SABINE RIEWENHERM UND HELMUT LIETH (HRSG.) 1991: VERHANDLUNGEN DER GESELLSCHAFT FÜR ÖKOLOGIE (OSNABRÜCK 1989) BAND XIX/III [POSTER]: 281-287

MINERALSTOFFE IN ROTKLEE UND WIESENSCHWINGEL BEI ATMOSPHÄRISCHER CO_2-ANREICHERUNG (*TRIFOLIUM PRATENSE* L. UND *FESTUCA PRATENSIS* HUDS.)

Dieter Overdieck und Petra Ikels

ABSTRACT

Red clover and meadow fescue were sown into mini-greenhouses in mixture (1:1, density of seedlings 25/dm^2). The climate inside was regulated according to the outside conditions and the CO_2 concentration levels were maintained at 353 (control) and 600 ppm CO_2 from 1984-1987. Plant samples were taken from the cultures and chemically analysed using mainly atomic emission and atomic absorption spectrophotometry.

At the elevated CO_2 concentration (600 ppm CO_2) the mean N- and K-contents decreased significantly in the above-ground parts of red clover and meadow fescue (N: -11 %, -12 %; K: -13 %, -8 %). The Zn-content was significantly lower in meadow fescue only (-13 %). In both species differences between the means of the above-ground tissues were not significant for P, Ca, Mg, as to red clover this applies only to Zn. The mean contents of all determined elements in the roots did not differ significantly.

Because of the CO_2 induced enhancement of phytomass accumulation per m^2 ground area the total amount of the determined elements increased strikingly in the vegetation cover in spite of the partly decreasing contents of the tissues.

keywords: *carbondioxide enrichment, mineral element concentration, element accumulation, Trifolium pratense L., Festuca pratensis HUDS.*

1. EINFÜHRUNG

Wenn auch die Ergebnisse zahlreicher Untersuchungen an krautigen Pflanzen belegen, daß mehr Phytomasse gebildet wird, wenn das CO_2-Konzentrationsniveau ihrer Umgebungsluft angehoben wird (CARTER und PETERSON 1983; OVERDIECK et al. 1984; OVERDIECK und REINING 1986; OVERDIECK und FORSTREUTER 1987; NIJS et al. 1988 a,b), so mögen doch viele andere Umweltfaktoren, darunter das Mineralstoffangebot im Boden, die positive Wirkung des CO_2 auf Wachstum und Produktion limitieren können (IMAI und MURATA 1978; WONG 1979; GOUDRIAAN und DE RUITER 1983).

Wenn zweitens gilt, daß für einen reibungslosen Stoffwechsel in den Geweben der Pflanzen konstante Mineralstoffgehalte aufrechterhalten werden müssen, dann müßten bei weiterhin steigenden troposphärischen CO_2 Konzentrationen auch wachsende Mengen an Mineralstoffen inkorporiert werden. Es gibt jedoch zahlreiche Hinweise, daß zumindest der prozentuale Stickstoffgehalt oberirdischer Pflanzenteile krautiger Arten im Verhältnis zum Kohlenstoffgehalt abnimmt (SIONIT 1983; OVERDIECK et al. 1988; LARIGAUDERIE et al. 1988).

Wir haben daher neben den N-Gehalten auch die P-, K- und Ca-Gehalte ober- und unterirdischer Pflanzenteile von Rotklee und Wiesenschwingel, die bei der derzeit herrschenden CO_2-Konzentration herangewachsen waren, mit den entsprechenden Gehalten von unter 600 ppm

aufgezogenen Pflanzen verglichen und Magnesium und Zink in die Analysen einbezogen. Außerdem sind wir der Frage nachgegangen, welche Mengen dieser Mineralstoffe in einer Vegetationsdecke aus jenen beiden Arten bezogen auf die Bodenfläche bis zum Höhepunkt einer Vegetationsperiode akkumulieren, wenn die Phytomasse auf derselben Fläche unter dem Einfluß des steigenden CO_2-Angebotes aufwächst.

