



Doctoral Thesis

## **Exotic plant invasions importance of functional traits for soil characteristics and plant- soil feedback**

**Author(s):**

Scharfy, Deborah

**Publication Date:**

2009

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005829207> →

**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. 18308

**Exotic plant invasions: importance of  
functional traits for soil characteristics  
and plant-soil feedback**

A dissertation submitted to

ETH ZURICH

for the degree of

Doctor of Sciences

presented by

**Deborah Scharfy**

Diplom-Agrarbiologin, Universität Hohenheim

born July 20, 1979

citizen of Germany

accepted on the recommendation of

Prof. Peter J. Edwards, examiner  
Prof. Mark O. Gessner, co-examiner  
Dr. Harry Olde Venterink, co-examiner  
Prof. Jasmin Joshi, co-examiner

2009

---

# Summary

Exotic plant invasions are causing profound changes to ecosystems around the world. However, it is difficult to predict their effects on ecosystem properties, since these vary according to the traits of the invading species, and the properties of the invaded vegetation and habitat. Furthermore, Effects on nutrient cycling or soil biota can result in plant-soil feedback loops that reinforce the success of invasive species. Although such effects have been demonstrated for individual species, it is not yet clear how common they are. Comparing the plant functional traits of exotic and native species in invaded vegetation may help in understanding invasions and their effects on biotic and abiotic ecosystem properties. In this dissertation, it was investigated whether and how exotic invasive plants in Switzerland differ from native species in plant functional traits and effects on nutrient cycling and soil biota. The effects of one invasive forb, *Solidago gigantea*, were studied in more detail to test whether they depend on the species composition of the invaded vegetation or on soil properties.

In Switzerland and other European countries, the main herbaceous plant invaders are forbs, whereas the native herbaceous vegetation can be dominated by forbs or graminoids. In a pot experiment with two nutrient levels and competition treatments, we compared the six most abundant exotic invasive forbs in Switzerland to six native forbs and six native graminoids. Invasive forbs had functional traits similar to those of native forbs, but differed from native graminoids in producing e.g. more rapidly decomposing litter. This suggests that invasive forbs are more likely to alter vegetation and ecosystem properties of native grasslands than of native forb stands. Invasive forbs had lower leaf chlorophyll contents than native forbs and graminoids (while not having lower nitrogen concentrations), which might indicate their ability to grow in a broader range of habitats of differing light intensity. Whereas invasive forbs did not benefit more from high nutrient supply and were not less affected by the presence of competitors than native forbs or graminoids, they tended to show stronger allelopathic effects upon a native grass than the native species.

The exotic invasive forb *Solidago gigantea* invades both fertile and infertile habitats. In a field survey, we investigated the effects of *S. gigantea* on vegetation and ecosystem properties by comparing invaded and uninvaded patches at 14 sites of varying productivity. The invasion of *S. gigantea* generally increased above-ground biomass production of the vegetation and soil carbon content, while reducing nutrient concentrations in biomass and nitrogen availability in soil. These results suggested that a conservative nutrient-use strategy allows *S. gigantea* to invade a broad range of habitats, and that its invasion success is not linked to an increase in soil nutrient availability. The observed effects did not vary according to the productivity of the native vegetation, but some were more pronounced at the phosphorus-rich sites.

The effects of *Solidago gigantea* on soil properties were further studied by simulating its invasion into three wetland plant communities. Mesocosms were planted with representative plant species of the three community types, either including or excluding *S. gigantea*. To investigate the nature of any feedbacks that may influence growth, we used soil from field sites both with and without *S. gigantea*. *S. gigantea* was more successful in invading the *Molinion* community, i.e. *S. gigantea* produced more biomass and took up more nutrients than in the more productive communities (*Magnocaricion* and *Filipendulion*). Compared to 'uninvaded' mesocosms, those with *S. gigantea* had lower soil bacterial biomass but tended to have a greater soil fungal biomass, organic matter and  $\beta$ -glucosidase activity. Effects of *S. gigantea* on bacteria were similar in the three plant communities, though the biomass of *S. gigantea* differed. It is suggested that *S. gigantea* exudes antibacterial metabolites into the soil that are effective at low concentrations, even before *S. gigantea* becomes dominant. No differences were measured in nitrogen or phosphorus cycling between mesocosms with and without *S. gigantea*. Unexpectedly, *S. gigantea* produced less biomass in mesocosms inoculated with soil where it had grown before, indicating there was some kind of negative feedback upon growth.

