

Auswirkungen von Natriumchlorid und Natriumnitrat auf die Photosynthese von Gerste (*Hordeum vulgare*)

Alexander Große, Handan Ünlü

Ökophysiologie der Pflanzen, WS 01/02
Institut für Pflanzenphysiologie und Mikrobiologie (FU-Berlin)

EINLEITUNG

Der Salzsteß, der durch die hohe Bodensalinität verursacht wird, ist eines der größten Herausforderungen für Pflanzen. Vor allem in der Landwirtschaft stellt die Ertragsbuße durch salzhaltige Böden ein großes Problem dar, das aufgrund des begrenzten Wissenstandes über die individuelle Salztoleranz einer Pflanze noch unlösbar scheint.

Eine hohe Salzkonzentration im Boden der Pflanze kann zu einem osmotischen Wasserentzug führen, so dass die Pflanze gezwungen ist ihre Stomata zu schließen, um nicht noch mehr Wasser durch Transpiration zu verlieren. Das Schließen der stomatären Öffnungen verringert zwar den Wasserverlust, führt aber andererseits dazu, dass die Pflanze einem Kohlendioxidmangel ausgesetzt wird. Die Photosyntheseleistung wird eingeschränkt, weil nun in den Calvin Zyklus weniger CO₂ eingespeist wird.

Salz hat also eine ähnliche Wirkung wie Trockenheit, jedoch kommt hinzu, dass die Pflanze einem erhöhten Ionenstrom ausgesetzt ist, dem sie durch aktiven Rücktransport dieser Ionen entgegenwirken kann. Eine andere Möglichkeit der Gegenreaktion ist die Herabsetzung ihres eigenen osmotischen Potentials durch Akkumulation von Ionen im Symplasten (aktive Aufnahme) oder von zelleigenen niedermolekularen Stoffen. Durch die Ionenaufnahme ist aber eine von der Salzkonzentration abhängige Schädigung der Zellmembran und der Proteine möglich.

Gerste gilt als die salzresistenteste Getreideart und wurde deshalb von uns für den Versuch ausgewählt. Ziel der Untersuchungen war es den Einfluß der beiden Salzformen auf die Photosynthese der Gerste zu untersuchen.

MATERIAL & METHODEN

Die Gerstepflanzen wurden im Gewächshaus bei ca. 25 °C und einer Beleuchtungszeit von 12 Stunden pro Tag gezogen. Die Pflanzen wurden jeweils einmal morgens gegossen. Wir begannen mit der Behandlung vier Tage nach Keimung der Gerste. Drei Töpfen mit ca. 30 Gerstepflanzen wurden jeweils 50 ml 1M NaCl, 50 ml 1M NaNO₃ bzw. den Kontrollpflanzen 50 ml Leitungswasser zugegeben. Das Gießen der unterschiedlichen Proben erfolgte, aus meßtechnischen Gründen, zweistündig versetzt.

Jeweils 24, 48 und 72 Stunden nach der Salzzugabe erfolgte die Messung von zwei Blättern des gleichen Topfes, jeweils zweimal an der Blattspitze.

Mit Hilfe des PAM Fluorometers wurde im "Saturation Pulse Mode" mit dem Run 10 automatische Registrierung einer Lichtsättigungskurve bei den aktinischen Intensitäten 1-10) Modus gearbeitet. Folgende Werte wurden aufgenommen:

PAR = Quantenflußdichte des aktinischen Lichts bzw. Lichtintensität, gemessen in mol Quanten m⁻²s⁻¹

Yield (Y) = Quantenausbeute des PSII

ETR = relative Elektronentransportrate (Y.PAR.C, wobei C ein Faktor ist, der berücksichtigt, daß nicht alle einfallenden Quanten absorbiert werden, beträgt etwa 42)

