


Unio terminalis (Bivalvia: Unionidae)' in üreme biyolojisi üzerine gözlemler

Observations on the reproductive biology of *Unio terminalis* (Bivalvia: Unionidae)

Mehmet Güler*  • Deniz Çoban • Birsen Kırım

Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü 09100 Aydın, Türkiye

* Corresponding author: mehmetguler@adu.edu.tr

Received date: 21.02.2017

Accepted date: 08.06.2017

How to cite this paper:

Güler, M., Çoban, D., & Kırım, B. (2017). Observations on the reproductive biology of *Unio terminalis* (Bivalvia: Unionidae). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(3): 303-309. doi:10.12714/egejfas.2017.34.3.09

Öz: Çalışmamızda Çine Çayından toplanan tatlı su midyesi *Unio terminalis* (Bourguignat, 1852; Bivalvia: Unionidae)' in üreme biyolojisi ile ilgili gözlemler yapılmıştır. Tatlı su midyelerinin kendilerine has üreme şekillerinde görülen yumurta paketleri, laboratuvar şartları altında yaklaşık 21–25 C° su sıcaklığında Mayıs ve Kasım aylarında elde edilmiştir. Yumurta paketlerinin yumurta ve/veya özelleşmiş bir larva tipi olan glochidia ihtiva ettiği gözlenmiştir. Yumurtaların çapı ~225 µm olarak tespit edilmiştir; yumurtaları bırakan dişi boyu ve yumurta çapı arasında bir ilişki bulunmamıştır ($R^2 < 0,01$). Elde edilen glochidia ortalama büyüklüğü ~185 µm ve bırakıldığı yapıdaki yoğunluğu 30 ± 6 adet mm^{-2} olarak kaydedilmiştir. Farklı boylardaki dişilerden elde edilen glochidia boyları arasında anlamlı bir büyüklük farkı bulunmamıştır ($p > 0,1$). Larvalarının kapak hareketlerinin gözlenmesi sonucu en hızlı $1,2 \text{ sn}^{-1}$ frekansında kapaklarını açıp kapattıkları ve bu hızı 15 sn boyunca koruyabildikleri gözlenmiştir. Bununla beraber, birçok larvanın 1 dk^{-1} frekansından daha düşük sıklıkta kapak açma kapama hareketi yaptığı tespit edilmiştir. Farklı balık türleri ile birlikte yürütülen larva tutunma çalışmasında glochidia sadece *Andinoacara* cinsi balıkların solungaçlarında tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Unio terminalis*, tatlı su midyesi, glochidia, Çine Çayı

Abstract: In the present study some observations were made on the reproductive biology of *Unio terminalis* (Bourguignat, 1852; Bivalvia: Unionidae) from River Çine (Aydın, Turkey). Egg packages that are typically seen in the breeding process of freshwater mussels were laid by the adults in May and November at 21–25 C° water temperature under the laboratory conditions. The egg packages were contained eggs or/and glochidia. The mean egg diameter was ~226 µm and no correlation was found with the broodstock size ($R^2 < 0,01$). At the same time larvae size did not differ with the broodstock size ($p > 0,1$); the mean height of the glochidia were ~186 µm. Density of the glochidia were $30 \pm 6 \text{ mm}^{-2}$. The opening closing movement of the glochidial valves was observed; the fastest frequency was recorded as 1.2 sec^{-1} and larvae were able to keep this frequency up to 15 seconds. But this frequency was recorded as less than 1 movement per minute for many cases with live glochidia. After releasing, glochidia were found only at the gills of *Andinoacara* sp. among 3 different fish species.

Keywords: *Unio terminalis*, freshwater mussel, glochidia, Çine Stream

GİRİŞ

Makro bentik organizmalar tatlı su ekosistemlerinin yapısında önemli bir yer tutar; tatlı su midyeleri suyu süzerek beslenmeleri sebebi ile buldukları ortamdaki suyun doğal olarak arıtılması işlevinde görev alır ve bu sayede ortamın ekolojik dengesi üzerine belirleyici bir rol oynarlar (Ostrovsky vd., 1993; Welker ve Walz, 1998; Soto ve Mena, 1999; Weber, 2005). Örneğin Unionidae (Fleming, 1828) ailesi mensubu tatlı su midyeleri suyu filtre ederek, fitoplankton miktarını önemli ölçüde düşürürler, fosforu su sütunundan uzaklaştırırlar, bu sayede buldukları ortamdaki su kalitesinin iyileşmesinde etkili olurlar (Strayer vd., 1994; Vaughn ve Hakenkamp, 2001). Ekolojik öneminin yanı sıra tatlı su midyeleri balık yetiştiriciliğinde de kullanılabilir. Soto ve Mena (1999) bir salmon çiftliği denemesinde tanklarda balıklarla birlikte bulunan tatlı su midyelerinden *Diplodon chilensis*' in sudaki

klorofil *a* konsantrasyonunu yanısıra toplam fosfor ve amonyum miktarını da önemli ölçüde düşürdüğünü göstermiş ve kültür ortamının hipertrofikten oligotrofiğe geçiş yaptığını bildirmiştir. Tatlı su midyeleri ticari olarak değerlendirilmeleri üzerine çalışmalar devam etmektedir. Şereflisan (2014) hazırladığı çalışmada tatlı su midyelerinin ticari bir ürün olarak kullanılabilirliğini araştırmış ve besin kaynağı olarak Avrupa pazarında yer bulabildiklerini ve *Unio terminalis* türünün inci üretiminde nükleus olarak kullanılabileceğini bildirmiştir.

