

Untersuchungen über die Temperaturabhängigkeit der Salzaufnahme durch Pflanzenwurzeln. I. Die relative Grösse der Temperaturkoeffizienten (Q₁₀) von Kationen- und Anionenaufnahme

Autor(en): **Wanner, H.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse**

Band (Jahr): **58 (1948)**

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-41307>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Untersuchungen über die Temperaturabhängigkeit der Salzaufnahme durch Pflanzenwurzeln

I. Die relative Größe der Temperaturkoeffizienten (Q_{10}) von Kationen- und Anionenaufnahme

Von *H. Wanner*

Institut für allgemeine Botanik der Universität Zürich

Eingegangen am 27. Januar 1948

Einleitung

Die Temperaturabhängigkeit der Salzaufnahme von Pflanzenwurzeln ist schon vielfach untersucht worden, ohne daß aber bisher aus den erhaltenen Resultaten bedeutendere Folgerungen für das tiefere Verständnis des Aufnahmemechanismus gezogen werden konnten. Hoagland und Broyer (1936) teilten verschiedene Messungen mit, wobei sie darauf aufmerksam machten, daß *hohe* Temperaturkoeffizienten Q_{10} von 2,5—5 (im Bereich von 6—24° C) nur unter bestimmten Bedingungen bei der Salzabsorption *abgeschnittener* Gerstenwurzeln beobachtet werden können. Die Wurzeln müssen einen *niedrigen Anfangssalzgehalt* besitzen, dagegen eine *hohe Kohlehydrat-Konzentration*, um eine mit der Salzaufnahme verbundene genügende Atmungsintensität entwickeln zu können. Eine Temperaturerhöhung soll sich für Anionen- und Kationenaufnahme *gleich* auswirken. Dieser letzten Feststellung stehen die früheren Resultate von Petrie (1927) gegenüber, der, allerdings an Rübengewebe, fand, daß mit steigender Temperatur die aufgenommene Kationenmenge abnimmt, die Anionenabsorption dagegen steigt. Seine Technik (hohe Konzentrationen, mangelnde O_2 -Versorgung der Gewebe) ist allerdings so, daß diese interessanten Resultate nicht ohne weiteres auf Wurzeln übertragen werden können. Ließen sich auch bei diesen konstant gleichsinnige Unterschiede zwischen den Temperaturkoeffizienten Q_{10} von Kationen- und Anionenabsorption feststellen, so wäre damit wahrscheinlich gemacht, daß die beiden Ionenarten in verschiedener Weise absorbiert werden. Einen solchen Unterschied des Absorptionsmechanismus postuliert die Theorie der Anionenatmung (Lundegårdh, 1940). Danach wäre die Absorption von Anionen eng verknüpft mit Oxydo-Reduktionsvorgängen in den Plasma-Grenzschichten der absorbierenden Wurzelzellen, die Kationenabsorption wäre eine mehr « passive » Folge des « aktiven » Anionentransportes. Die experimentelle Grundlage dieser Theorie bilden Versuche über den Grad der Korrelation von Atmungsintensität der Wurzeln und Anionen-, bzw.

Kationenabsorption, die einen engeren Zusammenhang zwischen den ersten beiden Variablen zeigten.

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war, festzustellen, ob ein Unterschied der Temperaturkoeffizienten von Anionen- und Kationenabsorption bestehe und wie sich ein solcher erklären läßt.

Methodik

Die ersten orientierenden Vorversuche wurden im Pflanzenphysiologischen Institut der Lantbrukshögskola Uppsala-Ultuna mit der Methode von Lundegårdh und Burström (Zirkulationsgefäße) durchgeführt¹. Sie war aber für den speziellen Zweck nicht vollkommen geeignet, und es wurden später bei der Fortsetzung der Arbeiten im Institut für allgemeine Botanik der Universität Zürich eine vereinfachte Methode ohne parallel gehende Atmungsmessung verwendet. Die im Gewächshaus in durchlüfteten Nährlösungskulturen (mit Fluoreszenz-Zusatzbeleuchtung während der Wintermonate) aufgezogenen Weizenpflanzen wurden im Alter von 2—3 Wochen verwendet. Sie wurden mit samt den Korken von den Kultur- in die Versuchsgefäße übertragen, in denen sich die vorgewärmte Versuchslösung befand. Auf 40 Pflanzen kamen je 500 ml Lösung in Pyrex-Bechergläsern. Diese waren in einem Wasserthermostaten aufgehängt. Die Versuchslösungen wurden während der Dauer des Versuches ebenfalls konstant durchlüftet. Messungen des Sauerstoffgehaltes nach Winkler ergaben, daß die angewendete Durchlüftungsintensität vollkommen genügte, um in der Lösung die Gleichgewichtskonzentration des Sauerstoffs mit der Luft aufrecht zu erhalten. Dasselbe darf auch für die CO₂-Konzentration gelten. Die Wurzeln befanden sich also vor und während der Versuche unter konstanten Bedingungen der Gasversorgung. Die Konzentration und Zusammensetzung der Versuchslösungen sowie die Versuchsdauer ist aus den Tabellen zu ersehen.

