



Doctoral Thesis

Consequences of plant architecture and regrowth capacity for shoot competition among grasses

Author(s):

Messerli, Martin

Publication Date:

1997

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001843154> →

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. 12215

**CONSEQUENCES OF PLANT ARCHITECTURE AND
REGROWTH CAPACITY FOR SHOOT COMPETITION
AMONG GRASSES**

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH

for the degree of
DOCTOR OF NATURAL SCIENCES

presented by

MESSERLI MARTIN
Dipl. Ing. Agr. ETH-Zurich

born 28 February 1965
citizen of Uetendorf (BE)

accepted on the recommendation of

PROF. DR. J. NÖSBERGER
examiner

PROF. DR. P. J. EDWARDS
co-examiner

1997

GENERAL SUMMARY

The proportion of *Festuca pratensis* Huds. (Meadow fescue), a valuable component of meadows and pastures in upland regions, decreased drastically during the last century. *F. pratensis* is no longer persistent when grown with competitive companion grasses due to its low shoot competitive ability, probably as a result of an inherently low capacity for regrowth after defoliation.

Our objective was to assess regrowth of *F. pratensis* relative to *D. glomerata*, by means of growth analysis as well as the response of above-ground and below-ground plant traits to shoot competition and season. The goals were [1] to compare the regrowth capacity after defoliation of both species at non-limiting nutrient supply in a controlled environment, [2] to analyse the response of above-ground and below-ground plant traits of both grasses to shoot competition and season under field conditions, [3] to compare the seasonal variation of regrowth in intraspecific shoot competition and the whole plant response to regrowth after defoliation, [4] to study the effects of interspecific shoot competition on the whole plant and on regrowth after defoliation, and [5] to analyse the impact of root aphids on regrowth of *F. pratensis* after defoliation.

[1] The relative growth rate (RGR) of *F. pratensis* in hydroponics at non-limiting nutrient supply was lower than that of *D. glomerata* because dry weight did not increase during the first two days of regrowth. This was caused by a slower increase in leaf area ratio (LAR) due to a lower specific leaf area (SLA). *F. pratensis* was also less likely than *D. glomerata* to increase its SLA after defoliation and under low light intensity ($20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). As well as differences in leaf traits, the lower RGR of *F. pratensis* was associated with 45% less area of the remaining green leaf sheaths after defoliation. Differences in the allocation of water soluble carbohydrates (WSC) to shoot sinks and in respiratory losses were not found.

Swards of *F. pratensis* and *D. glomerata* were grown in intraspecific and interspecific shoot competition in the field to study the effects of season and shoot competition on both species.

[2] *F. pratensis* was characterised by a higher biomass allocation to the roots and low root activity at soil depths of 0 to 0.12 m and 0.24 to 0.36 m, estimated from the uptake of rubidium and lithium. In contrast, *D. glomerata* allocated more biomass to the stubbles and had a higher total WSC content and root activity.

The shoot competitive ability of *F. pratensis* varied considerably with season, being high during reproductive growth and in autumn but much lower during summer.

The weak shoot competitive ability during summer was caused by a smaller proportion of leaf area in the upper canopy layers in interspecific shoot competition. *F. pratensis* responded to shading with reduced tillering, lower WSC accumulation in stubbles and roots, and a higher biomass allocation to harvested plant parts. In contrast, *D. glomerata* increased tillering, WSC accumulation, and biomass allocation to stubbles and roots in response to the greater availability of light in interspecific shoot competition.

[3] In intraspecific shoot competition *F. pratensis* had a higher RGR than *D. glomerata* during reproductive growth. This was the result of a faster increase in LAR in April, a higher NAR and, in 1994, a 50 % higher proportion of reproductive tillers.

During the second regrowth in 1994, the low proportion of remaining vegetative tillers (25%) strongly reduced the refoliation and RGR of *F. pratensis* relative to *D. glomerata*. In contrast, during the summer of both years, RGR of both species, based on total plant dry weight, did not differ significantly.

F. pratensis generally showed a lower RGR of leaf area (RGRLA) and nutrient acquisition rate than *D. glomerata* for the first two weeks of regrowth. In contrast, LAR of both species increased similarly for one to two weeks, since *F. pratensis* had more residual leaf area and compensated for its generally lower SLA by a higher LWR. During the second half of regrowth, *D. glomerata* increased its LAR relative to *F. pratensis* due to its higher SLA and a higher biomass allocation to the shoot. As a result, *F. pratensis* in intraspecific shoot

competition reached an average leaf size of only 4.2 cm² in contrast to *D. glomerata* with an average leaf size of 10.8 cm².

[4] The lower RGR after the reproductive growth cycle in 1994 was an important reason for the lower shoot competitive ability of *F. pratensis*. In interspecific shoot competition, *F. pratensis* reached only a low relative leaf area density from the beginning of the growth cycle, which delayed drastically its restoration of WSC reserves. During summer, however, differences in leaf attributes and biomass allocation were more important limitations for shoot competitive ability of *F. pratensis*.

