

UNTERSUCHUNGEN ZUR PHOTOSYNTHESE UND ZUM WASSERHAUSHALT VON ROTKLEE BEI VERSCHIEDENEN ATMOSPHERISCHEN CO₂-KONZENTRATIONEN

Gerald Meer

ABSTRACT

Future atmospheric CO₂-concentrations will significantly increase the biomass production of plants. The reasons are resumed in a better CO₂-assimilation and reduced transpiration in which the regulation and composition of the photosynthetic apparatus appears unknown. Red clover plants are growing under elevated CO₂-concentrations (normal, normal + 150 ppm, normal + 300 ppm) and water stress in a greenhouse and will be investigated for their photosynthetic capacity.

Thylakoids are studied for basale, coupled and uncoupled hill-reaction (H₂O - DCPIP) in response to light, temperature and water stress in more detail. The composition of the chloroplast (sugars, proteins, phosphate and magnesium) and the chlorophyll content of leaves as well as the osmotic potential and the concentration of osmotic factors are determined.

Future CO₂-concentrations will probably reduce the content of PS II-particles so that the rates of electron transport are diminished. Furthermore seems the P_i-level in chloroplasts to be a good indicator for the regulation of photosynthesis indicating plants under elevated CO₂ have "photosynthetic stress". A distinct evidence for alternate osmotic potentials cannot be started when plants were exposed to water stress for several days.

Further work will take place in measuring photophosphorylation and carboxylation rates of chloroplasts and chlorophyll fluorescence inductions as well as assimilation rates of the leaves "in vivo".

keywords: CO₂-increase, Dichlorphenolindophenol (DCPIP), Hill-reaction, osmotic potential, phosphate, *Trifolium repens*, thylakoids, water stress

1. EINLEITUNG

In naher Zukunft ist eine Verdopplung des derzeitigen Kohlendioxidgehaltes der erdnahen Atmosphäre von 340 ppm zu erwarten. Kohlendioxid ist trotz seiner geringen Konzentration in der Atmosphäre Grundlage der Photosynthese.

Versuche der Arbeitsgruppe Ökologie/FB Biologie (Universität Osnabrück) haben gezeigt, daß die Pflanzengemeinschaft *Trifolium repens* L. und *Lolium perenne* L. eine vermehrte Stoffproduktion aufweist, wenn die Kohlendioxidkonzentration in der Umgebungsluft der Pflanzen langfristig auf 600 ppm erhöht wird. Ähnliche Ergebnisse sind von anderen Pflanzen, darunter viele Nutzpflanzen wie Tomate, Saubohne und Baumwolle, bekannt.

Da die geringe Konzentration des Kohlendioxides ein limitierender Faktor für die Photosynthese ist, sind Änderungen in der Zusammensetzung und der Regulation des Photosyntheseapparates zu erwarten, wenn die CO₂-Konzentration um + 150 und + 300 ppm erhöht wird. Zudem ist die CO₂-Aufnahme des Blattes mit der Wasserabgabe verbunden, so daß eine Beeinflussung des Wasserhaushaltes erwartet wird, wenn Pflanzen erhöhten Kohlendioxidgehalten und zusätzlichem Wasserstreß ausgesetzt werden.

An *Trifolium pratense* L. sollen mit Hilfe biochemischer und ökophysiologischer Untersuchungen Veränderungen im Bereich der Photosynthese und des Wasserhaushaltes im Blatt aufgeklärt werden.

2. METHODE

Die Aufzucht des Rotklees erfolgt unter standardisierten Bedingungen in Klimakammern:

- Temperatur 17/12 °C
- PhAR 120 $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$

wobei drei verschiedene CO_2 -Konzentrationen eingehalten werden:

Klimakammer K1: Normal

K2: Normal + 150 ppm CO_2

K3: Normal + 300 ppm CO_2 .

Für die biochemischen und ökophysiologischen Messungen werden ausschließlich Sekundärblätter verwendet.

