

Ziel der Arbeit war, mögliche Zusammenhänge zwischen der morphologischen Struktur des Blattgewebes bzw. der Ablagerung von Silizium in den Zellwänden und der zunehmenden Verhärtung der Blätter im Verlauf der Pflanzenentwicklung aufzuklären.

Alle Untersuchungen wurden an Blättern der Grasspezies *Deschampsia caespitosa* durchgeführt, die im Gewächshaus angezogen wurde. Die Gewebefragmente wurden in Glutaraldehyd und Osmiumtetroxid fixiert und in Spurr-Medium eingebettet. Mit Toluodinblau gefärbte Semidünnschnitte dienten der lichtmikroskopischen Darstellung des Blattaufbaus. Für die histologische und zytologische Erforschung der Blattstruktur wurden Entwicklungsstadien der Blätter in einer Sequenz von 2 bzw. 5 cm bis zu einer Länge von 30 cm verwendet. Ultradünnschnitte wurden mit konventioneller Transmissionselektronenmikroskopie untersucht. Zur Extraktion des Siliziums wurde jeweils ein Schnitt einer fortlaufenden Ultradünnschnittreihe mit Flußsäure (HF) behandelt und ebenfalls elektronenmikroskopisch untersucht. Die Analyse der Siliziumverteilung im Blattgewebe erfolgte mittels der elektronenspektroskopischen Abbildung (ESI) und der Elektronen-Energie-Verlust Spektroskopie (EELS) an 2, 16 und 30 cm langen Blättern von *Deschampsia caespitosa*.

Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

Mit fortschreitendem Alter der Pflanze erhöht sich die Anzahl der Blattrippen. Die mengenmäßige Zunahme der einzelnen Sklerenchymzellen führt zu einer beträchtlichen Ausdehnung des Festigungsgewebes. Im Verlauf der Blattentwicklung werden sekundäre Leitbündel im Blattgewebe ausgebildet. Der dargestellte Aufbau der Primärleitbündel und der beiden umgebenden Bündelscheiden läßt eine taxonomische Einordnung der Rasenschmiele in die Gruppe der festicoiden C₃-Gräser zu.

Die Epidermis-Außenwände und die Wänden der Sklerenchymzellen und Trichome werden zunehmend sekundär verdickt. Parallel zu dieser Entwicklung wird in die Wände dieser sekundär verdickten Blattbereiche Silizium eingelagert. Schon bei den jüngsten Stadien (Blattlänge 2 cm) sind deutliche Siliziumablagerungen in der Außenschicht der oberen Epidermis-Außenwand und in der äußeren Schicht der Trichomwand festzustellen. Im zweiten Entwicklungsstadium (Blattlänge 16 cm) zeigt sich neben den Siliziumeinlagerungen in der Außenschicht beider Epidermis-Außenwände und der Trichomwände auch eine Silifikation der äußeren Wandschicht der Sklerenchymzellen. Ausgewachsene Blätter (Blattlänge 30 cm) lassen schließlich nicht nur Ablagerungen von Silizium in den Außenschichten der Epidermis-Außenwände und Skleren-

chymzellen, sondern auch eine leichte Silifikation der gesamten Trichomwand erkennen. Neben diesen "wandassoziierten" Siliziumablagerungen sind im Blattgewebe aller untersuchten Entwicklungsstadien intra- (Silizium-Plaques der Epidermiszellen) und extrazelluläre (Silifikation der Interzellularräume) Ablagerungen von Silizium zu finden.

Mit Hilfe der Elektronen-Energie-Verlust Spektroskopie (EELS) konnte gezeigt werden, daß es sich bei dem abgelagerten Material um ein Verbindung von Silizium mit Sauerstoff, wahrscheinlich in Form des opalen Siliziums oder Siliziumgels $\text{SiO}_n\text{OH}(4-2n)$ handelt. Die anorganischen Elemente Fe, Na, K und Cu konnten in keiner der durchgeführten Messungen nachgewiesen werden, stehen also in keiner Verbindung zu dem abgelagerten Silizium.

Es werden mögliche Transport- und Ablagerungsmechanismen des Siliziums besprochen. Die Bedeutung der Siliziumablagerungen wird im Hinblick auf die zunehmende Blattverhärtung und die ernährungsphysiologische Rolle des Siliziums diskutiert.

Histological and cytological examinations on the leaf development of "tufted hair grass", *Deschampsia caespitosa*, a less valuable pasture grass of poor acceptance.

6 SUMMARY

The intention of the study was to clear up possible relations between morphological structure of the leaf tissue, the deposition of silica in the cell walls and the increasing induration of the leaf in the plant's development.

All examinations were carried out on leaves of the grass species *Deschampsia caespitosa*, which were grown in the greenhouse. Tissue fragments were fixed in glutaraldehyde and osmium tetroxide and embedded in Spurr's resin. Semithin sections stained with toluidinblue were used to demonstrate the leaf structure by light microscopy. Stages of development of 2 respectively 5 cm up to a length of 30 cm were used for histological and cytological investigations of the leaf structure. Therefore ultrathin sections were examined by conventional transmission electron microscopy. To extract silicon, one section of each continuous series was treated with hydrofluoric acid (HF) and also examined by electron microscopy. Analysis of silica distribution in the leaf tissue were made by Electron- Spectroscopic Imaging (ESI) and Electron-Energy-Loss Spectroscopy (EELS) on 2, 16 and 30 cm long leaves of *Deschampsia caespitosa*.

The following results were obtained:

With progressing age of the plant the number of leaf ribs increases. A increase of the number of sclerenchyma cells leads to a considerable expansion of the tissue. The secondary vascular bundles are formed during the development of the leaf. The described structure of the primary vascular bundles surrounded by two bundle-sheaths allows a taxonomic classification of the "tufted hair grass" in the group of festicoid C₃-grass.

The outer walls of the epidermis and the walls of the sclerenchyma cells and trichomes increase continuously in thickness. Parallel to this development, silica is deposited into the walls of these secondarily thickened leaf regions. Even in the youngest stages (leaf length 2 cm) silica depositions are seen in the upper external layer of the outer epidermal walls and in the external trichome walls. In the second developmental stage (leaf length 16 cm), a silification of the outer

walls of the sclerenchyma cells is seen besides the deposition of silica in the external layers of the outer epidermis walls and the trichome walls. Finally, fully grown leaves (leaf length 30 cm) show not only depositions of silica in the external layers of the epidermis walls and sclerenchyma cells but also a slight silification of the complete trichome walls. Besides these "wall-associated" silica depositions, intra- (silica bodies of epidermis cells) and extracellular (silification of intercellular spaces) depositions of silica can be found in the leaf tissue of all developmental stages.

Using the Electron-Energy-Loss Spectroscopy (EELS) it was demonstrated, that the deposited material is a compound of silicon and oxygen, probably in the form of opal silica or silica gel $\text{SiO}_n\text{OH}(4-2n)$. It was not possible to identify the inorganic elements Fe, Na, K and Cu in the measurements that were carried out, so that there is no connection to the deposited silica.

Possible mechanisms of silica transport and deposition are discussed. The significance of silica depositions with regard to the increasing induration of the leaf and the nutritional role of silica are discussed.