Die Salzabsorption wurde nur bei zwei Temperaturen, 15° C und 25° C, gemessen. Nach Ende der Absorptionszeit wurden die Wurzeln abgetrennt und ihr Frisch- und Trockengewicht bestimmt, die als Bezugsgrößen dienten. Die Wasserstoffionenkonzentration der Lösung wurde vor (in der Tabellenüberschrift enthalten) und nach (pH der Tabellen) dem Versuch mit der Glaselektrode ermittelt.

Die Bestimmung der Endkonzentrationen aufgenommenener (und teilweise auch der abgeschiedenen) Ionen erfolgte nach folgenden Methoden:

1. *Kalium*: Die zuerst verwendete Bestimmung als K-Na-Kobaltinitrit wurde wegen ihrer Umständlichkeit und Unempfindlichkeit ersetzt durch die von Lundegårdh eingeführte flammenphotometri-

¹ Für die Erlaubnis, in seinem Institut arbeiten zu dürfen sowie sein stetes Interesse an meinen Untersuchungen, bin ich Herrn Prof. Lundegårdh zu großem Dank verpflichtet.

sche Analyse. Sie konnte sehr empfindlich gestaltet werden durch Verwendung einer Multiplikatorphotozelle (Philips 3520). Zur Zerstäubung der Lösungen wurde ein Aggregat nach R a u t e r b e r g und K n i p p e n b e r g (1940) verwendet, das ein rasches Wechseln der Lösungen ohne Zerlegung von Glasteilen zum Spülen erlaubte.

2. *Kalzium und Magnesium*: Die früher notwendigen umständlichen Fällungsmethoden können heute weitgehend vermieden werden durch die sehr empfindlichen und einfachen *direkten Titrationsmethoden*, die von Prof. G. Schwarzenbach, Chemisches Institut der Universität Zürich, ausgearbeitet worden sind. Da sie in der Biologie noch wenig bekannt sind, sei hier ausdrücklich darauf hingewiesen. Die notwendigen «Komplexone» mit einer Gebrauchsanweisung werden von der Chemischen Fabrik Siegfried in Zofingen vertrieben.
3. *Ammonium*: NH_3 -Destillation im Mikrokjeldahlapparat.
4. *Halide*: Die Konzentrationsbestimmung erfolgte durch potentiometrische Titration.
5. *Nitrat*: Kolorimetrische Bestimmung mit Phenoldisulfonsäure.

Die zuverlässige Durchführung der Versuche und aller Analysen verdanke ich Frl. Lauchenauer.

Ergebnisse

Die in den Tabellen 1—5 dargestellten Ergebnisse der Versuche konnten nicht gleichzeitig gewonnen werden. Jeder Versuch wurde jedoch mit 80 Pflanzen durchgeführt, die nebeneinander unter gleichen Bedingungen gewachsen waren. Abweichungen zwischen den einzelnen Versuchen sind zu erwarten:

- a) weil die Temperatur- und Belichtungsverhältnisse während der Aufzuchtperiode im Gewächshaus von den jahreszeitlichen und kurzfristigen Witterungsschwankungen abhängen;
- b) weil das Alter der für die verschiedenen Versuche verwendeten Pflanzen nicht immer auf den Tag genau dasselbe ist;
- c) weil der Zeitunterschied zwischen der letzten Nährlösungserneuerung (erfolgt normalerweise jede halbe Woche) und Versuchsbeginn auch um 1—2 Tage schwanken kann.