In response to interspecific shoot competition, *F. pratensis* increased its average leaf size (+25 %) mainly by increasing its leaf length and LAR. In contrast, the average leaf size (-25 %), leaf length, and LAR of *D. glomerata* were lower than in intraspecific shoot competition. Despite this contrasting response, *F. pratensis* was not able to compensate for its inherently lower SLA. Hence, *D. glomerata* still reached a higher total leaf area and considerably longer leaves in the mixtures and overtopped *F. pratensis* towards the end of the growth cycle.

In interspecific shoot competition, *F. pratensis* increased its shoot growth towards the end of the growth cycle, while neglecting root and stubble growth. In contrast, *D. glomerata* increased its root and stubble growth as compared to intraspecific shoot competition. This opposing response led initially to a similar competitive ability, based on shoot weight production, but to a fast, progressive decrease in competitive ability as expressed by the total dry weights of the plants.

[5] *F. pratensis* showed a high susceptibility to root aphids (*Geoica setulosa* Pass.). *D. glomerata*, the competitive counterpart, was not infested. Root aphids severely reduced the dry weight accumulation and restoration of WSC reserves of *F. pratensis* during regrowth after defoliation. The high susceptibility to root aphids may further reduce the persistence of *F. pratensis* in extensively managed permanent grasslands in mild regions.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Anteil von *Festuca pratensis* Huds. (Wiesenschwingel), einem wertvollen Bestandespartner von Wiesen und Weiden der kollinen Zone, hat in den letzten 100 Jahren stark abgenommen. Heutzutage ist die Persistenz von *F. pratensis* gegenüber konkurrenzstarken Begleitarten aufgrund hoher Sprosskonkurrenz gering. Es wird vermutet, dass die geringe Sprosskonkurrenzkraft von *F. pratensis* durch ein geringes Nachwuchsvermögen nach dem Schnitt verursacht wird.

In dieser Arbeit wurde in Klimakammer- und Feldversuchen das Nachwuchsvermögen von *F. pratensis* relativ zu *D. glomerata* sowie die saisonalen Auswirkungen der Sprosskonkurrenz auf über- und unterirdische Pflanzenattribute untersucht. Unsere Ziele waren [1] den Wiederaufwuchs beider Arten nach dem Schnitt bei nicht-limitierender Nährstoffversorgung unter kontrollierten Bedingungen zu vergleichen, [2] die saisonalen Auswirkungen der Sprosskonkurrenz auf über- und unterirdische Pflanzenattribute und die Bestandesstruktur beider Arten in einem Feldversuch zu analysieren, [3] die saisonalen Unterschiede des Nachwuchses beider Gräser in intraspezifischer Sprosskonkurrenz und deren Auswirkungen auf das Spross- und Wurzelwachstum zu vergleichen, [4] die Auswirkungen interspezifischer Sprosskonkurrenz auf das Spross- und Wurzelwachstum und den Nachwuchs beider Arten zu studieren und [5] den Einfluss eines Befalls durch Wurzelläuse auf den Nachwuchs von *F. pratensis* zu prüfen.

[1] Die relative Wachstumsrate (RGR) von *F. pratensis* bei nicht-limitierender Nährstoffversorgung in Hydrokultur was geringer als bei *D. glomerata*, wegen einer Phase ohne Gewichtszunahme während den ersten zwei Tagen nach dem Schnitt. Dies wurde vor allem durch eine geringeren Zunahme des Blattflächenverhältnisses (LAR), aufgrund einer geringeren spezifischen Blattfläche (SLA) verursacht. *F. pratensis* verfügte auch über ein geringeres Potential als *D. glomerata* für eine Zunahme der SLA nach dem Schnitt und bei geringer Lichtintensität ($20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Neben den Unterschieden in den Blattattributen wurde die geringere RGR von *F. pratensis* durch eine 45 % geringere Oberfläche assimilierender Stoppeln erklärt. Unterschiede in der Allokation wasserlöslicher

Kohlenhydrate (WSC) in den Spross oder in Respirationsverlusten traten nicht auf.

In Beständen mit *F. pratensis*- und *D. glomerata* in intra- und interspezifischer Sprosskonkurrenz wurden die Auswirkungen der Sprosskonkurrenz auf das Spross- und Wurzelwachstum untersucht.

[2] *F. pratensis* verfügte über eine höhere Biomass-Allokation zu den Wurzeln und eine geringe Wurzelaktivität in 0 - 0.12 m und 0.24 - 0.36 m Bodentiefe, gemessen anhand der Aufnahme von Rubidium- und Lithiummarkern. *D. glomerata* hingegen verfügte über eine höhere Biomass-Allokation zu den Stoppeln, einen höheren WSC Gehalt und eine höhere Wurzelaktivität.

