



Doctoral Thesis

## Microbial diversity in the forefield of a receding glacier

**Author(s):**

Miniaci, Ciro

**Publication Date:**

2007

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005486335> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 17246

# **Microbial Diversity in the Forefield of a Receding Glacier**

A dissertation submitted to the

**SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH**

for the degree of

**DOCTOR OF SCIENCES**

presented by

**Ciro Miniaci**

Dipl.-Biologist University of Göttingen, Germany

born on August 13, 1971

citizen of Italy

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Josef Zeyer, examiner  
Prof. Dr. Bernhard Schmid, co-examiner  
Prof. Dr. Matthias Baltisberger, co-examiner

Zurich 2007

Since the end of the Little Ice Age in 1850, Swiss Alpine glaciers have retreated to approximately 50 % of their original extent and continued increases in global temperatures may cause the total loss of the Alpine glaciers by the year 2100. This retreat reveals a nutrient-poor and vegetation-free forefield. Glacier forefields provide an opportunity to explore ecosystem development and primary succession in a natural environment. Previous studies have investigated the succession of flora and fauna in such systems, however, knowledge about the microbiological processes occurring in these habitats remains incomplete. Therefore a more complete understanding about the dynamics of these developing ecosystems is required.

In this thesis, bacterial interactions with the pioneering plant *Leucanthemopsis alpina* (L.) Heywood (*L. alpina*) in the forefield of the Dammaglacier (central Switzerland) were investigated. *L. alpina* is one of the most abundant plants at this site and therefore it was used to compare plant-bacterial interactions at different successional stages of the forefield. The successional stages of the forefield were assigned according to the number of years since glacial retreat.

Four research questions were addressed: (i) Can the patchy occurrence of *L. alpina* plants during early succession lead to the establishment of small-scale spatial gradients of nutrients, microbial community structure and activity? (ii) Does microbial community structure within the glacier forefield change during the growing season (June to September)? (iii) Does the time since glacial retreat influence the microbial community structure along the forefield? (iv) How can DGGE (Denaturant Gradient Gel Electrophoresis), a common molecular tool for the assessment of soil microbial diversity, be optimized to obtain more consistent experimental results?

In the early successional stages of the glacier forefield, the plant influenced bacterial cell numbers, activities, and soil enzymatic properties within the root-zone as far as 20 cm from

the plant. Fingerprinting did not reveal a clear distance effect on the microbial communities around patches of *L. alpina* plants. The effect of seasonal change on bacterial communities was dependent on the successional stage. While bacterial communities from the earlier successional stages were influenced by seasonality, microbial communities from later successional stages remained unaffected. While environmental parameters such as foliage-cover and N-availability changed in early successional soils over the growing season, they remained consistent in late successional soils. Soil-age affected microbial community structure. In the early successional stages the microbial community patterns from rhizosphere and bulk soils were clearly distinguishable from each other, whereas at the later successional stages the microbial community patterns from these two soil compartments were not significantly different. It was shown that electrophoresis run times of DGGE gels should be minimized to provide optimal band resolution. Extended electrophoresis run times may lead to inconsistent fingerprinting results due to the instability of the denaturing gradient in the gel.

Seit dem Ende der kleinen Eiszeit in der Mitte des 19. Jahrhunderts sind die Schweizer Gletscher auf annähernd 50% ihrer ursprünglichen Ausdehnung abgeschmolzen. Ein weiterer Anstieg der globalen Temperaturen wird voraussichtlich dazu führen, dass die alpinen Gletscher bis zum Jahre 2100 weitgehend verschwinden werden. Als Folge davon wird die Ausdehnung von Gletschervorfeldern erheblich zunehmen. Daher ist es von besonderem Interesse, ein besseres Verständnis über die Dynamik dieser sich entwickelnden Ökosysteme zu gewinnen. Darüber hinaus bieten Gletschervorfelder eine hervorragende Möglichkeit, Prozesse der primären Sukzession in einer natürlichen Umwelt zu untersuchen. Die Sukzession von Pflanzen und Tieren in Gletschervorfeldern wird seit Jahrzehnten ausgiebig untersucht. Demgegenüber ist aber das Verständnis der mikrobiellen Prozesse in diesen Habitaten nach wie vor sehr lückenhaft.

