

# Die Wirkung von ein- und mehrwertigen Ionen und von basischen Farbstoffen auf die Pflanzenzelle in Anwesenheit von Huminsäure

Von  
Georg HEINRICH

Aus dem Institut für Anatomie und Physiologie der Pflanzen, Universität Graz

Eingelangt am 5. November 1965

1. Einleitung
2. Material und Methode
3. Experimenteller Teil
  - 3.1. Die Wirkung von Na-Humat auf das Eindringen von Salzen
    - 3.1.1. Zusatz von Lithiumchlorid
    - 3.1.2. Eindringen von Lithiumchlorid in mit Na-Humat vorbehandelte Zellen
    - 3.1.3. Einfluß von Na-Humat auf den Antagonismus von Alkalisalzen und Calcium
  - 3.2. Na-Humat und Aluminium
  - 3.3. Na-Humat, Aluminium und Kalium
  - 3.4. Na-Humat, Aluminium und Pflanzengifte
  - 3.5. Flockungsreihen von Na-Humat mit Aluminium, KNOPScher Nährlösung und die Änderung der cH
    - 3.5.1. Na-Humat und Al-Nitrat
    - 3.5.2. Na-Humat und KNOPSche Nährlösung
    - 3.5.3. Änderung der cH durch HS
4. Besprechung der Ergebnisse
5. Zusammenfassung
6. Schrifttum

## I. Einleitung

Mehrere Beobachtungen weisen auf eine gesteigerte Salzaufnahme unter dem Einfluß von Huminsäure hin; vielfach wird hierfür erhöhte Permeabilität des Protoplasmas verantwortlich gemacht (vgl. KONONOWA 1958, MICHEL 1963a, HEINRICH 1964).

Eigene Versuche (HEINRICH 1964) haben übereinstimmend mit BRUNNER 1959 gezeigt, daß mit kolloidaler Huminsäure vorbehandelte Zellen eine erhöhte Permeation von Molekülen, z. B. von Harnstoff zeigen, daß jedoch Huminsäure flockende Kationen diese Wirkung der Huminsäure unterbinden. Es ist daher schwer verständlich, wie nun Huminsäure das Eindringen von Kationen in die Zelle auf Grund einer Strukturänderung des Protoplasmas fördern soll. Liegen bestimmte Konzentrationen von

Elektrolyt und Huminsäure vor, so kann der Elektrolyt die Huminsäure ausflocken. Unter diesen Bedingungen müßte der Eintritt der Kationen ebenfalls verzögert werden (KÚTHY & PECZNIK 1941). Es ergibt sich daher die Frage, wie Huminsäure das Permeieren von Salzen erhöht, wenn sie ausgeflockt und nicht kolloidal vorliegt.

## 2. Material und Methode

Ein Gramm Huminsäure der Fluka-A.G. in 500 cm<sup>3</sup> n/10 NaOH gelöst und mit dest. Wasser in einem Dialysierschlauch auf pH 7,2 gebracht, bezeichnete ich als HS/1, 1 cm<sup>3</sup> dieser Stammlösung in 9 cm<sup>3</sup> dest. Wasser als HS/10.

Die verwendeten Salzlösungen sind in gewichtsmolaren (molalen) Konzentrationen angegeben.

Zellen der Unterepidermis von *Allium cepa*-Zwiebelschuppen dienen zum Messen der Permeation von Salzen. Schnitte aus der Äquatorregion des dritten Schuppenblattes von außen wurden fotografiert (vgl. STADELMANN 1963), die Negative projiziert und nachgezeichnet. In den Tabellen bedeutet G den Plasmolysegrad,  $\Delta G$  dessen Änderung in der Stunde.

Die Schutzwirkung von HS und Aluminium gegenüber giftigen kathodischen Farbstoffen prüfte ich ebenfalls an der Unterepidermis. Mit Hilfe der Oberepidermis bestimmte ich die Aluminiumkonzentration in Flockungsreihen von HS mit Aluminium.

An Spirogyren untersuchte ich den durch HS-Zusatz verminderten Einfluß von Al-Nitrat. Die Arten wurden wegen ihres gleichen physiologischen Verhaltens nicht bestimmt.

