Gedruckt mit Unterstützung aus dem Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Über die Struktur der Kollenchymzellwand auf Grund mikrochemischer Untersuchungen

Von

Donald B. Anderson

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien,
Nr. 268 der 2. Folge

(Mit 2 Tafeln)

(Vorgelegt in der Sitzung am 24. November 1927)

In vorliegender Untersuchung wurde versucht, die feine Struktur und die chemische Beschaffenheit der Kollenchymzellwände zu analysieren und so gleichzeitig auch unsere Kenntnisse und unser Wissen über Struktur und Bildung pflanzlicher Zellwände zu erweitern. In erster Linie galt es aber, die besonderen physikalischen Eigenschaften der Zellwände des Kollenchyms aufzuklären. Als Untersuchungsmaterial dienten Stengel von *Solanum lycopersicum*. Bei dieser Pflanze ist ein gut ausgebildetes, charakteristisches Kollenchym vorhanden und außerdem läßt sich diese Pflanze leicht kultivieren und die Entwicklung des Kollenchyms in den verschiedenen Entwicklungsstadien leicht verfolgen. Für die Untersuchung wurden aus den entsprechenden Internodien kleine Stücke herausgeschnitten und direkt mit dem Mikrotom in dünne Schnitte zerlegt. Infolge der Weichheit und Saftigkeit der Gewebe gelingt es auch leicht, bei Anwendung sehr gelinde wirkender Mittel vollkommen intakte Mazerate herzustellen.

Obwohl wir über die Funktion des Kollenchyms als spezifisch mechanisches Element gut unterrichtet sind, wissen wir über die Struktur der Wand noch sehr wenig. Dies ist in Anbetracht des eigentümlichen Baues und reichlichen Auftretens des Kollenchyms überraschend. Es liegen nur wenige Untersuchungen vor, die sich mit der Struktur der kollenchymatischen Verdickung befassen. De Bary (3) stellte fest, daß die Verdickungen der Kollenchymzellen in Wasser deutlich anschwellen und bei darauffolgendem Wasserentzug sich stark zusammenziehen. Diese Erscheinung kann man jederzeit bei entwässerten Schnitten, die in ein Harz oder ein anderes wasserfreies Medium eingeschlossen werden, beobachten. Ambronn (1) beschäftigte sich fast ausschließlich mit der Entwicklungsgeschichte, mit den mechanischen Eigenschaften und der Anordnung und Verteilung des Kollenchyms, wenngleich er auch einige mikrochemische Reaktionen ausführt, auf Grund derer er das Vorhandensein von Zellulose und Fehlen von Holzsubstanz feststellt. Giltay (4) behandelte Kollenchym mit Chromsäure und konnte zeigen, daß unter ihrem Einfluß die Mittellamelle verschwindet,

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

wobei sie an jeder Seite eine Schichte doppelbrechender Substanz hinterläßt. Auf einer der Arbeit beigegebenen Tafel bildet er auch eine Kollenchymzelle von *Lavatera arborea* mit deutlicher Schichtung der verdickten Zellwandteile ab, diskutiert aber diese Erscheinung nicht weiter. Müller (8) beschäftigt sich eingehend mit der Einteilung der kollenchymatischen Zellen und dem Vermögen der verdickten Zellwände, Wasser festzuhalten. Er bemerkt ferner, daß die Kollenchymzellen bei gekreuzten Nikols beinahe optisch inaktiv sind, an frischen Schnitten einen eigentümlichen Glanz besitzen, was nach seiner Ansicht mit einer besonderen Molekularstruktur zusammenhängen dürfte. Cohn (2) prüfte kritisch die verschiedenen, sich auf die physiologische Bedeutung des Kollenchyms beziehenden Anschauungen. Er bestätigte die Feststellungen von de Bary und Giltay bezüglich des Anschwellens des Kollenchyms in Wasser, was von Ambronn verneint wurde. Cohn schuf auch eine Methode, die es ermöglichte, den tatsächlichen Wassergehalt von Zellwänden zu bestimmen. Er fand einen sehr hohen (165 bis 245%) Prozentsatz des Wassergehalts im Vergleich zu 50% der Bastfasern. Die kollenchymatischen Verdickungen weisen ein Maximum an Kontraktion in der Radialrichtung und ein Minimum in der Längsrichtung unter dem Einfluß wasserentziehender Mittel auf. Schließlich konnte er auch zeigen, daß die kollenchymatischen Zellwände ihre ungewöhnliche Wasseraufnahmsfähigkeit beim Erhitzen verlieren und nachher nicht mehr Wasser aufnehmen wie die Bastzellen.