Die Versuchsreihen für *ein* Salz wurden immer nacheinander durchgeführt, so daß sich in den Aufnahmemengen einer Tabellenkolonne keine so extremen Unterschiede zeigen, wie zum Beispiel zwischen einem Sommer- und Winterversuch zu beobachten sind.

Eine statistische Verarbeitung der Versuchsergebnisse ist nicht zulässig, weil aus obenerwähnten Gründen die Differenzen zwischen den einzelnen analogen Werten zum Teil nicht zufallsgemäß bedingt sein können.

Trotzdem lassen sich aus den Resultaten mit großer Sicherheit folgende Schlüsse ableiten:

1. *Aufnahme von KCl* (Tabelle 1)

In jedem der vier Versuche ergab sich sowohl bei 15° wie bei 25° ein Überwiegen der Kalium- über die Chloridaufnahme. Der Quotient aus diesen beiden Mengen K/A ist aber bei 15° größer als bei 25°, d. h. die Chloridaufnahme steigt mit zunehmender Temperatur in diesem Bereich und innerhalb der 24 Stunden Versuchsdauer stärker als die Kaliumabsorption. Das gleiche ist auch aus den Temperaturkoeffizienten zu sehen, die für Kalium von 1,52—1,66, für Chlorid dagegen von 1,85 bis 2,22 schwanken. Es darf für KCl (unter den gegebenen Versuchsbedingungen) auf einen sicheren Unterschied der Temperaturkoeffizienten für Anion und Kation geschlossen werden.

Tabelle 1

Aufnahme von KCl durch junge Weizenpflanzen bei 15° und 25° C;
Versuchslösung: 0,005*n* KCl + 0,0002*n* CaCl₂; pH 6,62; Versuchsdauer 24 Std.;
je 80 Pflanzen pro Temperaturstufe; Kationen- und Anionenaufnahme in
Milliäquivalent/g Wurzeltrockengewicht

Vers.- Nr.	Alter der Pflanze	15°				25°				Q (25°/15°)	
		Kation	Anion	K/A	pH	Kation	Anion	K/A	pH	Kation	Anion
1	16	0,355	0,219	1,62	5,90	0,555	0,488	1,13	6,23	1,56	2,22
2	18	0,374	0,188	1,99	5,72	0,572	0,358	1,59	6,16	1,53	1,90
3	16	0,302	0,233	1,30	5,81	0,502	0,432	1,16	6,20	1,66	1,85
4	16	0,237	0,158	1,50	5,70	0,361	0,294	1,23	6,26	1,52	1,86

Die Wasserstoffionenkonzentration der Versuchslösungen steigt in allen Fällen, ihr Beitrag zum Ausgleich des Kationendefizits der Lösung ist jedoch verschwindend gering (die Zunahme ist um 2—3 Größenordnungen kleiner als der Anionenüberschuß), dieses muß demnach durch in die Lösungen abgeschiedene Kationen ausgeglichen werden.

2. *Aufnahme von KNO₃* (Tabelle 2)

Bei 15° wird innerhalb der Versuchsdauer von 24 Stunden durchwegs mehr Kalium als Nitrat absorbiert. Wird die Temperatur um 10° erhöht, so steigt die Nitrataufnahme viel mehr als die Kaliumaufnahme, das Verhältnis K/A ist niedriger als bei 15°. Dementsprechend sind auch hier die Temperaturkoeffizienten für das Nitrat-Anion größer als für Kalium. Der Unterschied ist durchschnittlich größer als bei KCl. Dazu mag beitragen, daß das Nitrat-Ion zum Teil schon in der Wurzel *reduziert* wird. Dieser stark temperaturabhängige Reduktionsprozeß kann die Aufnahmegeschwindigkeit sicher in gewissem Maße bestimmen. Zur Untersuchung des primären Aufnahmemechanismus scheinen Anionen geeigneter zu sein, die nicht unmittelbar nach der Absorption chemischen Umsetzungen anheimfallen. Die folgenden zwei Versuchsreihen zeigen

Tabelle 2

Aufnahme von KNO_3 , Versuchslösung: $0,005n \text{ KNO}_3 + 0,0002n \text{ CaCl}_2$; pH 5,82; übrige Bedingungen siehe Tabelle 1

Vers.-Nr.	Alter der Pflanze	15°				25°				Q (25°/15°)	
		Kation	Anion	K/A	pH	Kation	Anion	K/A	pH	Kation	Anion
5	16	0,655	0,507	1,29	6,67	0,934	1,008	0,93	7,09	1,42	1,99
6	20	0,624	0,415	1,52	6,93	0,823	1,032	0,80	7,15	1,31	2,49
7	20	0,614	0,246	2,49	6,60	0,870	0,637	1,36	6,98	1,41	2,59

jedoch, daß die Höhe des Temperaturkoeffizienten für das Nitrat-Anion auch von der des begleitenden Kations abhängig ist.