2. Material und Methoden

Wachstumsbedingungen und Probenentnahme

Rotklee (*Trifolium pratense* L., Sorte: Lero) und Wiesenschwingel (*Festuca pratensis* HUDS., Sorte: Cosmos 2) wurden im Verhältnis 1:1 (Dichte: 25 Samen/dm^2) auf homogenisierten Gartenboden mittlerer Fruchtbarkeit in nach den Außenbedingungen klimatisierten Plexiglas-Minigewächshäusern ausgesät (vom Gewächshaus umschlossener Bodenraum: 0,38 m^3, Luftraum: 0,51 m^3). Die Versuchsanlage befand sich auf dem Westerberg (90 m über NN) bei Osnabrück in Nordwestdeutschland (52° 18'N, 8° 2' O). Von Juli 1984 - April 1987 wuchs dort die erste und von Juli 1987 - April 1989 die zweite Saat kontinuierlich unter 353 $\pm$ 18 ppm (= Kontroll-Minigewächshaus) und unter 607 $\pm$ 20 ppm CO_2 (= 600 ppm-Minigewächshaus) bis zum Blühen, Fruchten und Absterben. Die Kulturen wurden entsprechend den Niederschlagsraten in der Umgebung mit Leitungswasser gegossen und nicht gedüngt.

Aus dem ersten Versuchsansatz (1984/87) wurden an 9 Terminen Proben und aus dem zweiten Ansatz - Ende 1987 - oberirdisch eine Probe in der Weise entnommen, daß von - nach einer Zufallsverteilung - ausgewählten Stellen jeweils 2-3 komplette Individuen jeder Art aus jedem der beiden zu vergleichenden Minigewächshäuser zu einer Mischprobe vereint werden konnten. An drei Terminen wurden pro CO_2-Stufe drei Mischproben je 2-3 Pflanzen gewonnen (Tab. 1). Die Wurzelproben wurden mit einem Bohrstock entnommen und insgesamt ohne Trennung der Arten weiterverarbeitet.

Tab. 1: Termine der Probenentnahme; n = Zahl der Proben pro CO_2-Stufe (am 19.10.87 drei Proben aus der Kontrollkultur und eine aus dem 600 ppm-Minigewächshaus; Nr. 10 ohne Wurzeln).

Nr.	1984	n	Nr.	1985	n	Nr.	1986	n	Nr.	1987	n
1	22.08.	1	4	23.05.	3	6	20.05.	1	9	22.04.	3
2	20.09.	1	5	30.07.	1	7	18.06.	1			
3	25.10.	3				8	04.11.	1	10	19.10.	(3/1)

Probenaufbereitung und Analysen

Alle Proben wurden getrocknet (1984- Anfang 87: 105 °C; Ende 1987: 85 °C) und mit der Schwingmühle (Fa. Retsch) gemahlen (> 1 g Trockensubstanz). Vor den chemischen Analysen wurden sie noch einmal bei 85 °C 24 h lang nachgetrocknet.

Die Gehalte an organisch gebundenem Stickstoff und an Ammonium-Stickstoff (N) wurden mit der Mikro-Kjeldahl-Methode als sog. Gesamtstickstoff (N) und die Phosphor-Gesamtgehalte (P) mit Hilfe der Molybdänblau-Methode nach salpetersaurem Aufschluß ermittelt.

Aus diesem Aufschluß wurde Kalium (K) mit dem Atomemissionsspektrophotometer (AES) bei der Wellenlänge 404,5 nm, Calcium (Ca) mit dem Atomabsorptionsspektrophotometer (AAS) bei 422,7 nm, Magnesium (Mg) mit diesem Gerät bei 285 nm und Zink (Zn) bei 213,9 nm quantitativ analysiert (Gerät: ae/aa spectrophotometer 357: Instrumentation Laboratories).