qN = nichtphotochemischer Lösungskoeffizient

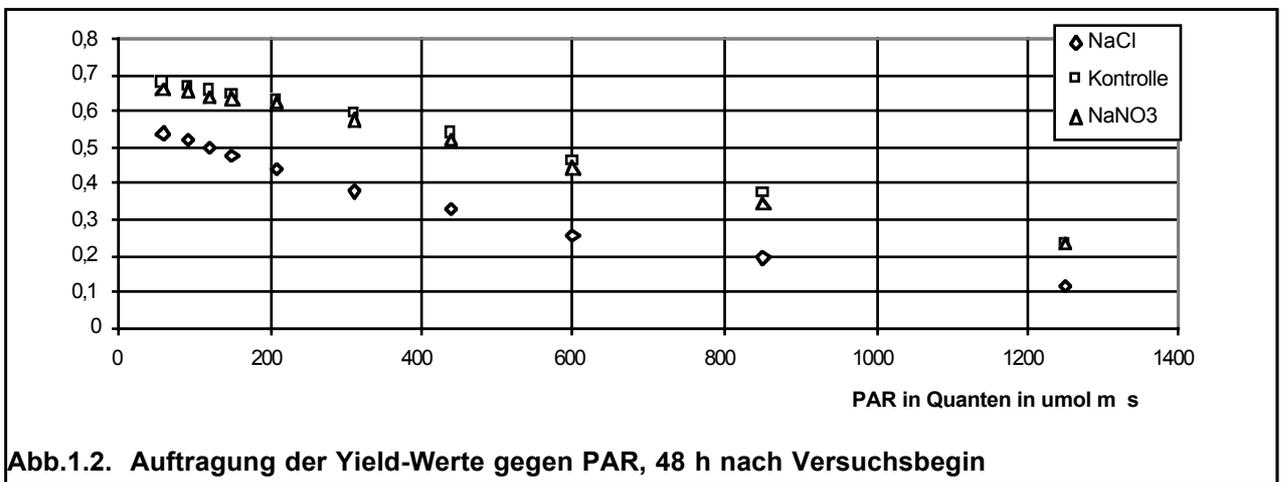
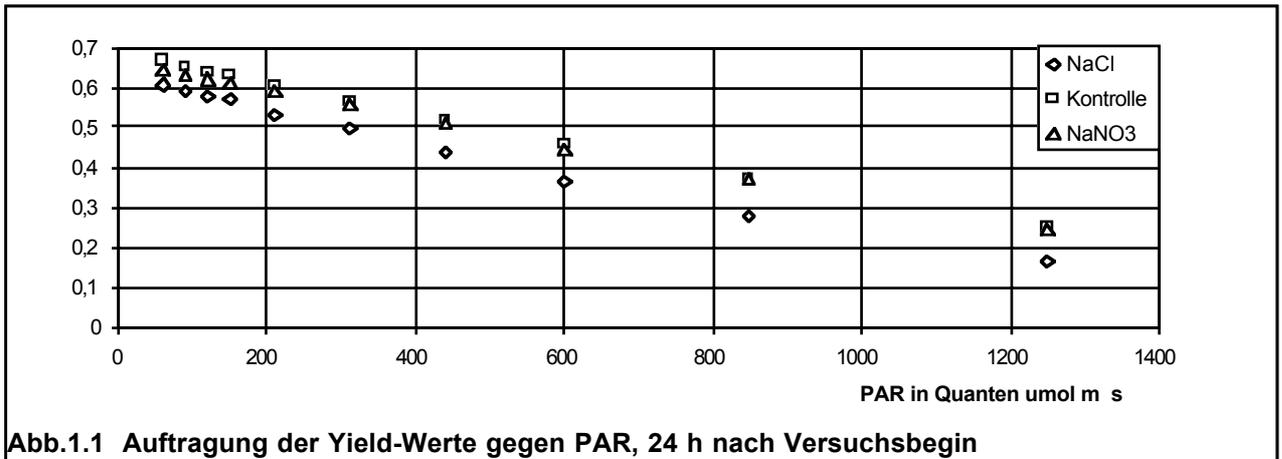
qP = photochemischer Lösungskoeffizient

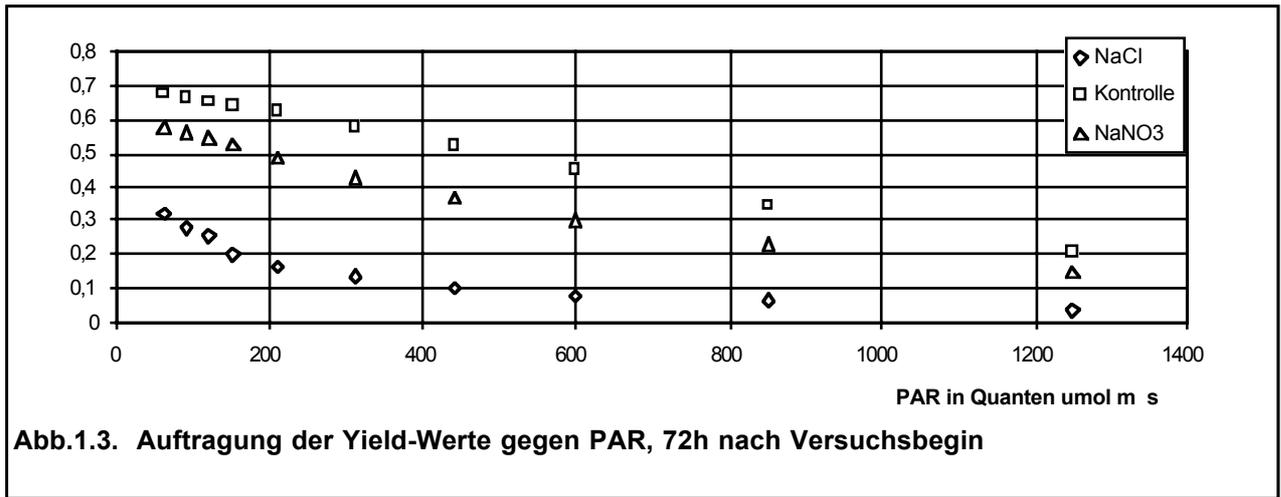
Fv/Fm = Maß für die maximale Quantenausbeute von PSII

Die Blätter wurden vor der Messung 10 Minuten vorverdunkelt.