3. Aufnahme von NH_4NO_3 (Tabelle 3)

In dieser Versuchsreihe wurden recht niedrige Temperaturkoeffizienten für das Ammonium-Kation beobachtet. Solche scheinen unter den gegebenen Bedingungen charakteristisch für das NH_4 -Ion zu sein, auf jeden Fall zeigt sich das gleiche auch bei den NH_4Cl -Versuchen. Das NH_4 -Kation wird sowohl bei 15° als auch bei 25° in weit stärkerem

Tabelle 3

Aufnahme von NH_4NO_3 , Versuchslösung: $0,005n \text{ NH}_4\text{NO}_3 + 0,0002n \text{ KNO}_3$; pH 6,85; übrige Versuchsbedingungen siehe Tabelle 1

Vers.-Nr.	Alter der Pflanze	15°				25°				Q (25°/15°)	
		Kation	Anion	K/A	pH	Kation	Anion	K/A	pH	Kation	Anion
8	16	0,645	0,081	7,98	4,10	0,749	0,119	6,27	6,27	1,16	1,48
9	18	0,565	0,114	4,95	5,00	0,624	0,134	4,63	5,67	1,10	1,18
10	19	0,519	0,107	4,86	5,27	0,618	0,155	4,00	5,67	1,19	1,44

Maße absorbiert als das Nitrat-Anion; bestimmend für das Verhältnis, in dem diese beiden Ionen aufgenommen werden, ist in erster Linie die Wasserstoffionenkonzentration der Versuchslösungen. (Vgl. zum Beispiel Mevius und Engel, 1929, und eigene noch zu veröffentliche Untersuchungen.) Die Reaktion war in den NH_4NO_3 -Lösungen neutral (pH 6,85) und dementsprechend erfolgte eine « Überschwemmung » mit Ammonium-Stickstoff. Der unbedeutenden Steigerung der NH_4 -Aufnahme von 15° bis 25° C steht hier ebenfalls eine stärkere Zunahme der NO_3 -Absorption gegenüber. Die Temperaturkoeffizienten für die NO_3 -Aufnahme sind aber hier nicht so hoch wie bei KNO_3 , was offenbar auf eine gewisse Begrenzung der Zunahme durch die Kationenabsorption hinweist.

4. Aufnahme von Ammoniumchlorid (Tabelle 4)

Unter den anfangs zusammengestellten Versuchsbedingungen zeigt sich in einer $0,002n \text{ NH}_4\text{Cl}$ -Lösung überhaupt keine Zunahme der NH_4 -

Tabelle 4

Aufnahme von NH_4Cl , Versuchslösung : $0,005n \text{ NH}_4\text{Cl} + 0,0002n \text{ KCl}$; pH 6,45; übrige Bedingungen siehe Tabelle 1

Vers.-Nr.	Alter der Pflanze	15°				25°				Q (25°/15°)	
		Kation	Anion	K/A	pH	Kation	Anion	K/A	pH	Kation	Anion
11	16	0,953	0,244	3,90	4,83	0,915	0,333	2,76	5,08	0,96	1,37
12	19	1,123	0,350	3,22	4,88	1,090	0,564	1,94	5,19	0,97	1,61

Absorption mit von 15° zu 25° steigender Temperatur. Sicher feststellbar ist jedoch eine erhöhte Cl-Aufnahme. Die pH -Verschiebungen während der Versuchsdauer sind ganz den Ionenabsorptionsverhältnissen entsprechend: Bei 25° ist eine weniger starke Ansäuerung der Lösung zu beobachten als bei 15°. Die NH_4 -Salze sind also bei verschiedenen Temperaturen verschieden stark physiologisch sauer, infolge des auch hier feststellbaren Unterschiedes der Größe der Temperaturkoeffizienten für Anion und Kation.