Datenauswertung

a) Alle Mineralstoffgehalte wurden relativ zur Kontrolle (= 1,0) gerechnet und so dargestellt. Da die Werte angenähert normalverteilt waren, wurden zusätzlich mit Hilfe des t-Tests die Mittelwerte von allen Proben des Kontrollansatzes mit denen aus der 600-ppm-Kultur verglichen (n = 10 pro CO_2-Stufe bei den oberirdischen Teilen und n = 9 bei den Wurzeln).

b) Für die beiden Termine 23.05.85 und 30.07.85 wurden außerdem aus den prozentualen Mineralstoffgehalten die absoluten Gehalte der gesamten Phytomasse bezogen auf m^2 Bodenfläche berechnet.

3. Ergebnisse

Sowohl bei den zusammengefaßten oberirdischen Teilen des Rotklees als auch des Wiesenschwingels nahmen alle hier quantifizierten prozentualen Mineralstoffgehalte in der Tendenz bei erhöhtem CO_2-Konzentrationsniveau ab (Abb. 1).

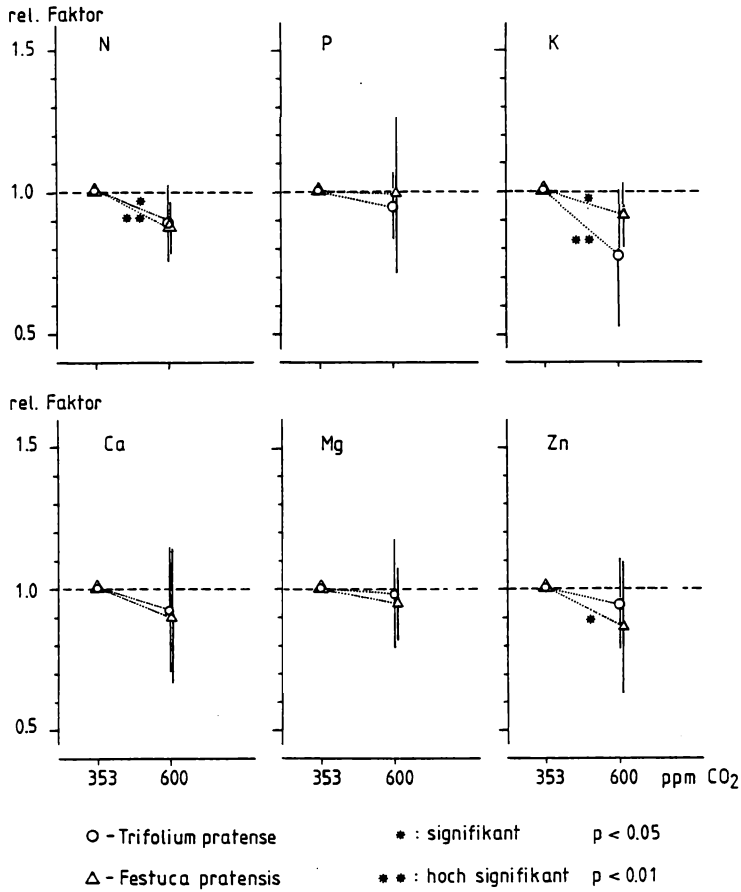

Abb. 1: CO_2-Wirkfaktoren für die prozentualen Gehalte ausgewählter Mineralstoffe (N, P, K, Ca, Mg, Zn) in der oberirdischen Phytomasse Rotklee (*Trifolium pratense*) und Wiesenschwingel (*Festuca pratensis*) bei Erhöhung des CO_2-Konzentrationsniveaus von 353 auf 600 ppm während der gesamten Pflanzenentwicklung (Artenverhältnis bei der Aussaat: 1:1); Kontrolle (353 ppm CO_2) = 1.0.

Statistisch absichern ließen sich die mittleren N- und K-Gehaltsunterschiede für beide Arten. Beim Rotklee waren es bei erhöhtem CO_2-Angebot ≈ 11 % weniger N in der Trockensubstanz und beim Wiesenschwingel ≈ 12 %. Die mittleren K-Gehalte lagen um ≈ 13 % beim Rotklee und beim Wiesenschwingel um ≈ 8 % niedriger. Beim Wiesenschwingel lagen im Gegensatz zum Rotklee auch die mittleren Zn-Gehalte bei erhöhter CO_2-Konzentration statistisch absicherbar um ≈ 13 % niedriger.

