Wirkung lang- und kurzfristiger Niederschlagsverhältnisse auf die 13C Diskriminierung von C3-Vegetation im Zentralasiatischen Grasland

M. Wittmer[1], K. Auerswald[1], R. Tungalag[2], Y.F. Bai[3], R. Schäufele[1] und H. Schnyder[1]

[1] Lehrstuhl für Grünlandlehre, Technische Universität München, Am Hochanger 1, D-85350 Freising-Weihenstephan, Email: auerswald@wzw.tum.de

[2] National University of Mongolia, Ikh surguulin gudalmj – 1, Baga toiruu, Sukhbataar district, Ulaanbaatar, Republik Mongolei

[3] Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences, 20 Nanxincu, Xiangshan, Beijing, 100093, Volksrepublik China

Einleitung und Problemstellung

Das Zentralasiatische Grasland wird von perennierenden C3-Gräsern dominiert, jedoch sind auch C4-Pflanzen stark vertreten (ca. 20%, PYANKOV *et al.*, 2000). Für die Rekonstruktion der C3- und C4-Anteile an Hand der ^{13}C-Signatur einer Mischprobe müssen die ^{13}C-Signaturen der Endglieder bekannt sein. Die ^{13}C-Signatur von C3 Pflanzen korreliert jedoch negativ mit der Wasserverfügbarkeit, was primär auf die wasserabhängige Reaktion der ^{13}C-Diskriminierung ($^{13}\Delta$) auf Blattebene zurückzuführen ist (FARQUHAR *et al.*, 1989). In der vorliegenden Studie wird daher untersucht, wie Aridität (ausgedrückt durch lang- und kurzfristige Niederschläge) die ^{13}C-Signatur der C3-Komponente beeinflusst.

Material und Methoden

Es wurden Blätter-Mischproben auf Art-Ebene von *Stipa* (n=10) und verschiedenen C3-Pflanzen (n=61) im Jahr 2005 in der Inneren Mongolei (VR China), sowie von *Stipa* (n=39) und weiteren C3-Pflanzen (n=6) im Jahr 2006 in der Republik Mongolei entlang eines Ariditätsgradienten (mittlerer Jahresniederschlag MJN: 130-284 mm a^{-1}) beprobt, getrocknet, gemahlen und die ^{13}C-Signatur mit einem Massenspektrometer gegen den Standard VPDB gemessen. $^{13}\Delta$ ergibt sich nach FARQUHAR *et al.* (1989) aus der ^{13}C-Signatur der Probe ($\delta^{13}C_{Probe}$) gegenüber der Isotopenzusammensetzung des atmosphärischen CO_2 ($\delta^{13}C_{Luft}$) des jeweiligen Jahres:

$$^{13}\Delta = \frac{\delta^{13}C_{Luft} - \delta^{13}C_{Probe}}{1 + \delta^{13}C_{Probe}} \qquad \text{(Gl. 1)}$$

Zur Validierung wurde der bestehende Datensatz um weitere eigene Mischproben aus den Jahren 2003, 2006 und 2007 (2 *Stipa*, 20 C3-Pflanzen und 11 Proben des gesamten C3-Pflanzenbestandes) und veröffentliche Daten (62 *Sti-*

pa und 83 C3-Pflanzen) aus dem Zentralasiatischen Gebiet erweitert. Alle Daten wurden um den Höheneffekt auf $\delta^{13}C$ korrigiert (MÄNNEL *et al.*, 2007).

Langfristige meteorologische Daten wurden einem hochauflösenden Datensatz (1,5 x 1,5 km²) von THE CLIMATE SOURCE LLC. (2002) entnommen. Kurzfristige meteorologische Daten wurden dem NOAA SATELLITE AND INFORMATION SERVICE 2008 für 45 Stationen entnommen. Aus der Kombination beider Datensätze konnte für jeden Beprobungsort der jeweilige jahresspezifische, mittlere tägliche Niederschlag während der Vegetationsperiode ($\bar{N}_{VP}$, mm d^{-1}) geostatistisch interpoliert werden (Details siehe WITTMER *et al.*, 2008).

Ergebnisse und Diskussion

Die Beziehung von $^{13}\Delta$ für *Stipa* gegenüber dem MJN der Jahre 2005 und 2006 ergab die gleiche Steigung, jedoch diskriminierte *Stipa* des Jahres 2006 um ungefähr 1‰ mehr als 2005 (Abb. 1). Dieser Versatz konnte auf Niederschlagsanomalien zurückgeführt werden, da 2005 trockener als 2006 war. Folglich verschwand der Unterschied in der Diskriminierung, wenn $^{13}\Delta$ von *Stipa* in Beziehung mit dem (kurzfristigen) $\bar{N}_{VP}$ gesetzt wurde (Abb. 2).