## 3. Experimenteller Teil

### 3.1. Die Wirkung von Na-Humat auf das Eindringen von Salzen

#### 3.1.1. Zusatz von Lithiumchlorid

Am deutlichsten müßte sich ein HS-Einfluß auf die Aufnahme der Salze zeigen, die den Quellungszustand des Plasmas beeinflussen. Deshalb verwendete ich das weitgehend unschädliche (BOGEN 1951) und stark quellend wirkende (HÖFLER 1928, BOGEN 1951) Lithiumchlorid. Schnitte der Unterepidermis kamen, mit oder ohne HS/4, in 0,7 mol. Lösung dieses Salzes. Fotografische Aufnahmen nach 1, 4 und 8 Stunden ließen keinen wesentlichen Einfluß der HS auf die Aufnahme des Salzes erkennen (Tab. 1).

Tabelle 1

*Allium cepa*, Unterepidermis: Permeieren von LiCl-Lösung mit und ohne HS-Zusatz

	Zahl der Zellen	G nach Stunden			$\Delta G_1$	$\Delta G_2$
		1	4	8		
Kontrolle	24	0,743	0,789	0,829	0,015	0,010
mit HS	29	0,635	0,678	0,721	0,014	0,011

### 3.1.2. Eindringen von Lithiumchlorid in mit Na-Humat vorbehandelte Zellen

Legt man *Allium*-Epidermen in HS, so permeiert Harnstoff anschließend rascher in die Zelle (HEINRICH 1964). Es wäre interessant, ob dasselbe auch für die Alkalisalze, bzw. deren Ionen gilt. Schnitte der Unterepidermis kamen 15 Stunden in HS/20 (pH 7,5), Kontrollen in Wasser gleicher cH. Sie wurden nach 90 Minuten Aufenthalt in 0,4 mol. LiCl angesehen. HS ließ keine größeren Kappen entstehen, was nicht gegen ein leichtes Quellen in HS spricht; nur ist dieses in Anwesenheit von Alkalisalzen nicht auffallend. HS fördert das Eindringen von Lithium, als Einsalz geboten, nicht wesentlich (Tab. 2).

Tabelle 2

*Allium cepa*, Unterepidermis: Permeieren und Intrameieren von LiCl nach und ohne HS-Vorbehandlung

	Zahl der Zellen	Vakuole	G	
				Plasmakappe
Kontrolle	75	0,498		0,042
mit HS	61	0,510		0,048

### 3.1.3. Einfluß von Na-Humat auf den Antagonismus von Alkalisalzen und Calcium

Schnitte kamen in eine Lösung von 0,4 mol. KCNS mit 0,1 mol. CaCl<sub>2</sub> und HS/4 bzw. Wasser. Die erste Messung erfolgte nach 90 Minuten, eine weitere nach 150. Der Plasmolyseendgrad trat in HS später ein, die Protoplasten dehnten sich aber weiter aus als in der Salzlösung allein. HS bindet einen Teil der Ca-Ionen, daher dringt mehr KCNS in die Zelle ein (Tab. 3). Die noch freien Ca-Ionen verhindern aber ein stärkeres Quellen von Kern und Plasma (vgl. HÖFLER 1928).

Tabelle 3

*Allium cepa*, Unterepidermis: Zugabe von Na-Humat zu CaCl<sub>2</sub>- und KCNS-Lösungen

	Zahl der Zellen	G nach Minuten		Δ G
		90	150	
Kontrolle	41	0,435	0,444	0,01
mit HS	51	0,451	0,482	0,03

Im nächsten Versuch versetzte ich LiCl- und CaCl<sub>2</sub>-Lösungen mit HS bzw. Wasser bis zu den in Tab. 4 angegebenen Endkonzentrationen.

Tabelle 4

*Allium cepa*, Unterepidermis: Zusatz von Na-Humat bzw. Wasser zu LiCl- und CaCl<sub>2</sub>-Lösungen

	Quellungsgrad nach Stunden			
	Kern		Plasmakappe	
	1,5	6	1,5	6
Kontrolle				
10 <sup>-1</sup> mol. CaCl <sub>2</sub> 0,5 mol. LiCl	—	—	—	—
10 <sup>-2</sup> mol. CaCl <sub>2</sub> 0,5 mol. LiCl	+	—	—	—
10 <sup>-3</sup> mol. CaCl <sub>2</sub> 0,5 mol. LiCl	++	++	+	++
10 <sup>-4</sup> mol. CaCl <sub>2</sub> 0,5 mol. LiCl	++	++(+)	++	++(+)
ohne CaCl <sub>2</sub> 0,5 mol. LiCl	+++	+++	+++	+++
mit HS				
10 <sup>-1</sup> mol. CaCl <sub>2</sub> 0,5 mol. LiCl HS/4	+	—	—	—
10 <sup>-2</sup> mol. CaCl <sub>2</sub> 0,5 mol. LiCl HS/4	+	+	+	++
10 <sup>-3</sup> mol. CaCl <sub>2</sub> 0,5 mol. LiCl HS/4	++	++	++	++
10 <sup>-4</sup> mol. CaCl <sub>2</sub> 0,5 mol. LiCl HS/4	+++	+++	+++	+++
ohne CaCl <sub>2</sub> 0,5 mol. LiCl HS/4	+++	+++	+++	+++

