

# PROTOPLASMATIK VERGILBENDER BLÄTTER

VON **LOTTE REUTER**

(Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Graz)

Mit 7 Textfiguren

Eingegangen am 12. November 1936

Während Veränderungen, die sich im Protoplasma unter dem Einflusse letal wirkender künstlicher Schädigungen einstellen, wiederholt untersucht worden sind (Literatur bei Lepeschkin 1937), wissen wir wenig über den Verlauf der Zell-Nekrobiose beim natürlichen Alterstode, der im Entwicklungsgange bestimmt, zeitgerecht eintritt. Ein Fall natürlicher Nekrobiose, der von anderen Gesichtspunkten aus schon recht oft studiert wurde (Swart 1914), ist der Vergilbungstod der Laubblätter; wenn auch die Vergilbung der Chloroplasten das auffallendste Sympton dieses Alterns ist, so kann doch vermutet werden, daß im „vergilbenden Protoplasten“ auch noch andere Zustandsänderungen vor sich gehen.

Werden Zellen durch Schädigung nekrotisch, so geht dem völligen Verlust der Semipermeabilität meist eine pathologische Erhöhung der Permeabilität voraus. Es war daher naheliegend zu untersuchen, ob auch bei der Vergilbung der Blätter die Protoplaste allmählich permeabler werden. Zu dieser Frage liegt die überraschende Angabe vor, daß die Schließzellen an vergilbenden, alten Blättern von *Ranunculus ficaria* für Harnstoff weniger permeabel sind als die grünen Blätter (Weber 1931a). Im Hinblick auf diesen Befund schien es von Interesse, die Protoplasmatik vergilbender Blätter eingehender zu untersuchen. Einen ersten Beitrag zur Bearbeitung dieser Frage stellt diese auf Anregung von Herrn Prof. Dr. Fr. Weber durchgeführte Untersuchung dar.

## Material und Methode

Als Versuchsmaterial dienten in erster Linie Blätter von *Sedum praealtum*. Dieses im Gewächshaus gehaltene Objekt bot den Vorteil, daß zu den Untersuchungen stets gleichzeitig grüne und vergilbte Blätter zur Verfügung standen, da zu einer Zeit, zu der die untersten Blätter eines Sprosses bereits vergilbt waren, die höher inserierten Blätter noch ihr frisches Grün zeigten. Bei jedem einzelnen Versuch wurden stets nur Blätter ein und desselben Sprosses verwendet. Mit Ausnahme eines speziell angeführten Versuches kamen von den vergilbten Blättern nur solche zur Verwendung, die noch völlig turgeszent waren, nicht aber Blätter, die bei fortschreitendem Altern ihren Turgor bereits eingebüßt hatten. Da die Blätter von *Sedum praealtum* sukkulent und daher nicht genügend durchsichtig sind, mußten die Untersuchungen an Schnitten durchgeführt werden; diese wurden aber entsprechend dick hergestellt, um sicher unbeschädigte Epidermiszellen zu erhalten. Es wurden stets Flächenschnitte von der Blattunterseite verwendet. Die folgenden Angaben beziehen sich nur auf die Epidermiszellen.

## Plasmolyseform und Plasmolysezeit

Bei allen Versuchen zeigte sich in bezug auf Plasmolysezeit und Plasmolyseform zwischen den Zellen der grünen und denen der vergilbten Blätter ein bedeutender Unterschied. Im allgemeinen beanspruchen die Epidermiszellen der vergilbten Blätter stets eine weit längere Zeit, um den Zustand der perfekten Plasmolyse zu erreichen, als die der grünen. Fig. 1 zeigt das Anfangsstadium der Plasmolyse, wie es für die Zellen der vergilbten und der grünen Blätter charakteristisch ist. Die beiden Bilder wurden 10 Minuten nach dem Einlegen

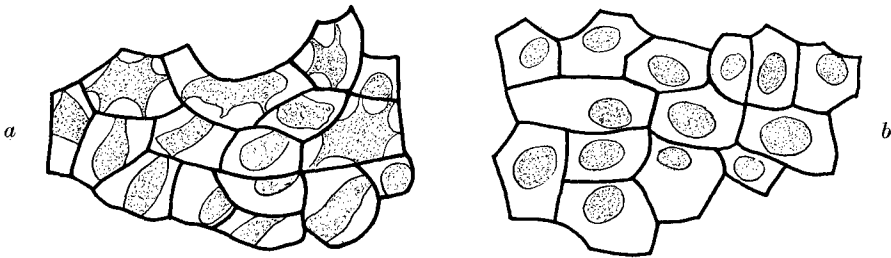


Fig. 1. Epidermiszellen von *Sedum praealtum*. Plasmolyseform 10 Minuten nach dem Einlegen in 1,5 mol Harnstofflösung. (a Zellen der vergilbten, b Zellen der grünen Blätter.)

