


Characterization of nitrogen dynamics in an aquaponic system

Doctoral Thesis

Author(s):

Schmautz, Zala 

Publication date:

2020

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000464851>

DISS. ETH NO. 27159

Characterization of nitrogen dynamics in an aquaponic system

A thesis submitted to attain the degree of
DOCTOR OF SCIENCES of ETH ZURICH
(Dr. sc. ETH Zurich)

Presented by

Zala Schmautz

MSc in Sanitary Engineering, University of Ljubljana

Born on 19.04.1990

Citizen of Slovenia

Accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Emmanuel Frossard, examiner

Prof. Dr. Theo H. M. Smits, co-examiner

Prof. Dr. Ranka Junge, co-examiner

Assoc. Prof. Dr. Michael Kertesz, co-examiner

2020

ABSTRACT (EN)

The rapid environmental change during the last years has emphasized the need for new global solutions for food production. However, a substantial increase in food production with a concomitant reduction of its environmental footprint presents a significant challenge and requires the development of nutrient efficient and sustainable strategies. Here, multi-trophic aquaponic systems, which reduce nutrient loss to the environment through the co-cultivation of plants and aquatic animals, may present a solution. These systems consist of various compartments, with each compartment having its own specific function as part of the total system. This compartmentalization of functions creates a range of unique microenvironments, each of which supports the development of a unique microbial community. This high microbial diversity makes aquaponics an attractive soilless model system for the study of nutrient transformation processes. In particular, the nitrogen cycle is of importance, as its disruption is not only detrimental to plant and animal growth but has environment-wide consequences. This dissertation deepens the understanding of aquaponic system-specific nitrogen transformation processes through the characterization of individual interactions in the aquaponic compartments on both a chemical and a microbial level. To this end, next-generation DNA sequencing was used to characterize localized microbial community composition and diversity and was combined with chemical analyses to determine nutrient content and abiotic parameter values. Significant differences in nitrogen composition and abiotic parameters were observed between the individual compartments of the aquaponic system. These differences could be responsible for the unique microenvironments that, in turn, give rise to specific microbial communities and, thus, foster further specialization of compartment function. Notable differences were especially observed between the aerobic and anaerobic compartments regarding archaeal and bacterial composition. While this work investigated both the presence and composition of bacterial and archaeal communities, it also points to the importance of determining their active role in the nitrogen cycle.

ZUSAMMENFASSUNG (DE)

Die raschen Veränderungen der Umwelt in den letzten Jahren haben die Notwendigkeit neuer globaler Lösungen im Bereich der Nahrungsmittelproduktion deutlich gemacht. Eine wesentliche Steigerung der Nahrungsmittelproduktion bei gleichzeitiger Verringerung des ökologischen Fussabdrucks stellt jedoch eine grosse Herausforderung dar und erfordert die Entwicklung nährstoffeffizienter und nachhaltiger Strategien. Hier können multitrophe aquaponische Systeme, die den Nährstoffverlust an die Umwelt durch die Co-Kultivierung von Pflanzen und Wassertieren reduzieren, eine Lösung darstellen. Diese Systeme bestehen aus verschiedenen Kompartimenten mit jeweils spezifischen Funktionen. Diese Kompartimentierung schafft eine Vielfalt einzigartiger Mikrohabitate, welche wiederum die Entstehung vielfältiger mikrobieller Gemeinschaften ermöglichen. Diese mikrobielle Vielfalt macht Aquaponik zu einem attraktiven substratlosen Modellsystem zur Untersuchung von Nährstofftransformationsprozessen. Insbesondere der Stickstoffkreislauf ist von Interesse, da dessen Störung nicht nur das Wachstum von Pflanzen und Tieren hemmt, sondern auch die Umwelt schädigen kann. Durch die Charakterisierung der Wechselwirkungen einzelner Systemkompartimente auf chemischer und mikrobieller Ebene gewährt diese Dissertation Einblick in die systemspezifischen Stickstofftransformationsprozesse einer Aquaponikanlage. In unterschiedlichen Kompartimenten wurde mit DNA-Sequenzierung die Zusammensetzung mikrobieller Gemeinschaften ermittelt und mit chemischen Analysen lokale abiotische Parameter und Nährstoffgehalte bestimmt. Es konnten signifikante Unterschiede in der Stickstoffzusammensetzung und den abiotischen Parametern zwischen den einzelnen Kompartimenten festgestellt werden. Diese Unterschiede könnten für die einzigartigen Mikroumgebungen verantwortlich sein, die wiederum spezifische mikrobielle Gemeinschaften hervorbringen und damit eine weitere Spezialisierung der Kompartimentfunktion weiter unterstützen. Besonders die aeroben und anaeroben Kompartimente unterschieden sich hinsichtlich der archaealen und bakteriellen Zusammensetzung. Während diese Arbeit sowohl das Vorhandensein als auch die Zusammensetzung bakterieller und archaealer Gemeinschaften untersuchte, weist sie auch auf die Bedeutung der Bestimmung ihrer aktiven Rolle im Stickstoffkreislauf hin.