



Doctoral Thesis

## Patterns of distribution and traits of Asteraceae forbs along altitudinal gradients in their native and introduced ranges

**Author(s):**

Alexander, Jake Maximillian

**Publication Date:**

2007

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005521253> →

**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. 17399

# **Patterns of distribution and traits of Asteraceae forbs along altitudinal gradients in their native and introduced ranges**

A dissertation submitted to the

**SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH**

for the degree of

**Doctor of Sciences**

presented by

**JAKE MAXIMILLIAN ALEXANDER**

BSc (Hons.) Biological Sciences, Imperial College London

born 17<sup>th</sup> August 1980

citizen of Great Britain

accepted on the recommendation of

Prof. Peter J. Edwards, examiner

Dr. Hansjörg Dietz, co-examiner

Prof. Antoine Guisan, co-examiner

2007

## Abstract

**1.** Alien invasive species offer unique opportunities to broaden our knowledge of ecological, biogeographic and evolutionary processes. In particular, the adoption of a comparative approach, studying populations in both their native and introduced ranges, can reveal which factors determine the ability of alien species to spread and invade communities. Such factors include adaptation to changing abiotic conditions, new positive or negative interactions with native species in the introduced range and propagule pressure. However, studies of processes at the invasion front are rarely possible, due to the difficulties of locating the front in heterogeneous landscapes over large spatial scales. We use mountains as model systems to study the spread of alien plant species along environmental (i.e. altitudinal) gradients in the new range. Because the altitudinal limit of an invading species represents an invasion front, an appreciation of the factors determining this limit can reveal the processes underlying invasions in a wider sense. By comparing invasion patterns of eight Asteraceae forb species along altitudinal gradients in their native and introduced ranges in canton Valais (southern Swiss Alps) and the Wallowa Mountains (northeast Oregon, U.S.A.), we aimed to achieve a deeper mechanistic understanding of the factors and processes affecting plant invasions along environmental gradients.

**2.** A survey of the distribution of these species in roadsides along altitudinal gradients revealed strong similarities in altitudinal distribution patterns between ranges. Furthermore, the maximum observed altitudes were remarkably similar between ranges of most species. This suggests that neither the need to adapt to changing climatic conditions along the gradient nor low propagule pressure has prevented the species from reaching high altitudes in the new range. However, clear region-specific differences in the relative occurrence of alien species in ruderal sites indicate the greater importance of disturbance, probably via release from competition, on invasion patterns.

**3.** We observed a broad convergence in patterns of quantitative trait variation in natural populations along altitudinal gradients between the native and introduced areas, which also suggests that the need to adapt to changing climatic conditions has not prevented the spread of these species. However, differences in patterns of resource allocation to seeds within capitula suggest that the processes underlying clinal variation in seed size differ between

ranges. The importance of region-specific effects (independent of species status) on the strength of clinal patterns of variation indicate the importance of a reciprocal comparative approach to interpret changes in alien plant performance between ranges.

**4.** Analysis of genetic variation at microsatellite loci within and between populations revealed evidence that the perennial out-crossing *Solidago canadensis* passed through a genetic bottleneck on introduction to the Valais. This was not the case for a second species, the annual autogamous *Lactuca serriola* in the Wallowa Mountains, which was more variable in this region than in the Valais. Reduced genetic variation has apparently had no effect on the altitudinal amplitude of *S. canadensis*, although increasing variation in *L. serriola* might be linked to its wider altitudinal distribution in the Wallowa Mountains.

**5.** The broad similarity in patterns of trait variation and altitudinal distributions of these alien species, established within c. 100 years of their introduction and despite considerable changes in patterns of genetic variation, are consistent with theories of niche conservatism. Thus although adaptive changes might occur in the new range (e.g. along altitudinal gradients), these appear to be rather confined to the limits of the fundamental niche. Potential exceptions are *L. serriola* and *Cichorium intybus*. Overall, the results of this thesis suggest that biotic interactions with native species, especially competitors, exert a much stronger constraint on the spread of alien species along environmental gradients than changing climatic conditions.