Three general points emerge from this dissertation. Firstly, it is important to take account of functional traits and growth-form when comparing how native and invasive species affect ecosystem properties. Secondly, to draw general conclusions about the impacts of an exotic invasive plant, it is necessary to examine a broad range of invaded habitats. Thirdly, to improve our understanding of plant invasions, we need to pay more attention to how invasive plants affect soil microbial communities, and how these in turn affect plant growth, both in the short and long term.

---

# Zusammenfassung

Invasive Neophyten verursachen oftmals tiefgreifende Veränderungen in Ökosystemen. Es ist jedoch schwierig solche Veränderungen vorherzusagen, da Richtung und Ausmaß meist art- und habitat-spezifisch sind. Veränderungen der Nährstoffkreisläufe oder Bodenfauna können wiederum das Wachstum der Neophyten begünstigen, und durch solche Pflanzen-Boden-Interaktionen können sich invasive Neophyten in einer Vegetation ausbreiten. Obwohl solche, den Neophyten begünstigende Veränderungen für manche Neophytenarten nachgewiesen wurden, ist noch nicht bekannt wie verbreitet diese sind. Ein besseres Verständnis von Neophyteninvasionen und den daraus resultierenden Veränderungen der Ökosystemeigenschaften kann durch den Vergleich funktioneller Merkmale zwischen invasiven Neophyten und nativen Arten einer betroffenen Vegetation erreicht werden, da die Merkmale einer Art ihren Einfluss auf biotische und abiotische Eigenschaften von Ökosystemen bestimmen. Im Mittelpunkt der vorliegenden Dissertation standen die Fragen ob und wie sich invasive Neophyten in der Schweiz von nativen Arten in funktionellen Merkmalen sowie in Auswirkungen auf Nährstoffkreisläufe und die mikrobielle Bodengemeinschaft unterscheiden. Die Auswirkungen eines Neophyten, *Solidago gigantea*, wurden detaillierter untersucht um herauszufinden ob diese von den Eigenschaften der nativen Vegetation oder des Bodens abhängen.

In der Schweiz und anderen europäischen Ländern sind die am häufigsten vorkommenden invasiven Neophyten in krautiger Vegetation Kräuter, wobei die dominanten nativen Arten Kräuter oder Gräser sein können. Wir untersuchten daher die sechs in der Schweiz häufigsten Neophytenkräuter und verglichen diese mit sechs nativen Kräutern und sechs nativen Gräsern in einem Topfexperiment, in welchem die Pflanzen mit zwei Nährstoffniveaus und mit oder ohne Konkurrenz kultiviert wurden. Die Neophytenkräuter waren den nativen Kräutern in den meisten funktionellen Merkmalen ähnlich, unterschieden sich aber von den nativen Gräsern, z.B. durch eine deutlich höhere Abbaurate der Blattstreu. Es ist daher wahrscheinlicher, dass diese Neophyten Ökosystemeigenschaften verändern werden wenn sie in grasreiche als wenn sie in krautreiche Vegetation einwandern. Die Neophyten fielen durch niedrigere Chlorophyllgehalte in den Blättern im Vergleich zu den nativen Gräsern und Kräutern auf (während sich die Stickstoffkonzentrationen nicht unterschieden), was auf ihre Fähigkeit hindeuten könnte ein größeres Spektrum an Habitaten mit unterschiedlicher Lichtintensität zu besiedeln. Die Neophyten reagierten nicht stärker auf eine Erhöhung der Nährstoffverfügbarkeit und wurden nicht weniger durch Konkurrenz beeinträchtigt als die nativen Gräser und Kräuter; sie wirkten aber tendenziell stärker allelopathisch auf eine native Grasart als die nativen Arten.