Die verschiedenen Lehr- und Handbücher [Tschirch (10), Haberlandt (5), Strasburger (9), Wiesner (11)] geben nur an, daß das Kollenchym aus Zellulose besteht. Haberlandt folgert aus der Tatsache, daß das Minimum an Kontraktion bei Wasserentzug in der Längsrichtung auftritt, daß die Einheiten der Wandstruktur in der Längsrichtung untereinander verbunden sind.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß nach den bisherigen Untersuchungen feststeht, daß die Kollenchymzellen in besonderem Maße befähigt sind, Wasser festzuhalten und daß sie tatsächlich einen sehr hohen Wassergehalt besitzen. Sie schwellen oder schrumpfen in radiärer Richtung stärker als in tangentialer oder der Längsrichtung. Bezüglich des Chemismus nimmt man an, daß die Zellwände des Kollenchyms aus Zellulose bestehen. Über die optischen Eigenschaften der Zellwände herrscht Meinungsverschiedenheit bei den meisten Forschern, doch stimmen sie darin überein, daß sie doppelbrechend sind, wahrscheinlich aber weniger stark als die der angrenzenden Parenchymzellen.

Methodik.

Vorliegende Untersuchung beschränkt sich vorwiegend auf die Untersuchung und das Studium des Kollenchyms im Stengel von *Solanum lycopersicum*. Frische, lebende Stengelstücke ver-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

schiedenen Alters und verschiedener Entwicklung wurden mit dem Mikrotom in 60 bis 70 μ dicke Schnitte zerlegt und dann den verschiedenen Behandlungen unterworfen. Die Art der Behandlung läßt sich in drei Gruppen scheiden, in eine chemische, physikalische und biologische.

Zur Feststellung des chemischen Verhaltens der kollenchymatischen Verdickungen wurden die Schnitte mit den von Molisch (7) in seiner Mikrochemie für Zellwandstoffe angegebenen Reagentien behandelt. Die Reaktionen, die sich in Farbenreaktionen und Lösungsreaktionen gliedern lassen, seien im folgenden kurz übersichtlich zusammengestellt.

A. Farbenreaktionen:

Zellulose.

1. Blauviolette Färbung mit Chlorzinkjod.
2. Dunkelblaue Färbung bei gleichzeitiger starker Aufquellung der Membranen mit Jod und Schwefelsäure.
3. Keine oder nur ganz schwache Färbung bei Behandlung mit verdünnten Lösungen von Methylenblau und Rutheniumrot.

Pektinstoffe.

1. Tiefblaue Färbung mit sehr verdünntem Methylenblau.
2. Dunkelrote Färbung mit sehr verdünntem Rutheniumrot.

Lignin.

Dieses kommt bei *Solanum lycopersicum* als Bestandteil der Membranen des Kollenchyms nicht in Betracht.

B. Lösungsreaktionen.

Zellulose.

1. Löslich nach Aufquellung in konzentrierter Schwefelsäure.[1]
2. Löslich in Kupferoxydammoniak.
3. Unlöslich in heißer verdünnter Salzsäure und heißer verdünnter Schwefelsäure.

Pektinstoffe.

1. Löslich in heißer verdünnter (5 prozentiger) Salzsäure und nach Behandlung mit verdünntem (5 prozentigem) Ammoniak.
2. Löslich in verdünntem Wasserstoffsuperoxyd (zirka 3%) nach mehrstündigem Verweilen bei einer Temperatur von 50° C.
3. Unlöslich in Kupferoxydammoniak.

---

[1] Selbstverständlich handelt es sich hier nicht um eine Lösung im strengen sondern um eine Hydrolysierung.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Hemizellulosen.

1. Werden hydrolisiert in heißen verdünnten Mineralsäuren.
2. Nicht merklich verändert in warmem verdünnten Wasserstoffsuperoxyd nach 2 Stunden.

Die physikalische Untersuchung und Prüfung beruhte auf der Feststellung des Verhaltens der Membranen in polarisiertem Licht, und zwar vor und nach der verschiedentlichen Behandlung. Dadurch konnte eindeutig das Vorhandensein oder Fehlen aller doppelbrechenden Substanzen sowie auch ihre genaue Lokalisation innerhalb der Membran ermittelt werden.

Die biologische Methode schließlich bestand in der Verwendung gewisser Mikroorganismen (Bakterien und Schimmelpilze) zum Herauslösen bestimmter Zellwandbestandteile. Gegenüber der zersetzenden Wirkung dieser Organismen sind Pektinstoffe bedeutend weniger widerstandsfähig als z. B. Zellulosewände oder verholzte Membranen. Indem man den Fortschritt der Zersetzung ständig kontrolliert, hat man es in der Hand, die Pektinstoffe fast restlos zu entfernen. Vollständig ist die Entfernung zwar nicht, da bei längerer Einwirkung auch die anderen Membranstoffe angegriffen werden, aber trotzdem lassen sich auf diese Art die Beziehungen zwischen den einzelnen Membranstoffen gut und klar feststellen.

