

## **Aspects of the life span and phenology of the invasive freshwater shrimps *Atyaephyra desmarestii* (Millet, 1831) at the Northeastern edge of its range (Upper Rhine)**

### **ABSTRACT**

Quantitative aspects of the life cycle of the freshwater shrimp *Atyaephyra desmarestii* were used to investigate its life span at the edge of its distribution area in Central Europe (Upper Rhine) for a period of three years. We estimated the proportion of the population surviving a second hibernation period. The appearance of ovigerous females in late spring was followed by a strong decline in the number of adults, the appearance of a high percentage of juveniles in late summer (0.58 ind./m<sup>2</sup>), and their subsequent disappearance from the shore in winter. A small semivoltine cohort survived a second winter. The average life span was 12-15 (max. 29) months under laboratory conditions. In molecular studies (COX I), the Upper Rhine and Southern France populations clustered within the North Africa/West-Central Europe species clade. Due to its low productivity, this invasive species is unlikely to cause management problems.

Key words: Freshwater shrimp, invasive species, seasonality, age structure, cohort-splitting, reproduction

### **ZUSAMMENFASSUNG**

Quantitative Aspekte des Lebenszyklus der Süßwassergarnele *Atyaephyra desmarestii* wurden verwendet, um die Lebensdauer am Rande des Verbreitungsareals in Zentraleuropa über einen Zeitraum von drei Jahren zu untersuchen. Der Anteil der Population, der eine zweite Überwinterung überstand, wurde analysiert. Das Auftreten von Eier tragenden Weibchen im späten Frühjahr war gefolgt von einem starken Rückgang der Adulten, dem Erscheinen eines hohen Prozentsatzes an Jungtieren im späten Sommer (0,58 Ind./m<sup>2</sup>) und dem nachfolgenden Verschwinden der Tiere aus dem Litoral im Winter. Eine kleine semivoltine Kohorte überlebte einen zweiten Winter. Die durchschnittliche Lebenserwartung unter Laborbedingungen betrug 12-15 Monate (Maximum 29 Monate). In molekularbiologischen Studien (COX I) gruppieren die Populationen des Oberrheins und Südfrankreichs in einem gemeinsamen Cluster mit den Populationen von Nordafrika sowie West- und Mitteleuropa. Durch ihre geringe Produktivität ist nicht zu erwarten, dass dieses Neozoon Managementprobleme verursacht.

## **Population dynamics of the invasive freshwater shrimp *Neocaridina davidi* in the thermally polluted Gillbach stream (North Rhine-Westphalia, Germany)**

### **ABSTRACT**

Ornamental species of the aquarium pet trade contribute more and more to the introduction of previously exotic species in Europe. Among these, freshwater crustaceans play an increasingly larger role. Especially in thermally altered streams they may become invasive; however, field data on population ecology of invasive crustaceans are very rare. The aim of this study was to analyze the population dynamics of the invasive freshwater shrimp *Neocaridina davidi* (indigenous to China and other Asian countries) in a year-round warm-water habitat in the Gillbach stream (North Rhine-Westphalia, Germany), where this species forms a stable population. The species reached abundances between 0.23–1.39 individuals per m<sup>2</sup>. *N. davidi* is highly productive and detectable in the whole Gillbach stream and in the lower Erft River, too. Egg ratio and cohort development were documented for a period of 27 months. Among adults, between 45 and 59% were females (average 50.5%). Life span was about 12 months in the field and up to 21 months under laboratory conditions. Development times under field and laboratory conditions were similar, ovigerous females appeared about 7 months after hatching. The population in the Gillbach stream was multivoltine with about two generations per year. Only 2–3% of eggs reached adulthood in the field most probably due to intensive predation by indigenous and invasive fish species. One specimen could already be detected in the Lower River Rhine. *N. davidi* is omnivorous and well adapted to different freshwater habitats. The risk of further spreading to other European river systems is obvious.