Die bisher durchgeführten Messungen befassen sich mit dem Elektronentransport an aufgebrochenen Chloroplasten ausgehend von der Wasserspaltung am Photosystem II über Plastochinon auf Dichlorphenolindophenol DPCIP, einem künstlichen Elektronenakzeptor. Die Aussagekraft dieser Messungen wird erhöht, wenn neben dem basalen auch der gekoppelte und entkoppelte Elektronentransport bestimmt wird.

Die Schritte der Chloroplastenisolation sowie die Zusammensetzung der Extraktionspuffer wurden auf den Rotklee abgestimmt, da dessen hoher Phenolgehalt die Thylakoide schädigen kann.

An aufgebrochenen Chloroplasten kann dann die Oxidation des DCPIP unter Lichteinwirkung verfolgt und im Spektralphotometer gemessen werden.

Die chemische Analyse von Inhaltstoffen im Chloroplasten erfolgt kolorimetrisch und mit Hilfe des Atomabsorptionspektrometers.

Die bisherigen Messungen zum Wasserhaushalt vom Rotklee beschränken sich auf refraktometrische, kolorimetrische und konduktometrische Messungen des Zellsaftes, um das osmotische Potential und die Konzentration der Osmolytika (Kohlenhydrate und Ionen) zu bestimmen.

3. ERGEBNISSE

Temperatur, Licht und Wasserstreß sind Faktoren, die die Photosynthese maßgeblich beeinflussen. Die Abhängigkeit des photosynthetischen Elektronentransportes von den eben erwähnten Faktoren wird aus den Grafiken 1 und 3 ersichtlich, wobei Rotkleepflanzen miteinander verglichen werden, die unterschiedlichen CO_2 -Konzentrationen ausgesetzt sind.

Die Temperaturoptima von basaler, gekoppelter und entkoppelter Hill-Reaktion unterscheiden sich (s. Abb. 1a - 1c), wobei der Rotklee, unter normalen CO_2 -Konzentrationen (K1) wachsend, im Temperaturoptimum jeweils die höchsten e^- -Transportraten zeigt. Die Temperaturoptima scheinen durch die CO_2 -Erhöhung nicht beeinflusst zu sein. Die Transportraten der Pflanzen bei erhöhtem CO_2 -Angebot (K2 und K3) scheinen ähnlich.

Auch in der Ausnutzung verschiedener Lichtstufen sind Pflanzen unter natürlichem CO_2 -Angebot (s. Abb. 2a) bevorteilt, dies könnte sich aber mit zunehmendem Pflanzenalter ändern (s. Abb. 2b).

Die gemessenen e^- -Transportraten von Pflanzen, die einer mehrtägigen Austrocknung ausgesetzt waren, entsprechen nicht den phänomenologischen Beobachtungen. Gemäß den eingehaltenen CO_2 -Konzentrationen zeigen die Pflanzen bei höchstem CO_2 -Angebot nach 4 Tagen Austrocknung keine Welkeerscheinungen, die hingegen bei normal begasteten Pflanzen am ausgeprägtesten sind.

Jedoch zeigen sie sich bei Bodentroeknis im Elektronentransport durch das erhöhte CO_2 nicht beeinflusst. Basaler, entkoppelter und gekoppelter Elektronentransport scheinen mit zunehmendem Wasserstreß vermindert (s. Abb. 3a), wobei die gemessenen Raten der Pflanzen aus K1 weiterhin erhöht sind.

Das osmotische Potential des Zellsaftes sowie die Kohlenhydrat- und Ionenkonzentrationen als wichtige Osmolytika scheinen durch die unterschiedlichen CO_2 -Konzentrationen beeinflusst (s. Abb. 4a - 4c).