— = nicht-, + = wenig-, ++ = stärker-, +++ = sehr stark gequollen

Die Ca-Wirkung wurde auch hier durch HS zugunsten der des Alkalisalzes zurückgedrängt. In HS sterben die Zellen, wahrscheinlich wegen der cH-Abnahme, später ab. Nur in 10<sup>-1</sup> mol. CaCl<sub>2</sub> ohne HS-Zusatz war die Plasmolyseform konkav, sonst immer bikonvex.

### 3.2. Na-Humat und Aluminium

In Al-Salzlösungen erstarrt das Plasma stärker als in denen von Ca-Salzen. Besonders gut zeigen dies Spirogyren; sie reagieren nach HÖFLER 1958 wesentlich stärker auf Al-Nitrat als etwa Zygomen und höhere Pflanzen. HÖFLER 1958 und BÖHM-TÜCHY 1960 führten dies auf eine differente Ausbildung des Plasmalemmas zurück.

Spirogyren legte ich verschieden lang in Al-Nitrat mit und ohne HS (Endkonzentration HS/9) und überprüfte anschließend ihr Plasmolyseverhalten in 0,5 mol. KCl (Tab. 5). Deutlich machte sich der HS-Zusatz bemerkbar; während 10<sup>-3</sup> mol. Al-Nitrat mit HS die Zellen nicht schädigte, so konnte man in 10<sup>-4</sup> mol. Al-Nitrat allein keine Plasmolyse mehr erzielen.

HS unterbindet die Al-Wirkung; man könnte erwarten, daß dadurch basische Farbstoffe in Gegenwart von Elektrolyten ungehindert in die Zelle eindringen. Das ist aber nicht der Fall, denn es liegt ein System vor, in dem es auf die Mengenverhältnisse und auf die Größe der Ladungen ankommt. Es werden nämlich auch basische Farbstoffe durch HS adsorbiert und können daher, falls dies zur Gänze geschieht, die Zellen nicht anfärben (MICHEL 1963 b).

Tabelle 5

*Spirogyra*: Plasmolysierbarkeit in KCl nach Einlegen in Al-Nitrat, mit und ohne HS

Vorbehandelt (Minuten)	Al-Konzentration in Mol			
	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup> bis 10 <sup>-7</sup>
ohne HS 5	keine Plasmolyse		±1 TP PK	bix TP PK
10—60	keine Plasmolyse			bix TP PK
60—180	keine Plasmolyse			±1 TP PK
mit HS 5	TP vex		bix TP PK	
15—180	TP vex		bix TP PK	

Die Abkürzungen sind nach der Häufigkeit ihres Auftretens geordnet; ±1 = mehr als 50% tot, bix = bikonvex, vex = konvex, PK = Plasmakappe, TP = Tonoplast

### 3.3. Na-Humat, Aluminium und Kalium

Der Zusatz von HS müßte umso mehr zur Geltung kommen, je größer der Ladungsunterschied und je gegensätzlicher die physiologische Wirkung zweier Kationen ist. Unterepidermen kamen in ein Gemisch von Al-Nitrat und KCl und nach 24 Stunden in 0,5 mol. Traubenzucker (Tab. 6).

Tabelle 6

*Allium cepa*, Unterepidermis: Eingriff von HS in das System KCl — Al-Nitrat (angegeben sind Endkonzentrationen)