Eigene Untersuchungen.

Die an den Zellwänden des Kollenchyms vorgenommenen Farbenreaktionen erwiesen die Gegenwart sowohl von Zellulose als auch Pektinstoffen. Wie aus den Färbungsversuchen mit sehr verdünnten Methylenblau- und Rutheniumrotlösungen hervorging, sind die Pektinstoffe gegen die Mittellamelle zu reichlicher vorhanden.

Behandlung mit heißer verdünnder Salzsäure und nachfolgende Einwirkung von verdünntem Ammoniak ruft in den verdickten Teilen der Wand eine ungemein scharfe und deutliche Schichtung hervor. Es hat den Anschein, als ob die Verdickungen an den Ecken aus einer großen Anzahl feiner Lamellen zusammengesetzt wären. Diese Lamellen treten ganz klar in der gesamten Verdickung hervor und sind an vielen Stellen durch deutliche Zwischenräume voneinander getrennt. Die Mittellamellen sind vollständig aufgelöst und nur dort, wo sich vorher die Verdickungen der Ecken befanden, sind isolierte Anhäufungen von Lamellen zurückgeblieben (Fig. 5 und 6). Nach dieser Behandlung färben sich die Wände des Kollenchyms weder mit Methylenblau noch mit Rutheniumrot oder es färben sich nur noch einzelne Stellen an, wo die Pektinstoffe noch nicht völlig entfernt waren. An solchen Stellen ist auch keine Schichtung zu sehen. War aber die Entfernung der Pektinstoffe eine vollständige, so sind die Lamellen deutlich zu sehen und eine Färbung auf Pektinstoffe verläuft negativ (Fig. 5).

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Dasselbe läßt sich erreichen, wenn man die Schnitte mit verdünntem Wasserstoffsuperoxyd im Thermostaten bei 50° C. für eine Stunde lang behandelt, wie dies Kisser (6) zur Mazeration parenchymatischer Gewebe verwendet hat. Durch diese Behandlung, die ungemein schonend ist und den Zellinhalt intakt erhält, werden nur die Pektinstoffe entfernt. Daraus ergibt sich auch, daß die zwischen den Lamellen liegende Substanz und vor allem die Mittellamelle Pektinstoffe darstellen.

Behandlung frischer Schnitte mit konzentrierter Schwefelsäure ruft eine starke Aufquellung der Eckenverdickungen hervor, wobei ebenfalls die Schichtung ungemein deutlich hervortritt (Fig. 3). Die Lamellen sind sehr zahlreich und bestimmt nicht weniger als 20. War der Schnitt vorher mit Jodjodkalium behandelt worden, so zeigen die Lamellen die für Zellulose charakteristische tiefe Blaufärbung.

Frisch bereitetes Kupferoxydammoniak läßt die Zellwände des Kollenchyms anscheinend unverändert. Eine Schichtung ist nicht zu erkennen. Nur sind die Eckenverdickungen etwas durchsichtiger geworden als vor der Behandlung und besonders in der an das Lumen angrenzenden Partie (Fig. 2). Nach der Behandlung mit Kupferoxydammoniak zeigen die Wände des Kollenchyms mit Chlorzinkjod keine blauviolette Färbung mehr und auch Jodjodkalium und Schwefelsäure rufen keine Blaufärbung mehr hervor. Beide Reaktionen rufen nur eine bräunliche Verfärbung der Zellwände hervor. Die mit Kupferoxydammoniak von der Zellulose befreiten Schnitte färben sich, besonders an den Stellen der Mittellamellen, ausgezeichnet mit den Pektinfarbstoffen (Fig. 2).

Werden frische Schnitte, die zuerst mit heißer verdünnter Salzsäure und dann mit Ammoniak behandelt wurden, mit Wasser vorsichtig gewaschen und der Einwirkung von frisch bereitetem Kupferoxydammoniak unterworfen, so schwellen die Lamellen an und lösen sich dann sofort vollkommen auf. Es ist ungemein interessant, die Wirkung dieses Reagens unter dem Mikroskop zu verfolgen, wobei man sieht, wie sich die Lamellen zuerst langsam voneinander trennen und dann eine nach der anderen vor den Augen des Beobachters verschwindet.