5. Aufnahme von MgCl_2 (Tabelle 5)

Als einziges Salz mit zweiwertigem Kation wurde in dieser Versuchsreihe MgCl_2 geprüft.

Tabelle 5

Aufnahme von MgCl_2 , Versuchslösung : $0,005n \text{ MgCl}_2 + 0,0002n \text{ KCl}$; pH 5,79; übrige Bedingungen siehe Tabelle 1

Vers.-Nr.	Alter der Pflanze	15°				25°				Q (25°/15°)	
		Kation	Anion	K/A	pH	Kation	Anion	K/A	pH	Kation	Anion
13	16	0,293	0,338	0,87	6,20	0,337	0,434	0,78	6,62	1,15	1,28
14	19	0,283	0,333	0,85	6,21	0,328	0,425	0,77	6,82	1,16	1,27
15	19	0,267	0,364	0,73	6,27	0,311	0,438	0,71	6,57	1,16	1,20

Das Kation wird bei beiden Temperaturen in geringerem Maße aufgenommen als das Anion. Der Einfluß einer Temperatursteigerung auf die Mg-Absorption ist wieder sehr gering, die Temperaturkoeffizienten sind in allen drei Versuchen gleich (1,15 und 1,16). Während in der KCl-Reihe die Cl-Aufnahme Temperaturkoeffizienten von 1,86 bis 2,22 aufweist, sind hier für das gleiche Anion solche von 1,20 bis 1,28 zu beobachten, aber doch in jedem Versuch etwas höher als für das Kation. Die pH -Verschiebung ist dementsprechend: schwächere Abnahme der H-Ionenkonzentration bei der höheren Temperatur.

Diskussion

In allen fünf Versuchsreihen mit verschiedenen Salzen konnte ein höherer Temperaturkoeffizient der Anionenaufnahme, verglichen mit der Kationenabsorption, beobachtet werden. Da die Versuche absichtlich

mit *normal* ernährten Pflanzen durchgeführt wurden, und nicht mit « low-salt »-Pflanzen, wie sie H o a g l a n d und seine Mitarbeiter verwenden, können die Ergebnisse auch nicht mit den ihren verglichen werden. Auch die Absorptionsversuche von Petrie (l. c.) können kaum für die vorliegenden zum Vergleich herangezogen werden, weil die Bedingungen zu verschieden waren (Rübengewebescheiben und hohe Salz-, bzw. Farbkonzentrationen). Das genau gleiche Resultat mit dem Salz KBr enthält die aus dem Hoaglandschen Institut hervorgegangene Arbeit von Ulrich (1941), die mir nach Beginn meiner Untersuchungen in die Hände kam. Aus den auf Grund einer Pfefferschen Ansicht über die Rolle organischer Säuren bei der Salzaufnahme vorgenommenen Untersuchungen von Ulrich geht hervor, daß mit steigender Temperatur das Verhältnis von aufgenommenem Kalium zu aufgenommenem Brom *sinkt*, mit anderen Worten, der Temperaturkoeffizient für Br^- ist größer als der für Kalium. Die Figur 4 der betreffenden Publikation gestattet, für Kalium einen Q_{10} von 1,32, für Brom einen solchen von 1,92 zu berechnen. Ulrich geht über diese bedeutungsvolle Tatsache hinweg, ohne auf den Widerspruch zu den Feststellungen von H o a g l a n d und B r o y e r (l. c. Gleichheit der Temperaturabhängigkeit von Kationen- und Anionenaufnahme) hinzuweisen. Diese sowie unsere Ergebnisse zeigen einwandfrei, daß ein Unterschied zwischen den Temperaturkoeffizienten der Absorption von Kation und Anion eines Salzes unter den durch die Versuchsbedingungen gegebenen Umständen nicht nur zufällig bedingt ist. Welches sind die *Ursachen dieser verschiedenen Temperaturabhängigkeit*? Die Beobachtung, daß bei jedem Salz die gleiche Ionenart, das Anion, den relativ größeren Temperaturkoeffizienten besitzt, gestattet eine wichtige Verallgemeinerung. Es ist dabei naheliegend, die in der Einleitung erwähnte Hypothese heranzuziehen, nämlich, daß der Aufnahmemechanismus für Kation und Anion verschieden sei. Worin dieser Unterschied besteht, kann allerdings auf Grund der Ergebnisse dieser einfachen Versuche nicht gesagt werden. Temperaturveränderungen in einem System Wurzel-Lösung beeinflussen sehr viel Einzelfaktoren des Aufnahmevorganges: Stoffwechselintensität, Viskosität aller beteiligten Phasen, Dissoziationsverhältnisse, Adsorption, Oberflächenspannung usw. Der Einfluß der Temperaturabhängigkeit jedes einzelnen dieser Faktoren auf die Größe des Q_{10} von Anionen- und Kationenaufnahme ist schwer abzuschätzen und soll durch weitere Versuche ermittelt werden. Temperaturkoeffizienten von 2 und mehr werden als charakteristisch für chemische Reaktionen, bzw. stoffwechselphysiologische Vorgänge (Atmung) angesehen, während physikalische Erscheinungen, wie die Diffusion, durch niedrige Q_{10} — um 1 herum — ausgezeichnet sein sollen. Ohne Berücksichtigung der komplizierten Zusammenhänge wäre danach eine Übereinstimmung meiner Versuchsergebnisse mit der Hypothese von L u n d e g ä r d h über die « Anionen-