Tatlı su midyelerinin üreme biyolojileri, içerisinde buldukları ortamın ekolojisi ile yakından ilişkilidir. Bazı tatlı su midyesi türlerinde (genellikle Veneroida mensubu), yumurtalar anaçların marsupium dokusu üzerinde gelişerek direk suya bırakılır (Kornishin ve Glaubrecht, 2003). Diğer birçok türde

ise (Unionoida) yumurtalar gelişerek konak balığa tutunarak yaşayan larvalar halini alırlar (Reichard vd., 2010; Graf, 2013). Bu tip üremede döllenmiş yumurtalar dişi bireylerin solungaçlarında belirli bir gelişim aşamasını tamamlayıp sonraki larval forma (lasidium veya glochidium) ulaştıktan sonra suya bırakılırlar ve konak olarak bir balığın derisine veya solungaçlarına yerleşerek gelişimlerini sürdürürler (Taubert, 2012). Belirli bir gelişim evresi sonrasında düşerek sedimente yerleşirler. Bu üreme biçimi sebebi ile larval formlar belirli bir süre için balıkların üzerinde yaşamaktadır (Wachtler vd., 2001). Konak balıktan tekrar suya geçtiklerinde kendilerini kuma gömer burada juvenil olarak birkaç yıl (en fazla) geçirdikten sonra erişkin olarak uzun sayılabilecek (onlarca yıla kadar) yaşamlarına devam ederler (Strayer vd., 2004). Bu tip özelleşmiş bir yaşam döngüsünün devamlılığı ortam koşulları gibi dış etmenlere yüksek oranda bağlıdır; ortam şartları, döngünün her bir safhasındaki midyelerin tolerans sınırları içerisinde olmalıdır.

Tatlı su midyeleri genel olarak dünya çapında neslin devamı açısından yüksek risk altındaki gruba dahildir (Lydeard vd., 2004; Geist, 2010). Özellikle Orta Avrupa ve Kuzey Amerika'da insan aktivitelerinin tatlı su sistemlerine etkileri çift kabukluların, korunma altına alınmalarına gerek duyulacak seviyede azalmasına sebep olmuştur (Lydeard vd., 2004; Zettler ve Jueg, 2007; Bogan, 2008; Geist, 2010). Tatlı su midyesi türlerinin nesillerinin devamı veya farklı sahalarda kullanımı için yapılacak çalışmalarda kullanılacak temel verilerin önemli bir kısmı üreme biyolojileri ile ilgili olmaktadır (Vaughn ve Hakenkamp, 2001; Vaughn, 2012).

Bu çalışmada, Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (IUCN) tarafından hazırlanan 2014 yılı raporuna göre popülasyonu düşüş trendinde olan türler arasında bulunan (Lopes-Lima, vd., 2014) *Unio terminalis* (Bourguignat, 1852)' in üreme biyolojisi ile ilgili laboratuvar şartları altında gözlemler yapılmış; elde edilen verilerle bu türün üretilmesi ve bulunduğu ortamdaki ekolojik dengenin işleyişi hakkında yapılacak çalışmalarda kullanılmak üzere kaynak oluşturulması hedeflenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Tatlı su midyeleri Çine Çayı'ndan (Aydın), nehir çizgisinden itibaren yaklaşık 1 m su derinliğine kadar olan kum ve milli bölgelerden toplanmıştır. Midyeler, suyun berrak olduğu zamanlarda zemin üzerinde hareket ederken bıraktıkları izler takip edilerek bulunup elle toplanmıştır. Su bulanıklığının fazla olduğu zamanlarda ise toplama işlemi yine 1 m derinliğe kadar olan kum veya milli sedimentin 2 cm açıklıklı tırmık yardımı ile taranması ile yapılmıştır. Toplanan midyeler bir havlu ile hafifçe kurularak kapalı straforlara, kabuklara zarar gelmeyecek şekilde dikkatlice yerleştirilmiştir. Taşıma sırasında straforların kuru kalmasına özen gösterilmiş ve midyelerin 2 saat içerisinde laboratuvara ulaştırılması sağlanmıştır. Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Uygulama ve Araştırma Ünitesine getirilen midyeler burada sürekli su akışı,

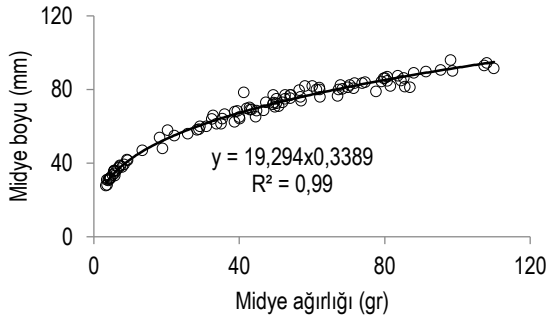
havalandırması olan, 1 ton su kapasiteli kare şeklindeki stok tanklarına en fazla 30 adet m⁻² yoğunlukta olacak şekilde aktarılmıştır. Stok tanklarında su sıcaklığı denemeler süresince 17–21 C° arasında ölçülmüştür. Stok tanklarında en az iki hafta geçiren midyeler Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarına alınmıştır. Laboratuvarlara getirilen midyeler partikül-biyolojik filtre ve havalandırma tertibatlı 120–150 litrelik deneme akvaryumlarına alınmıştır. Laboratuvarlardaki akvaryumların su sıcaklığı, ısıtıcılar (akvaryum tipi, 100 W) veya klima yardımı ile denemeler süresince 21–25 C° arasında tutulmuştur. İlk düzenekte, üç akvaryuma, üreme özelliklerinin gözlenmesi için sadece midyeler konulmuş (midye n=22, toplam=66), balık bulundurulmamıştır. İkinci düzenekte 3 akvaryuma midyelerin (midye n=12, toplam=36) yanı sıra, glochidia'nın konak olarak tutunabilmesi için Cichlidae ailesinden farklı tür balıklar (her bir akvaryumda tek tür balık olacak şekilde) bulundurulmuştur: *Protomelas* sp. (n=10, 8-12 cm), *Labidochromis* sp. (n=10, 8-12 cm) ve *Andinoacara* sp. (n=10, 8-12 cm). Üçüncü düzenekte içerisinde yine *Protomelas* sp., *Labidochromis* sp. ve *Andinoacara* sp. bulunan 3 adet akvaryum (yine aynı boy ve yoğunlukta, her bir akvaryumda tek tür balık olacak şekilde), midyelerin bulunduğu akvaryumlardan elde edilen glochidia eklenmesi için hazır tutulmuştur. Midyeler stok tanklarında ve deneme akvaryumlarında tutulurken besin olarak kurutulmuş alg (*Chlorella* sp. ağırlıklı karma alg) ve maya kültürü suyun kalitesi takip edilerek verilmiştir. Midyelerin ölçümleri: uzunluk, midyenin anterior ve posterior uçları arasındaki mesafe (L, mm); yükseklik, midyenin dorso-ventral hat boyunca bulunan mesafe (H, mm); genişlik, midyenin sağ ve sol kapakları boyunca uzanan en uzun mesafe (Wd, mm) olarak alınmıştır; ağırlık olarak midyelerin canlı ağırlığı kullanılmış, ölçümler 0,001 hassasiyetinde teraziyle yapılmıştır. Elde edilen yumurta örnekleri mikroskop altında incelenmiş ve fotoğrafları çekildikten sonra bilgisayarda ölçümleri yapılmıştır. Tespit edilen larvalardan, larva (ventral ucunda menteşeye indirilen dik doğrunun uzunluğu; Heard (1975)' e göre) ve larval kanca boyu ölçümleri yapılmak için örnek alındıktan sonra balıklara tutunabilmeleri için ortamda bırakılmış veya balık bulunan akvaryum/tanklara alınmıştır. Balıklarda tutunma olup olmadığı, canlı balığın solungaç kapağının hayvana zarar vermeyecek şekilde dikkatlice aralanarak dış solungacın stereo mikroskop veya masa büyüteci ile incelenmesi ile yapılmıştır. Tüm mikroskopik gözlemler Novex RZ serisi zoom stereo mikroskop ve Cmax DC 500 CMOS kamera kullanılarak yapılmıştır. Yumurta ve larvaların biyometrik ölçümleri, sayımları ve hareketleri ile ilgili gözlemler yine bu dijital tertibat kullanılarak elde edilen yüksek çözünürlüklü dijital fotoğraflar üzerinden Imagefocus 3.0 programı ile yapılmıştır.