□—□ K1
 ○—○ K2
 ▲····▲ K3

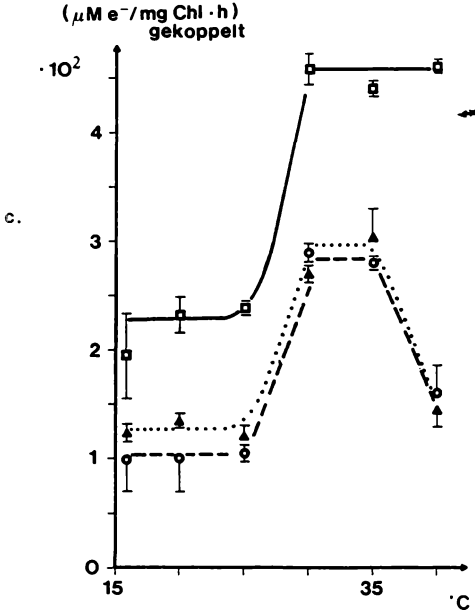
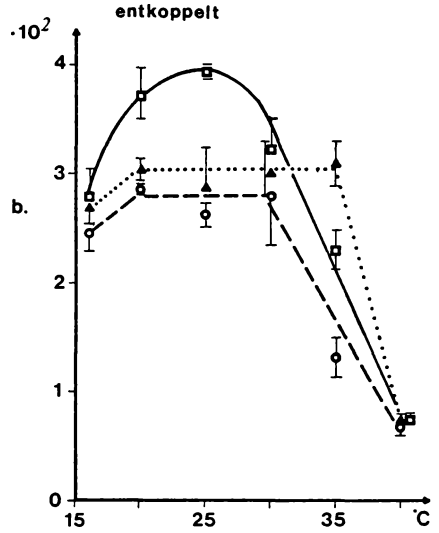
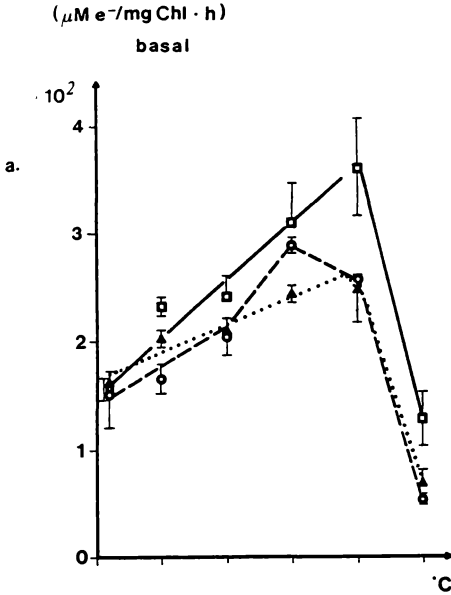


Abb. 1: Auswirkungen verschiedener Temperaturen (15–45 °C) auf verschiedene Aspekte des photosynthetischen e^- -Transportes aufgebrochener Chloroplasten:

a) basal, in Gegenwart von DPCIP (33 μM)

b) entkoppelt, DPCIP + Nigericin (15 μM)

c) gekoppelt, DPCIP + ADP (58 μM) + P_i (580 μM)

Dabei wurden die Testpflanzen, die bei verschiedenen CO_2 -Konzentrationen wachen, miteinander verglichen:

K1 = Umgebungsluft

K2 = Normal + 150 ppm

K3 = Normal + 300 ppm

Die Messungen wurden bei Lichtsättigung ausgeführt. Aufgetragen wurden die Mittelwerte und deren Standardabweichungen ($n = 4$).