Die P- und Mg-Gehalte waren bei beiden Arten jedoch nur sehr wenig verändert. Beim Rotklee lagen die mittleren Phosphorgehalte bei der hohen CO_2-Konzentration um 5 % niedriger und beim Wiesenschwingel waren es 1 %. Die mittleren Magnesiumgehalte waren beim Rotklee im Mittel um 2 % und beim Wiesenschwingel um 5 % erniedrigt. Diese geringfügigen Unterschiede ließen sich statistisch nicht sichern. Beim Calcium lagen die mittleren Gehalte mit -7 % für Rotklee und -10 % für Wiesenschwingel bei erhöhter CO_2-Konzentration im Vergleich zur Kontrolle deutlich niedriger. Jedoch auch diese Unterschiede ließen sich statistisch nicht sichern. Vergleichsweise wenig war auch der mittlere Zn-Gehalt der oberirdischen Teile des Rotklees bei den Proben aus dem Mini-Gewächshaus mit 600 ppm CO_2 gegenüber der Kontrolle abgesenkt (-5 %).

Bei den insgesamt analysierten Wurzeln konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Tab. 2). Dies galt auch für das Element Calcium, obwohl hier der Mittelwert der Proben aus der 600 ppm CO_2-Kultur mit ≈ -14 % deutlich unter dem entsprechenden Wert aus dem Kontrollversuch lag.

Tab. 2: Mittlere CO_2-Wirkfaktoren für die prozentualen Gehalte an Mineralstoffen in der zusammengefaßten Wurzeltrockensubstanz von Rotklee/Wiesenschwingelgemeinschaften (1:1 bei der Aussaat) bei Erhöhung des CO_2-Konzentrationsniveaus von 353 ppm (=Kontrolle = 1.0) auf 600 ppm für die gesamte Pflanzenentwicklung (Unterschiede in allen Fällen auf dem $p < 0.05$-Niveau nicht signifikant; n = 9).

	WURZELN					
	N	P	K	Ca	Mg	Zn
Vergleichsfaktor	1.02	1.05	0.94	0.86	0.94	1.01

Pro m^2 Bodenfläche war im Vergleich zur Kontrolle bei erhöhter CO_2-Konzentration stets mehr Phytomasse akkumuliert worden. Die Unterschiede zwischen den beiden Versuchsansätzen sind für das 2. Jahr des ersten Dauerversuchs in Tab. 3 dokumentiert. Berechnet mit Hilfe dieser Werte ergaben sich trotz der im Mittel erniedrigten prozentualer Gehalte in der Pflanzensubstanz für alle hier untersuchten Inhaltsstoffe absolut größere Mengen in der Gesamt-Phytomasse/m^2 Boden (Abb. 2). Relativ zu den anderen Elementen akkumulierte nur wenig mehr Kalium bei 600 ppm CO_2. Die Mengen an N, Ca und Zn waren bei 600 ppm CO_2 im Vergleich zur Kontrolle zur Blütezeit des Klees (30.07.) angenähert 2,0-, 2,3- bzw. 2,2-mal so groß wie in der Kontrolle.

4. Diskussion und Schlußfolgerungen

Wie sich bereits für Weißklee (*Trifolium repens*) und Weidelgras (*Lolium perenne*) nachweisen ließ (OVERDIECK und REINING 1986), nimmt der prozentuale Stickstoffgehalt der oberirdischen Pflanzenteile auch beim Rotklee (*Trifolium pratense*) und beim Wiesenschwingel (*Festuca pratensis*) um 10-12 % ab, wenn die Pflanzen bei erhöhter CO_2-Konzentration wachsen (600 ppm). Da dieses Phänomen auch schon bei einer Reihe anderer krautiger Arten gefunden werden konnte (NOURI und LINSER 1970; OVERDIECK et al. 1988), muß generell

Tab. 3: Gesamttrockengewicht (g) der Pflanzen in Rotklee/Wiesenschwingelgemeinschaften (1:1 bei der Aussaat) pro m^2 Bodenfläche bei Erhöhung des CO_2-Konzentrationsniveaus von 353 (= Kontrolle = 1.0) auf 600 ppm an den Probenentnahmeterminen des Jahres 1985 (nach FORSTREUTER 1989, persönl. Mitteilung).