Tatlı su midyelerinin uzunluk, en, yükseklik ve ağırlıkları birbirleri ile doğrusal olmayan regresyonla ilişkilendirilmiştir. Ortalama değerler (±) standart sapma şeklinde verilmiştir. Farklı boylarda dişilerden (60, 66, 68, 71 ve 85 mm, SL) alınan yumurtalarının çaplarının karşılaştırılması tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile yapılmıştır. Yine farklı boylardaki dişilerden alınan larvaların boylarının karşılaştırılması tek yönlü varyans

analizi (ANOVA) ile yapılmıştır. Glochidia ve glochidial kanca boyu arasındaki ilişki yine regresyonla belirlenmiştir. Parametrik analizlerde analiz öncesi varyansların homojenliği levene testi ile kontrol edilmiştir; homojenlik görülmediği durumda verilerin Ln transformasyonu yapılmıştır.

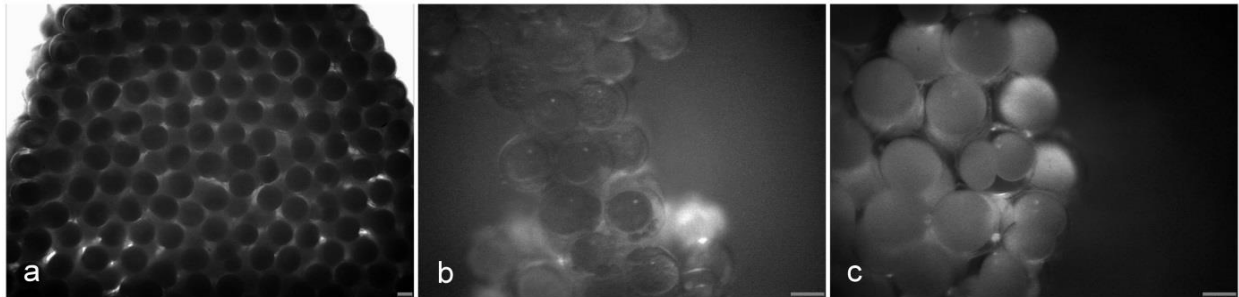
BULGULAR

Midyelerin toplandığı bölgede su seviyesinin üzerinde her boyda ve çok miktarda ölü tatlı su midyesi kabuğu bulunmuştur. Toplanan midyelerin boyları 27,8–96 mm, yükseklikleri 16,3–52,9 mm, enleri 10,5–34,9 mm ve canlı ağırlıkları 3,34–110,03 gr. arasında ölçülmüştür; boyut ve ağırlıklar birbirleri ile yüksek düzeyde ilişkili bulunmuştur (Şekil 1 ve 2).



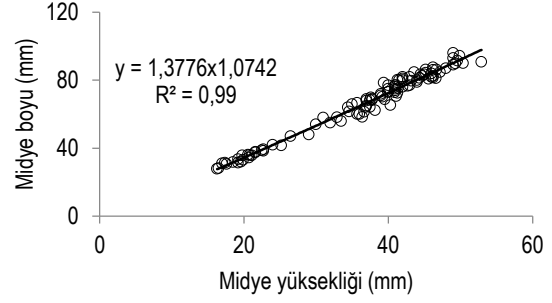
Şekil 1. Midye boy ve canlı ağırlık ilişkileri. Midye boy (L mm), Ağırlık (W gr); $L=19,29W^{0,339}$ ($R^2 = 0,99$; $p<0,001$)
Figure 1. Mussel length and live weight relationships. Mussel length (L mm), Weight (W gr); $L=19.29W^{0.338}$ ($R^2 = 0.99$; $p<0.001$)

Farklı tarihlerde stok tanklarına ve daha sonra akvaryumlara alınan midyelerde hiçbir zaman ilk 1 aylık süre içerisinde ölüme rastlanmamıştır. Toplamda 9 grup anaç toplanmıştır ve bu gruplardan 5 tanesinde yumurta paketi bırakımı gözlenmiştir.