Vorbehandelt in	Lebens- zustand	Plasmolyse- form	Quellungs- zustand
10 <sup>-2</sup> mol. Al-Nitrat 0,2 mol. KCl	30% 1	kav	—
10 <sup>-3</sup> mol. Al-Nitrat 0,2 mol. KCl	50% 1	kav	—
10 <sup>-4</sup> mol. Al-Nitrat 0,2 mol. KCl	1	kav	—
10 <sup>-5</sup> mol. Al-Nitrat 0,2 mol. KCl	1	vex, bix	—
ohne Al-Nitrat 0,2 mol. KCl	1	bix	+, PK
10 <sup>-2</sup> mol. Al-Nitrat 0,2 mol. KCl HS/7	70% 1	bix, kav	—
10 <sup>-3</sup> mol. Al-Nitrat 0,2 mol. KCl HS/7	1	bix, kav	+
10 <sup>-4</sup> mol. Al-Nitrat 0,2 mol. KCl HS/7	1	bix, kav	+
10 <sup>-5</sup> mol. Al-Nitrat 0,2 mol. KCl HS/7	1	bix, kav	+
ohne Al-Nitrat 0,2 mol. KCl HS/8	1	bix	+, PK

HS drängte die Al-Konzentration sehr deutlich zurück, KCl konnte dadurch besser permeieren, Kern und Plasma erschienen leicht gequollen. Die Schutzwirkung der HS war deutlich zu erkennen, selbst in 10<sup>-2</sup> mol. Al-Nitrat lebten noch 70% der Zellen, 10<sup>-3</sup> ertrugen alle, von den Kontrollen nur etwa 50%. Der HS-Zusatz tritt im System Aluminium—Kalium deutlicher als in dem von Calcium—Kalium hervor.

### 3.4. Na-Humat, Aluminium und Pflanzengifte

HS unterbindet die Al-Wirkung auf die Pflanzenzelle weitgehend (Tab. 5); ob das ein Vor-oder Nachteil für diese ist, wird verschieden beurteilt.

Aluminium hemmt das Eindringen basischer Farbstoffe in die Zelle. Das könnte für die Pflanze günstig sein, wenn dadurch die Aufnahme eines schädlicheren Stoffes, als die des Aluminiums gebremst wird.

DRAWERT 1940 fand Äthylviolett, Anilingrün und Auramin als besonders giftig. Zu diesen Farbstoffen in der Konzentration 1 : 2000 fügte ich Al-Nitrat bis zu einer Endkonzentration von  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  und  $10^{-4}$  Mol hinzu. Als Kontrollen dienten Farbstofflösungen ohne Al-Nitrat und solche mit HS/5 (Tab. 7).

Tabelle 7

*Allium cepa*, Unterepidermis: Schutzwirkung von Aluminium und HS vor Äthylviolett (Ä), Anilingrün (A) und Auramin (Au)

	Al-Konzentration in Mol									ohne Al			HS/5			Einw. Stunden
	$10^{-2}$			$10^{-3}$			$10^{-4}$			Ä	A	Au	Ä	A	Au	
	Ä	A	Au	Ä	A	Au	Ä	A	Au							
% der lebenden Zellen	50	90	92	40	40	85	10	0	15	0	0	5	100	90	85	2
	40	90	90	20	0	80	0	0	5	0	0	0	100	80	60	4
	0	10	90	0	0	80	0	0	0	0	0	0	60	0	0	15

Äthylviolett und Anilingrün zeigten sich stärker giftig als Auramin. Aluminium konnte ein Anfärben der Schnitte nicht verhindern, schützte aber in höheren Konzentrationen vor allem vor Auramin deutlich.  $10^{-4}$  mol. Al-Nitrat reichte nicht mehr aus, um die Schadwirkung der Farbstoffe zu bremsen. Durch Adsorption kathodischer Farbstoffe an HS (MICHEL 1963a, b) werden die Farbstofflösungen teilweise entgiftet; dies gilt vor allem für Äthylviolett. Daraus ist zu ersehen, daß Aluminium manchmal der Zelle mehr nützt als schadet und seine starke Bindung nicht immer ein Vorteil für die Pflanze sein müßte.

### 3.5. Flockungsreihen von Na-Humat mit Aluminium, KNO<sub>3</sub>-scher Nährlösung und die Änderung der c H

#### 3.5.1. Na-Humat und Al-Nitrat

Eine Direktwirkung der HS auf das Eindringen von Molekülen (Modell Harnstoff) war nur dann zu beobachten, wenn HS kolloidal in einer Konzentration von mindestens  $10^{-5}\%$  (= HS/200) vorlag (HEINRICH 1964).

In 20 bis 40 cm<sup>3</sup> HS/l, versetzt mit 1 cm<sup>3</sup>  $10^{-1}$  mol. Al-Nitrat, bestimmte ich die nicht ausgeflockte HS. Das Filtrat hatte einen Farbton, der einer Vergleichslösung HS/300 (=  $7,5 \cdot 10^{-6}\%$ ) entsprach. Mit Hilfe der Tatsache, daß Elektrolyte das Anfärben der Zellen mit basischen

Farbstoffen blockieren, ermittelte ich die Al-Konzentration im Filtrat. Diese zellphysiologische Methode ist geeignet, kleinste wirksame Al-Konzentrationen in geringen Mengen von Lösungen zu erfassen.