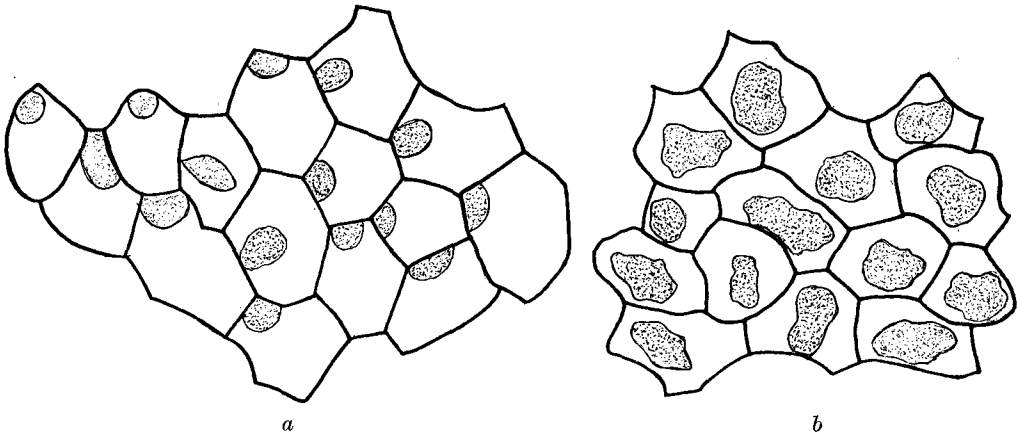


Fig. 2. Epidermiszellen von *Sedum praealtum*. Plasmolyseform 6 Stunden nach dem Einlegen in 1 mol  $\text{CaCl}_2$ . (a Zellen der vergilbten, b Zellen der grünen Blätter.)

der Schnitte in 1,5 mol Harnstoff mit dem Zeichenapparat gezeichnet. Während der Protoplast der Zellen der grünen Blätter schon fast vollkommen abgerundet ist, zeigen die Zellen der vergilbten Blätter noch stark konkave Plasmolyse. Bei Plasmolyse mit Glycerin kann der Unterschied noch stärker sein.

Was nun die Plasmolyseform bei perfekter Plasmolyse betrifft, so zeigte sich, daß bei den Zellen der vergilbten Blätter im Verlauf der Plasmolyse der Protoplast sich nicht vollständig von der Membran löst, sondern stets an einer oder der anderen Stelle der Zellwand haften bleibt; es ist also die perfekte

Plasmolyse bei den Zellen der vergilbten Blätter durch das Auftreten eines negativen Plasmolyseortes charakterisiert. Bei den Zellen der grünen Blätter hingegen löst sich bei der Plasmolyse der Protoplast meist vollkommen von der Membran ab und liegt bei perfekter Plasmolyse abgerundet in der Mitte der Zelle (Fig. 2 und 3).

Dieses verschiedene Verhalten von Plasmolysezeit und Plasmolyseform läßt den Schluß zu (Weber 1925), daß das Protoplasma der Epidermiszellen der vergilbten Blätter eine höhere Viskosität aufweist als das der grünen.

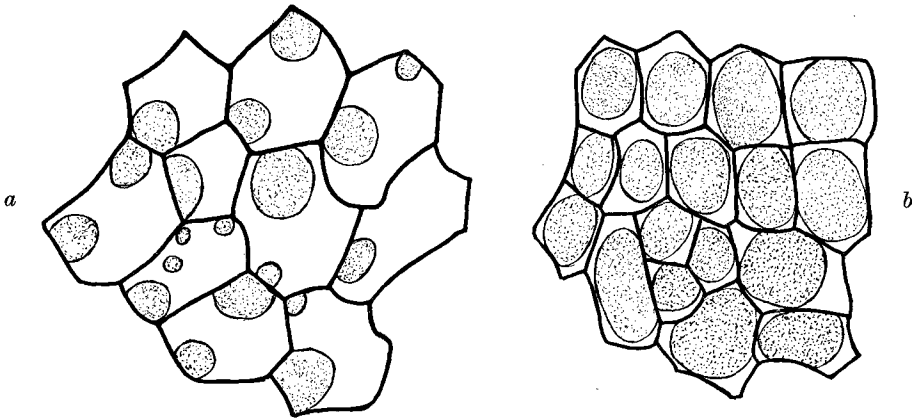


Fig. 3. Epidermiszellen von *Sedum praealtum*. Plasmolyseform 23 Stunden nach dem Einlegen in 1 mol  $\text{KNO}_3$ . (a Zellen der vergilbten, b Zellen der grünen Blätter.)

Lepeschkin (1936) bringt eine Reihe von Angaben über die Veränderung der Viskosität bei künstlicher Nekrobiose; er unterscheidet bei der künstlichen Zellnekrobiose zwischen einem Anfangsstadium, in dem sich eine Verminderung der Viskosität des Cytoplasmas nachweisen läßt, und einem späteren Stadium, das durch eine Zunahme der Viskosität gekennzeichnet ist, die schließlich zu einer Erstarrung des Protoplasmas führt. Bei den Versuchen mit auf natürlichem Wege nekrobiotisch werdenden Zellen der vergilbenden Blätter ließ sich stets nur die Viskositäts-erhöhung feststellen, während sich keine Anzeichen dafür fanden, daß am Beginn des Vergilbungsprozesses eine Viskositätsverminderung eintritt.