TROCKENSUBSTANZ [g/m²]				
Termin		Kontrolle	600 ppm	Diff. in %
1985	23.05.	1188	1574	+ 76
	30.07.	1311	2846	+ 46

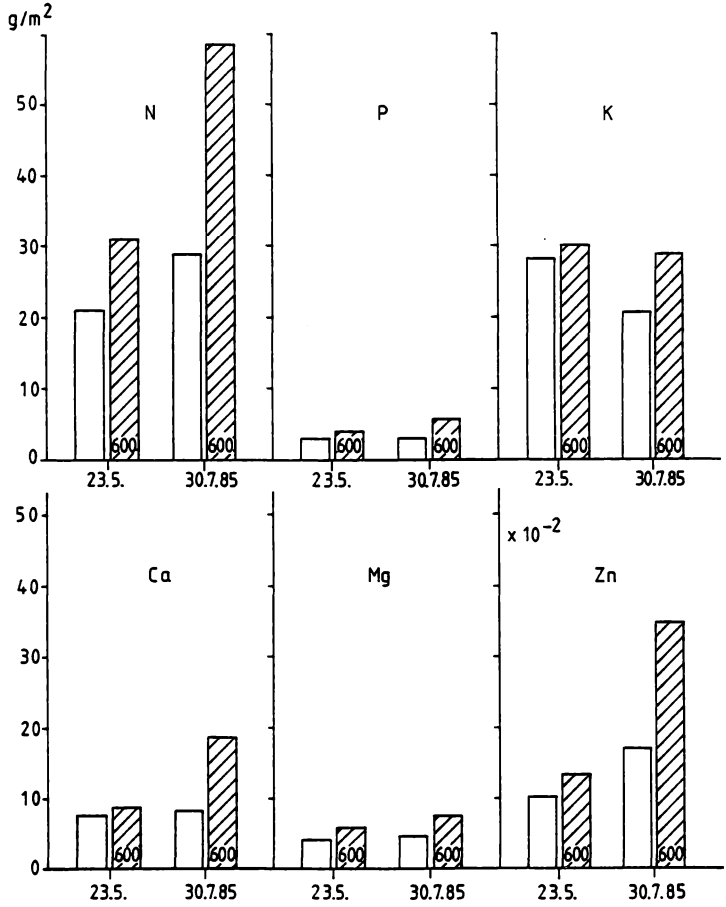

Abb. 2: Absolut in der Gesamt-Phytomasse von Rotklee/Wiesenschwingelgemeinschaften (1:1 bei der Aussaat) pro m^2 Bodenfläche akkumulierte Mineralstoffmengen (N, P, K, Ca, Mg, Zn) bei 353 und 600 ppm CO_2 (Beispiel: 1985); offene Säulen: Kontrolle (353 ppm CO_2).

davon ausgegangen werden, daß zumindest dieses Element nicht der durch mehr CO_2 gesteigerten Stoffproduktion in dem Maße folgt, daß in den Geweben der oberirdischen Teile stets gleichbleibende Konzentrationsniveaus aufrechterhalten werden. Wenn gilt, daß der Gesamtstickstoffgehalt eng mit dem Proteingehalt korreliert ist, dann sinkt der Nährwert unserer Versuchspflanzen für Herbivore. Allerdings bleibt noch zu klären, ob alle ernährungsphysiologisch wichtigen Aminosäuren in gleicher Weise von dieser prozentualen Abnahme des Stickstoffgehaltes betroffen sind. LINCOLN et al. (1984, 1986) fanden, daß die Raupen des Kleinschmetterlings *Pseudoplusia includens* pro Zeiteinheit mehr junge Baumwollblätter fraßen, wenn sie zusammen mit ihrer Wirtspflanze bei erhöhter CO_2-Konzentration gehalten wurden. Sie führen dies darauf zurück, daß diese Herbivoren Proteinmangel durch stärkeren Fraß zu kompensieren versuchen.
Eine weitere Folge des niedrigeren N-Gehaltes kann sein, daß der Bestandsabfall durch das Edaphon nicht mehr so schnell und effektiv verarbeitet werden kann (ABER und MELILLO 1983). Zumindest ein Teil des Kohlenstoffs könnte somit länger im "Litterpool" verbleiben.