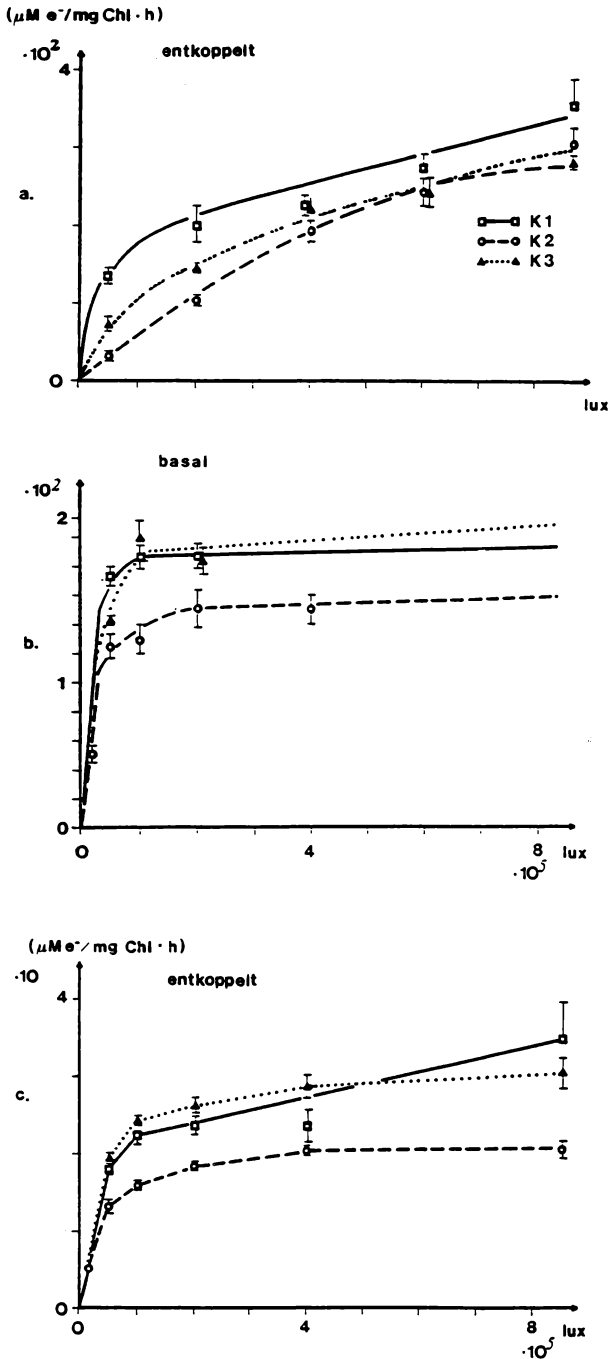


Abb. 2: Auswirkungen aufsteigender Lichtstufen ($5-85 \times 10^3$ lux) auf den e^- -Transport. Es wurde der entkoppelte e^- -Transport (+ Nigericin) 12 Wochen (2a) und 17 Wochen alter Pflanzen (2b) aus den verschiedenen Klimakammern (K1, K2, K3) miteinander verglichen. Die Messungen sind bei einer Temperatur $T = 25^\circ\text{C}$ durchgeführt worden.