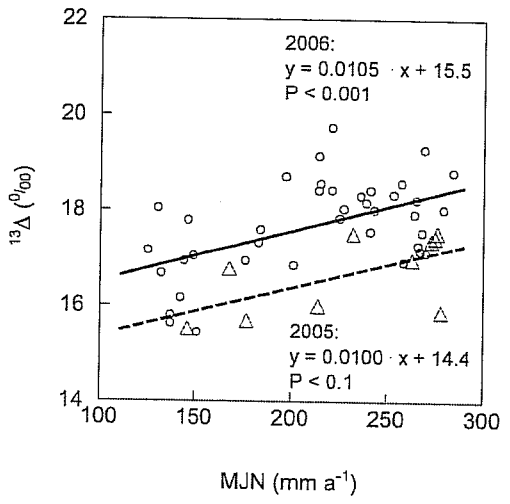

Abb. 1: $^{13}\Delta$ von *Stipa* in Abhängigkeit vom mittleren Jahresniederschlag für die Jahre 2005 (Dreiecke, gestrichelte Linie) und 2006 (Kreise, durchgezogene Linie).

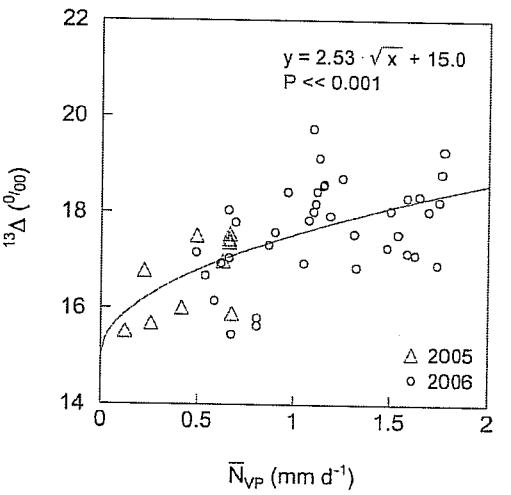

Abb. 2: $^{13}\Delta$ von *Stipa* in Abhängigkeit vom jahres-spezifischen, mittleren Niederschlag während der Vegetationsperiode .

Um die Allgemeingültigkeit für die gesamte C3-Komponente zu prüfen wurde die für *Stipa* entwickelte Beziehung mit eigenen und fremden Daten für *Stipa* und andere C3-Arten des Zentralasiatischen Graslandes verglichen. Dieser Datensatz folgte ebenfalls der an *Stipa* entwickelten Beziehung, jedoch war die Streuung größer. Es konnte kein Unterschied in der Reaktion (=Steigung) einzelner funktionaler Gruppen (z.B. Gräser oder Sträucher) auf die Wasserverfügbarkeit festgestellt werden. Augenscheinlich unterschieden sich aber monokotyledone und dikotyledone Arten im Interzept um 0,5‰. Die Beziehung war

auch für Validierungsdaten aus humideren Gebieten oder aus Jahren mit ausgeprägter Niederschlagsanomalie gültig. Ebenfalls gleich blieb die Beziehung zwischen $^{13}\Delta$ und $\bar{N}_{VP}$ für Mischproben der gesamten C3-Komponenten eines Standortes (Abb. 3). Die Streuung gegenüber den Einzelpflanzen war deutlich verringert, bedingt durch den Mittelungseffekt über alle C3-Arten des jeweiligen Standortes.

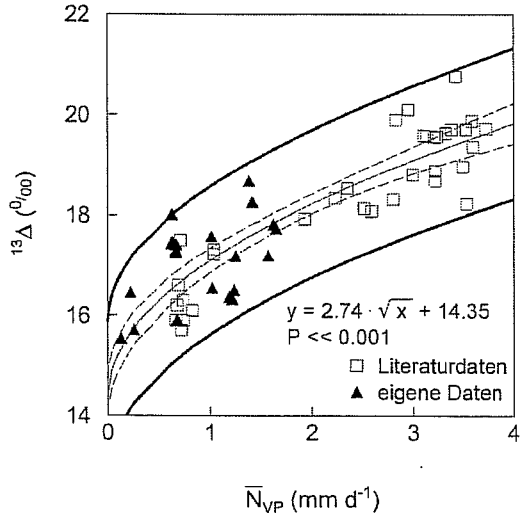

Abb. 3: $^{13}\Delta$ der C3-Komponente in Abhängigkeit vom $\bar{N}_{VP}$. (21 eigene und 35 veröffentlichte C3 Daten). Die fetten Linien geben das 95%-Vertrauensintervall der Einzelwerte an, die gestrichelten Linien das 95%-Vertrauensintervall der Regression.