Was für Stickstoff nachgewiesen, gilt auch für Kalium: Seine Gehalte nehmen ab, wenn die CO_2-Konzentration angehoben wird. Bei unseren Untersuchungen waren es ca. -10 %. Dieser Effekt deutete sich schon bei Untersuchungen der Blätter des Weißklees an (OVERDIECK und REINING 1986) und dürfte in einem noch festzulegenden Rahmen häufig auftreten. Auch die mittlere prozentuale Abnahme des Kaliumgehaltes kann ernährungsphysiologisch bedeutungsvoll sein, da dieses Element u.a. zahlreiche Enzyme aktiviert und osmotisch wirksam ist.

Bisher wurden Spurenelemente noch unzureichend in die Analysen pflanzlicher Trockensubstanz nach CO_2-Begasung einbezogen. Mit unseren Zn-Analysen ist hier ein Anfang gemacht, und es zeigte sich, daß der mittlere prozentuale Gehalt dieses essentiellen Spurenelementes bei erhöhtem CO_2-Angebot im Wiesenschwingel ebenfalls abnimmt.

Wenn auch die Gehalte an Ca in den oberirdischen Teilen unserer Versuchspflanzen tendenziell abnahmen, so war dies nicht signifikant, da diese Gehalte sowohl jahreszeitlich als auch von Probe zu Probe an einem Termin besonders stark variierten. Die P- und Mg-Gehalte scheinen allerdings bei beiden hier untersuchten Pflanzenarten im Mittel auf einem angenähert gleichbleibenden Niveau gehalten zu werden. Dies mag durch eine geringe physiologische Toleranz gegenüber diesen Elementen bedingt sein.

Obwohl in unserem Versuch ein Boden mit einem mittleren Nährstoffangebot verwendet worden ist, nicht gedüngt und mit Leitungswasser gegossen worden ist, sind unter dem Einfluß der erhöhten CO_2-Konzentration absolut stets deutlich größere Mineralstoffmengen in der gesamten Phytomasse pro Einheit Bodenoberfläche akkumuliert worden. Dies galt in der Hauptwachstumsphase - bis zur Kleeblüte - insbesondere auch für die Elemente, deren Gehalte insgesamt prozentual in den Geweben abnahmen (N, K, Zn). Da gleichzeitig die gesamte Phytomasse pro Einheit Bodenfläche stark zunahm, ist davon auszugehen, daß der positive CO_2-Effekt unter unseren Versuchsbedingungen nicht limitiert worden ist. Andererseits wird auch deutlich, daß bei der für den Beginn des kommenden Jahrtausends prognostizierten troposphärischen CO_2-Konzentration den Böden erheblich mehr Nährstoffe entzogen werden als bei der heutigen CO_2-Konzentration. Von Natur aus nährstoffarme Böden könnten daher schnell verarmen.

Danksagung

Die Proben für die chemischen Untersuchungen hat Herr M. Forstreuter zur Verfügung gestellt. Dafür sei ihm besonders gedankt.

LITERATUR

ABER J.D., MELILLO J.M., 1980: Litter decomposition: measuring state of decay and percent transfer into forest soils. - Can. J. Bot. 58: 416-421.
CARTER D.R., PETERSON K.M., 1983: Effects of a CO_2-enriched atmosphere on the growth and competition interaction of a C_3 and a C_4 grass. - Oecologia (Berlin) 58: 188-193.

GOUDRIAAN J., DE RUITER H.E., 1983: Plant growth in response to CO_2 enrichment at two levels of nitrogen and phosphorus supply. 1. Dry matter, leaf area and development. - Neth. J. agric. Sci. 31: 157-169.