Oberepidermen kamen in Akridinorange 1:20000 mit bekannten Al-Konzentrationen und wurden im UV-Licht angesehen.  $10^{-2}$  und  $10^{-3}$  mol. Al-Nitrat ließen nur ein Grün-Gelb der Zellwände und des Schnitt- randes zu,  $10^{-4}$  dagegen eine Rotfärbung. Die Grenze lag bei  $3,3 \cdot 10^{-4}$  Mol. Nach diesem Vorexperiment stellte ich fest, wie weit der HS-Zusatz die wirksame Al-Konzentration verändert. Eine Zugabe von  $19 \text{ cm}^3$  HS/1 zu  $1 \text{ cm}^3 10^{-1}$  mol. Al-Nitrat und weitere Verdünnung mit Wasser verschob den Grenzwert, ab dem sich der Schnitttrand rot färbte, auf  $2 \cdot 10^{-3}$  mol. Al-Nitrat.

Flockungsreihen stellte ich auch mit  $1 \text{ cm}^3 10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  und  $10^{-4}$  Al-Nitrat und steigenden HS/1-Mengen an. In diesen sollte geprüft werden, ob in der Konzentration von Al-Nitrat, die gerade einen roten Schnitttrand zuläßt, auch noch HS/200 kolloidal vorliegt. Fügte man  $9 \text{ cm}^3$  HS/1 zu  $1 \text{ cm}^3 10^{-2}$  mol. Al-Nitrat zu, so betrug die im Filtrat verbliebene HS nur HS/500. Aber bereits die Hälfte an zugesetzter HS ermöglichte ein Rotfärben der Zellwände. In diesem Fall könnte die HS die Permeabilität des Protoplasmas nicht direkt beeinflussen, sondern nur sekundär durch Abschwächen der Al-Wirkung.

### 3.5.2. Na-Humat und KNOPSche Nährlösung

Bestimmten Mengen einer KNOPSchen Lösung ( $1000 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{O}$ , 1 g Ca-Nitrat, je 0,25 g  $\text{MgSO}_4$  und  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 0,12 g KCl und eine Spur von  $\text{FeCl}_3$ ; pH 5,5) wurden steigende HS-Anteile beigegeben, das ausgeflockte Humat entfernt und die HS-Konzentration im Filtrat festgestellt. Da HS/200 die Aufnahme von Molekülen fördert, so läßt Tab. 8 diese Wirkung der HS auch in einer KNOPSchen Lösung erwarten.

Tabelle 8

		Flockungsreihen von KNOPScher Nährlösung mit HS		
		cm <sup>3</sup> HS/1		
		1	5	10
KNOPSche		Farbton wie Vergleichslösung HS/		
Lösung	1	40	25	2
in cm <sup>3</sup>	5	150	25	18
	10	320	50	22

### 3.5.3. Änderung der cH durch HS

Setzte man  $1 \text{ cm}^3 10^{-2}$  mol. Al-Nitrat mit einer cH von 3,6 einen  $\text{cm}^3$  HS/1 zu, so verringerte sich die cH auf 4,5;  $20 \text{ cm}^3$  HS/1 mit einer cH von 7,2

verschoben dieselbe auf 6,8. HS führte in Elektrolytlösungen zu einer kleineren cH; große HS-Mengen brachten eine Ladungsneutralisation mit sich.

#### 4. Besprechung der Ergebnisse

Die durch HS verminderte cH einer Nährlösung dürfte sehr wesentlich sein. So führte DRAWERT 1937 den Ionenantagonismus, wie die entgiftende Wirkung mancher Ionen, auf pH-Verschiebung zurück. VAGELER 1932 zeigte, daß die meisten wichtigen Kulturpflanzen ein Wachstumsoptimum um den Neutralpunkt besitzen. Es ist nun leicht möglich, daß sich ein Abschwächen der großen Anfangs-cH der Nährlösung durch HS für viele Pflanzen gut auswirkt. Die cH-Veränderung durch HS ist auch wegen der Löslichkeit zu beachten, die z. B. für Al-Verbindungen mit steigender Acidität und Alkalität zunimmt und zwischen pH 4,7 und 8 sehr gering ist (vgl. ELLENBERG 1958).