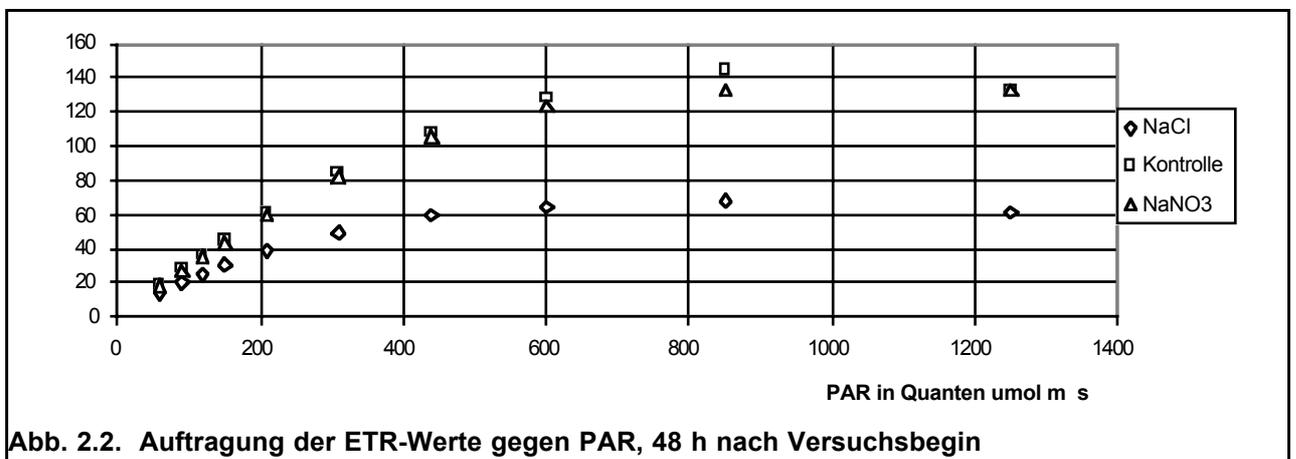
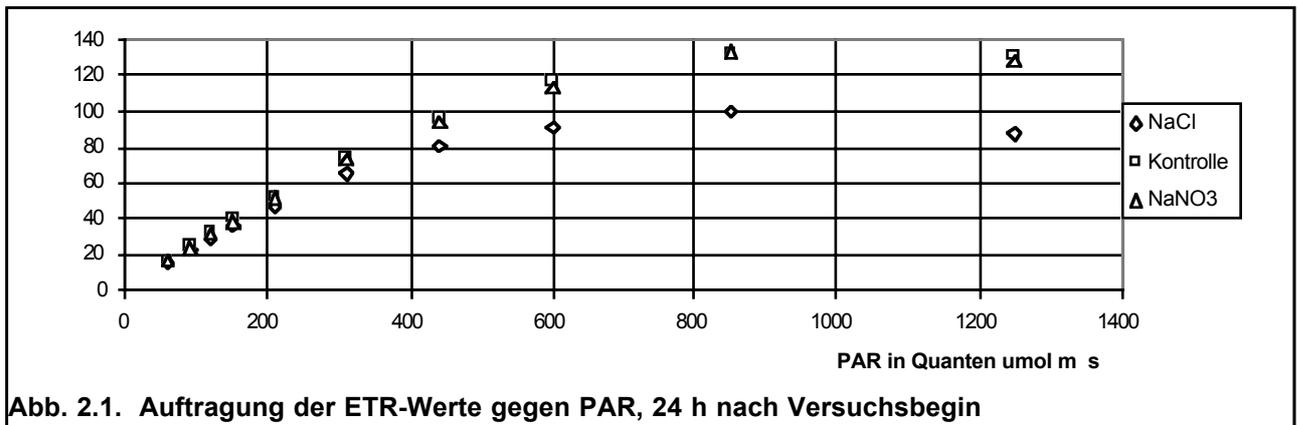
72 Stunden nach der Behandlung wurden Leitfähigkeitsmessungen vorgenommen. Dazu wurden frische Blätter der Pflanzen eingewogen, mit einer Schere zerkleinert, in Reagenzgläser mit 5 ml destilliertem Wasser gefüllt. Die Proben wurden dann in einem Wasserbad bei 100°C eine Stunde erhitzt. Alle drei Lösungen wurden in Bechergläser überführt und mit Wasser auf 50 ml aufgefüllt. Schließlich erfolgt die Leitfähigkeitsmessung. Das Auffüllen war notwendig um in einen von dem Leitfähigkeitsgerät meßbaren Bereich zu kommen.