Şekil 3. *U. terminalis* tarafından bırakılmış yumurtalar (a) yumurta paketi ve yapışkan yapısı sayesinde bir arada bulunan yumurtalar, (b) bölünmenin başlangıcı (c) bölünme (skala=100 µm)
Figure 3. Eggs laid by *U. terminalis*; (a) slightly formed eggs due to packing and adhesive structure (b) starting of cleavage (c) cleavage (scale bar=100 µm)

İçinde balık bulunan akvaryumda (*Andinoacara* sp., dördüncü yumurta paketi atımında) larvaların balık solungaçına tutunması gözlenmiştir (Şekil 4d). Bunun yanı sıra balık



Şekil 2. Midye boy ve yükseklik ilişkileri. Midye boy (L mm), yükseklik (H mm); $L=1,378H^{1,074}$ ($R^2 = 0,99$; $p<0,001$)
Figure 2. Mussel length and height relations. Mussel length (L mm), height (H mm); $L=1.377H^{1.074}$ ($R^2 = 0.99$; $p<0.001$)

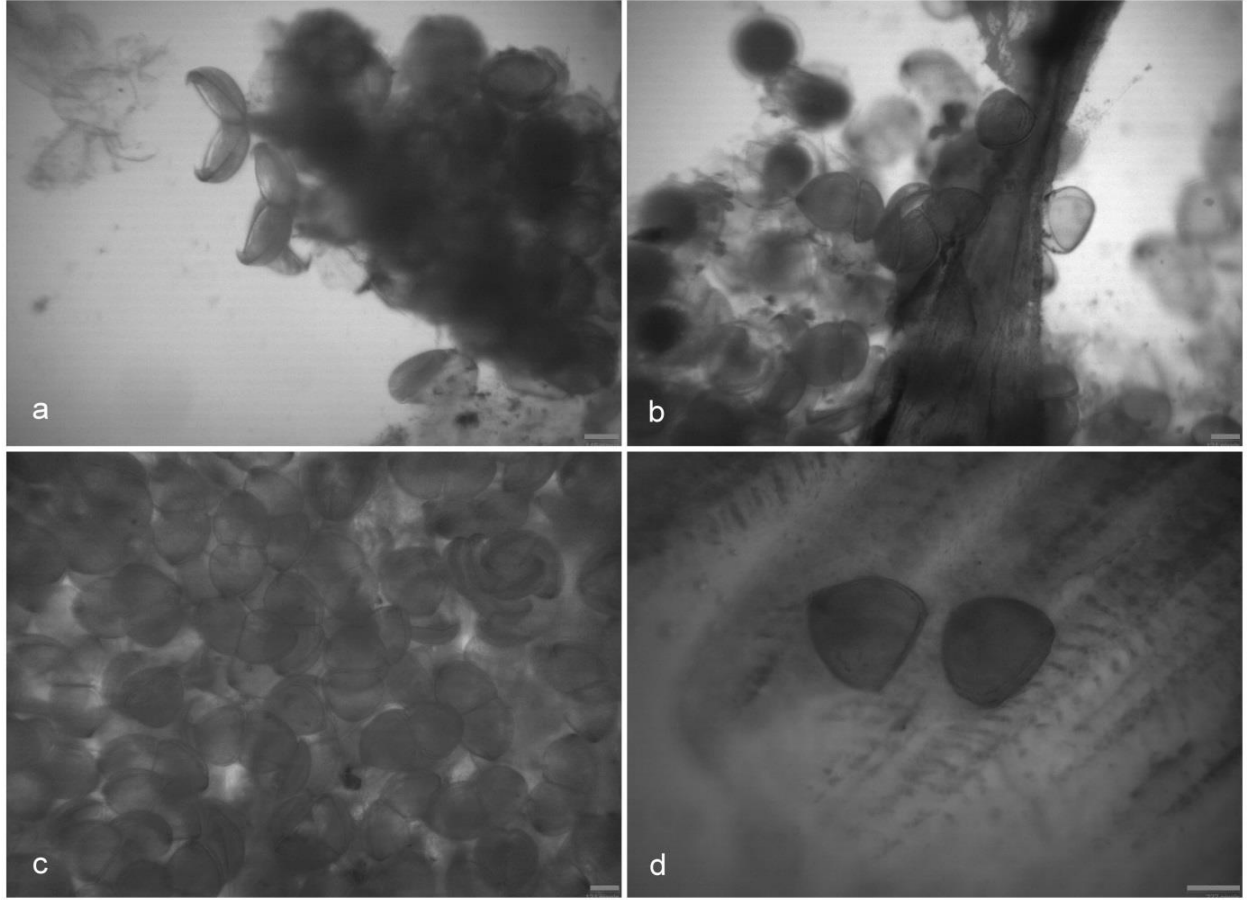
Birinci yumurta paketi atımı Mayıs ayında toplanan midyelerin deneme akvaryumlarına (stok tanklarında/akvaryumlarında geçirilen süre sonrasında) alınmasını takip eden gün gerçekleşmiştir. Yumurta içeren paketlerin genel olarak krem, açık sarı veya sarı renkli olduğu görülmüştür. İkinci yumurta paketi atımı yine mayıs ayında ilk yumurta paketi atımından 1 hafta sonra gerçekleşmiştir. Bu iki yumurta paketi atımında glochidia tespit edilmemiştir (Şekil 3a). Üç, dört ve beşinci yumurta paketi atımları Ekim ayında toplanan midyelerde görülmüştür. Üçüncü yumurta paketi atımı Kasım ayının başında görülmüş (Şekil 3b, 3c, 4a). Dördüncü yumurta paketi atımı yine Kasım ayı başında içinde balık (*Andinoacara* sp.) bulunan akvaryumda, beşinci ise Kasım ayı ortasında balıksız akvaryumda gerçekleşmiştir. Dördüncü yumurta paketi atımında glochidia ile beraber nadir olarak yumurtalar tespit edilirken (Şekil 4b) beşinci yumurta paketi atımında sadece glochidia gözlenmiştir (Şekil 4c).

bulunmayan akvaryumdan elde edilen larvalar, *Andinoacara* cinsi balık bulunan diğer bir akvaryumun suyuna karıştırılmış ve balıkların solungaçlarında larvaların tutunması gözlenmiştir.

İçinde *Protomelas*. ve *Labidochromis* cinsi balık bulunan akvaryumlara da aynı şekilde larvalar verilmiştir fakat tutunma gözlenmemiştir. Glochidia, balıkların (*Andinoacara* sp.) solungaçlarında en fazla 3 hafta süre boyunca görülmüştür. Balıklarda solungaçlar dışında herhangi bir dokuda larva gözlenmemiştir.

Farklı yumurta paketlerinden alınan örneklerin sayılması sonucu yumurta paketlerinin 1 mm² si içerisinde 39±8 (n=20)

adet yumurta olduğu belirlenmiştir (Şekil 3a). Denemeler boyunca elde edilen yumurtaların ölçümü sonucu ortalama yumurta çapı 226±11 (n=419) µm olarak bulunmuştur. Yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda farklı dişilere ait yumurta çaplarının farklı olduğu görülmüştür (ANOVA; *df*=4, *F*=5,03, *P*=0,001); fakat Tukey testi ile yapılan belirlemede bu farklılığın sadece 1 dişi için görüldüğü saptanmıştır. Buna ek olarak yumurta çapı ve dişi mide boyu arasında yapılan regresyon analizinde ilişki bulunmamıştır (*R*²<0,1).