**Key words:** Freshwater shrimp, decapods, invasive species, population dynamics, thermally polluted stream, development

## Leaf-litter preferences of the introduced freshwater shrimps *Atyaephyra desmarestii* and *Neocaridina davidi*

### ABSTRACT

Detailed knowledge of the significance of shrimps in freshwater food webs is very limited. However, determination of the current potential invasion of shrimps into European freshwater systems requires information on their ecology and feeding behaviour. *Atyaephyra desmarestii* has established stable populations in Western and Central Europe, while the ornamental species *Neocaridina davidi* was released in 2009 into a small tributary of the Erft River (North Rhine Westphalia, Germany), where it has thrived. Both species use leaf-litter as a significant food source. In this study, we assessed a reproducible method to compare the preferences of these two shrimp species for decaying leaves of four different species of deciduous tree: alder (*Alnus glutinosa*), Italian poplar (*Populus x canadensis*), pedunculate oak (*Quercus robur*) and goat willow (*Salix caprea*). We also determined the relevance of *A. desmarestii* and *N. davidi* in leaf-litter breakdown. Adults of both species showed a significant preference for leaves of alder and Italian poplar, whereas juvenile individuals did not favour any particular leaf species. *A. desmarestii* and *N. davidi* adults exhibited higher night-time than daytime activity. Diurnal consumption rates were determined for *N. davidi*. It consumed 51.0% leaf litter dry weight per body dry weight per day. *Alnus* and *Salix* leaves (including biofilm) made up the majority of the diet of *Neocaridina*, followed by *Populus* and *Quercus* leaves. Our results demonstrate the distinct relevance of leaf-litter in the diet of freshwater shrimps, and their role in leaf-litter breakdown. While the invasion potential of *A. desmarestii* seems to be relatively low, at least for now, *N. davidi* has thus far been a very successful invader. This is supported by its high feeding rates on leaf litter of the regional vegetation. Since there is no indigenous shrimp species in the study area, the potential implications of the invasion process merit further investigation.

Key words: Food selection, feeding rate, freshwater shrimp, Decapoda, biofilm

### ZUSAMMENFASSUNG

Das Wissen über die Rolle von Süßwassergarnelen in Nahrungsnetzen des Süßwassers ist noch sehr begrenzt. Die derzeit stattfindende Einwanderung dieser Tiere in Europäische Süßwassersysteme erfordert jedoch Informationen über ihre Ökologie und ihr Fressverhalten. Während *Atyaephyra desmarestii* in West- und Mitteleuropa stabile Populationen entwickelt hat, wurde in Nordrhein-Westfalen im Jahre 2009 aus Aquarienzucht *Neocaridina davidi* in den Gillbach, einen Nebenfluss der Erft, ausgesetzt, wo sie sich inzwischen etabliert hat. Beide Arten nutzen Falllaub als wichtige Nahrungsquelle. In dieser Studie haben wir eine reproduzierbare Methode entwickelt, mit der man die Präferenz dieser Garnele für abgestorbenes Blattmaterial von vier einheimischen Laubbäumen, Schwarzerle (*Alnus glutinosa*), Hybrid-Pappel (*Populus x canadensis*), Stieleiche (*Quercus robur*) und Salweide (*Salix caprea*) untersuchen kann. Die Bedeutung beider Garnelenarten für den Abbau wurde bestimmt. Adulte zeigten eine deutliche Vorliebe für Blätter von Schwarzerle und Hybridpappel, Jungtiere präferierten noch keine speziellen Blätter. Adulte beider Arten zeigten eine höhere Nacht- als Tagaktivität. Detailliertere Untersuchungen zur Nahrungsaufnahme wurden nur für *N. davidi* durchgeführt. Die Freßrate betrug 51% Blattrockengewicht bezogen auf Körpertrockengewicht pro Tag. *N. davidi* bevorzugte Blätter von Erle und Weide einschließlich ihrer Biofilme, gefolgt von Pappel und Eiche. Die Ergebnisse verdeutlichen die Bedeutung von Falllaub als Nahrung für Süßwassergarnelen und Ihre Rolle im Abbau des allochthonen Materials. Aufgrund der Unterschiede im Verbreitungspotential scheint *N. davidi* derzeit die erfolgreichere invasive Art zu sein. Dies wird auch durch die hohe Nahrungsmenge von Blattmaterial regionaler Baumarten bestätigt. Da es keine einheimischen Arten im Untersuchungsgebiet gibt, bedürfen die Auswirkungen des Invasionsprozesses weiterer Aufmerksamkeit.