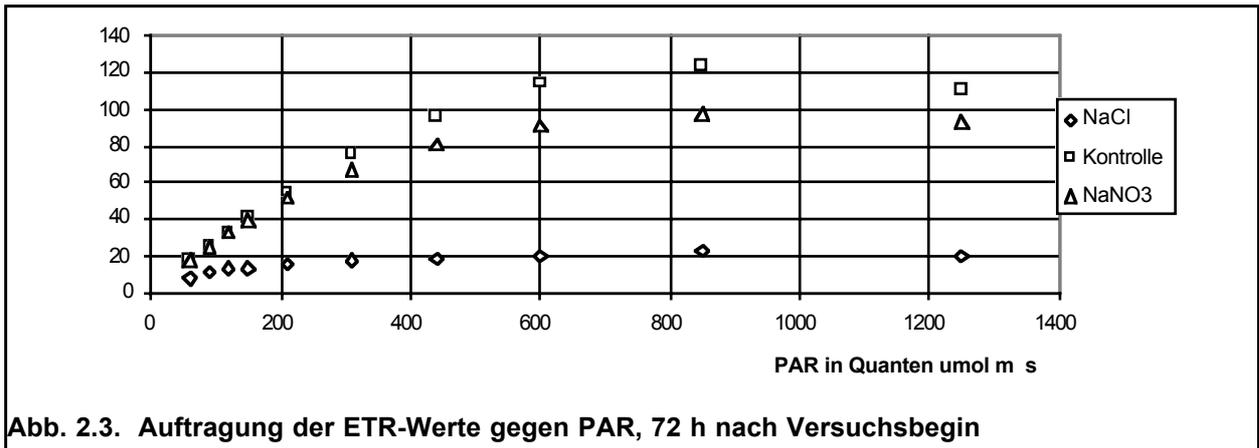
Um vergleichbare Werte für die Leitfähigkeiten zu erreichen, war es notwendig jeweils die gleiche Trockenmasse einzuwiegen, deshalb nahmen wir auch eine Trockenmassebestimmung vor. Dazu wurden von den drei Proben Blätter eingewogen (ca. 1g) und diese bei 75°C für 15 Stunden im Trockenofen getrocknet. Nach dem Abkühlen wurde die Trockenmassen bestimmt.





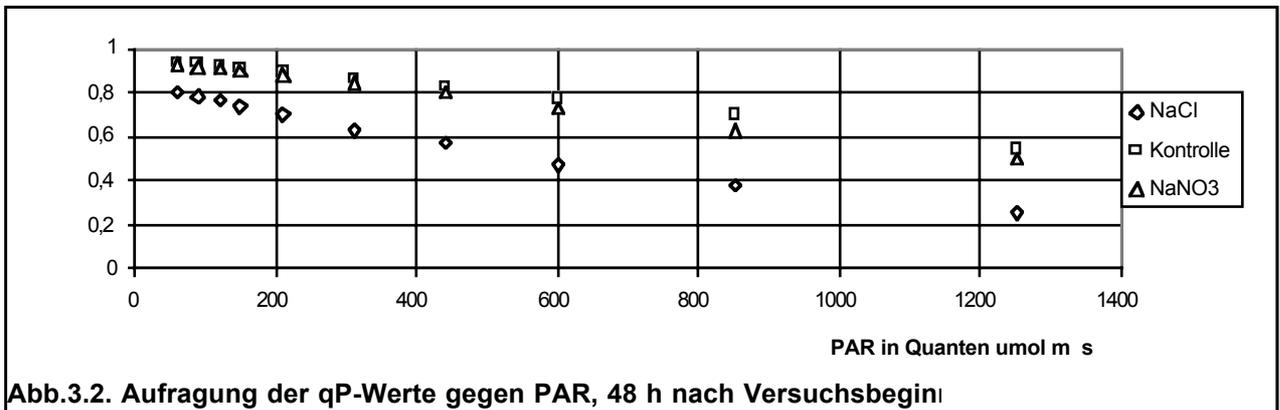
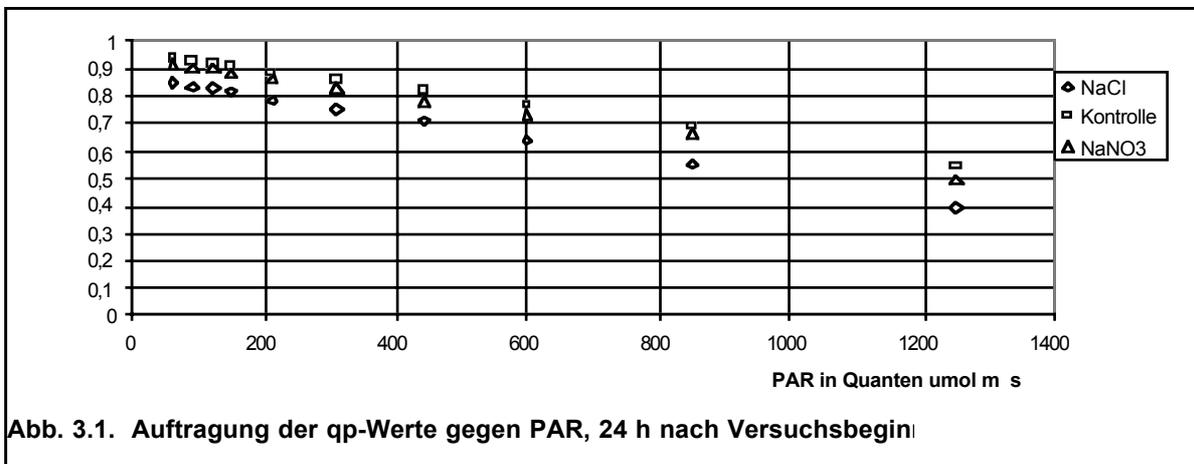
Die NaCl-Blätter zeigen im Vergleich zu den beiden anderen Proben schon nach 24h einen deutlichen Rückgang der Yield-Werte, der bei den folgenden Messungen nach 48 und 72 h noch deutlicher wird (Abb.1.1, 1.2 und 1.3.). Die Yield-Werte der NaNO₃-Blätter liegen erst nach 72 h unter denen der Kontrollpflanze, aber liegen immer noch höher als die der NaCl-Pflanzen (Abb. 1.3).