#### Permeabilität

Die Versuche über die Veränderung der Permeabilität beim Ablauf der natürlichen Vergilbungsnekrobiose brachten Ergebnisse, die die Annahme berechtigt erscheinen lassen, daß der künstlichen Nekrobiose andere Vorgänge zugrundeliegen können als der natürlichen. Lepeschkin (1936) kommt bei einem Überblick über die sich in der Literatur findenden Angaben über die Permeabilitätsänderung bei künstlicher Nekrobiose zu dem Schluß, daß dieser Prozeß stets von einer Permeabilitäts-erhöhung begleitet ist. Bei den Versuchen mit *Sedum praealtum*, bei denen die Deplasmolysezeit als Maßstab für die Größe der Permeabilität genommen wurde, zeigte es sich, daß die Zellen der vergilbten

Blätter im allgemeinen eine geringere Permeabilität besitzen als die der grünen, da die Deplasmolyse bei jenen stets eine längere Zeit erfordert.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über den zeitlichen Ablauf der Plasmolyse und Deplasmolyse für die Zellen der grünen und vergilbten Blätter.

Plasmolytikum	Plasmolysezeit		Beginn der Deplasmolyse		Plasmolyse vollk. zurückgegangen	
	grün	vergilbt	grün	vergilbt	grün	vergilbt
1,5 mol Harnstoff . . . . .	10 Min.	30 Min.	20 Min.	3 Stdn.	1 Stde.	7 Stdn.
1,5 mol Glycerin . . . . .	10 „	30 „	1 Stde.	5 „	5 Stdn.	23 „
1 mol CaCl <sub>2</sub> . . . . .	10 „	30 „	20 Stdn.	∞	22 „	∞
1 mol KNO <sub>3</sub> . . . . .	10 „	30 „	20 „	∞	22 „	∞

Die in obiger Tabelle angeführten Werte genügen vollkommen, um den tiefgehenden Unterschied zwischen den grünen und vergilbten Protoplasten aufzuzeigen. Messungen mit einer quantitativen Methode würden aber wohl auch Unterschiede in spezifischen Permeabilitätsreihen aufzeigen.

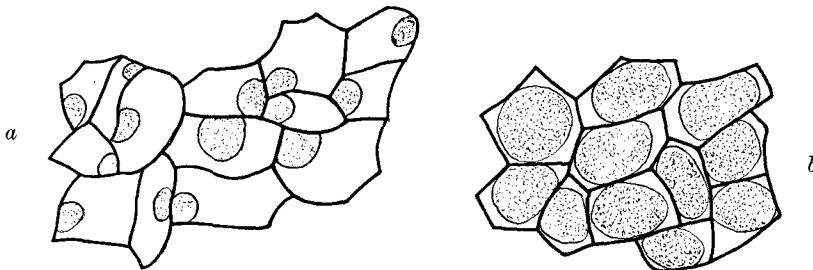


Fig. 4. Epidermiszellen von *Sedum praealtum*. Plasmolyseform 30 Minuten nach dem Einlegen in 1,5 mol Harnstoff. (a Zellen der vergilbten, b Zellen der grünen Blätter.)

In den Fig. 1 und 4 ist der Verlauf der Plasmolyse und Deplasmolyse in 1,5 mol Harnstoff dargestellt. Fig. 1 zeigt Zellen der vergilbten und grünen Blätter 10 Minuten nach dem Einlegen in das Plasmolytikum. Während zu diesem Zeitpunkt die Plasmolyse bei den Zellen der grünen Blätter bereits perfekt ist, befinden sich die Zellen der vergilbten Blätter noch im Anfangsstadium. 30 Minuten nach dem Einlegen (Fig. 4) weisen die Zellen der vergilbten Blätter perfekte Plasmolyse auf, bei den Zellen der grünen Blätter beginnt bereits die Deplasmolyse. 60 Minuten nach dem Einlegen ist bei den Zellen der grünen Blätter die Plasmolyse z. T. schon vollkommen zurückgegangen und das Cytoplasma infolge des eingedrungenen Harnstoffes abgestorben. Die Zellen der vergilbten Blätter zeigen noch hochgradige Plasmolyse.

Weber (1931a) kam bei seinen Versuchen über die Permeabilität der Schließzellen von *Ranunculus ficaria* für Harnstoff zu dem Ergebnis, daß der Vergilbungsprozeß mit einer Permeabilitätsabnahme der Schließzellen verbunden ist, die Weber mit Änderungen im osmotischen Wert der Schließzellen in Zusammenhang bringt. Bei Prüfung der Epidermis-

zellen von *Sedum praealtum* ließ sich bei grünen und vergilbten Blättern kein Unterschied im osmotischen Wert feststellen. Dieser wurde nach der Methode der Grenzplasmolyse in Traubenzucker ermittelt und betrug sowohl für die Zellen der grünen als auch für die der vergilbten 0,25—0,2 mol. Die Ursache für das verschiedene Verhalten der grünen und vergilbten Blätter muß daher bei den Epidermiszellen von *Sedum praealtum* in anderen Vorgängen als in durch Unterschiede im osmotischen Wert bedingten Differenzen des Quellungsstandes zu suchen sein.

