

Influence of abiotic conditions and competition on relative abundance in designed plant communities

Doctoral Thesis

Author(s):

Suter, Matthias

Publication date:

2004

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004829740>

Rights / license:

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

**Influence of abiotic conditions and competition
on relative abundance
in designed plant communities**

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH
for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by

Matthias Suter

Dipl. Bot. University of Zurich
born April 17th, 1966
citizen of Horgen ZH

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. P. J. Edwards, examiner
Dr. D. Ramseier, co-examiner
Prof. Dr. J. Connolly, co-examiner
Dr. S. Guesewell, co-examiner

Zürich 2004

Summary

Environmental factors and interspecific competition both have an important influence on the species composition of plant communities. In the past, the effects of water, nutrient availability and species interactions upon plant growth have often been evaluated using pairs of species. However, any conclusions to be drawn from such experiments about how plant communities might change are limited, because species interactions in natural communities are usually far more complex.

The experiments described in this thesis use multi-species plant mixtures to investigate how the initial species abundance affects the final species proportions and the convergence / divergence pattern under the influence of competition, water and nutrient levels.

Two experiments, one using pots in an experimental garden and one in a wet meadow, were established with perennial wetland species common to Swiss fens. The set-up followed the simplex design, which has been developed for the analysis of multi-component mixtures. In the pot experiment (Chapter 1), plant mixtures with five species were established from seedlings to investigate the competition effects on the relative species abundance under different combinations of water and nutrient conditions. This experiment lasted for two years. The reproductive allocation of one of the five species, *Carex flava*, was analysed in more detail with respect to the abiotic and biotic conditions established (Chapter 2). In the field experiment (Chapter 3), the influence of competitive effects on the final species proportions was investigated with communities of twelve wetland species; the development of these communities was monitored for three years after establishment. It was thus possible to compare conclusions drawn from a pot experiment with those obtained from a similar experiment performed under more natural conditions.

The pot experiment (Chapter 1) revealed generally stronger intra- than interspecific competition, but no increase in competition intensity with higher productivity. Changes in final proportions were caused by the species' identity reflected in species-specific differences of relative growth rates (*RGR*). Equally important was a negative feedback mechanism on the initially dominant species induced by greater intra- than interspecific competition. Further changes in species proportions were due to the differences in water level, and - to a lesser extent - to changes in nutrient application. The negative feedback,

together with species-specific differences in *RGR*, caused the mixtures to converge after two years. The degree of convergence was similar under all abiotic conditions except the high water - low nutrient level treatment, where convergence was less pronounced.

Reproductive allocation, a plants reproductive mass in relation to the total biomass, increased in *C. flava* from 6.8 % to 9.7 % with higher nutrient application, while water level had no significant effect (Chapter 2). There was a decrease in reproductive allocation with increasing shoot mass at low overall density (low competition treatment), indicating an allometric relationship between shoot and seed mass. At higher total density (high competition treatment), the allocation pattern changed, and a constant reproductive allocation for different plant sizes was detected. Generally, the effect of higher nutrient application on reproductive allocation, seed mass and seed number was much more pronounced than the influence of water level. Seed mass and seed number decreased due to competition, with *C. elata* having the strongest competitive effect. Mean mass per seed was not correlated with seed number. Thus, the experiment provided no evidence for a trade-off between mass per seed and seed number. It was concluded that under unfavourable conditions *C. flava* retains its reproductive allocation independently of plant size. In addition, the results support the generalisation that mean mass per seed is one of the least plastic plant traits and that variation in reproductive output is mainly due to the number of seeds produced.

In the field experiment (Chapter 3) similar patterns evolved as in the pot experiment. Throughout the three years, species identity, reflected in specific differences in *RGRs*, was the most important factor accounting for changes in plant communities; a negative feedback on the dominant species caused by stronger intra- than interspecific competition was also important, mainly in year two. These two factors, species identity and competition, caused the communities to converge in the second year. In the first year, plant communities diverged slightly, and in the third year there was neither convergence nor divergence, but a further shift in species composition.