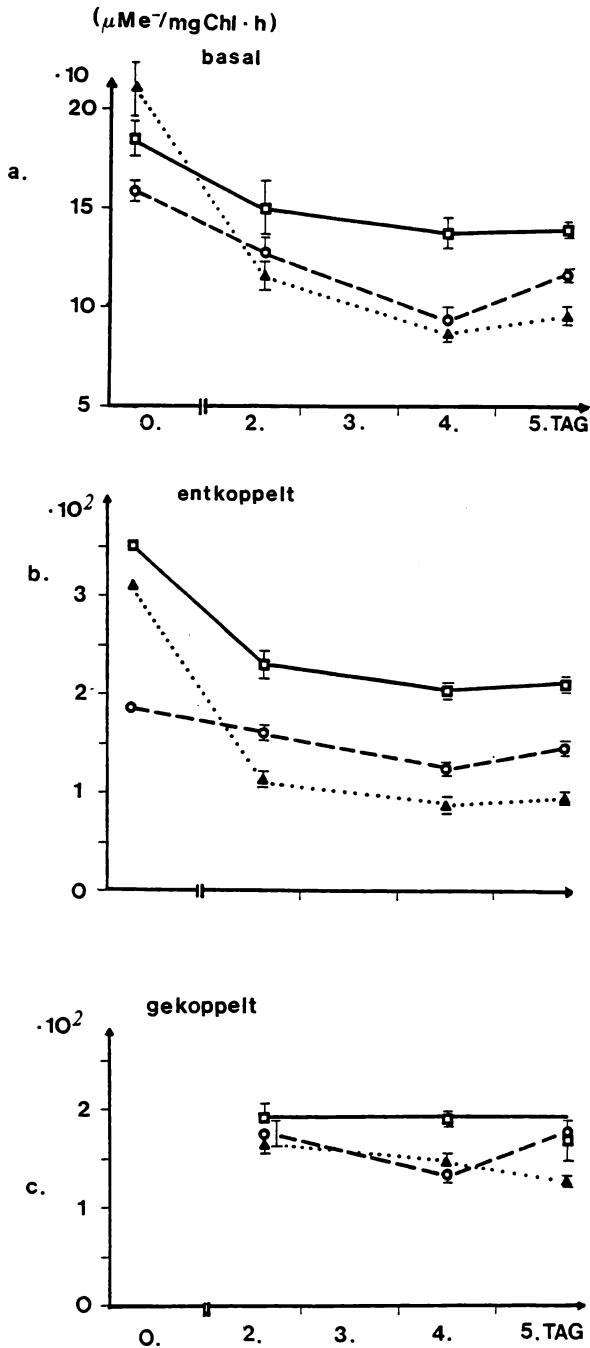


Abb. 3: Auswirkung eines viertägigen Wassermangels (1. - 4. Tag) und einer dann folgenden einmaligen Wassergabe auf die a) basalen/ b) entkoppelten/ c) gekoppelten e^{-} -Transportraten aufgebrochener Chloroplasten. Die Versuche wurden bei Lichtsättigung und $T = 25^{\circ}\text{C}$ durchgeführt. Die Pfeile an der Zeitachse kennzeichnen den Beginn des jeweiligen Tages.

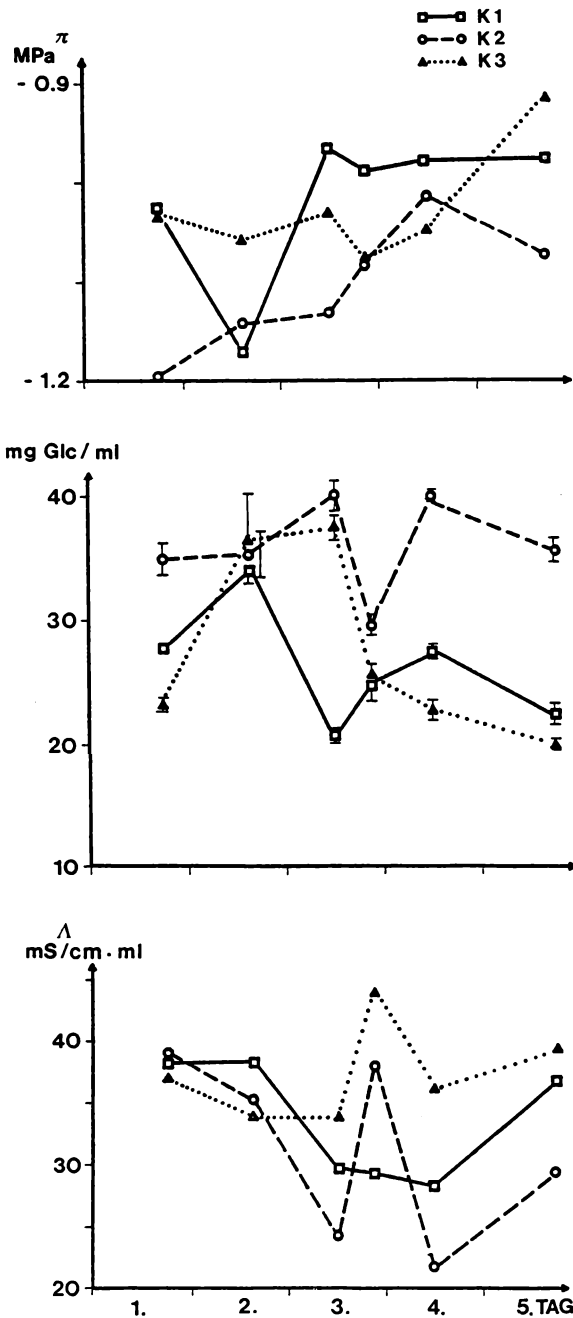


Abb. 4: Auswirkungen von Wassermangel (1. - 4. Tag) und der nachfolgenden Wassergabe auf a) das osmotische Potential/ b) sowie den Kohlenhydratgehalt/ c) und den Ionenkonzentrationen des Zellsaftes der Pflanzen aus den Kammern (K1 - K3). Aufgrund der geringen Standardabweichungen sind nur die Mittelwerte ($n = 3$) aufgetragen worden.