In dieser Dissertation wurden Wechselwirkungen zwischen Bakterien und der Pionierpflanze *Leucanthemopsis alpina* (L.) Heywood (*L. alpina*) entlang des Dammagletscher Vorfeldes in der Zentralschweiz untersucht. *L. alpina* ist eine der am häufigsten vorkommenden Pflanzen in diesem Untersuchungsgebiet. Daher wurde diese Pflanzenart ausgewählt, um die Interaktion zwischen Pflanzen und Bakterien in verschiedenen Sukzessionsstadien zu untersuchen.

Vier Hauptfragen wurden in dieser Arbeit behandelt: (i) Die Pionierpflanze *L. alpina* kommt in Form einzelner Pflanzengruppen in den frühen Sukzessionsstadien des Gletschervorfeldes vor. Können sich im Bereiche dieser Pflanzengruppen kleinräumige Nährstoff- und mikrobielle Aktivitäts- und Diversitäts-Gradienten ausbilden? (ii) Hat der saisonale Wechsel (während der Untersuchungsperiode Juni bis September) einen Einfluss auf die mikrobiellen Gemeinschaften im Gletschervorfeld? (iii) Wird das Muster der mikrobiellen Diversität entlang des Vorfeldes durch das Alter des Bodens beeinflusst? (iv) *Denaturant Gradient Gel Electrophoresis* (DGGE) wird für die Untersuchung der mikrobiellen Diversität im Boden

häufig genutzt. Wie kann diese Methode optimiert werden, um konsistente Versuchsergebnisse zu gewährleisten?

Untersuchungen im Gletschervorfeld haben zu folgenden Ergebnissen geführt: Im Bereiche des Wurzelraumes von *L. alpina* wurden in den frühen Sukzessionsstadien bakterielle Zellzahlen, mikrobielle Aktivitäten und enzymatische Parameter von der Pflanze markant beeinflusst. Dieser Effekt erstreckte sich bis zu einem Radius von 20 cm um die Pflanzen. Die Daten zum genetischen Profil der mikrobiellen Gemeinschaft im Umfeld der Pflanzen zeigten aber, dass die Struktur der mikrobiellen Gemeinschaften nicht vom Abstand zu *L. alpina* abhängig war. Der saisonale Einfluss auf die mikrobielle Struktur war vom jeweiligen Sukzessionsstadium abhängig. Während die mikrobiellen Gemeinschaften in den frühen Sukzessionsstadien deutlich einem saisonalen Effekt unterlagen, war dieser bei den mikrobiellen Gemeinschaften der späten Sukzessionsstadien nicht erkennbar. In ähnlicher Weise zeigten verschiedene Umweltparameter, wie beispielsweise Stickstoffverfügbarkeit und Pflanzenbedeckungsgrad, unterschiedliche saisonale Muster. In den frühen Sukzessionsstadien nahm der Pflanzenbedeckungsgrad während der Sommermonate kontinuierlich zu. Parallel dazu nahm die Stickstoff-Verfügbarkeit ab. Dagegen war in den späten Sukzessionsstadien kein eindeutiger Trend erkennbar. Das Alter des Bodens hatte einen Einfluss auf die mikrobielle Populationsstruktur. In frühen Sukzessionsstadien zeigten die mikrobiellen Strukturen in rhizosphären- und nicht-rhizosphären Böden erhebliche Unterschiede. Im Gegensatz dazu war in späten Sukzessionsstadien kein Unterschied erkennbar. Es zeigte sich, dass die Laufzeit von DGGE Gelen minimiert werden muss, um eine optimale Auflösung des Bandenmusters zu gewährleisten. Zudem können erhöhte Gel-Laufzeiten durch Instabilität des denaturierenden Gradienten zu inkonsistenten *Fingerprints* führen.