This thesis demonstrates that the identity of the species, in conjunction with a negative feedback mechanism on the dominant species, can be decisive for plant community changes. These two factors caused the mixtures to converge under similar abiotic conditions. Changing environmental conditions induced further shifts in species proportions but influenced the degree of convergence less. The negative feedback mechanism, induced by stronger intra- than interspecific competition, suggests that there is some form of niche partitioning between the species that favours their coexistence. The study also shows the value of using experimental mixtures established in a simplex design as a powerful way of determining the relative importance of environmental factors and processes such as competition and facilitation in structuring plant communities.

Zusammenfassung

Die Zusammensetzung von Pflanzengemeinschaften wird von Umweltfaktoren und Konkurrenz zwischen Arten entscheidend beeinflusst. Bisher wurde der Einfluss von Wasser, Nährstoffverfügbarkeit und artspezifischen Interaktionen auf das Pflanzenwachstum oft durch Vergleiche zwischen zwei Arten untersucht. Die Rückschlüsse aus solchen Experimenten bezüglich Veränderungen der Artenzusammensetzung sind jedoch limitiert, da Interaktionen zwischen verschiedenen Arten in natürlichen Gemeinschaften meist komplexer sind.

Die vorliegende Arbeit untersucht bei experimentellen Pflanzengemeinschaften mit mehreren Arten wie die Anfangshäufigkeiten der Arten unter dem Einfluss von Konkurrenz, Wasser- und Nährstoffstufen die Endproportionen der Gemeinschaften und deren Konvergenz- / Divergenzmuster beeinflussen.

Mit perennierenden, verbreiteten Feuchtgebietsarten der Schweiz wurden zwei Experimente durchgeführt: Eines in grossen Töpfen in einem Versuchsgarten, ein weiteres unter natürlicheren Bedingungen in einer Feuchtwiese. Die Experimente wurden im Simplex-Design angelegt, das für die Analyse von multikomponenten Mischungen entwickelt wurde. Im Topfexperiment wurden Pflanzengemeinschaften bestehend aus fünf Arten gepflanzt, wobei die Setzlinge aus Samen angezogen wurden (Kapitel 1). Dieses Experiment dauerte zwei Jahre und untersuchte die Konkurrenzeffekte auf die Endhäufigkeiten unter verschiedenen Wasser- und Nährstoffbedingungen. Die reproduktive Allokation einer der Arten, *Carex flava*, wurde bezüglich der verschiedenen abiotischen und biotischen Bedingungen im Detail analysiert (Kapitel 2). Im Feldexperiment (Kapitel 3) wurde mit Pflanzengemeinschaften bestehend aus zwölf Feuchtgebietsarten der Konkurrenzeinfluss auf die Veränderungen der Endproportionen untersucht; die Verschiebungen wurden in den drei Jahren nach dem Anpflanzen festgehalten. Dies erlaubte einen Vergleich von Schlüssen, die aus einem Topfexperiment gezogen wurden, mit Resultaten, die aus einem ähnlichen Experiment unter natürlicheren Bedingungen gewonnen wurden.

Im Topfexperiment (Kapitel 1) herrschte generell stärkere intra- als interspezifische Konkurrenz; es wurde allerdings keine stärkere Konkurrenzwirkung unter höherer Produktivität festgestellt. Die Identität der Arten, welche durch artspezifische

Unterschiede in den relativen Wachstumsraten angezeigt wurde, war ein wichtiger Faktor für die Veränderungen der Endproportionen. Gleichermassen wichtig war ein negatives Feedback innerhalb der dominanten Arten, verursacht durch stärkere intra- als interspezifische Konkurrenz. Die Artenzusammensetzung veränderte sich auch infolge der verschiedenen Wasserstufen und - zu einem geringeren Grad - durch die unterschiedliche Nährstoffapplikation. Das negative Feedback und die Unterschiede in den spezifischen Wachstumsraten verursachten nach zwei Jahren eine Konvergenz, d.h. die Pflanzengemeinschaften wurden sich ähnlicher. Der Grad der Konvergenz war bei allen abiotischen Bedingungen ähnlich mit Ausnahme der Behandlung mit hohem Wasser- und tiefem Nährstoffniveau. Unter dieser Bedingung war die Konvergenz weniger ausgeprägt.