Eine Untersuchung wichtiger Inhaltstoffe im Chloroplasten ist in Tab. 1 wiedergegeben und umfaßt die Konzentrationen von Gesamtzucker, Proteinen, Magnesium und Phosphat. Die Gehalte von Kohlenhydraten, anorganischem Phosphat und Magnesium sind bei verschiedenem CO_2 -Angebot signifikant verändert.

Tab. 1: Chemische Analyse der Inhaltstoffe in Chloroplasten von Rotklee. Für die quantitativen Bestimmungen ist als Bezugsgröße (mg Chl.) gewählt worden. Aufgeführt sind nur Mittelwerte aus 3 Wiederholungsmessungen.

	K1	K2	K3
Chl. a/b	3,11	3,12	3,10
Proteingehalt der Thylakoide (mg)	7551	6603	6984
Proteingehalt des Stroma (mg)	4470	6749	6605
Phosphatgehalt (pM) im Stroma	480	85	40
Kohlenhydratgehalt (μg) im Stroma	1013	2756	2008
Magnesiumgehalt des Stroma (μM)	3,13	5,23	1,29

4. DISKUSSION

Der Elektronentransport des Rotklees scheint bei normaler Umgebungsluft höher als derjenige bei erhöhten CO_2 -Konzentrationen (+ 150 ppm sowie + 300 ppm CO_2). Auch bei höheren Temperaturen und Lichtintensitäten sowie Wassermangel scheint Rotklee, der in normaler Umgebungsluft wächst, bevorteilt. Dies ist insofern interessant, da, wie oben erwähnt, erhöhte Kohlendioxidgehalte die Stoffproduktion erhöhen. Möglicherweise wird durch erhöhtes CO_2 der Anteil des Photosystem II in den Thylakoiden verringert; dies geht aus den verringerten Proteingehalten der Thylakoide bei unverändertem Chl a/b Verhältnis hervor (s. Tab. 1), wohingegen der Anteil der carboxylierenden Enzyme im Stroma sich zu erhöhen scheint. Die Änderungen in der Regulation der Photosynthese im Chloroplasten kommen vor allen Dingen in den stark beeinflussten Phosphatgehalten (s. Tab. 1) zur Geltung.

Aus den bisherigen Ergebnissen, die sich auf das osmotische Potential und die Konzentrationen von Kohlenhydraten und Ionen beziehen, lassen sich noch keine konkreten Schlüsse ziehen. Denn die Konzentration an Osmolytika im Zellsaft ist auch verbunden mit der Photosynthese und der Mineralstoffaufnahme und unterliegt somit einer komplexen Regulation.

Die bisherigen Ergebnisse verlangen die Fortführung der jetzigen Experimente sowie eine Erweiterung der Methoden, um weitere Aspekte der Photosynthese zu bearbeiten.

Die geplanten Experimente für die weitere Erforschung der Fragestellung umfassen:

- die Messung der Photophosphorylierung und der Carboxylierung an aufgebrochenen Chloroplasten, sowie
- die Messung des $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ Gasaustausches und
- die Messung der prompten Chlorophyllfluoreszenz am intakten Blatt.

ADRESSE

Gerald Meer
 Universität Osnabrück
 AG Ökologie, FB Biologie/Chemie
 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): Meer Gerald

Artikel/Article: [Untersuchungen zur Photosynthese und zum Wasserhaushalt von Rotklee bei verschiedenen atmosphärischen CO₂-Konzentrationen 289-295](#)