Interessant ist ein Vergleich mit den in einer eben erschienenen Arbeit von Marklund (1936) an Blättern von *Helodea* und *Taraxacum* erzielten Befunden. Marklund stellte fest, daß ganz junge Blätter eine relativ niedere Permeabilität aufweisen, bei erwachsenen Blättern die Permeation rasch erfolgt, während sich bei alten Blättern die Permeabilität wieder verringert, aber doch noch immer die der ganz jungen übertrifft. „Bei jungen Blättern liegt die durchschnittliche Permeabilität bedeutend höher. Mit zunehmendem Alter nimmt aber offenbar die Durchlässigkeit für verschiedene Substanzen durchaus nicht in derselben Proportion ab. Die Harnstoffpermeabilität vermindert sich in weit höherem Grade als die Durchlässigkeit für Glycerin. . . . Bei älteren Blättern trat das Glycerin mindestens ebenso schnell, meistens aber rascher als Harnstoff ein, während junge Blätter wieder durch die außerordentlich rapide Harnstoffdurchlässigkeit ausgezeichnet waren.“

Strugger (1935) weist darauf hin, daß bei Blättern von *Helodea* die alten ausgewachsenen Zellen der Blattoberseite eine hohe Harnstoffpermeabilität besitzen, während die jungen wachsenden Zellen fast impermeabel für Harnstoff sind. Bei den Versuchen mit *Sedum praealtum* verhielten sich die grünen Blätter ganz abgesehen von ihrem Alter bei der Plasmolyse innerhalb von geringen Schwankungen gleich und erst bei vollständig vergilbten, aber noch turgeszenten Blättern zeigte sich eine auffallend in Erscheinung tretende Änderung, nämlich die oben beschriebene Verringerung der Permeabilität sowohl für Harnstoff als auch für Glycerin. Bei Versuchen mit vergilbten Blättern, die schon so weit gealtert waren, daß sie ihren Turgor verloren hatten, ließ sich dagegen eine Permeabilitätserhöhung feststellen.

### Plasmolyse-Permeabilität oder Normal-Permeabilität?

Nach Feststellung eines weitgehenden Unterschiedes in der Permeabilität grüner und vergilbender Blätter bleibt die Frage zu erörtern, ob es sich dabei um die Normal-Permeabilität oder etwa um die Plasmolyse-Permeabilität handelt. Nach einer von Weber (1931b) aufgestellten Regel wird die normale Permeabilität der Zellen bei der Plasmolyse um so weniger gestört, je leichter die Zellen plasmolysieren. Nach den oben mitgeteilten Befunden über Plasmolyseform und Plasmolysezeit plasmolysieren die Epidermiszellen der grünen Blätter leichter als die der gelben. Eine pathologische Erhöhung der Permeabilität durch die Plasmolyse müßte also in erster Linie die Zellen der gelben Blätter treffen. Nun ist aber die Permeabilität bei den grünen Blättern höher; der Unterschied in der Permeabilität kann sich also wohl kaum auf die „Plasmolyse-Permeabilität“ beziehen. Um die hier aufgeworfene Frage auch in anderer Weise zu klären, wurden noch weitere Versuche durchgeführt. Die pathologische Erhöhung der Permeabilität bei der Plasmolyse ist im allgemeinen beim Beginn der Plasmolyse besonders stark ausgeprägt. Ist aber einmal der Zustand der perfekten Plasmolyse erreicht, so besteht kein wesentlicher Unterschied mehr zwischen der normalen und der Plasmolyse-Permeabilität. Es wurden daher die Schnitte zunächst in ein unschädliches schwer permeierendes Plasmolytikum (1,5 mol Traubenzucker) eingelegt und darin bis zur Erreichung der perfekten Plasmolyse belassen (4 Stunden). Dann erst wurden die Schnitte in äquimolare Lösungen von Harnstoff bzw. Glycerin übertragen. Wäre die hohe Permeabilität der Epidermiszellen der grünen Blätter bei direkter Plasmolyse mit Urea eine „Plasmolyse-Permeabilität“, so müßte nunmehr zumindest eine Verringerung der pathologischen Permeabilitätserhöhung zu bemerken sein. Das ist aber nicht der Fall. Im Gegenteil

scheint sie nunmehr noch höher zu sein als bei direkter Harnstoffplasmolyse. Die Ursache dafür ist vielleicht darin zu suchen, daß sich während der mehrstündigen Zuckerplasmolyse die Oberfläche des plasmolysierten Protoplasten verfestigt hat und dann in der Harnstofflösung bei beginnender Deplasmolyse beschädigt wird. Würde die hohe Permeabilität der Protoplaste der grünen Blätter eine Plasmolyse-Permeabilität sein, dann wäre ferner zu erwarten, daß bei Erleichterung der Plasmolyse nach Vorbehandlung mit Ätherwasser die Permeabilität geringer wird. Versuche mit Vorbehandlung mit 2 % Ätherwasser ergaben aber weder bei den grünen noch bei den gelben Protoplasten eine merkliche Änderung der Permeabilität. Aus den Ergebnissen dieser Versuche läßt sich daher schließen, daß die Unterschiede in der Permeabilität der Epidermiszellen der grünen und gelben Blätter die Normal-Permeabilität betreffen.