Schnitte, die man einige Tage hindurch in einer unbedeckten Glasschale mit Wasser bei Zimmertemperatur stehen läßt, werden bald von Bakterien und Schimmelpilzen überwuchert und angegriffen. Der Fortschritt der Zersetzung läßt sich leicht in den verschiedenen Phasen verfolgen, wenn man die Schnitte von Tag zu Tag untersucht und Reaktionen unterwirft. Die Pektinstoffe sind gegen die Mikroorganismeneinwirkung viel weniger widerstandsfähig als die Zellulose und darauf ist es zurückzuführen, daß die Mittellamelle zuerst verschwindet. Fast zu gleicher Zeit verschwinden auch die Pektinstoffe zwischen den Zelluloselamellen in den Eckenverdickungen und nur die widerstandsfähigen Zelluloselamellen bleiben zurück und treten sehr deutlich hervor (Fig. 4). Bei längerer

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Einwirkung wird auch die viel widerstandsfähigere Zellulose angegriffen und verschwindet schließlich vollständig. Mit Hilfe der Organismenwirkung kann man ein sehr deutliches Bild von den Schichtungen in der Membran gewinnen. Reinkulturen der Organismen sind nicht notwendig, wenngleich sich damit vielleicht noch vollkommenere Membranskelette erzielen ließen.

Bei Betrachtung im polarisierten Lichte erweisen sich die normalen, nicht behandelten Zellwände des Kollenchyms als doppelbrechend (Fig. 11). Nach der Behandlung mit verdünnter Salzsäure und Ammoniak oder Wasserstoffsuperoxyd, wodurch die Pektinstoffe aus der Wand entfernt wurden, ist ebenfalls die Doppelbrechung erhalten (Fig. 12). Die getrennten Lamellen erscheinen bei gekreuzten Nikols, wenn man sie dreht, als helle Streifen auf dunklem Grund. Die gesamte Verdickung an einer Ecke mag aber weniger stark anisotrop sein als vor der Behandlung. Das kann darin seinen Grund haben, daß die Zelluloselamellen, die früher eng aneinander gedrängt und regelmäßig in der Wand angeordnet waren, nunmehr durch verhältnismäßig große Zwischenräume voneinander getrennt sind und außerdem verschiedentlich gebogen und gekrümmt sind. Die einzelnen Lamellen jedoch sind, wie schon früher hervorgehoben, deutlich anisotrop und manchmal so hell wie die angrenzenden Zellwände des Parenchyms.

Nach Behandlung der Schnitte mit frisch bereitetem Kupferoxydammoniak sind die kollenchymatischen Eckenverdickungen wohl äußerlich vollkommen unverändert geblieben, sind aber isotrop und zeigen keine Spur einer Doppelbrechung. Dies zeigt deutlich das Fehlen der Zellulose an, das auch daraus hervorgeht, daß von Lamellen keine Spur zu sehen ist. Nach der Beseitigung der Zellulose bestehen die Zellwände des Kollenchyms nur noch aus kolloidalen Pektinstoffen, die sich zuerst zwischen den Zelluloselamellen befanden, nun aber zusammengeschmolzen sind und so jegliche Spur einer Schichtung verwischen.

Um die Strukturverhältnisse der kollenchymatischen Eckenverdickungen auch in der Längsrichtung der Zellen kennen zu lernen, wurden Stengelstücke von *Solanum lycopersicum* nach der Methode von Kisser (6) einer vorsichtigen Mazeration unterworfen. Die Stengelstücke kamen auf 12 Stunden in eine gesättigte wässrige Pikrinsäurelösung, wurden dann mit Wasser ausgewaschen und schließlich in eine verdünnte Wasserstoffsuperoxydlösung übertragen und darin im Thermostaten bei 50° C durch mehrere Stunden belassen. Durch diese Behandlung werden die Pektinstoffe aus dem Gewebe vollständig entfernt und es lassen sich dann die Kollenchymzellen leicht mit einer feinen Glasnadel isolieren. Werden diese Zellen dann mit Jodjodkalium und konz. Schwefelsäure behandelt, so zeigen sie eine sehr auffallende Lamellierung (Fig. 8 und 10). Die dunkelblauen Zelluloselamellen sind deutlich zu unterscheiden. Wird eine solche aufgequollene Zelle leicht gedrückt, so können die einzelnen Lamellen voneinander zum Abgleiten gebracht und

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

flach auf dem Objektträger ausgebreitet werden (Fig. 9). Diese Lamellen zeigen auch bei den stärksten möglichen Vergrößerungen keine Spur einer feinen faserigen Struktur. Jedoch sind gewisse Anzeichen für eine solche Struktur doch vorhanden, indem sie die Tendenz haben, sich in der Längsrichtung zu spalten. Setzt man nämlich die nun getrennten Lamellen einem weiteren Druck aus, so spalten sie sich in der Längsrichtung in Form feiner Bänder oder Fäden. Diese Tatsache deutet allem Anschein nach auf eine vorhandene submikroskopische Struktur hin, weiters auf eine Orientierung der Zellulosekrystalle in der Längsrichtung. Ob hier eine sehr steile spiralige Faserstruktur, vergleichbar mit der so bekannten spiraligen Struktur der Bastfasern und der Baumwolle, submikroskopisch vorhanden ist, ist möglich, aber vorläufig nicht zu beweisen.