Şekil 4. *U. terminalis* tarafından bırakılmış glochidia; (a) Tamamen gelişmiş larvalar yumurta paketinin yapışkan yapısından henüz ayrılır vaziyette, (b) glochidia yumurta paketindeki yapılarla tutunmuş halde ve henüz bölünmemiş yumurtalar, (c) tamamen gelişmiş glochidia (d) solungaç filamentlerine tutunmuş larvalar (skala=100 µm).

Figure 4. Glochidia laid by *U. terminalis*; (a) separation of fully developed glochidia from the adhesive structure, (b) glochidia that attached to the adhesive structures and eggs; (c) fully developed glochidia (d) larvae attached to gill filaments (scale bars=100 µm).

Yumurta paketlerinin 1 mm² si içerisinde 30±6 (n=20) adet glochidia olduğu belirlenmiştir (Şekil 4d). Glochidia ortalama boyu 186±14 µm (n=85) olarak tespit edilmiştir. Farklı dişilerden alınan larvalar arasında büyüklük farkı bulunmamıştır (ANOVA; *df*=3, *F*=1,68, *P*>0,1). Glochidia kanca boyu 35±2 (n=44) µm olarak ölçülmüştür, kanca boyu ile glochidia boyu arasında zayıf ilişki belirlenmiştir (*R*²=0,19; *p* <0,01). Glochidia'nın kapak hareketlerinin gözlenmesi sonucu larvaların en hızlı 1,2 sn⁻¹ frekansında kapaklarını açıp kapattıkları ve bu hızı 15 sn boyunca koruyabildikleri

görülmüştür. Bunun dışında birçok larvanın 1 dk⁻¹ frekansından daha düşük sıklıkta kapak açma kapama hareketi yaptığı tespit edilmiştir. Larvaların kapak hareketleri yine su içerisinde olsa bile buldukları ortamdaki çıkarıldıktan sonra genel olarak yavaşlama eğiliminde olduğu görülmüştür.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Çek ve Şerefişan (2006) yaptıkları histolojik incelemeler sonucu Gölbaşı Gölü (Hatay)'nde *U. terminalis* için gametogenezin kış aylarında başladığını bildirmiş ve döl

atımının yaz ile sonbahar başlangıcı arasında gerçekleştiğini hesaplamışlardır. Bu çalışma için toplanan bireylerin Mayıs ve Kasım aylarında yumurta paketi bıraktığı ve mayıs ayında bırakılan paketlerin henüz gelişmemiş yumurtalar içerdiği düşünüldüğünde, *U. terminalis*' in Çine Çayı' nda da benzer bir üreme döngüsünde olduğu söylenebilir.

Yavru miktarı genel olarak canlının üreme moduna bağlıdır (Pechenik, 1979) ve parazitik larval yaşam safhasına sahip hayvanlar için yüksek miktarda yavru sıklıkla görülür (Watters, 2001). Unionid tatlı su midyelerinin larvaları küçüktür (göreceli olarak) ve bu durum çok sayıda yavru üreten canlılar için olağandır; hali hazırda üreme safhalarındaki enerji döngüsü hem büyük hem de çok sayıda yumurta /larvaya izin vermez (Smith ve Fretwell, 1974; Bauer, 1994). Yine de genel olarak larva sayısı, anaç yaşı ve büyüklüğüne de bağlıdır buna ek olarak sıcaklık ve anacın beslenmesi de larva sayısı için belirleyicidir (Hendry ve Day, 2003). *Unio pictorum* ve *Unio tumidus* üzerine yapılan bir çalışmada bırakılan larva miktarları ile ilgili olarak Aldridge ve McIvor (2003) glochidia' nın ip şeklinde teker teker dizili bir şekilde santimetre başına 50–60 adet olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda larvaların formasyonları ip şeklinde diziliden çok, katlı kümeler halinde olduğu şeklinde tarif edilebilir; mm² başına 30 (Şekil 4c) larva tespit edilmiştir. Bu miktar *U. pictorum* ve *U. tumidus* ile gözlenen miktardan çok daha fazladır. İki çalışma arasındaki farklılıklar muhtemelen tür farklılıklarından kaynaklanmaktadır.

Genel olarak Unionidae ailesi mensubu tatlı su midyesi türleri iki farklı tipte glochidia üretirler. Birinci tip larva dişinin marsupium kesesinde sonbahardan ilkbahara kadar tutulur ve bu süre sonunda bırakılır. Bazı türlerinde (örneğin, *Anodonta gibbosa*) görülen bu tip üremede larvalar büyük (~390µm), üçgen şekli kazanmış ve iyi gelişmiş olurlar (Heard, 1975). Örneğin, *Margaritifera margaritifera* diş marsupium kesesinde 1 aydan kısa süreli bir gelişme evresi sonucu oluşan küçük larva (~80µm) yuvarlak şekilli ve tam gelişmemiş haldedir (Wachtler vd., 2001). *U. terminalis* için ise orta büyüklükte (~185 µm) ve iyi gelişmiş glochidia rapor etmiştir (Şereflişan vd., 2009). Çalışmamızda gözlenen glochidia' nın ortalama 186 µm ölçüldüğü düşünüldüğünde sonuçlar birbirleri ile tutarlıdır. Ayrıca denemelerde gözlenen glochidia' nın yapışkan paketlerde iken tamamen gelişmiş ve tutunmaya hazır durumda olması (Şekil 4b, 4c) yine önceki literatür ile bu çalışmanın sonuçları arasında benzerlik olduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışmamızda dişilerden döl almak için yapay yollara gereksinim duyulmamıştır (termik şok, mekanik şok veya kimyasal şok vb.). Fakat içinde sadece yumurtaların olduğu (henüz larval aşamaya geçilmemiş) paketlerin atımını tetikleyen sebep, istenmeden yaratılmış termik veya mekanik şok etkisi olabilir. Özellikle ilk yumurta kesesi bırakımı, midyelerin transferi sonrası gerçekleşmiştir ve muhtemelen midyeler sıcaklık şokuna maruz kalıp döl bırakmışlardır. Diğer "sadece yumurta içeren yumurta paketi" bırakımları için ise

dikkatli hareket edilmesi ve sıcaklık kontrolü bulunmasına rağmen deneme düzeneğinde istenmeden ve fark edilmeden yaratılmış bir şok etkisinin sonucu olabilir.

