

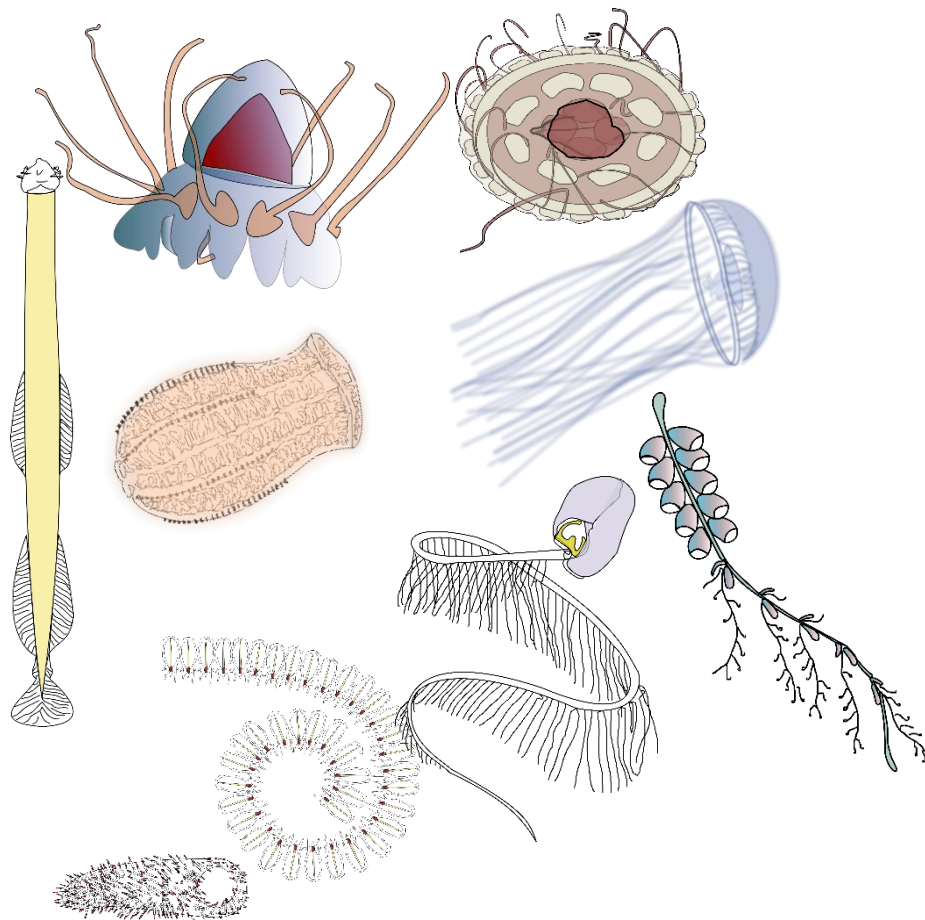
The role of gelatinous zooplankton in coastal and oceanic food webs: life history strategy and trophic ecology

Dissertation

in fulfilment of the requirements of the degree "Dr.rer.nat."

of the Faculty of Mathematics and Natural Sciences

at Kiel University



Submitted by

Xupeng Chi

Kiel, March 2019

First referee: Prof. Dr. Ulrich Sommer

Second referee: Prof. Dr. Jamileh Javidpour

Date of the oral examination: 05. April. 2019

Summary

Gelatinous zooplankton (GZ) are comprised of diverse taxonomic groups. The population outbreaks of some GZ species occurring in marine ecosystems have drawn increasing attention because of their eco-economic consequences in recent decades. In this context, many ecological questions about GZ have not been well documented. This dissertation aims to investigate essential biomolecules transfer and consequences on life history traits of a model organism *Aurelia aurita* under the combined effects of food quality, food quantity, and temperature. Besides, large-scale stable isotope data were assembled in order to discover the general community structure of GZ in the oceanic food web (the “jelly web”).

The dissertation structures in the form of five chapters. The first chapter gives a general introduction to GZ in marine food webs and basic theory of bio-tracers. The sub-topics of the first chapter include a) GZ and “jellyfish bloom”; b) Life history traits of GZ; c) GZ in food webs; d) Trophic markers in ecological research, and e) Research objectives. Chapter 2 displays and discusses the role of food quality combined with food quantity and temperature affecting essential biomolecules transfer in a three-trophic-level food chain encompassing *A. aurita* polyps. The results showed that the fatty acid (FA) composition of polyps could be tracked back to their prey. Contents of different FA groups in prey resulted in a similar relative composition in polyps excepted for one component, arachidonic acid (ARA). It revealed a potential to use ARA as a FA marker to discover trophic relationship between polyps and their predators. Moreover, the ratio of saturated FA and unsaturated FA (SFA: UFA) of polyps was found to be altered by environmental temperature which reflects an adaption to seasonal changes and maybe related to their life history strategy. Chapter 3 is a follow-up study, which stresses these environmental factors influencing on life history traits of the moon jelly, *A. aurita*, polyps. Highly unsaturated FA (HUFA) as food quality indicators were found positively affecting polyp’s survival (especially under heat wave scenarios) and asexual reproduction. This emphasizes a potential bias of those studies which did not take food quality effect into account. For example, previous studies were potentially underestimating budding reproduction of polyps for up to 34.5 %. Moreover, both strobilation rate and ephyra production affected by food quality. Based on these findings, a novel tolerance curve for polyps has been suggested.