Die zwischen den einzelnen Zelluloselamellen vorhandenen Pektinstoffe werden bei der Behandlung mit Wasserstoffsuperoxyd oder starker Schwefelsäure herausgelöst, so daß die Zelluloselamellen in der Längsrichtung nun frei voneinander sind und daher leicht getrennt werden können. In der intakten kollenchymatischen Verdickung verbergen die Pektinstoffe, die die Zelluloselamellen fest zusammenkitten, jegliche Struktur und verhindern auch, daß sie durch Druck voneinander getrennt werden.

Diskussion der Resultate.

Aus den vorstehenden Versuchen geht eindeutig hervor, daß die Zellwände des Kollenchyms von *Solanum lycopersicum* weder chemisch einheitlicher Natur sind noch im physikalischen Sinne eine homogene Struktur besitzen. Ihre Eckenverdickungen besitzen deutlich eine blätterige Struktur und die Lamellen sind abwechselnd aus Pektinstoffen und Zellulose aufgebaut. Die Zahl dieser Lamellen ist ziemlich groß und nach allem wohl die gleiche Zahl von Zellulose- und Pektinlamellen vorhanden.

Wisselingh (12) neigt der Auffassung zu, daß die in vielen Zellwänden vorhandene Schichtung durch das Vorhandensein abwechselnder Lagen von Zellulose und Hemizellulose zu erklären sei. Daß beim Kollenchym Pektinstoffe und nicht Hemizellulosen zwischen den Zelluloselamellen vorhanden sind, geht aus dem Verhalten der Zellwände gegenüber den verschiedenen Agentien hervor.

Schnitte, die durch 1 bis 2 Stunden mit 3% Wasserstoffsuperoxyd bei einer Temperatur von 50° behandelt werden, zeigen die Schichtung in den Eckenverdickungen ebenso klar und deutlich wie die nach Säurebehandlung. Weiters wird die Substanz der Mittellamellen durch Wasserstoffsuperoxyd ebenso entfernt wie durch Säuren. Diese und die anderen Reaktionen lassen daher keinen anderen Schluß zu, als daß die Mittellamelle und die zwischen den Zelluloselamellen liegenden Schichten tatsächlich aus Pektinen bestehen. Nach meinen bisherigen Erfahrungen werden Hemizellulosen innerhalb 2 Stunden durch 3% Wasserstoffsuperoxyd

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

bei 50° C. nicht angegriffen. Diese Annahme wird weiters noch durch die Tatsache gestützt, daß die Eckenverdickungen an einem unbehandelten Schnitte auch die für Pektinstoffe charakteristischen Farbenreaktionen zeigt. Nach Entfernung der Pektinstoffe jedoch mittels verdünnter Säuren oder Wasserstoffsuperoxyd tritt bei Anwendung dieser Farbstoffe keine Färbung mehr ein. Nur dann, wenn die Pektinstoffe vollständig entfernt sind, tritt die Schichtung klar zutage. Wie die Entfernung aber eine unvollkommene ist, ist von einer Schichtung entweder nichts oder nur undeutlich zu sehen und das Gewebe gibt die Farbenreaktionen mit Methylenblau und Rutheniumrot.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß zwischen den Pektinstoffen und den Hemizellulosen, wie Wisselingh in seiner umfassenden Bearbeitung der Zellmembran (l. c.) keine scharfe Grenze besteht und daß die Ansichten der verschiedenen Autoren betreffs der Zuteilung gewisser Stoffe zu den Pektinen oder Hemizellulosen nicht übereinstimmen.

Die abwechselnde Lagerung von Pektinstoffen und Zellulose in den Eckenverdickungen erklärt auch, warum gerade das Kollenchym imstande ist, so große Mengen von Wasser festzuhalten. Die Fähigkeit der Pektinstoffe, Wasser in großen Mengen aufzunehmen, ist so bekannt, daß hier darauf nicht eingegangen zu werden braucht. Weiters erklärt diese Struktur auch die auffallende Tatsache, warum unter dem Einfluß wasserentziehender Mittel (Alkohol, Glyzerin usw.) die Kontraktion der Verdickung fast auschließlich in der Radialrichtung erfolgt und nicht in der Tangential- und Längsrichtung. Wie durch die wasserentziehenden Mittel den Pektinstoffen Wasser entzogen wird, nehmen sie an Volum bedeutend ab und die Zelluloselamellen werden dadurch enge aneinander gepreßt.