### Resistenz gegen Narkotika und Hitze

Schließlich wurden Versuche darüber durchgeführt, ob sich die vergilbenden Protoplasten in ihrer Resistenz gegenüber Narkotika und Hitze im Vergleiche zu den grünen verschieden verhalten. Im allgemeinen ließ sich bei den vergilbten Zellen eine höhere Widerstandsfähigkeit feststellen als bei den grünen. Beim Einlegen in 3 % Ätherwasser erwiesen sich die Zellen der grünen Blätter bereits nach 2 Stunden als abgestorben, während bei den Zellen der vergilbten Blätter erst nach 4 Stunden das Absterben eintrat. Auch gegenüber dem Einfluß von Hitze zeigte sich ein gleichsinniger Unterschied in der Resistenz. Es stellte sich heraus, daß die Zellen der grünen Blätter bei einer Temperatur von 54° C, die der vergilbten erst bei 64° C zugrunde gingen, wobei die Schnitte der Einwirkung dieser Temperaturen auf einem elektrischen Mikro-Heiztisch (Reichert) jeweils durch 5 Minuten ausgesetzt waren.

### Versuche mit anderen Pflanzen

Neben den Untersuchungen an *Sedum praealtum* wurden auch einige Beobachtungen an den Blättern anderer Pflanzen angestellt, und zwar an:

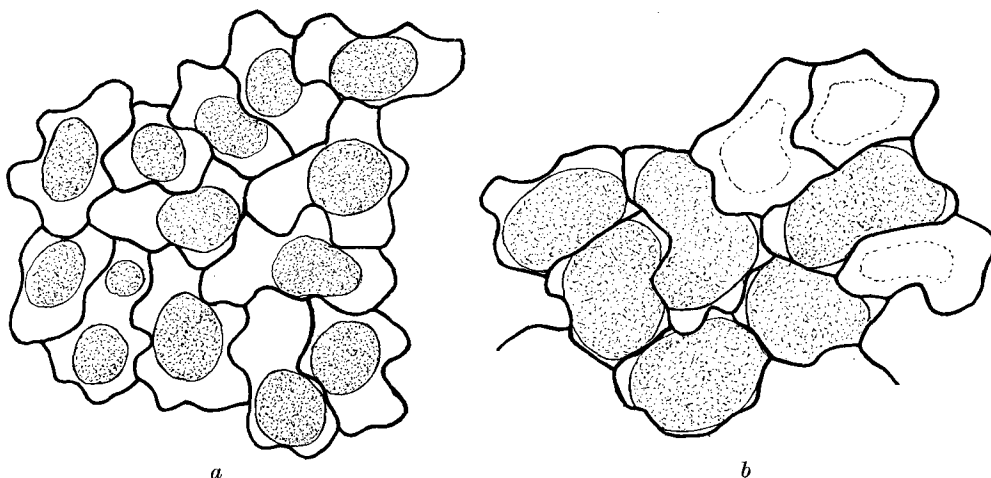


Fig. 5. Epidermiszellen von *Convolvulus sepium*. Plasmolysegrad 30 Minuten nach dem Einlegen in 1,5 mol Harnstoff. (a Zellen der vergilbten, b Zellen der grünen Blätter.)

*Aesculus Hippocastanum*, *Doronicum pardalianches*, *Primula hortensis*, *Convolvulus sepium*, *Hydrocotyle vulgaris*. In allen Fällen zeigte sich das gleiche Verhalten: die Epidermiszellen der vergilbten Blätter weisen eine weit geringere Permeabilität für Harnstoff, Glyzerin und  $\text{KNO}_3$  auf als die der grünen. Fig. 5 zeigt den Stand der Plasmolyse bei *Convolvulus* 30 Minuten nach dem Einlegen in 1,5 mol Harnstoff. Während bei den Zellen der grünen Blätter die Deplasmolyse schon sehr weit fortgeschritten ist (eine beträchtliche Zahl der Zellen ist bereits abgestorben), zeigen die Zellen der vergilbten Blätter noch starke Plasmolyse.