In Chapter 4, the trophic ecology of oceanic GZ is presented. By applying stable isotope (SI) analysis in the eastern tropical Atlantic (ETA), the general jelly web structure and isotopic niche differentiation of different GZ taxonomic groups in the overall pelagic food web was assessed. Most notably, GZ covered a large proportion in the whole food web and occupying at least 3 trophic levels. A constancy isotopic niche partitioning of different taxonomic groups was found in different habitats. However, distinct niche overlaps also indicated potential competition in some groups. Finally, chapter 5 summarized the findings from the experimental and field studies on GZ and put forwarded outlooks for further GZ ecology research in both coastal and oceanic food webs. In summary, this dissertation stresses food quality as an important factor playing critical roles on essential biomolecules transfer in food webs and explaining polyps' life history strategies under multiple stressors. Furthermore, as GZ play diverse and critical roles in aquatic food webs, the trophic “dead-end” concept of GZ should be reassessed.

Zusammenfassung

Gelatinöses Zooplankton (GZ) besteht aus einer Vielzahl verschiedener taxonomischer Gruppen. Blüten von einigen dieser Gruppen haben in den letzten Jahrzehnten durch ihre erheblichen ökologischen und ökonomischen Auswirkungen, große Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Dennoch ist über GZ bis jetzt nur verhältnismäßig wenig bekannt und viele Fragen sind immer noch unbeantwortet. Ziel dieser Dissertation ist es den Transfer von essentiellen Biomolekülen und „Life History Traits“ unter Kombination verschiedener Effekte wie Nahrungsqualität, Nahrungsquantität und Temperatur, anhand des Model-Organismus *Aurelia aurita* zu untersuchen. Um die allgemeine Rolle des GZ im ozeanischen Nahrungsnetz zu verstehen, dem sogenannten „Jelly-Web“, wurde zusätzlich ein breiter Datensatz an Stablen Isotopen gesammelt.

Diese Dissertation beinhaltet 5 Kapitel. Das erste Kapitel gibt mit den Unterthemen a) GZ und Quallen Blüten, b) „Life History Traits“ von GZ, c) GZ in Nahrungsnetzen, g) Trophische marker in der Ökologie und e) Forschungs-Ziel, eine allgemeine Übersicht über GZ in marinen Nahrungsnetzen und die grundsätzliche Theorie der Biomarker. Das zweite Kapitel befasst sich mit den Auswirkungen von Nahrungsqualität kombiniert mit Nahrungsquantität und Temperatur, auf den Transfer von Biomolekülen in einem drei-stufigem trophischem System, welches Polypen von GZ beinhaltet. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Fettsäurekomposition der Polypen bis zu ihrer Beute zurückverfolgen lässt. Die Mengen verschiedener Fettsäuregruppen in der Beute spiegeln sich in der relativen Fettsäurekomposition der Polypen wieder, mit Ausnahme von Arachidonsäure (ARA). Dies zeigt, das ARA möglicherweise als Fettsäuremarker genutzt werden kann um Räuber-Beute-Beziehungen zwischen anderen Organismen und Polypen zu untersuchen. Das dritte Kapitel beschäftigt sich mit einer Folge-Studie, der zuvor im zweiten Kapitel diskutierten Ergebnisse. Hierbei geht es um die Auswirkungen von Umweltfaktoren auf die „Life History Traits“ von Ohrenquallen *A. aurita* Polypen. Zusätzlich dazu wurde ein positiver Einfluss, von hoch ungesättigten Fettsäuren (HUFAs), welche auch als Indikatoren für die Nahrungsqualität gelten, auf das Überleben der Polypen (besonders unter Hitzestress) und ihre asexuelle Reproduktion, beobachtet. Dies zeigt, dass der Aspekt der Nahrungsqualität in bisherigen Studien übersehen wurde. Frühere Studien wurden unterschätzt, die aufkeimende Vermehrung von Polypen könnte bis zu 34,5% betragen. Darüber hinaus, wird eine neue Toleranzkurve für Polypen vorgeschlagen.

In Kapitel 4 wurde die trophische Ökologie von ozeanischem GZ im östlichen tropischen Atlantik mit Hilfe von stabilen Isotopenanalysen, untersucht. Die grundlegende Struktur des Jelly-Webs und die isotopische Nischendifferenzierung von verschiedenen taxonomischen GZ Gruppen innerhalb des pelagischen Nahrungsnetzes wurden ermittelt. Hierbei ist erwähnenswert, dass das GZ einen großen Anteil des Nahrungsnetzes mit abdeckt und mindestens drei verschiedene trophische Stufen besetzt. Es wurde eine konstante isotopische Nischenaufteilung der verschiedenen taxonomischen Gruppen in verschiedenen Habitaten beobachtet. Trotzdem zeigen klare Nischenüberlappungen auch Grund zur Annahme, dass einige dieser Gruppen in Konkurrenz miteinander stehen. Das fünfte Kapitel fasst alle Ergebnisse der experimentellen und Feldstudien über GZ zusammen und gibt eine Aussicht auf zukünftige Forschungen zu GZ, sowohl in den Nahrungsnetzen der Küsten, als auch des offenen Ozeans.

Zusammenfassend, betont diese Dissertation die Rolle von Nahrungsqualität als ein bedeutender Faktor für den Transfer von essentiellen Biomolekülen in Nahrungsnetzen und erklärt die „Life History“ Strategie von Polypen unter dem Einfluss von multiplen Stressoren. Des Weiteren, zeigt sie, dass GZ eine wichtige und mannigfaltige Rolle in Nahrungsnetzen spielt, weshalb das „Sackgassen“ Konzept für GZ überdacht und reformiert werden sollte.