Die invasive Neophytenstaude *Solidago gigantea* besiedelt sowohl nährstoffarme, wenig produktive als auch nährstoffreiche, produktive Habitats. In einer Feldstudie untersuchten wir den Einfluss von *S. gigantea* auf Ökosystemeigenschaften indem wir an 14 unterschiedlich produktiven Standorten jeweils Vegetation mit und ohne *S. gigantea* verglichen. Die Invasion von *S. gigantea* steigerte generell die oberirdische Biomasseproduktion der Vegetation und erhöhte den C-Gehalt im Boden, reduzierte die Nährstoffkonzentration in der Biomasse und

die Stickstoffverfügbarkeit im Boden. Diese Ergebnisse legen nahe, dass *S. gigantea* mithilfe einer Strategie der konservierenden Nährstoffnutzung ein breites Spektrum an Habitaten besiedeln kann, und dass der Invasionserfolg von *S. gigantea* nicht mit einer Erhöhung der Nährstoffverfügbarkeit im Boden zusammenhängt. Der Einfluss von *S. gigantea* auf Vegetation und Boden hing nicht von der Produktivität der nativen Vegetation ab, jedoch waren manche Effekte ausgeprägter an Standorten mit hoher Phosphorverfügbarkeit.

Der Einfluss von *Solidago gigantea* auf Bodeneigenschaften wurde außerdem unter kontrollierten Bedingungen untersucht, indem die Invasion der Neophytenstaude in drei unterschiedlich produktive Feuchtgebiets-Pflanzengemeinschaften simuliert wurde. Dazu wurden Mesokosmen mit typischen Arten der drei Pflanzengemeinschaften bepflanzt, und zur Hälfte wurde *S. gigantea* hinzugefügt. Um herauszufinden ob das Wachstum von *S. gigantea* durch Pflanzen-Boden-Interaktionen beeinflusst wird, wurde zusätzlich eine Behandlung mit Boden von *S. gigantea*-Beständen und nativer Vegetation durchgeführt. *S. gigantea* wanderte erfolgreicher in die Pflanzengemeinschaft mit niedrigerer Produktivität ein (*Molinion*) d.h. *S. gigantea* produzierte dort mehr Biomasse und nahm mehr Nährstoffe auf als in den produktiveren Pflanzengemeinschaften (*Magnocaricion* and *Filipendulion*). Die Anwesenheit von *S. gigantea* führte zu einer Reduktion der bakteriellen Biomasse im Boden und einer tendenziellen Erhöhung der pilzlichen Biomasse im Boden, der organische Substanz und der  $\beta$ -glucosidase Aktivität. Der Einfluss von *S. gigantea* auf die bakterielle Biomasse war ähnlich in allen drei Pflanzengemeinschaften, obwohl die Biomasse von *S. gigantea* unterschiedlich war. Dieses Ergebnis lässt vermuten, dass *S. gigantea* antibakterielle Stoffe über die Wurzeln ausscheidet welche schon bei niedrigen Konzentrationen wirken, noch bevor *S. gigantea* dominant wird. Wir stellten keine Veränderungen der Nährstoffkreisläufe in den Gemeinschaften mit oder ohne *S. gigantea* fest. Wir beobachteten jedoch, dass *S. gigantea* weniger Biomasse produzierte und weniger Nährstoffe aufnahm in einem Boden, in dem der Neophyt zuvor gewachsen war, als in einem Boden in dem bisher native Arten gewachsen waren. Der Einfluss von *S. gigantea* scheint daher zu negativen, das Wachstum des Neophyten beeinträchtigenden, Pflanzen-Boden-Interaktionen zu führen.

Drei wesentliche Schlussfolgerungen lassen sich aus dieser Dissertation ableiten. Erstens, funktionelle Merkmale und die Lebensform von Arten sollten berücksichtigt werden wenn es darum geht die Auswirkungen von nativen Arten und invasiven Neophyten auf Eigenschaften von Ökosystemen zu vergleichen. Zweitens, um allgemeine Aussagen über den Einfluss eines invasiven Neophyten treffen zu können, ist es wichtig ein breites Spektrum von besiedelten Habitaten zu untersuchen. Drittens, für ein detaillierteres Verständnis von Neophyteninvasionen sollte den kurz- und langfristigen Veränderungen der mikrobiellen Bodengemeinschaften und den daraus resultierenden Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum mehr Beachtung geschenkt werden.