### Diskussion

Es drängte sich nun die Frage auf, worin die Unterschiede in der Viskosität, Permeabilität und Resistenz zwischen grünen und vergilbten Blättern begründet sind. Vielleicht bietet die von Swart (1914) dargelegte „Auswanderungstheorie“ die Möglichkeit einer Erklärung. Aus chemischen Analysen hat sich ergeben, daß die Blätter während der herbstlichen Verfärbung einen Verlust u. a. an Kali erleiden, während gleichzeitig eine Anreicherung an Kalzium stattfindet. Dies läßt daran denken, daß die Ursache für das verschiedene Verhalten der Zellen von grünen und vergilbten Blättern in den Unterschieden im Gehalt an Kalium und Kalzium zu suchen ist. Diese Annahme findet eine Stütze in der Feststellung verschiedener Forscher, daß die Einwirkung von Ca-Salzen eine starke Verringerung der Permeabilität zur Folge hat, während K-Salze die Permeabilität erhöhen. Die Verringerung der Permeabilität in den vergilbten Blättern könnte demnach auf einer gesteigerten Ca-Wirkung beruhen, da sich nach Swart beim Vergilbungsprozeß das Ca in den Blättern anreichert. Die oft nachgewiesene permeabilitätserhöhende Wirkung des K läßt sich ebenfalls mit meinen Ergebnissen im Einklang bringen, da sich bei den Zellen der grünen Blätter, die nach Swart einen höheren Gehalt an Kalium besitzen, ein höherer Grad der Permeabilität feststellen ließ.

Auch die beobachteten Unterschiede in der Viskosität des Protoplasmas der vergilbten und grünen Blätter könnten wohl auf den verschiedenen Gehalt von Kalzium bzw. Kalium zurückzuführen sein. Nach Timmel (1928) sollen Kali-Salze eine Viskositätsabnahme im Protoplasma hervorrufen, während Ca-Salze eine schwache Viskositätszunahme verursachen. In den Versuchen von Sakamura (1933) an *Spirogyra* wirkte KCl „verflüssigend“ und  $\text{CaCl}_2$  „verfestigend“ auf das Protoplasma. Heilbrunn (1928) weist darauf hin, daß in bezug auf die Viskositätsänderung unter dem Einflusse von verschiedenen Salzen große Unterschiede im Verhalten des Innenplasmas und der äußeren Partien des Protoplasmas bestehen. Was die Wirkung von Ca-Salzen anlangt, so erfolgt unter ihrem Einfluß im Endoplasma eine Viskositätsabnahme, während gleichzeitig die Viskosität des Ektoplasmas zunimmt.

Über den Einfluß einer Vorbehandlung mit Ca- bzw. K-Salzen auf die Hitzeresistenz liegen verschiedene, zum Teil einander widersprechende Angaben vor (Belehradek 1935). Chalkley konnte bei *Paramaecium* bei einer Vorbehandlung mit Ca eine Erhöhung, bei Vorbehandlung mit K-Salzen eine Abnahme der Hitzeresistenz feststellen. Bei Versuchen mit roten Blutkörperchen fand Gros eine Verringerung der Hitzeresistenz durch eine Vorbehandlung nach der folgenden Ionen-Reihe:  $\text{Na} < \text{Mg} < \text{K} < \text{Ca}$ . Kaho, der Versuche an Epidermiszellen verschiedener Pflanzen anstellte, konnte für die Förderung der Koagulation durch Einwirkung von Salzen folgende Reihe feststellen:  $\text{Sr}, \text{Ba}, \text{Mg} < \text{Ca}; \text{Li}, \text{Na} < \text{NH}_4, \text{K}$ .

Was nun speziell die Permeabilitätsunterschiede betrifft, so wird die obige Annahme durch das Ergebnis orientierender Versuche gestützt, bei denen die Zellen der grünen Blätter

vor dem Einlegen in das Plasmolytikum durch mehrere Stunden der Einwirkung einer hypotonischen  $\text{CaCl}_2$ -Lösung ausgesetzt waren. Es ließ sich nämlich bei den mit  $\text{CaCl}_2$  vorbehandelten Zellen eine Herabsetzung der Permeabilität feststellen. Weniger ausgeprägt waren die Ergebnisse der Versuche an vergilbten Blättern, die einer Vorbehandlung mit einer hypotonischen  $\text{KCl}$ -Lösung unterzogen wurden. Immerhin zeigte sich aber doch unter dem Einfluß der Vorbehandlung mit dem Kalium-Salz eine Erhöhung der Permeabilität. Da, wie aus Untersuchungen Fittings (1920) hervorgeht und wie auch Weber (1931a) für die Schließzellen von *Ranunculus ficaria* feststellen konnte, eine längere „Wässerung“ der Zellen die Permeabilität meist stark herabsetzt, so mußten bei den Versuchen über den Einfluß einer Vorbehandlung mit  $\text{CaCl}_2$ - bzw.  $\text{KCl}$ -Lösungen die Kontrollschnitte einer gleich lange dauernden „Wässerung“ mit destill.  $\text{H}_2\text{O}$  unterzogen werden. Der von Fitting gefundene Einfluß einer „Wässerung“ ließ sich auch bei den Epidermiszellen von *Sedum praealtum*, und zwar sowohl bei den grünen als auch bei den vergilbten Blättern beobachten.