HS senkt die wirksame Al-Konzentration; das müßte für die Pflanze vorteilhaft sein, da freie Al-Ionen für sie schädlich sind (ROTHERT 1906, HÖFLER 1958, BÖHM-TÜCHY 1960 u. a.; vgl. auch ELLENBERG 1958, STILES 1958). Aluminium muß aber durchaus nicht immer schlecht sein, da es das Eindringen von giftigeren Stoffen, z. B. von Kupfersalzen, Methylviolett und Chinin (SZÜCS 1913) ebenfalls hemmt. STOKLASA 1922 wies auf die antagonistische Wirkung des Al-Ions und auf die gegenseitige Hemmung im Eindringen gleichsinnig geladener Ionen hin, letzteres galt für SZÜCS 1913 als Ursache des physiologischen Ionenantagonismus. STOKLASA 1922 demonstrierte die weite Verbreitung des Aluminiums im Pflanzenreich und die Fähigkeit einiger Pflanzen, große Mengen davon zu ertragen. Seiner Meinung nach stellt es für Hydro- und Hygrophyten ein unentbehrliches Element dar. Es würde in kleinen Mengen die Keimung anregen und durch Eisen verursachte, pathologische Prozesse paralisieren (vgl. ELLENBERG 1958, STILES 1958). Die starke Fixierung des Al-Ions durch HS scheint für die Pflanze nach all dem nicht immer von Vorteil zu sein.

HS als negativ geladenes Kolloid bindet Kationen nach deren Wertigkeit verschieden stark. In einer Nährlösung wird daher durch HS in das Mengenverhältnis der wirksamen Ionen eingegriffen. Allein dadurch, also ohne in die Zelle eindringen zu müssen, kann sie schon die verschiedensten Prozesse beeinflussen; so bestehen komplizierte Zusammenhänge zwischen Mineralstoffwechsel und Photosynthese (PIRSON 1958). Die Folgen der bevorzugten Bindung mehrwertiger Salze können die verschiedensten sein, je nachdem, welche Elektrolyte vorliegen und in welcher Quantität sie vorhanden sind. Bei geringem Kupfergehalt z. B. kann durch starke Fixierung (Bindung in nicht pflanzenverfügbarer Form nach SCHLICHTING 1955) Kupfermangel entstehen. Nach HOFFMANN 1939 trifft das für Heide-moorpodsole in holländischen, NW-deutschen und dänischen Geestgebieten zu. Sind aber mehrwertige Ionen in zu hoher Konzentration



vorhanden, so hindern sie, abgesehen von einer eventuellen Giftigkeit nach KAHO 1921, 1924, 1926 das Eindringen einwertiger Ionen. Nach diesem Forscher soll ein Salz je nach seiner Stellung in der Reihe K-Na-Li-Mg-Ba-Ca die Durchlässigkeit des Protoplasmas erhöhen oder erniedrigen. Die gegenseitige Beeinflussung steigt mit dem Abstand in der Reihe. Diejenigen Salze, die die Oberflächenschicht des Plasmas verdichten, sollen sehr langsam in die Zelle eindringen. Kalium vergrößert die Durchlässigkeit für alle Kationen und Calcium verkleinert sie. In diesem Zusammenhang ist wesentlich, daß HS die Wirkung geringer Ca-Konzentrationen zugunsten der einwertigen Elektrolyte zurückdrängt, allerdings schwächer als die des Aluminiums. ILJIN 1928 beobachtete an Zwiebeln Exosmose von K-Salzen, die durch Calcium stark vermindert wurde. Auch konzentrierte KNOPSsche Lösung brachte die Durchlässigkeit des Plasmas fast völlig zum Verschwinden, in normal angesetzter war sie jedoch weiterhin vorhanden. Das spricht dafür, daß ein Festlegen von Nährsalzen durch HS sich keineswegs in einer verringerten Permeation bemerkbar machen muß, was KÚTHY & PECZNIK 1941 annahmen. Der Zusatz von HS zu stark konzentrierten Lösungen (vor allem mehrwertiger Kationen) muß auf das Permeieren von Nährsalzen nicht hemmend wirken. Das zeigte ich für das raschere Eindringen von Salzen aus einem Kalium-Calcium-System.