Hochwald ve Bauer (1990) *Unio crassus* üzerine yaptığı gözlemlerde, bırakılan yumurtaların yaklaşık olarak %10' unun gelişmediğini bildirmiştir ve bu durumu spermlerin yeterli konsantrasyonda yumurtalara ulaşamamasına bağlamıştır. Her ne kadar bazı örneklerde %10' dan fazla miktarda gelişmemiş yumurtaya rastlansada bu çalışma için de benzer bir yorum yapılabilir. Çalışmamızda bazı dişli tatlı su midyelerinin bıraktıkları yumurta paketleri tamamen aynı evredeki yumurta veya larvadan oluşurken (Şekil 3a, 4c) bazı dişilerin yumurta paketlerinde farklı evrelerin bir arada yaşandığı görülmüştür (Şekil 4a, 4b). Bu gözlem kısmen Hochwald ve Bauer (1990)' in yaptığı yorumla açıklanabilir. Fakat bazı örneklerde larvalar yanında bölünmenin başladığı yumurtalarda gözlenmiştir. Eğer bu durum tamamen sperm konsantrasyonunun yetersiz olmasına bağlı olsaydı döllenme olmayacağı için bölünmenin gözlenmemesi gerekirdi. Aynı kapsül içerisinde hem yumurta safhası hem bölünme ve kutup cisimciği oluşumunun başladığı safha hem de larval safhaya ait bireylerin bir arada bulunması durumunu açıklayabilmek için dağılımsal polimorfizm (dispersal polymorphism) kavramı kullanılabilir. Bu üreme taktiğinde diş farklı safhadaki bireyleri bir arada tutarak elverişli olmayan ortam koşullarına karşı farklı alternatifler geliştirmesi şeklinde olmaktadır (Chester, 1996; Krug, 1998). Tatlı su midyelerinde görülen ve konak içeren özelleşmiş yaşam döngülerinin devamlılığının diş etmenlere yüksek oranda bağlı olduğu düşünüldüğünde (ortam şartları, döngünün her bir safhasındaki midyelerin tolerans sınırları içerisinde olmalıdır (Vaughn ve Hakenkamp, 2001), tatlı su midyelerinde dağılımsal polimorfizm görülmesi mantık dışı değildir. Fakat burada farklı tip yumurta üretme durumu söz konusu değildir; aynı tip yumurtadan oluşan farklı safhalardaki bireyler söz konusudur (Güler ve Lök, 2014). Denemelerde yumurta paketlerinde gözlenen farklı safhalardaki bireylerin bir arada bulunma durumu ile ilgili olarak yapılabilecek diğer bir açıklama ise dişilerin stres altında olması olabilir. Tatlı su midyelerinin yumurta paketlerinin stres altındaki oluşum dinamikleri ile ilgili bir çalışma bulunmadığı için bu konu ile ilgili yorum yapmak güç olabilir. Fakat diğer yumuşakça türlerinden edinilen bilgilere göre, dağılımsal polimorfizm, dişinin stres etkenlerine verdiği bir tepki olarak da meydana gelebilir (Krug, 1998).

Kancalı glochidia' nın konak balıkta solungaçlar, deri ve balığın operkular açıklıklarına tutunabildiği bilinmektedir (Wachtler vd., 2001). Çalışmamızda gözlenebildiği kadarı ile balıklara tutunan glochidia solungaçlarda bulunmuş ve hiçbir balığın derisinde veya operkular açıklığında glochidia bulunmamıştır. *U. terminalis* kancalı tip glochidia üretmesine rağmen bu gözlem olağan dışı değildir, benzer çalışmalarda *U. terminalis*' in ürettiği larvaların solungaç dışında nadiren diğer bölgelere tutunduğu belirtilmiştir (Engel, 1990).

Genel olarak glochidium' ların kapak açma hareketlerinin ortamdaki kokulara bağlı olarak yapıldığı ve/veya hızlandırıldığı görüşü hakimdir (Wood, 1974). Bazı araştırmacılar hareketlerin

glochidia' nın bulunduğu ortamda konak hayvana ait kan, mukus veya dokunun mevcudiyetine bağlı olarak hızlandığını bildirmişlerdir (Henley ve Neves, 2001). Bu çalışmanın denemelerinde glochidia, konağa ait hiçbir doku, kan veya mukus örneği bulunmayan sadece su ve yumurta paketi parçalarının bulunduğu ortamda gözlenmiş ve buna rağmen bazı bireylerde yoğun kapak hareketi tespit edilmiştir. Bu durum larvaların kapak hareketlerinin kendi konakları veya bir başka hayvana ait kokunun bulunmadığı ortamlarda da gözlenebileceğinin bir göstergesidir. Ayrıca bu çalışmada *U. terminalis*' in doğal ortamında bulunan konak balıklardan farklı bir tür balığa (*Andinoacara* sp.) tutunabildiği tespit edilmiştir. Tatlı su midyesi larvaları kendi türlerine bağlı olarak geniş veya dar bir çeşitlilikte balık türünü konak olarak kullanabilir. Örneğin küçük ve kancasız yapıda olan *Margaritifera margaritifera* larvaları sadece salmonidlerde gelişirken (Wachtler vd., 2001), *U. crassus*' un farklı ailelerden balık türlerini konak olarak kullanabildiği rapor edilmiştir (Taeubert vd., 2012); bu durum genel olarak larvanın kancalı ve göreceli olarak büyük olması ile açıklanmaktadır (Wachtler vd., 2001).