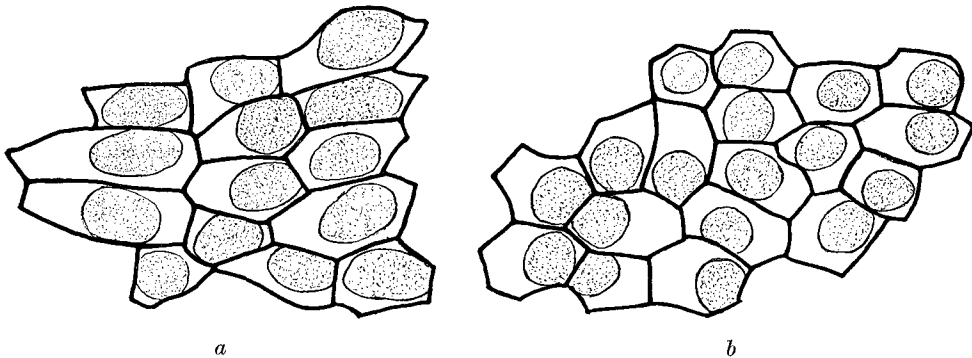


Fig. 6. Epidermiszellen grüner Blätter von *Sedum praealtum*. 3 Stunden nach dem Einlegen in 1,5 mol Harnstoff. (a „gewässerte, b mit 0,1 mol  $\text{CaCl}_2$  vorbehandelte Zellen.)

Die Erklärung für diesen Einfluß einer Wässerung ist vielleicht in der von Arens (1934) nachgewiesenen „kutikulären Exkretion“ zu suchen. Unter „kutikulärer Exkretion“ versteht Arens die Erscheinung, daß Laubblätter durch die intakte Kutikula hindurch gelöste Stoffe abgeben, wenn sie mit Wasser benetzt werden. Lausberg (1235), die den Vorgang der „kutikulären Exkretion“ experimentell näher untersuchte, konnte feststellen, daß sich unter den ausgeschiedenen Stoffen in besonders großer Menge Kalium befindet. Der permeabilitätsherabsetzende Einfluß einer Wässerung könnte daher auf den Verlust an Kalium infolge der kutikulären Exkretion zurückzuführen sein. Lausberg vermutet auf Grund ihrer Versuche, daß die K-Abnahme im herbstlichen Laubblatt zum großen Teil auf Rechnung der kutikulären Exkretion zu setzen ist.

Bei den Versuchen über die Wirkung der Vorbehandlung mit  $\text{CaCl}_2$  bzw.  $\text{KCl}$  wurden die Schnitte durch 20 Stunden zum Teil in eine 0,1 mol  $\text{CaCl}_2$ -Lösung (Schnitte von grünen Blättern) bzw. 0,1 mol  $\text{KCl}$ -Lösung (Schnitte von vergilbten Blättern), zum Teil in reines Wasser (Schnitte grüner sowie vergilbter Blätter) eingelegt.

Fig. 6b zeigt den Grad der Plasmolyse 3 Stunden nach dem Einlegen in 1,5 mol Harnstoff von mit  $\text{CaCl}_2$  vorbehandelten Zellen grüner Blätter. Fig. 6a stellt den Stand der Plasmolyse von nur mit destill. Wasser vorbehandelten Zellen grüner Blätter dar. Während die mit  $\text{CaCl}_2$  vorbehandelten Zellen sich noch im Zustand der perfekten Plasmolyse befinden, hat bei den Zellen des Kontrollversuches bereits die Deplasmolyse eingesetzt. Dabei tritt der Einfluß der „Wässerung“ deutlich in Erscheinung. Während bei den nicht „gewässerten“



Zellen grüner Blätter der ganze Ablauf der Plasmolyse und Deplasmolyse nur 1 Stunde in Anspruch nimmt, beginnt bei den „gewässerten“ Zellen erst 3 Stunden nach dem Einlegen in das Plasmolytikum die Deplasmolyse deutlich in Erscheinung zu treten. Der vollständige Rückgang der Plasmolyse läßt sich bei den „gewässerten“ Zellen 4 Stunden nach dem Einlegen, bei den mit  $\text{CaCl}_2$  vorbehandelten erst 1 Stunde später (also nach 5 Stunden) feststellen.