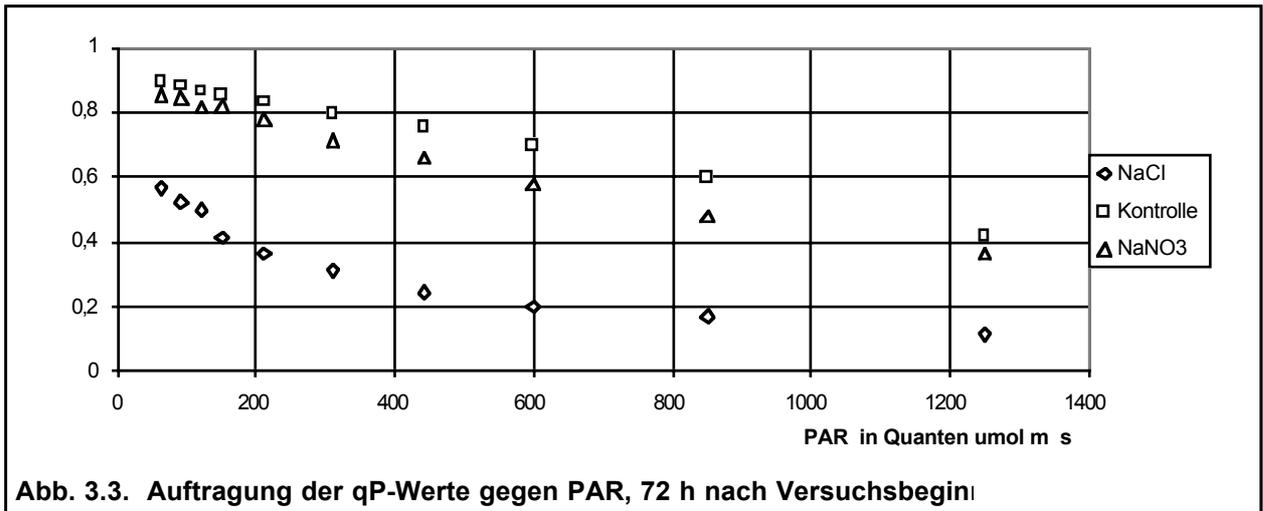




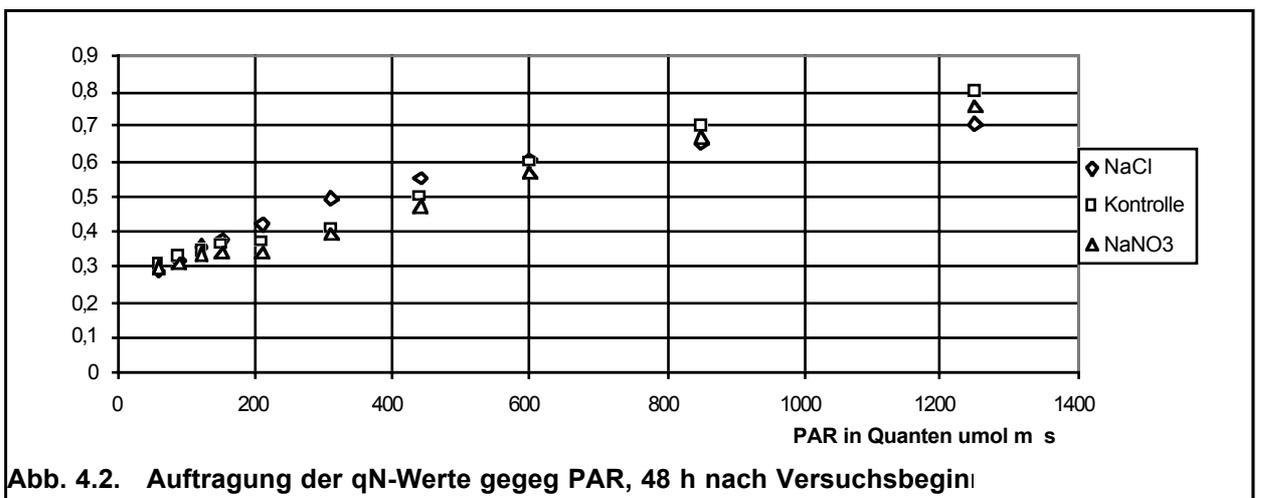
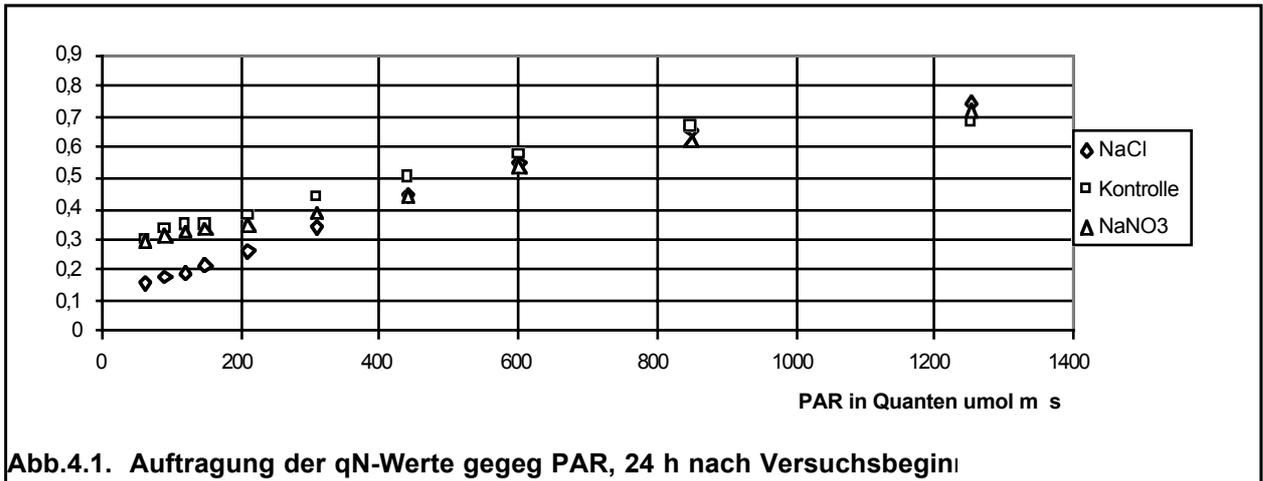
Der Vergleich der Entwicklung der ETR-Werte, die in den Abb. 2.1.- 2.3. dargestellt sind, zeigt, dass nach 24 h die Elektronentransportrate der NaCl-Pflanze schon ab 200 PAR fiel niedriger ausfällt als bei den anderen beiden Proben. Während die