Da die Lamellen in der Zelle in der Längsrichtung verlaufen und weiters die Pektinlamellen zwischen den Zelluloselamellen liegen, so kann bei ihrer Betrachtung in der Längsrichtung von oben ihre Kontraktion oder Ausdehnung nicht bemerkt werden, wenn auch in Anbetracht des innigen Zusammenhanges zwischen Pektin- und Zelluloselamellen, die wenig quellbar sind, tatsächlich eine Kontraktion oder Ausdehnung der Pektinlamellen in der Längsrichtung erfolgt. Die auftretende Kontraktion oder Ausdehnung in der Längsrichtung ist deshalb durch die Zelluloselamellen begrenzt, die eben nur wenig quellbar sind. In einem wässrigen Medium werden die Pektinlamellen in radialer Richtung stark aufquellen und die Zelluloselamellen auseinanderdrängen.

Im Zusammenhang mit der großen Wasseraufnahmefähigkeit des Kollenchyms sagt Cohn (l. c.) folgendes: »Das Kollenchym verliert demnach durch das Austrocknen bei Siedehitze einen großen Teil seiner Aufnahmsfähigkeit für Wasser. Es vermag nachher nur ebensoviel Wasser aufzunehmen wie verholzter Bast.« Auch diese Tatsache findet durch die Zellwandstruktur des Kollenchyms seine Erklärung. Beim Erhitzen wird natürlich die kolloidale Natur der Pektinstoffe zerstört oder zumindest weitgehend verändert und

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

dadurch büßen sie auch ihre Aufnahmsfähigkeit für Wasser ein. Die nach Erhitzen noch vorhandene Wasseraufnahmsfähigkeit ist dann nur so groß wie die der reinen Zelluloseschichten, da ja die Pektinlamellen ausgeschaltet sind, und diese deckt sich dann etwa mit dem der Bastzellen.

Es ist auch leicht möglich, daß die verschiedenen Resultate einzelner Forscher (Müller, Cohn, Ambronn) über die Doppelbrechung der Zellwände des Kollenchyms daraus zu erklären sind, daß innerhalb der Verdickungen verschieden große Mengen von Pektinstoffen vorhanden waren, oder daß infolge der starken Wasseraufnahme die Zelluloselamellen ziemlich weit auseinander gerückt waren und so die Doppelbrechung geringer erschien. Im umgekehrten Falle, also bei sehr dünnen Pektinlamellen, würden die Zelluloselamellen sehr nahe gegeneinander gerückt sein und dann bei gekreuzten Nikols die Wände auch viel heller erscheinen.

Es ist möglich, daß dieser Wechsel von Pektin- und Zelluloselamellen in den Zellwänden die große Elastizität des Kollenchyms, wie sie von Ambronn hervorgehoben wird, erklären kann. Das eine ist gewiß, daß eine Zellwand von solcher Struktur bei der Dehnung weniger widerstandsfähig sein wird als eine Zellwand von gleicher Masse, die nur aus Zellulose besteht.

Die Entwicklung der Verdickungen des Kollenchyms erfordert noch weitere sorgfältige mikrochemische Untersuchungen, um unser Wissen über den Prozeß der Zellwandbildung zu erweitern.

Ob die hier für *Solanum lycopersicum* beschriebene Struktur des Kollenchyms allgemein auch für andere Pflanzen gilt, läßt sich gegenwärtig noch nicht sagen. Verfasser ist aber gegenwärtig bereits damit beschäftigt, die Untersuchung auch auf andere Pflanzen und andere Typen des Kollenchyms auszudehnen.

Zusammenfassung.

Aus den vorstehenden Versuchen geht eindeutig hervor, daß die Zellwände des Kollenchyms von *Solanum lycopersicum* weder chemisch einheitlicher Natur sind noch im physikalischen Sinne eine homogene Struktur besitzen. Seine Eckenverdickungen besitzen eine deutliche blättrige Struktur und bestehen aus Lamellen, die abwechselnd aus Pektinstoffen und Zellulose aufgebaut sind. Da in der Gegend der Mittellamelle nur Pektinstoffe vorhanden sind, so trennen sich nach ihrer Entfernung die Eckenverdickungen vollständig voneinander. Die normalen unbehandelten Kollenchymzellwände erscheinen zwischen gekreuzten Nikols doppelbrechend. Nach Behandlung mit Kupferoxydammoniak, wobei die Zellulose entfernt wird, erscheinen die Zellwände in ihrem Äußeren unverändert, sind aber vollständig isotrop geworden. Nach der Entfernung der Zellulose blieben nur Pektinstoffe in den Zellwänden zurück.