atmung » festzustellen: niederer Temperaturkoeffizient der Kationenaufnahme, bedingt durch die passive Natur dieses Vorganges; umgekehrt höherer Temperaturkoeffizient der Anionenabsorption infolge der Kopplung dieses Prozesses mit der Wurzelatmung. Ich möchte jedoch betonen, daß diese Argumentation mit den bisherigen Ergebnissen *allein* unzulässig ist. Danielli (1943) hat mit Nachdruck auf die oft übersehene Tatsache hingewiesen, daß *auch die Diffusionsgeschwindigkeit von Gasmolekülen als physikalischer Prozeß hohe Temperaturkoeffizienten haben kann*. Maßgebend dafür ist die Höhe der Aktivierungsenergie des Stofftransportes. Ähnliche Überlegungen ließen sich auch mit Ionen machen, die an geladenen Oberflächen adsorbiert werden, wie das ja als primäre Phase der Salzaufnahme der Fall ist. Doch müssen auch darüber weitere Versuche entscheiden.

Zusammenfassung

Bei drei Wochen alten Weizenpflanzen wurde mit verschiedenen Salzlösungen die Temperaturabhängigkeit der Aufnahme bestimmt. Es erwies sich, daß unter den beschriebenen Bedingungen *in allen Versuchsreihen der Temperaturkoeffizient (Q_{10}) des Anions größer ist als der des Kations*. Bei verschiedenen Kombinationen gleicher Ionen bleiben jedoch die Temperaturkoeffizienten für dasselbe Ion nicht konstant, sondern sind abhängig vom Gegenion. Die Erklärungsmöglichkeiten werden kurz diskutiert.

Summary

The salt absorption of three weeks old wheat plants was observed at 15° C and 25° C. Two-salt solutions were employed with a concentration of 0.005*n* for the main salt and 0.0002*n* for the complementary salt. Duration of an experiment 24 hours. The solutions were aerated before and during the experiment such as to maintain an oxygen concentration in equilibrium with the oxygen pressure of air. With every salt controlled (KCl, KNO₃, NH₄NO₃, NH₄Cl, MgCl₂) it could be seen that the temperature coefficient expressed as Q_{10} was higher for the anion absorption as compared to the cation absorption of the same salt. The two temperature coefficients showed a certain influence on one another. Some possibilities (or impossibilities at the moment) of explaining this fact are discussed.

Literaturverzeichnis

- Hoagland, D. R., and Broyer, T. C.: Plant Physiology, **11**, 471, 1936.
Lundegårdh, H.: Ann. Agric. Coll. Sweden, **8**, 233, 1940.
Mevius, W. und Engel, H.: Planta, **9**, 1, 1929.
Petrie, A. K. H.: Austral. J. exp. Biol. med. Sc., **4**, 160, 1927.
Rauterberg, E., und Knippenberg, E.: Angew. Chemie, **53**, 477, 1490.
Ulrich, A.: Amer. J. Bot., **28**, 526, 1941.
-