IMAI K., MURATA Y., 1978: Effect of carbon dioxide concentration on growth and dry matter production of crop plants. III. Relationship between CO_2 concentration and nitrogen nutrition in some C_3- and C_4-species. - Japan. Jour. Crop. Sci. 47: 118-123.

LARIGAUDERIE A., HILBERT D.W., OECHEL W.C., 1988: Effect of CO_2 enrichment and nitrogen availability on resource acquisition and resource allocation in a grass, *Bromus mollis*. - Oecologia (Berlin) 77: 544-549.

LINCOLN D.E., SIONIT N., STRAIN B.R., 1984: Growth and feeding response of *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) to host plants grown in controlled carbon dioxide atmospheres. - Environmental Entomology 13: 1527-1530.

LINCOLN D.E., COUVET D., SIONIT N., 1986: Response of an insect herbivore to host plants grown in carbon dioxide enriched atmospheres. - Oecologia 69: 556-560.

NIJS I., IMPENS I., BEHAEGHE T., 1988 a: Effects of rising atmospheric carbon dioxide concentration on gas exchange and growth of perennial ryegrass. - Photosynthetica 22: 44-50.

NIJS I., IMPENS I., BEHAEGHE T., 1988 b: Effects of elevated atmospheric carbon dioxide on gas exchange and growth of white clover. - Photosynthesis Research 15: 163-176.

NOURI N., LINSER H:, 1970: Einfluß von Luftfeuchtigkeit und CO_2-Gehalt der Luft auf Ertragsbildung und Transpirationsquotienten. - Agrochimica 14: 93-114.

OVERDIECK D., BOSSEMEYER D., LIETH H., 1984: Long-term effects of an increased CO_2 concentration level on terrestrial plants in model-ecosystems. I. Phytomass production and competition of *Trifolium repens* L. and *Lolium perenne* L.. - Progress in Biometeorology 3: 344-352.

OVERDIECK D., REINING F., 1986: Effect of atmospheric CO_2 enrichment on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.) competing in managed model-ecosystems. I.- Phytomass production. - Acta Oecologica, Oecol. Plant. 7: 357-366.

OVERDIECK D., REINING E., 1986: Effect of atmospheric CO_2 enrichment on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.) competing in managed model-ecosystems. II.- Nutrient uptake. - Acta Oecologica, Oecol. Plant. 7: 367-378.

OVERDIECK D., FORSTREUTER M., 1987: Langzeit-Effekte eines erhöhten CO_2-Angebotes bei Rotklee-Wiesenschwingel-Gemeinschaften. - Verhandl. Ges. f. Ökologie (Gießen 1986) XVI: 197-206.

OVERDIECK D., REID Ch., STRAIN B.R., 1988: The effects of preindustrial and future CO_2 concentrations on growth, dry matter production and the C/N relationship in plants at low nutrient supply: *Vigna unguiculata* (cowpea), *Abelmoschus esculentus* (okra) and Raphanus sativus (radish). - Angew. Botanik 62: 119-134.

SIONIT N., 1983: Response of soybean to two levels of mineral nutrition in CO_2-enriched atmosphere. - Crop Science 23: 329-333.

WONG S.C., 1979: Elevated atmospheric partial pressure of CO_2 and plant growth. I. Interactions of nitrogen nutrition and photosynthetic capacity in C_3 and C_4 plants. - Oecologia (Berlin) 44: 68-74.

ADRESSE

Prof. Dr. D. Overdiek
TU-Berlin
FB Landschaftsentwicklung
Institut für Ökologie
Ökologie der Gehölze
Königin-Luisen-Str. 22
D-1000 Berlin 33

P. Ikels
Universität Osnabrück
FB Biologie/Chemie
Postfach 4469
D-W-4500 Osnabrück

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: 19_3_1991

Autor(en)/Author(s): Overdieck Dieter, Ikels Petra

Artikel/Article: Mineralstoffe in Rotklee und Wiesenschwingel bei atmosphärischer CO2-Anreicherung (Trifolium pratense L. und Festuca pratensis huds.) 281-287