Die reproduktive Allokation, die reproduktive Masse im Verhältnis zur totalen Biomasse, nahm bei *C. flava* mit höherer Nährstoffapplikation von 6.8 % auf 9.7 % zu (Kapitel 2). Verschiedene Wasserstufen führten zu keinen signifikanten Veränderungen der reproduktiven Allokation. Bei tiefer Anfangsdichte (geringere Konkurrenz) hatten die Pflanzen mit zunehmender vegetativer Masse eine abnehmende reproduktive Allokation. Dieses Muster zeigte eine allometrische Beziehung zwischen vegetativer und reproduktiver Masse an. Mit hoher Anfangsdichte (stärkere Konkurrenz) veränderte sich das Allokationsmuster, und Pflanzen verschiedener Grösse zeigten den gleichen Anteil reproduktiver Masse. Generell war der Effekt höherer Nährstoffgaben auf das Allokationsmuster, die Samenmasse pro Individuum und die Samenzahl pro Individuum deutlich stärker als der Einfluss der verschiedenen Wasserstufen. Samenmasse und Samenzahl wurden infolge Konkurrenz durch andere Arten reduziert, wobei *C. elata* die ausgeprägteste Wirkung zeigte. Die mittlere Masse pro Samen war nicht mit der Samenzahl korreliert, d. h. dass kein Hinweis für einen Trade-off zwischen den beiden Attributen gefunden wurde. Die Resultate lassen den Schluss zu, dass unter ungünstigen Bedingungen *C. flava*'s reproduktive Allokation für verschiedene Pflanzengrößen konstant bleibt. Des Weiteren bestätigen diese Resultate, dass die mittlere Masse pro Samen eines der am wenigsten plastischen Pflanzenmerkmale ist, und dass Veränderungen in der reproduktiven Masse hauptsächlich durch Veränderungen der Samenzahl geschehen.

Im Feldexperiment (Kapitel 3) ergaben sich ähnliche Resultate wie im Topfexperiment. Die Identität der Arten, wiederum gemessen durch die spezifischen relativen Wachstumsraten, war für Veränderungen der Artenzusammensetzung in allen drei Jahren entscheidend. Zusätzlich wichtig war im zweiten Jahr ein negatives Feedback innerhalb der dominanten Arten, das durch stärkere intra- als interspezifische Konkurrenz hervorgerufen wurde. Diese zwei Faktoren, Artidentität und negatives Feedback, verursachten im zweiten Jahr ein Konvergenzmuster. Im ersten Jahr divergierten die

Gemeinschaften leicht, wohingegen im dritten Jahr weder Konvergenz noch Divergenz festgestellt werden konnte, obwohl weitere Verschiebungen sichtbar waren.

Diese Arbeit zeigt, dass die Identität von Pflanzenarten zusammen mit einem negativen Feedback innerhalb der Dominanten für Veränderungen von Pflanzengemeinschaften entscheidend sein kann. Diese zwei Faktoren verursachten eine Konvergenz unter gleichen abiotischen Bedingungen. Veränderte abiotische Bedingungen hatten weitere Veränderungen zur Folge, aber der Grad der Konvergenz wurde nur geringfügig beeinflusst. Das negative Feedback, bedingt durch stärkere intra- als interspezifische Konkurrenz, ist ein Hinweis auf Nischenteilung zwischen den Arten, welche deren Koexistenz begünstigt. Es wurde auch gezeigt, dass experimentelle Pflanzengemeinschaften im Simplex-Design ein aussagekräftiges Modell darstellen, um den Einfluss von abiotischen Faktoren und Konkurrenzeffekten auf die Struktur von Pflanzengemeinschaften aufzuzeigen.