## Zusammenfassung und Summary

In der vorliegenden Arbeit wurden verschiedene Aspekte der Ökologie der zwei in Deutschland vorkommenden neozoischen Arten von Süßwassergarnelen, *Atyaephyra desmarestii* (Millet, 1831) und *Neocaridina davidi* (Bouvier, 1904) untersucht. Bei der bereits seit 1932 im Rheingebiet nachgewiesenen *A. desmarestii* standen Fragen der Phänologie, der Larvalentwicklung, der Lebenserwartung sowie der genetischen Einordnung in ein Cluster mit Populationen mediterraner Herkunft im Vordergrund. Neben den Arbeiten im Freiland wurden alle Fragestellungen auch im Labor überprüft. Durch eine vierjährige Sammeltätigkeit konnte insbesondere die Existenz einer kleinen semivoltinen Kohorte von 2 %, alles Weibchen, bestätigt werden. Eine von den mediterranen Populationen abweichende Phänologie wurde dokumentiert; dennoch gruppierten die Populationen (COX I) in einem gemeinsamen Cluster. *N. davidi*, die seit 2009 im Gillbach, einem thermisch belasteten Bach, der zur Erft entwässert, erstmalig nachgewiesen wurde, hat sich dort inzwischen etabliert und stabile Populationen entwickelt. Von besonderem Interesse war es, die Entwicklung einer solchen Population über einen Zeitraum von zwei Jahren zu dokumentieren. Dabei konnte belegt werden, dass die jahreszeitlich eher geringen Temperaturschwankungen für die Art keine große Rolle spielen. Dafür ist eine eindeutige Korrelation mit der, in großen Abschnitten im Bachbett bestandsbildenden, neophytischen Wasserpflanze *Vallisneria spiralis* L. nachweisbar. Ihr lichtabhängiger Rückgang am Jahresende führt für *N. davidi* zum Verlust von Versteckmöglichkeiten, aber auch zu Einschränkungen in der Ernährung, da absterbende Blätter meist komplett gefressen werden. Die in der Arbeit dokumentierte Reproduktionsrate ist relativ hoch. Eine Besiedlung des gesamten Bachverlaufs wurde festgestellt, und eine Ausbreitung in die Erft ist nachgewiesen. Auch dort hat sich eine stabile Population manifestiert. *A. desmarestii* und *N. davidi* sind beide omnivor, zeigen aber im Freiland wie im Labor ein deutliches Interesse an konditioniertem Laub verschiedener Baumarten. In Arenaexperimenten wurde die Präferenz für verschiedene Laubarten an juvenilen und adulten *A. desmarestii* und *N. davidi* getestet. Signifikante Unterschiede im Präferenzverhalten waren nur bei Adulten beider Arten nachweisbar. Untersuchungen zur Nahrungsaufnahme wurden nur für *N. davidi* durchgeführt, wobei eine Fressrate von 51 % Blatttrockengewicht bezogen auf Körpertrockengewicht pro Tag gemessen werden konnte. *N. davidi* wird bei weiterer Ausbreitung demnach eine deutliche Rolle im Abbau dieses allochthonen Materials spielen.

In the present work, various aspects of the ecology of two invasive species of freshwater shrimp, occurring in Germany, *Atyaephyra desmarestii* (Millet, 1831) and *Neocaridina davidi* (Bouvier, 1904) was examined. *A. desmarestii*, already found in the Rhine area since 1932, posed different questions of phenology, larval development, life span and genetic classification in a cluster with populations of Mediterranean origin. In addition to the work in the field, all questions were also investigated in the laboratory. Through a four-year collecting activity, especially the existence of a small semivoltine cohort of 2 %, all females, could be confirmed. A different phenology from the Mediterranean populations has been documented; nevertheless, the populations clustered (COX I) in a common cluster. *N. davidi*, first found 2009 in the Gillbach, a thermally polluted stream, that is drained to the Erft river, has established there a stable population. It was of particular interest to document the development of such a population over a two-year period. It could be proven that the seasonally rather small temperature fluctuations do not play a major role for the species. But there is a clear correlation with the neophytic aquatic plant *Vallisneria spiralis* L. detectable, which is stock-building in large sections of the stream bed. Its light-dependent decline at the end of the year leads to a loss of hiding places for *N. davidi*, but also to restrictions in the diet, as decaying leaves are usually completely eaten. The reproductive rate, documented in this work, is relatively high. Populations were found in the entire course of the stream, and a spread into the Erft river is proven. There, too, a stable population has manifested itself. *A. desmarestii* and *N. davidi* are both omnivorous, but in the field as well as in the laboratory, they showed a clear interest in conditioned leaves of various deciduous trees. In arena experiments, juvenile and adult *A. desmarestii* and *N. davidi* were tested to differentiate the preference for different leaf types. Significant differences in preference behavior were only detectable in adults of both species. Ingestion studies were only conducted for *N. davidi*. A feeding rate of 51 % leaf dry weight per body dry weight per day could be determined. Further spreading of *N. davidi* will play a significant role in the degradation of this allochthonous material.