U. terminalis' i de içine alan birçok tatlı su midyeleri zorunlu parazitik hayat evresine sahiptir. Eğer yaşamlarının bu evresinde uygun bir konak bulamazlarsa üreyemez ve nesillerinin sürekliliğini sağlayamazlar (Zimmerman ve Neves, 2002; Reichard vd., 2010). Çalışmada aynı istasyonun birbirine yakın bölgelerinde farklı zamanlarda birbirlerinden oldukça farklı miktarlarda tatlı su midyesine rastlanmıştır. Bu durum bölgedeki tatlı su midyesi popülasyonunun stabil kalamadığı

şeklinde yorumlanabilir ve tatlı su midyesinin konak olarak kullandığı balıkların bölgedeki güncel popülasyon durumu ile ilişkilendirilerek yapılacak çalışmalarla ortaya konulabilir. Ayrıca tatlı midyelerinin genel olarak ortam koşulları değişikliklerine ve kirliliğe karşı hassas canlılar olmaları (Lydeard vd., 2004; Ercan vd., 2013; Ercan ve Tarkan, 2014) sebebi ile bölgenin su kalitesi midye popülasyonunun devamlılığı bakımından önemlidir. Çalışma süresince su seviyesinin üzerinde çok miktarda ölü tatlı su midyesi kabuğu bulunmuştur. Çine Çayı üzerine kurulu Adnan Menderes Barajı' nın su salımına bağlı olarak Çine Çayının seviyesi yıl içerisinde artıp azalmaktadır. Bunun sonucu olarak çayın özellikle geniş havzalı sığ bölümlerinde yıl içerisinde bir mevsim boyunca adacıklar oluşmaktadır. Muhtemelen tatlı su midyeleri ani su seviyesi farklılıklarında sığ bölgelerden derin bölgelerde geçiş yapamamakta ve su seviyesinin üzerinde kalarak ölmektedir.

TEŞEKKÜR

Tür tayini ile ilgili yardımlarından dolayı Manuel Lopes-Lima'ya teşekkürlerimizi sunuyoruz. Sağladıkları tesis ve laboratuvar ekipmanları için Kılıç Deniz Ürünleri A.Ş.' ne, arazi çalışmalarındaki yardımları için Biyolog Yusuf Öztürk' e ve çalışmanın her aşamasında verdikleri destek için ADÜ Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü öğrencilerine teşekkür ederiz. Bu çalışma Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (ZRF-14012) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- Aldridge, D. C., & McIvor, A. L. (2003). Gill evacuation and release of glochidia by *Unio pictorum* and *Unio tumidus* (bivalvia: Unionidae) under thermal and hypoxic stress. *Journal of Molluscan Studies*, 69, no. (1): 55-59. doi: 10.1093/mollus/69.1.55
- Bauer, G. (1994). The Adaptive Value of Offspring Size among Freshwater Mussels (Bivalvia; Unionidae). *Journal of Animal Ecology*, 63: 933-944. doi: 10.2307/5270
- Bogan, A.E. (2008). Global diversity of freshwater mussels (Mollusca: Bivalvia) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 139-147. doi: 10.1007/s10750-007-9011-7
- Chester, C.M. (1996). The effect of adult nutrition on the reproduction and development of the estuarine nudibranch, *Tenellia adspersa* (Nordmann, 1845). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 198: 113-130. doi: 10.1016/0022-0981(95)00197-2
- Çek, Ş., & Şereflişan, H. (2006). Certain reproductive characteristics of the freshwater mussel *Unio terminalis delicatus* (Lea, 1863) in Gölbashi lake, Turkey. *Aquaculture Research*, 37(13), 1305-1315. doi:10.1111/j.1365-2109.2006.01563.x
- Engel, H. (1990). *Untersuchungen zur Autökologie von Unio crassus in Nord deutschland*. Dissertation, Universität Hannover. Thesis (doctoral)-Universität Hannover, 1990.
- Ercan, E., Gaygusuz, Ö., Tarkan, A. S., Reichard, M., & Smith, C. (2013). The ecology of freshwater bivalves in the lake sapanca basin, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 37(6): 730-738. doi:10.3906/zoo-1212-23
- Ercan, E., & Tarkan, A.S. (2014). Effect of Salinity on the Growth and Survival of the Freshwater Mussel, *Unio crassus*, in an Environmentally Disturbed River. *Pakistan Journal of Zoology*, vol. 46(5): 1399-1406.
- Geist, J. (2010). Strategies for the conservation of endangered freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.): a synthesis of conservation genetics and ecology. *Hydrobiologia*, 664: 69-88. doi: 10.1007/s10750-010-0190-2
- Graf, D. L. (2013). Patterns of Freshwater Bivalve Global Diversity and the State of Phylogenetic Studies on the Unionoida, Sphaeriidae, and Cyrenidae. *American Malacological Bulletin*, 31: 135-153. doi: 10.4003/006.031.0106
- Güler, M., & Lök, A. (2014). Embryonic development and intracapsular feeding in *Hexaplex trunculus* (Gastropoda: Muricidae). *Marine Ecology*, 35: 193-203. doi:10.1111/maec.12066
- Heard, W. L. (1975). Sexuality and other aspects of reproduction in Anodonta (Pelecypoda: Unionidae). *Malacologia*, 15 (1):81-103.
- Hendry, A., & Day T. (2003). Revisiting the positive correlation between female size and egg size. *Evolutionary Ecology Research*, 5: 421-429.
- Henley, W. F., & Neves, R. J. (2001). Behavioral responses of glochidia of freshwater mussels (bivalvia: Unionidae) to chemical cues of fish. *American Malacological Bulletin*, 16(1-2), 131-135.
- Hochwald, S. & Bauer, G. (1990). Untersuchungen zur Populations ökologie und Fortpflanzungs biologie der Bachmuschel *Unio crassus* (PHIL.) 1788. Schriftenreihe Bayerisches Landesamt für Umweltschutz Heft 97: 31-49; München.
- Korniushin, A. V., & Glaubrecht, M. (2003). Novel reproductive modes in freshwater clams: brooding and larval morphology in Southeast Asian taxa of Corbicula (Mollusca, Bivalvia, Corbiculidae). *Acta Zoologica*, 84: 291-315. doi: 10.1046/j.1463-6395.2003.00150.x