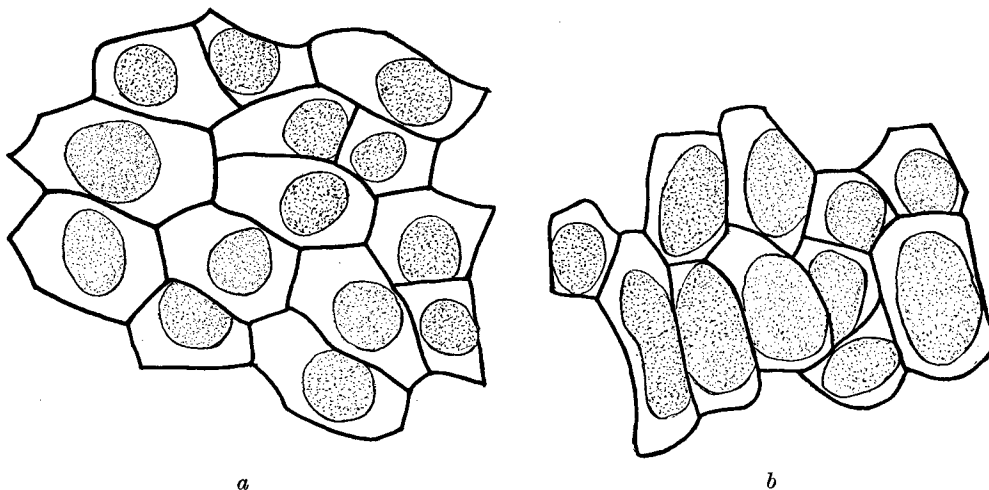


Fig. 7. Epidermiszellen gelber Blätter von *Sedum praealtum*. 6 Stunden nach dem Einlegen in 1,5 mol Harnstoff. (a „gewässerte“, b mit 0,1 mol KCl vorbehandelte Zellen.)

Fig. 7 zeigt den Einfluß der Vorbehandlung der Zellen vergilbter Blätter mit KCl. 6 Stunden nach dem Einlegen in 1,5 mol Harnstoff ist die Deplasmolyse bei den mit KCl behandelten Zellen schon beträchtlich fortgeschritten (b), während die Zellen der Kontrolle (gewässerte Zellen vergilbter Blätter) noch stark plasmolysiert sind. 10 Stunden nach dem Einlegen in 1,5 mol Harnstoff ist die Plasmolyse bei den mit KCl vorbehandelten Zellen vollständig zurückgegangen, während die Deplasmolyse bei den gewässerten Zellen erst 4 bis 5 Stunden später ihren Abschluß findet.

### Zusammenfassung

Die vergleichend protoplasmatische Untersuchung der Epidermiszellen erwachsener grüner und vergilbender Laubblätter von *Sedum praealtum* ergab folgende Unterschiede:

1. Nach der Plasmolysezeit und Plasmolyseform zu urteilen ist die Viskosität des Cytoplasmas der vergilbten Blätter eine höhere als die der grünen Blätter.

2. Nach der verschiedenen Länge der Deplasmolysezeit zu urteilen ist die Permeabilität für Harnstoff, Glycerin,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{CaCl}_2$  bei den Protoplasten der vergilbten Blätter wesentlich geringer als bei den Protoplasten der grünen Blätter. Es handelt sich vermutlich dabei um Unterschiede in der Normal-Permeabilität und nicht in der Plasmolyse-Permeabilität.

3. Die Resistenz gegenüber Ätherwasser (Narkotika) und gegenüber Hitze ist bei den Zellen der gelben Blätter höher als bei den Zellen der grünen Blätter.

Es wird vermutet, daß diese Unterschiede in der Viskosität, Permeabilität und Resistenz darauf zurückzuführen sein könnten, daß die vergilbenden Blätter reicher an Kalzium und ärmer an Kalium sind als die grünen.

### Literaturverzeichnis

- Belehradek, J., 1935, Temperature and Living Matter. Protoplasma-Monographien 8, Berlin.
- Fitting, 1920, Untersuchungen über die Aufnahme und über anomale osmotische Koeffizienten in Glycerin und Harnstoff. Jahrb. wissensch. Bot. 59.
- Heilbrunn, 1928, The colloid chemistry of protoplasm. Protoplasma-Monographien 1.
- Lausberg, 1935, Quantitative Untersuchungen über die kutikuläre Exkretion des Laubblattes. Jahrb. wiss. Bot. 81.
- Lepeschkin, 1936, Fortschritte der Kolloidchemie des Protoplasmas in den letzten zehn Jahren III. Protoplasma 25.
- , 1937, Zell-Nekrobiose und Protoplasma-Tod. Protoplasma-Monographien 12.
- Marklund, 1936, Vergleichende Permeabilitätsstudien an pflanzlichen Protoplasten. Acta Botanica Fennica 18.
- Strugger, 1935, Praktikum der Zell- und Gewebephysiologie der Pflanze. Berlin.
- Swart, 1914, Die Stoffwanderung in ablebenden Blättern. Jena.
- Timmel, 1928, Zentrifugenversuche über die Wirkung chemischer Agentien insbesondere des Kaliums auf die Viskosität des Protoplasmas. Protoplasma 3.
- Weber, 1925, Über die Beurteilung der Plasmaviskosität nach der Plasmolyseform. Zeitschrift wiss. Mikrosk. 42.
- , 1930, Harnstoff-Permeabilität ungleich alter *Spirogyra*-Zellen. Protoplasma 12.
- , 1931a, Harnstoff-Permeabilität ungleich alter Stomatazellen. Protoplasma 14.
- , 1931b, Plasmolyse-Resistenz und Permeabilität bei Narkose. Protoplasma 14.
-