Kontrollpflanze bei 850 PAR einen ETR-Wert von 120 erreicht, liegt der maximale ETR-Wert für die NaCl-Pflanze nach 72 h nur bei 20 (Abb. 2.3).

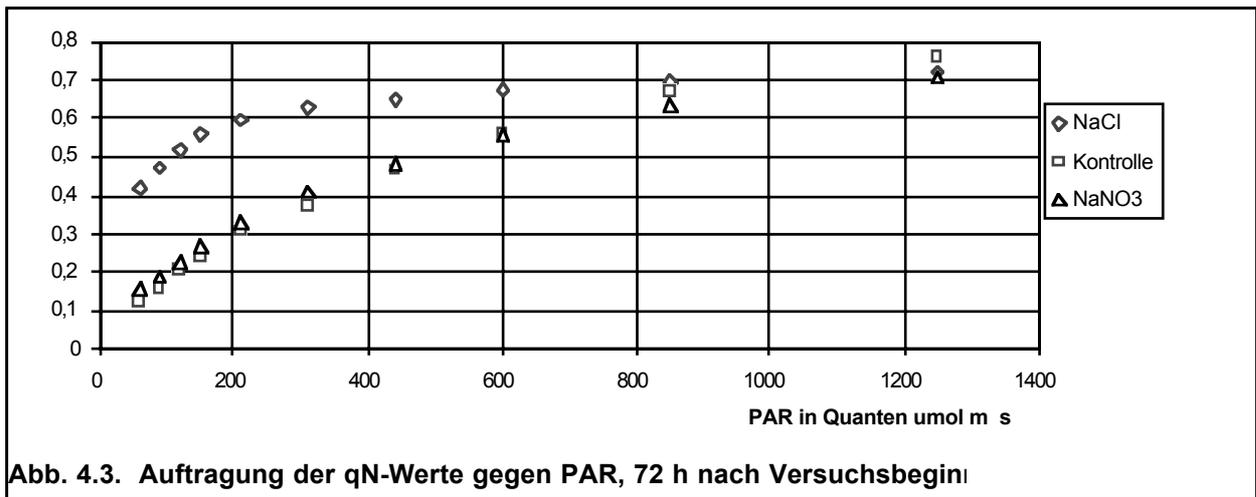
Die NaNO3-Pflanze zeigt nach 72 eine niedrigere Elektronentransportrate als die Kontrollpflanze, erreicht aber noch den Maximalwert von 100 bei gleicher Strahlungsintensität (Abb. 2.3.).