Werden vollkommen isolierte, vollkommen intakte Kollenchymzellen mit Jodjodkalium und Schwefelsäure behandelt und dann

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

leicht gedrückt, so zeigen sie eine auffallende Schichtung, die durch das Auseinanderweichen der längs verlaufenden Lamellen zustandekommt. Verstärkt man den Druck, so gelingt es leicht, die Lamellen ganz voneinander zu trennen und sie auf den Objektträger flach auszubreiten. An diesen Lamellen ist eine spiralige oder sonstige Struktur, wie man sie gewöhnlich an anderen verdickten Zellen findet, nicht zu sehen, doch sind Anzeichen dafür vorhanden, daß möglicherweise eine steile submikroskopische Struktur vorhanden ist.

Das Vorhandensein abwechselnder Lagen von Zellulose und Pektin erklärt die von anderen Forschern an Kollenchymzellwänden beobachteten Eigentümlichkeiten. So sind dadurch erklärt:

1. Der hohe Wassergehalt der Zellwände des Kollenchyms.
2. Die stärkere Kontraktion der Eckenverdickungen in radialer Richtung gegenüber der Tangential- und Längsrichtung in wasserentziehenden Mitteln und umgekehrt die stärkere Ausdehnung in radialer Richtung bei Behandlung mit Wasser.
3. Der Verlust des hohen Wassergehaltes und der Verlust der Quellbarkeit nach Erhitzen.
4. Die widersprechenden Resultate der verschiedenen Forscher über die Doppelbrechung der Kollenchymzellwände.
5. Wenigstens teilweise die große Elastizität der Kollenchymzellwände.

Schließlich ist es dem Verfasser eine angenehme Pflicht, Herrn Hofrat Professor Dr. H. Molisch und Herrn Dozenten Dr. J. Kisser für die vielen wertvollen Anregungen im Verlaufe dieser Untersuchung aufrichtig zu danken.

Literaturangaben:

1. Ambronn H. Über die Entwicklungsgeschichte und die mechanischen Eigenschaften des Collenchyms. Jahrb. f. wiss. Bot., *12*, 473—537, 1881.
2. Cohn J. Beiträge zur Physiologie des Collenchyms. Jahrb. f. wiss. Bot., *24*, 144—172, 1892.
3. De Bary A. Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane, Leipzig, 1877.
4. Giltay E. Sur le Collenchyme. Arch. Neerlandaises, T. XVII, 1882.
5. Haberlandt G. Physiologische Pflanzenanatomie. Leipzig. 1918.
6. Kisser J. Mazeration parenchymatischer Gewebe bei vollständiger Erhaltung des Zellinhaltes. Planta, Arch. f. wiss. Bot., Bd. 2, 1926.
7. Molisch H. Mikrochemie der Pflanze. Jena, 1923.
8. Müller C. Ein Beitrag zur Kenntnis der Formen des Collenchyms. Ber. bot. Ges., *8*, 150—166, 1890.
9. Strasburger E. Lehrbuch der Botanik. Jena, 1919.
10. Tschirch A. Angewandte Pflanzenanatomie. Leipzig, 1889.
11. Wiesner J. Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Wien, 1898.
12. Wisselingh, C. van. Die Zellmembran. In Linsbauer's Handbuch der Pflanzenanatomie. Bd. III/2. Berlin, 1924.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

Solanum lycopersicum.

Fig. 1. Kollenchymzellen aus einem jungen Stengel im Querschnitt mit Rutheniumrot gefärbt. Vergr. 300.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 2. Kollenchymzellen aus einem jungen Stengel. Die Zellulose ist vollständig durch die Behandlung mit Kupferoxydammoniak entfernt worden. Der Schnitt zeigt deutlich die zurückbleibende Pektinmasse. Vergr. 300.

Fig. 3. Kollenchymzellen nach der Behandlung mit Jodkalium und Schwefelsäure. Die Schichtung tritt deutlich hervor. Querschnitt. Vergr. 300.

Fig. 4. Kollenchymzellen nach Einwirkung von Bakterien und Pilzen auf den Schnitt. Die Pektinstoffe zwischen den Zelluloselamellen sind größtenteils entfernt. Vergr. 300.