## Zusammenfassung

**1.** Eingeführte invasive Arten bieten einzigartige Möglichkeiten unser Wissen über ökologische, biogeographische und evolutionäre Prozesse zu erweitern. Comparative Ansätze, die Populationen zwischen dem nativen und dem eingeführten Areal untersuchen, sind besonders wertvoll für die Analyse welche Faktoren der Ausbreitungsfähigkeit und Invasibilität eingeführter Arten unterliegen. Solche Faktoren umfassen die Anpassung an veränderte abiotische Bedingungen, neue positive oder negative Interaktionen mit einheimischen Arten im eingeführten Areal und Propagulendruck. Untersuchungen an der Invasionsfront einer Art sind nur selten möglich, da oft keine eindeutige Invasionsfront im heterogenen Landschaftsmosaik zu finden ist. Wir verwenden Gebirge als Modellsysteme um die Ausbreitung von eingeführten Pflanzenarten entlang von Umweltgradienten (in unserem Fall Höhengradienten) im eingeführten Areal zu untersuchen. Weil die Höhengrenze des Areals einer invasiven Pflanzenart im Gebirge eine Invasionsfront darstellt, kann die Analyse der Faktoren, die diese Höhengrenze beeinflussen, Einblicke in generelle, Pflanzeninvasionen fördernde bzw. limitierende Faktoren geben. Wir haben die Invasionsmuster von acht verschiedenen Staudenarten aus der Familie der Asteraceae in ihrem nativen und eingeführten Arealen, in den südlichen Schweizer Alpen (Wallis) und den Wallowa Mountains (OR, USA), untersucht. Unser Ziel war ein vertieftes mechanistisches Verständnis der Faktoren und Prozesse zu erlangen, die Pflanzeninvasionen entlang von Umweltgradienten beeinflussen.

**2.** In einer Untersuchung im Strassenrandbereich entlang von Höhengradienten waren die Verbreitungsmuster der Arten im einheimischen und eingeführten Areal sehr ähnlich. Die höchsten Vorkommen der meisten Arten waren ebenso in beiden Arealen auffallend ähnlich. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass weder eine Anpassungsnotwendigkeit an sich ändernde klimatische Bedingungen mit der Höhe noch ein niedriger Propagulendruck die Arten daran gehindert haben, auch im eingeführten Areal bis in höher gelegene Gebiete im Gebirge vorzudringen. Klare Unterschiede zwischen den Arealen im relativen Vorkommen der Arten an Ruderalstellen weisen jedoch auf die grosse Bedeutung von Störungen (Verminderung von Konkurrenz) für das Invasionsmuster hin.

**3.** Wir konnten eine weitgehende Konvergenz in den Mustern quantitativer Merkmale in den untersuchten Populationen der Arten entlang des Höhengradienten beobachten. Dies

ist ein weiterer Hinweis darauf, dass zunehmender Selektionsdruck durch sich ändernde klimatische Bedingungen mit zunehmender Höhe nicht die Ausbreitung der Arten entlang des Gradienten eingeschränkt haben. Unterschiede zwischen den beiden Arealen in der Ressourcenallokation bei Samen innerhalb einzelner Blütenköpfchen weisen aber darauf hin, dass die Prozesse, die der klinalen Variation der Samengrösse unterliegen, zwischen beiden Arealen unterschiedlich sind. Die Bedeutung von regionspezifischen (arealspezifischen) Einflüssen auf die Stärke klinaler Variationsmuster verdeutlichen die Wichtigkeit des gewählten reziproken Untersuchungsansatzes für die Interpretation von Unterschieden in der Performance der Arten zwischen den Arealen.

**4.** Die Analyse genetischer Variabilität innerhalb und zwischen Populationen auf der Ebene von Mikrosatelliten ergab Hinweise darauf, dass die fremdbestäubte perenne *Solidago canadensis* bei der Einführung ins Wallis durch einen genetischen Flaschenhals gegangen ist. Für eine zweite Art, die annuelle autogame *Lactuca serriola* war das in den Wallowa Mountains nicht der Fall. Diese Art war im Gegensatz zu *S. canadensis* im eingeführten Areal genetisch sogar variabler als im nativen Areal. Eine reduzierte genetische Variabilität im eingeführten Areal hatte offensichtlich keinen Einfluss auf die Höhenverbreitung von *S. canadensis* im eingeführten Areal. Auf der anderen Seite könnte die höhere genetische Variabilität von *L. serriola* im eingeführten Areal mit ihrer dort besonders breiten Höhenverbreitung in Zusammenhang stehen.

**5.** Obwohl die Arten erst vor ca. 100 Jahren in ihr neues Areal eingeführt wurden und trotz deutlicher Unterschiede in der genetischen Variabilität zeigten sie zwischen den beiden untersuchten Arealen weitgehende Übereinstimmung in ihren Merkmalen und in ihrer Höhenverbreitung. Dies passt zur Theorie der Nischenkonservierung. Obwohl die Arten also in ihrem neuen Areal adaptive Veränderungen zeigen könnten (zB entlang eines Höhengradienten) scheinen sich solche Änderungen mehr oder weniger innerhalb der Grenzen ihrer fundamentalen ökologischen Nische zu ereignen. *L. serriola* und *Cichorium intybus* stellen aber zwei mögliche Ausnahmen dar. Insgesamt weisen die Ergebnisse dieser Doktorarbeit darauf hin, dass biotische Interaktionen mit nativen Organismen im neuen Areal (insbesondere mit Konkurrenten) einen klar stärker limitierenden Einfluss auf die Ausbreitung invasiver Pflanzenarten entlang von Umweltgradienten haben können als sich ändernde klimatische Bedingungen.