Auch hier ist wieder eine ähnliche Entwicklung, wie schon für die Yield- und ETR-Werte dargestellt, festzustellen (Vergl. Abb. 1.1. - 1.3. und 2.1. - 2.3.).





Besonders auffällig ist die Entwicklung der qN-Werte für die NaCl-Gerste: bei den anfänglichen Strahlungsintensitäten liegen diese Werte nach 72 Stunden deutlich über denen der anderen Ansätze, während die NaNO3 Pflanze über den ganzen Versuchszeitraum über einen ähnlichen Kurvenverlauf aufweist, wie die Kontrollpflanze (Abb. 4.1 - 4.3.)

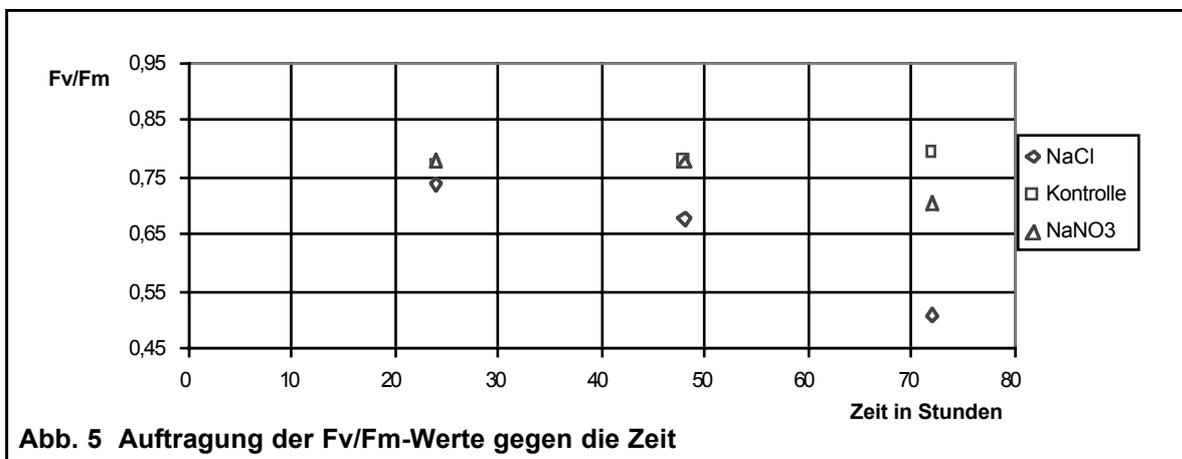


Abb. 5 zeigt, dass bereits nach 24 Stunden die natriumchloridbehandelten Gerstebblätter einen kleineren Fv/Fm-Wert aufweisen im Vergleich zu den beiden anderen Ansätzen. In der darauffolgenden Messung nimmt dieser Wert immer mehr ab und erreicht schließlich nach 72 Stunden nur noch einen Fv/Fm-Wert von ca. 0,5, während die Kontrollpflanze relativ konstant in dem Bereich von 0,77-0,80 verbleibt. Auch die NaNO3 Blätter zeigen eine Abnahme dieses Wertes an, der sich jedoch viel später bemerkbar macht (Abb.5).

Tab.1: Frisch- und Trockenmasse der Kontroll-, NaCl- und NaNO3-Blätter

| Probe | Kontrolle | NaCl-behandelt | NaNO3-behandelt |
|------------------|-----------|----------------|-----------------|
| Frischmasse [g] | 1,2 | 1,0 | 1,1 |
| Trockenmasse [g] | 0,12 | 0,22 | 0,14 |

| | | | |
|------------------------|----|----|----|
| Trockenmasseanteil [%] | 10 | 22 | 13 |
|------------------------|----|----|----|

Wie aus Tab. 1 hervorgeht, weisen 72 Stunden nach Versuchsbeginn die NaCl Proben einen mehr als doppelt so hohen Trockenmasseanteil auf, als die Kontroll- und NaNO₃-Proben.

Tab.2: Leitfähigkeiten der Kontroll-, NaCl- und NaNO₃-Blätter

| Probe | Kontrolle | NaCl-behandelt | NaNO ₃ -behandelt |
|---------------------------|-----------|----------------|------------------------------|
| Frischmasse Einwaage [g]* | 1,0 | 0,45 | 0,79 |
| Leitfähigkeit [ms/cm] | 0,83 | 1,20 | 0,80 |

*die Einwaage entspricht immer 0,1 g Trockenmasse

Während die die Kontroll- und NaNO₃-Proben sich nicht viel voneinander unterscheiden, d.h. ähnliche Leitfähigkeitswerte liefern, weisen die NaCl Proben eine weitaus größere Leitfähigkeit auf (Tab. 2).