- Krug, P.J. (1998). Poecilogony in an estuarine opisthobranch: planktotrophy, lecithotrophy, and mixed clutches in a population of the ascoglossan *Alderia modesta*. *Marine Biology*, 132: 483-494. doi: [10.1007/s002270050414](https://doi.org/10.1007/s002270050414)
- Lamand, F., Roche, K., & Beisel, J. N. (2016). Glochidial infestation by the endangered mollusc *Unio crassus* in rivers of north-eastern France: *Phoxinus phoxinus* and *Cottus gobio* as primary fish hosts. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26: 445-455. doi: [10.1002/aqc.2603](https://doi.org/10.1002/aqc.2603)
- Lopes-Lima, M. & Seddon, M.B. (2014). *Unio terminalis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T164866A42466771. doi: [10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T164866A42466771.en](https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T164866A42466771.en)
- Lundberg, S. & Österling, M. (2016). Return of the Thick-shelled River Mussel – Restoring floodplains, habitats and connectivity by using mussels and brains. *Handbook, UC4LIFE Project*, Skåne County Administrative Board.
- Lydeard, C., Cowie, R. H., Ponder, W. F., Bogan, A. E., Bouchet, P., Clark, S. A., Cummings, K.S., Frest, T.J., Gargominy, O., Herbert, D.G., Hershler, R., Perez, K.E., Roth, B., Seddon, M., Strong, E.E. & Thompson, F. G. (2004). The global decline of nonmarine mollusks. *BioScience*, 54(4): 321-330. doi: [10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0321:TGDONM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0321:TGDONM]2.0.CO;2)
- Ostrovsky, I., Gophen, M., & Kalikhman, I. (1993). Distribution, growth, production, and ecological significance of the clam *Unio terminalis* in Lake Kinneret, Israel. *Hydrobiologia*, 271: 49-63. doi: [10.1007/BF00005695](https://doi.org/10.1007/BF00005695)
- Pechenik, J.A. (1979). Role of encapsulation in invertebrate life histories. *American Naturalist*, 114:859-870
- Reichard, M. Polačik, M., Tarkan, A.S., Spence, R., Gaygusuz, Ö., Ercan, E., Ondračková, M. & Smith, C. (2010). The bitterling-mussel coevolutionary relationship in areas of recent and ancient sympatry. *Evolution*, 64(10): 3047-3056. doi: [10.1111/j.1558-5646.2010.01032.x](https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2010.01032.x)
- Smith, C., & Fretwell, S. (1974). The optimal balance between size and number of offspring. *American Naturalist*, 108:499-506.
- Soto, D. & Mena, G. (1999). Filter feeding by the freshwater mussel, *Diplodon chilensis*, as a biocontrol of salmon farming eutrophication. *Aquaculture*, 171: 65-81. doi: [10.1016/S0044-8486\(98\)00420-7](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00420-7)
- Strayer, D. L., Hunter, D. C., Smith, L. C., & Borg, C. K. (1994). Distribution, abundance, and roles of freshwater clams (Bivalvia, Unionidae) in the freshwater tidal Hudson River. *Freshwater Biology*, 31: 239-248. doi: [10.1111/j.1365-2427.1994.tb00858.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1994.tb00858.x)
- Strayer, D.L., Downing, J.A., Haag, W.R., King, T.L., Layzer, J.B., Newton, T.J., & Nichols, S.J. (2004). Changing Perspectives on Pearly Mussels, North America's Most Imperiled Animals. *BioScience*, 54: 429-439. doi: [10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0429:CPOPMN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0429:CPOPMN]2.0.CO;2)
- Şereflifşan, H., Menderes, S., & Soylu, S. (2009). Description of glochidia of three species of freshwater mussels (unionidae) from southeastern Turkey. *Malacologia*, 51 doi:[10.4002/040.051.0112](https://doi.org/10.4002/040.051.0112)
- Şereflifşan, H. (2014). Investigation on Economical Characteristics of Freshwater Mussels in Gölbaşı Lake (Hatay). *Yunus Araştırma Bülteni*, 2014 (3), 43-49. doi: [10.17693/yunusae.v2014i21953.235714](https://doi.org/10.17693/yunusae.v2014i21953.235714)
- Taubert, J., Martinez, A. M. P., Gum, B., & Geist, J. (2012). The relationship between endangered thick-shelled river mussel (*Unio crassus*) and its host fishes. *Biological Conservation*, 155, 94-103. doi:[10.1016/j.biocon.2012.06.005](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.06.005)
- Vaughn, C. C. (2012). Life history traits and abundance can predict local colonization and extinction rates of freshwater mussels. *Freshwater Biology*, 57: 982-992. doi: [10.1111/j.1365-2427.2012.02759.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2012.02759.x)
- Vaughn, C. C., & Hakenkamp, C. C. (2001). The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology*, 46: 1431-1446. doi: [10.1046/j.1365-2427.2001.00771.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2001.00771.x)
- Wachtler, K., Dreher-Mansur, M. C. & Richter, T. (2001). Larval types and early postlarval biology in naiads (Unionoida). In Bauer, G. & K. Wachtler (eds), *Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg: 93-125.
- Watters, G. (2001). The Evolution of the Unionacea in North America, and Its Implications for the Worldwide Fauna - In: Bauer, G. and Wächtler K. (eds.), *Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 281-307.
- Weber, E. (2005). Population size and structure of three mussel species (Bivalvia: Unionidae) in a northeastern German river with special regard to influences of environmental factors. *Hydrobiologia*, 537, 169-183. doi: [10.1007/s10750-004-2839-1](https://doi.org/10.1007/s10750-004-2839-1)
- Welker, M., & Walz, N. (1998). Can mussels control the plankton in rivers? A planktological approach applying a Lagrangian sampling strategy. *Limnology and Oceanography*, 43: 753-762. doi: [10.4319/lo.1998.43.5.0753](https://doi.org/10.4319/lo.1998.43.5.0753)
- Wood, E. M. (1974). Some mechanisms involved in host recognition and attachment of the glochidium larva of *Anodonta cygnea* (Mollusca: Bivalvia). *Journal of Zoology*, 173: 15-30. doi: [10.1111/j.1469-7998.1974.tb01744.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1974.tb01744.x)
- Zettler, M. L., & Jueg, U. (2007). The situation of the freshwater mussel *Unio crassus* (Philipsson 1788) in north-east Germany and its monitoring in terms of the EC Habitats Directive. *Mollusca*, 25: 165-174.
- Zimmerman, L., & Neves, R. J. (2002). Effects of temperature on duration of viability for glochidia of freshwater mussels (Bivalvia: Unionidae). *American Malacological Bulletin*, 17: 31-35.