 38(4): 1059–69. <https://doi.org/10.1007/s10695-011-9590-0>.

## **Quality management of aquatic biological resources: an example of hematological indicators**

**Rail' F. Fatkhullin**

Graduate student,  
Teacher of general educational disciplines,  
Russian State University of Justice,  
117418, 49, Novocheryomushkinskaya st., Moscow, Russian Federation;  
e-mail: rail.rail88@mail.ru

### **Abstract**

In paper show that as a result of a comprehensive study of the environment and blood parameters of fish, the seasonal and age dynamics of hematological parameters of carp of different ages, the level and dynamics of plasticity of blood parameters were determined, a reliable correlation of ichthyohematological parameters with hydrochemical ingredients in the growing season and winter, with meteorological parameters in the growing season was established, and the nature of the relationship of blood parameters with weight, growth rate, fatness, planting density was found. For the first time, a reliable positive functional relationship between SGE, hemoglobin concentration, total protein in blood serum and CSB with carp body weight of different ages during the growing season, which is described by the power function, was established.

With the use of modern achievements in the classification of fish blood cells for the main objects of aquaculture, the leukocyte formula was determined, hematological indicators of fish adaptations were established when they were grown in various industrial conditions. The regularities ihtiopatologicice adaptations to different hydrochemical conditions, stocking density, type and quality of feed, level of feeding, starvation, diseases.

### **For citation**

Fatkhullin R.F. (2019) Upravleniye kachestvennymi pokazatelyami vodnykh biologicheskikh resursov: na primere gematologicheskikh pokazateley [Quality management of aquatic biological resources: an example of hematological indicators]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 9 (4A), pp. 142-148.

### **Keywords**

Hematological parameters, blood plasma, shaped elements, erythrocytes, leukocytes, hemoglobin.

---

## References

1. Mineev, A.K. (2017), Thesis for the degree of Doctor of Biological Sciences. The current morphophysiological state of mass fish species in the ecological conditions of water bodies and watercourses in the middle and lower Volga basins [Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni doktora biologicheskikh nauk. Sovremennoye morfofiziologicheskoye sostoyaniye massovykh vidov ryb v ekologicheskikh usloviyakh vodoyemov i vodotokov basseyna sredney i nizhney volgi], Togliatti.
2. Moiseenko, T.I., Gashkina, N.A. (2010), The formation of the chemical composition of lake waters in a changing environment [Formirovaniye khimicheskogo sostava vod ozer v usloviyakh izmeneniya okruzhayushchey sredy], M.: Science.
3. Nazarenko V.A. (1968) O gematologicheskikh issledovaniyakh plotvy Kuybyshevskogo vodokhranilishcha (*Rutilus rutilus* L.) [On hematological studies of roach of the Kuibyshev reservoir (*Rutilus rutilus* L.)]. *Vopr. ikhtologii – Vopr. ichthyology*, T. 8, no. 4 (51), pp. 760.
4. Aboagye, Daniel L, and Peter J Allen. (2018). “Effects of Acute and Chronic Hypoxia on Acid–Base Regulation, Hematology, Ion, and Osmoregulation of Juvenile American Paddlefish.” *Journal of Comparative Physiology B* 188(1): 77–88. <https://doi.org/10.1007/s00360-017-1104-7>.
5. Ghiasi, Sareh et al. (2014) “Effect of Thiamine Injection on Growth Performance, Hematology and Germinal Vesicle Migration in Sterlet Sturgeon *Acipenser ruthenus* L.” *Aquaculture International* 22(5): 1563–76. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9765-7>.
6. Haus, Olga, Anna Poluha, and Katarzyna Skonieczka. (2012) “Cytogenetics in Hematology.” In *Molecular Aspects of Hematologic Malignancies: Diagnostic Tools and Clinical Applications*, eds. Michal Witt, Malgorzata Dawidowska, and Tomasz Szczepanski. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 161–81. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-29467-9\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-642-29467-9_10).
7. Javed, M, and N Usmani. (2015) “Impact of Heavy Metal Toxicity on Hematology and Glycogen Status of Fish: A Review.” *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences* 85(4): 889–900. <https://doi.org/10.1007/s40011-014-0404-x>.
8. Lee, Seunghan et al. (2016) “Effects of Extruded Pellet and Moist Pellet on Growth Performance, Body Composition, and Hematology of Juvenile Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*.” *Fisheries and Aquatic Sciences* 19(1): 32. <https://doi.org/10.1186/s41240-016-0032-x>.
9. Mahajan, C L, and J M S Dheer. (1979) “Autoradiography and Differential Hemoglobin Staining as Aids to the Study of Fish Hematology.” *Experientia* 35(6): 834–35. <https://doi.org/10.1007/BF01968282>.
10. Najfeld, Vesna. 2008. “Fluorescence In Situ Hybridization (FISH) and Conventional Cytogenetics for Hematology and Oncology Diagnosis.” In *Molecular Genetic Pathology*, eds. Liang Cheng and David Y Zhang. Totowa, NJ: Humana Press, 303–64. [https://doi.org/10.1007/978-1-59745-405-6\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-59745-405-6_12).
11. Pandey, K C, and A K Pandey. (1977) “Hematology of a Cat Fish *Rita Rita* (Ham).” *Proceedings of the Indian Academy of Sciences - Section B* 85(6): 369–77. <https://doi.org/10.1007/BF03052244>.
12. Ramaswamy, M, and T Gopalakrishna Reddy. (1978) “A Comparative Study of Hematology of Three Air-Breathing Fishes.” *Proceedings of the Indian Academy of Sciences - Section B, Animal Sciences* 87(12): 381–85. <https://doi.org/10.1007/BF03179027>.
13. Sala-Rabanal, M et al. (2003) “Effects of Low Temperatures and Fasting on Hematology and Plasma Composition of Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*).” *Fish Physiology and Biochemistry* 29(2): 105–15. <https://doi.org/10.1023/B:FISH.0000035904.16686.b6>.
14. Su, Jianmei, Hongli Hou, Chunhong Wang, and Yuliang Luo. (2019) “Effects of Replacing Soybean Meal with Cottonseed Meal on Growth, Muscle Amino Acids, and Hematology of Juvenile Common Carp, *Cyprinus Carpio*.” *Aquaculture International* 27(2): 555–66. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00340-2>.
15. Zheng, Qingmei et al. (2012) “Effect of Replacing Soybean Meal with Cottonseed Meal on Growth, Hematology, Antioxidant Enzymes Activity and Expression for Juvenile Grass Carp, *Ctenopharyngodon idellus*.” *Fish Physiology and Biochemistry* 38(4): 1059–69. <https://doi.org/10.1007/s10695-011-9590-0>.