Die hier entwickelte Beziehung hat Implikationen auf $^{13}\Delta$-Aridităts-Studien, wenn langfristige Niederschläge herangezogen werden. So kann die Streuung von $^{13}\Delta$-MJN-Beziehungen (z.B. MOLE *et al.*, 1994, LI *et al.*, 2007) zumindest teilweise auf Niederschlagsanomalien der jeweiligen Untersuchungsjahre oder des jeweiligen Untersuchungsortes zurückgeführt werden.

Die Artenzusammensetzung dieser Studie (ca. 50% perennierende Gräser) ist repräsentativ für das C3 dominierte Grasland der Mongolei. Durch die Ähnlichkeit zwischen den perennierenden C3 Gräser (in ihrer Phenologie, Blattstruktur und im Wurzelsystem) konnten auch keine Unterschiede durch die Veränderung der Artenzusammensetzung aufgedeckt werden.

Schlussfolgerungen

Niederschlagsanomalien verschieben die $^{13}\Delta$-MJN-Beziehung. Eine allgemeingültige Beziehung ergibt sich dagegen zwischen $^{13}\Delta$ und $\bar{N}_{VP}$. Diese Beziehung weist eine interannuelle Stabilität auf mit starker Ähnlichkeit zwischen dominierenden Arten (*Stipa*), funktionellen Gruppen und dem C3-Gesamtpflanzenbestand. Des Weiteren zeigte sich, dass diese Beziehung auch außerhalb der geographischen und klimatischen Randbedingungen, unter denen sie entwickelt wurde, gültig blieb. Aufgrund ihrer allgemeinen Gültigkeit und Stabilität ist die $^{13}\Delta$-$\bar{N}_{VP}$-Beziehung geeignet, die ^{13}C-Signatur des C3-Endgliedes einer C3/C4-Mischprobe zu schätzen.

Literatur

FARQUHAR G.D., EHLERINGER J.R. & HUBICK K.T. (1989): Carbon isotope discrimination and photosynthesis, Annu. Rev. Plant Phys., 40, 503–537.

LI Y.B., CHEN T., ZHANG Y.F. & AN L.Z. (2007): The relation of seasonal pattern in stable carbon composition to meteorological variables in the leaves of *Sabina przewalskii* Kom. and *Sabina chinensis* (Lin.) Ant., Environ. Geol., 51, 1279–1284.

MÄNNEL T.T., AUERSWALD K. & SCHNYDER H. (2007): Altitude gradients of grassland carbon and nitrogen isotope composition are recorded in hair of grazers, Global Ecol. Biogeogr., 16, 583–592.

MOLE S., JOERN A., O'LEARY M.H. & MADHAVEN S. (1994): Spatial and temporal variation in carbon-isotope discrimination in prairie graminoids, Oecologia, 97, 316–321.

NOAA SATELLITE AND INFORMATION SERVICE (2008): NOAA NCDC Climate Data Online: http://cdo.ncdc.noaa.gov/CDO/cdo.

PYANKOV V.I., GUNIN P.D., TSOOG S. & BLACK C.C. (2000): C-4 plants in the vegetation of Mongolia: their natural occurrence and geographical distribution in relation to climate, Oecologia, 123, 15–31.

THE CLIMATE SOURCE LLC (2002): Corvallis, OR, USA, PRISM spatial climate datasets for Mongolia and Inner Mongolia.

WITTMER, M., AUERSWALD, K., TUNGALAG, R., BAI, Y. F., SCHÄUFELE, R., & SCHNYDER, H. (2008): Carbon isotope discrimination of C3 vegetation in Central Asian Grassland as related to long-term and short-term precipitation patterns, Biogeosciences, in press.

Effiziente Nutzung von Grünland als Ressource für die Milch- und Fleischproduktion

Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau Band 9

Referate und Poster der 52. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften

Herausgeber: P. Thomet, H. Menzi, J. Isselstein

Druck: AGRIDEA

ISBN: 978-3-033-01702-3