Ist nun die gegenseitige Hemmung der Aufnahme gleichsinnig geladener Ionen ein Permeabilitätsproblem, was KAHO 1921, 1926 glaubte, so ist der Nachweis erbracht, daß HS die Permeabilität des Protoplasmas wesentlich beeinflussen muß. Sie verschiebt nämlich das Konzentrationsverhältnis der Ionen durch stärkere Bindung der, in der fortlaufenden Reihe K-Na-Li-Mg-Ba-Ca rechts stehenden Kationen, zueinander.

Die Vitalfärbung mit sauren und basischen Farbstoffen brachte aber Zweifel an der ausschlaggebenden Bedeutung veränderter Grenzschichten des Plasmas für die Stoffaufnahme in die lebende Zelle. Allerdings hielt KERSTING 1937 für das Verdrängen von Farbstoffen durch anorganische Salze umstrukturierte Grenzschichten des Plasmas und nicht ein verschobenes Adsorptionsvermögen von Zellsaftkolloiden (BÜNNING 1937) für wesentlich. Nach DRAWERT 1937 ist es nicht möglich, den Einfluß der anorganischen Salze und der cH auf die Aufnahme von Farbstoffen durch die Zelle nur von einem Standpunkt aus zu erklären. Die Beeinflussung des Speichervermögens, Permeabilitätsänderungen des Protoplasten und der Zellwand, die Acidität der benutzten Salzlösung, der Lipoid- und Gerbstoffgehalt der Zellen, der elektrische Ladungssinn, der Dissoziationsgrad der Farbstoffe und die chemischen Beziehungen zwischen den Farbstoffen und den Salzen sollen eine Rolle spielen.

In Analogie dazu müßte eine geänderte Permeation von Nährsalzen, die durch verschieden starke Bindung und Fixierung von Ionen ungleicher Wertigkeit und durch abnehmende cH hervorgerufen wird, nicht nur in einer Strukturbeeinflussung der Plasmagrenzschichten zu suchen sein.

Die von HEINRICH 1964 beobachtete Wirkung kolloidaler HS, die sich in einer schnelleren Aufnahme von Molekülen anzeigt, ist auch in einer Nährlösung zu erwarten; sie tritt aber hinter den Folgen des Eingriffs von HS in den Ionenantagonismus zurück.

### 5. Zusammenfassung

Untersucht wurde der Einfluß von Na-Humat (HS) auf die Permeation von Einsalzen und Salzgemischen, die sich physiologisch gegensätzlich verhalten.

(1) HS beschleunigt das Eindringen als Einsalz gebotener Alkalimetalle nicht wesentlich.

(2) HS fördert in einem System von Erdalkali-Alkali-Salzen die Aufnahme des Alkalisalzes; in Aluminium-Kalium verringert sie aber den Al-Einfluß stärker als den des Calciums im vorher genannten Fall.

(3) Ein Zurückdrängen der Al-Konzentration dürfte für die Pflanze nicht immer vorteilhaft sein.

(4) Flockungsversuche mit Aluminium lassen die Wirkung kolloidaler HS, die sich im schnelleren Eintritt von Molekülen anzeigte, nur durch großen HS-Zusatz erwarten. Aber bereits geringe Zugabe von HS, die von Al-Nitrat ausgeflockt wird, vermag durch Adsorption des Aluminiums das Milieu sekundär zu verändern.

(5) HS beeinflusst in Salzlösungen den Ionenantagonismus und -synergismus, indem sie die Gesamtkonzentration wirksamer Ionen herabsetzt, die 2- und 3-wertigen Kationen stärker als die einwertigen und die cH verringert. Diese genannten Eingriffe können alle ein gesteigertes Eindringen von Nährsalzen verursachen; ob das allein die Folge einer geänderten Struktur des Plasmas ist oder nicht, wurde diskutiert.

### 6. Schrifttum

- BÖHM-TÜCHY E. 1960. Plasmalemma und Aluminiumsalz-Wirkung. — *Protoplasma* 52: 108—142.
- BOGEN H. J. 1951. Über Kappenplasmolyse und Vakuolenkontraktion I. — *Planta* 39: 1—35.
- BRUNNER M. 1959. Beiträge zur Kenntnis der phytotoxischen Wirksamkeit von Flachmoorwasser. — *Diss. Graz*.
- BÜNNING E. 1937. Zur Frage der Aufnahme und Abgabe von Farbstoffen durch lebende Zellen. — *Ber. dt. bot. Ges.* 55: 377—379.
- DRAWERT H. 1937. Der Einfluß anorganischer Salze auf die Aufnahme und Abgabe von Farbstoffen durch die pflanzliche Zelle. — *Ber. dt. bot. Ges.* 55: 380—390.
- 1940. Zur Frage der Stoffaufnahme durch die lebende pflanzliche Zelle. II. Die Aufnahme basischer Farbstoffe und das Permeabilitätsproblem. — *Flora* 134: 159—214.
- ELLENBERG H. 1958. Bodenreaktion (einschließlich Kalkfrage). In: RUHLAND, *Handb. Pflanzenphysiol.* IV: 638—708. — Berlin.