Die Sprosskonkurrenzkraft von *F. pratensis* war starken saisonalen Veränderungen unterworfen; im generativen Aufwuchs und im Herbst war sie relativ hoch, im Sommer aber gering. Die geringe Sprosskonkurrenzkraft von *F. pratensis* im Sommer wurde durch eine geringere Blattfläche in den oberen Bestandeschichten in interspezifischer Sprosskonkurrenz verursacht.

Die Beschattung führte bei *F. pratensis* zu einer Abnahme der Triebzahl, reduzierten WSC Gehalten in Stoppeln und Wurzeln und einer erhöhten Biomass-Allokation in den Spross. *D. glomerata* reagierte auf die höhere Lichtverfügbarkeit in interspezifischer Sprosskonkurrenz mit einer Zunahme der Triebzahl und WSC Gehalten sowie einer höheren Biomass-Allokation zu den Stoppeln und Wurzeln.

[3] In intraspezifischer Sprosskonkurrenz hatte *F. pratensis* eine höhere RGR als *D. glomerata* während dem generativen Aufwuchs. Dies beruhte auf einer schnelleren Zunahme der LAR im April, einer höheren NAR und in 1994 auf einem 50 % höheren Anteil generativer Triebe.

Während dem zweiten Aufwuchs reduzierte der geringe Anteil nach dem Schnitt verbleibender vegetativer Triebe bei *F. pratensis* (25%) die Blattbildung und die RGR relativ zu *D. glomerata* aber stark. Im Sommer beider Jahre hingegen waren die Artunterschiede in der RGR, berechnet anhand der totalen Trockensubstanz, gering. Bei *F. pratensis* waren die RGRLA (RGR der Blattfläche) und Nährstoffaufnahmearten während der ersten ein bis zwei Wochen nach dem Schnitt geringer als bei *D. glomerata*. Die LAR beider Arten unterschied sich während

der ersten Aufwuchshälfte aber nicht, da *F. pratensis* seine tiefere SLA mit einer höheren LWR kompensieren konnte. Während der zweiten Aufwuchshälfte hingegen nahm die LAR von *D. glomerata* verglichen mit *F. pratensis* dank der höheren SLA und einer höheren Biomass-Allokation zum Spross stark zu. Daher erreichte die durchschnittliche Blattgröße von *F. pratensis* am Ende des Aufwuchses nur gerade 4.2 cm^2 , diejenige von *D. glomerata* aber 10.8 cm^2 .

[4] Die geringere RGR während des zweiten Aufwuchses war ein wichtiger Grund für die abnehmende Konkurrenzkraft von *F. pratensis* im Sprossraum. In interspezifischer Sprosskonkurrenz erreichte *F. pratensis* nur eine sehr geringe relative Blattflächendichte wodurch die Wiedereinlagerung von WSC Reserven während dem Nachwuchs stark beeinträchtigt wurde. Ansonsten waren die unterschiedlichen Blattattribute und Biomass-Allokation aber wesentlicher für die mangelnde Konkurrenzkraft von *F. pratensis* als eine von Natur aus geringe RGR der Gesamtpflanze. Als Antwort auf die interspezifische Sprosskonkurrenz erhöhte *F. pratensis* die mittlere Blattgröße (+25 %) durch eine Erhöhung der Blattlänge und LAR. Im Gegensatz dazu nahm die mittlere Blattgröße (-25 %), Blattlänge und LAR von *D. glomerata* ab. Trotz dieser gegensätzlichen Reaktion konnte *F. pratensis* die artspezifischen Unterschiede in der SLA nicht kompensieren und wurde während der zweiten Aufwuchshälfte aufgrund seiner kleineren Blätter beschattet.

Gegen das Ende der Aufwuchsperiode erhöhte *F. pratensis* sein Sprosswachstum zu Lasten des Stoppel- und Wurzelwachstums. Im Gegensatz dazu förderte *D. glomerata* sein Stoppel- und Wurzelwachstum. Anhand des Sprossertrags berechnet, war die Konkurrenzkraft beider Arten daher zuerst gleich. Anhand des Gesamtgewichts der Pflanzen berechnet, nahm die Konkurrenzkraft von *F. pratensis* hingegen rasch ab.

[5] *F. pratensis* zeigte eine hohe Anfälligkeit gegenüber Wurzelläusen (*Geocica setulosa* Pass.). *D. glomerata* blieb hingegen verschont. Wurzelläuse reduzierten den Wiederaufwuchs von *F. pratensis* nach dem Schnitt und den Gehalt an WSC Reserven drastisch. Die hohe Anfälligkeit gegenüber Wurzelläusen könnte ein zusätzlicher Grund sein für die geringe Persistenz von *F. pratensis* in extensiv genutzten Wiesenbeständen milder Lagen.