Diskussion

Im Verlauf unserer Beobachtungen und Messungen stellten wir innerhalb des Versuchszeitraumes deutliche Unterschiede zwischen den drei Ansätzen fest. Aufgrund der Tatsache, dass wir in beiden Proben die gleiche Molarität an Salzen und das gleiche Volumen eingesetzt hatten, hätte die Teilchenzahl bei beiden annähernd gleich sein müssen und damit wäre der gleiche osmotische Effekt (Trockenstreß) zu erwarten gewesen. Somit sind die oben erwähnten Unterschiede bei den Meßwerten der Proben auf die verschiedenen Anionen zurückzuführen.

Für Yield, ETR, qP und Fv/Fm der NaCl -Blätter ergeben sich schon nach 24 Stunden viel niedrigere Werte als die Kontrolle, während qN zwar zunächst unterhalb, nach 72 h jedoch weit oberhalb der Kontrollpflanzen liegt.

Im Prinzip sind die gleichen Aussagen auch für die NaNO₃-Blätter zulässig, jedoch treten Unterschiede zur Kontrolle bei den Messungen nach 72 h auf und sie sind nicht so ausgeprägt, wie bei den NaCl-Pflanzen, d.h. die Werte fallen im gleichen Beobachtungszeitraum weit weniger schnell ab.

Der Kurvenverlauf für qN ist fast identisch, wie die Kontrolle (Abb. 4.3).

Offensichtlich kam die Gerste im beobachteten Zeitraum besser mit dem Nitrat als mit dem Chlorid zurecht. Dies könnte daran liegen, dass die Gerste sich besser gegen die Aufnahme von Nitrat wehren konnte als gegen das Chlorid.

Das höchstwahrscheinlich Chlorid aufgenommen wurde und Nitrat nicht oder nur kontrolliert läßt sich aus den Werten der Leitfähigkeitsmessung nach 72 Stunden vermuten (Tab.2).

Allerdings wurde keine qualitative Chloridbestimmung durchgeführt.

Was noch für eine geringe Nitrataufnahme spricht, ist die Beobachtung, daß die qN-Werte (Natriumnitrat) sich sogar nach 72h (Abb. 4.3.) immer im Bereich der Kontrollwerte befanden. Eine verstärkte Nitrataufnahme hätte sich möglicherweise aufgrund der anschließenden Nitratreduktion und der Entkopplerwirkung des angereicherten Ammoniums in einem Abfall des Protonengradienten wiedergespiegelt.

Interessant ist auch die Entwicklung der q_N -Werte für die natriumchloridbehandelten Pflanzen (Abb. 3.1. - 3.3.). Ein Erklärungsversuch ist eine anfänglich aktive Ionenaufnahme (ATP-Verbrauch) zur Absenkung des osmotischen Potentials. Die sehr hohen Werte nach 72 Stunden deuten dann allerdings auf einen ATP-Stau bzw. einen sehr geringen ATP-Verbrauch hin, der sich auf den massiven Trockenstreß und damit die Drosselung des Calvin Zyklus zurückführen lassen könnte.

Für eine starke Trockenstressung der natriumchloridbehandelten Gerste spricht auch der Verlauf der q_P -Werte (Abb. 3.1. - 3.3.), welche sich immer weiter von den Werten der Kontrolle entfernen. Diese Ergebnisse lassen einen Elektronenstau vermuten, d. h. die Reoxidation von QA wird verzögert, da die Gesamtphotosynthese durch den Calvin Zyklus limitiert wird. Tendenziell ist dieses auch bei den Nitratpflanzen erkennbar. Aus Zeitgründen mußten wir nach 72 h unsere Messungen beenden, allerdings zeigten sich schon bei der letzten Messung, daß es auch mit den Nitratpflanzen bergabging (Vergl. Fv/Fm-Werte von Kontrolle und Natriumnitratwerten, Abb. 5). Wir konnten also auch hier von einer Schädigung des PSII ausgehen, der aber viel später als bei den NaCl-Pflanzen zu registrieren war. Bei einem späteren Blick (nach einer Woche) auf die Pflanzen bestätigte sich die Annahme, dass sich die Pflanzen von der Salzbehandlung nicht erholen konnten, denn die nitrat- und chloridbehandelten Pflanzen waren eingegangen.

Zumindest lässt sich aussagen, daß die nitratbehandelten Pflanzen der hohen Salzkonzentration länger trotzen konnten, sie aber auch nicht überlebten.

Interessant wären somit ähnliche Untersuchungen mit verschiedenen Salzen in Konzentrationsbereichen, die die Gerste noch überlebt hätte bzw. sich von der Behandlung erholt hätte, um so Unterschiede der Wirkung verschiedener Salze besser und langfristiger beobachten zu können.

Literaturquellen:

- Dieter J. von Willert, Rainer Matyssek, Werner Herpich
Experimentelle Pflanzenökologie, (1995)
- Lüttge, Kluge, Bauer
Botanik, 2. Auflage (1995)
- Schlegel
Allgemeine Mikrobiologie, Thieme-Verlag Stuttgart, NY 7. Auflage (1992)
- Voet
Biochemie, VHC-Verlag Weinheim, NY, Basel, Cambridge, Tokyo 1. Auflage (1992)