- HEINRICH G. 1964. Huminsäure und Permeabilität. — *Protoplasma* 58: 402—425.
- HOFFMANN W. 1939. Neuere Untersuchungen über die Ursache der Urbar-machungskrankheit und die Wirkung des Kupfers als Spurenelement. — *Bodenk. u. Pflanzenernähr.* 13—14: 139—155.
- HÖFLER K. 1928. Über Kapfenplasmolyse. — *Ber. dt. bot. Ges.* 46: (73)—(82).  
— 1958. Aluminiumsalz-Wirkung auf Spirogyren und Zygnemen. — *Protoplasma* 49: 248—258.
- JLJIN W. S. 1928. Die Durchlässigkeit des Protoplasmas, ihre quantitative Bestimmung und ihre Beeinflussung durch Salze und durch die Wasser-stoffionenkonzentration. — *Protoplasma* 3: 558—602.
- KAHO H. 1921. Ein Beitrag zur Permeabilität des Pflanzenplasmas für die Neutralsalze. — *Biochem. Z.* 123: 284—303.  
— 1924. Über die physiologische Wirkung der Neutralsalze auf das Pflanzen-plasma. — *Acta et Comm. Univ. Dorpat. A V* (4): 1—167.  
— 1926. Ein Beitrag zur Theorie der antagonistischen Ionenwirkungen der Erdalkalien auf das Pflanzenplasma VII. — *Biochem. Z.* 167: 25—37.
- KERSTING F. 1937. Über Adsorption von Farbstoffen an Zellwänden und ihre Verdrängung durch anorganische Salze. — *Ber. dt. bot. Ges.* 55: 329—337
- KONONOWA M. M. 1958. Die Humusstoffe des Bodens. — Berlin.
- KÚTHY A. v. & PECZNIK J. 1941. Wirkt die Huminsäure als Hormon oder durch Permeabilitätserhöhung auf die Entwicklung der Pflanzenwurzeln? — *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 23: 83—90.
- MICHEL E. 1963a. Zur Analyse der Vitalfärbung in Gegenwart von Humin-säure. I. Vitalfluorochromierung pflanzlicher Zellen. — *Protoplasma* 56: 466—490.  
— 1963b. Zur Analyse der Vitalfärbung in Gegenwart von Huminsäure. II. Wechselwirkung zwischen Farbstoffen und Huminsäuren. — *Proto-plasma* 56: 583—604.
- PIRSON A. 1958. Mineralstoffe und Photosynthese. In: RUHLAND, Handb. Pflanzenphysiol. IV: 355—381. — Berlin.
- ROTHERT W. 1906. Das Verhalten der Pflanzen gegenüber dem Aluminium. — *Bot. Ztg.* 64: 43—52.
- SCHLICHTING E. 1955. Kupferbindung und -fixierung durch Huminsäuren. — *Z. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk.* 69: 134—137.
- STADELMANN E. 1963. Eine mikrophotographische Zeitrafferanlage mit Auswertevorrichtung. — *Z. wiss. Mikrosk. u. mikrosk. Technik* 65: 172—185.
- STILES W. 1958. Other elements. In: RUHLAND, Handb. Pflanzenphysiol. IV: 599—614. — Berlin.
- STOKLASA J. 1922. Über die Verbreitung des Aluminiums in der Natur und seine Bedeutung beim Bau- und Betriebsstoffwechsel der Pflanzen. — Jena.
- SZÜCS J. 1913. Experimentelle Beiträge zu einer Theorie der antagonistischen Ionenwirkungen. — *Jb. wiss. Bot.* 52: 85—142.
- VAGELER P. 1932. Der Kationen- und Wasserhaushalt des Mineralbodens ... — Berlin.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn](#)

Jahr/Year: 1966

Band/Volume: [11 3 4](#)

Autor(en)/Author(s): Heinrich Georg

Artikel/Article: [Die Wirkung von ein- und mehrwertigen Ionen und von basischen Farbstoffen auf die Pflanzenzelle in Anwesenheit von Huminsäure. 207-217](#)