Fig. 5. Kollenchymzellwände, in denen das Pektin durch Behandlung mit heißer verdünnter Salzsäure und verdünntem Ammoniak entfernt wurde. Die Zelluloselamellen bleiben zurück. Vergr. 300.

Fig. 6. Kollenchymzellwände, in denen das Pektin durch die Behandlung mit verdünntem Wasserstoffsuperoxyd entfernt wurde. Die Zelluloselamellen bleiben zurück. Vergr. 300.

Tafel II.

Solanum lycopersicum.

Fig. Verschiedene Stadien der Trennung der Zelluloselamellen in isolierten Kollenchymzellen nach der Behandlung mit Jodjodkalium und Schwefelsäure. Vergr. 55.

Ftg. 8. Isolierte Kollenchymzellen nach Behandlung mit Jodjodkalium und Schwefelsäure. Die parallelen Zelluloselamellen treten deutlich hervor. Vergr. 300.

Fig. 9. Eine einzelne Kollenchymzellwand nach Behandlung mit Jodjodkalium und Schwefelsäure in ihre Zelluloselamellen zerlegt. Vergr. 300.

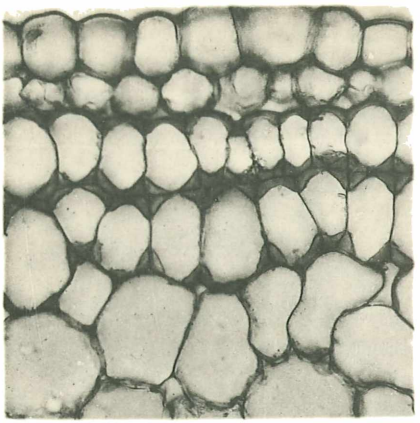
Fig. 10. Dasselbe wie in Fig. 9 vor der Isolierung der Lamellen. Vergr. 500.

Fig. 11. Normale unbehandelte Kollenchymzellen zwischen gekreuzten Nikols, die Doppelbrechung zu zeigen. Vergr. 250.

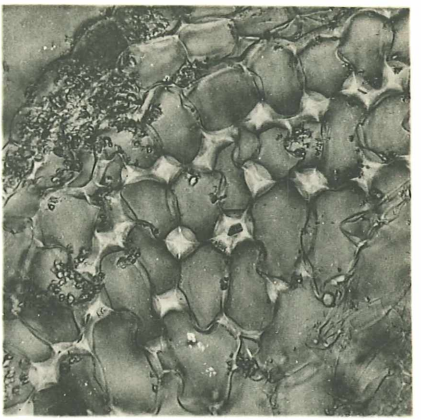
Fig. 12. Kollenchymzellen zwischen gekreuzten Nikols nach Entfernung der Pektinstoffe. Die feinen Zelluloselamellen sind doppelbrechend. Vergr. 250.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

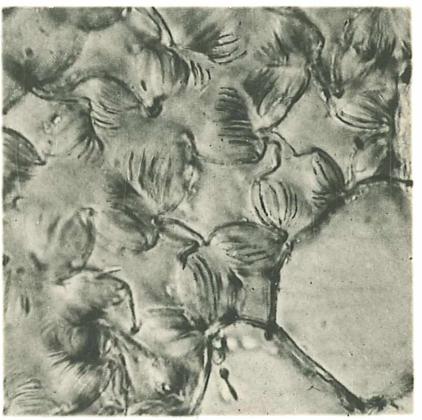


1



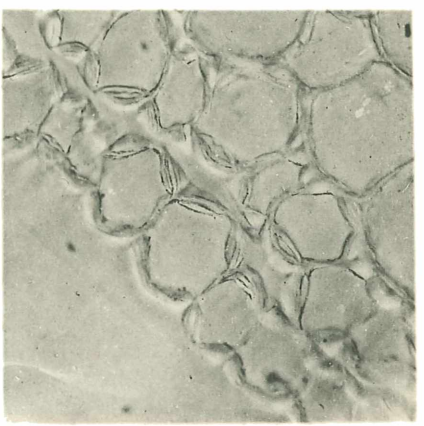
2

3



4

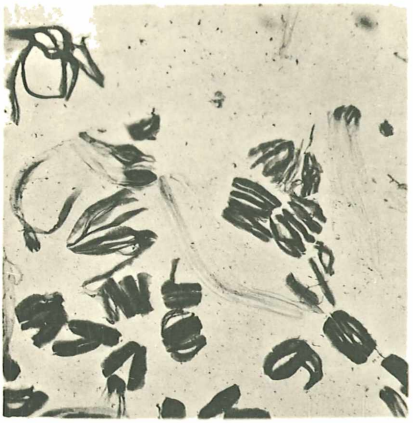
Anderson fec. 5



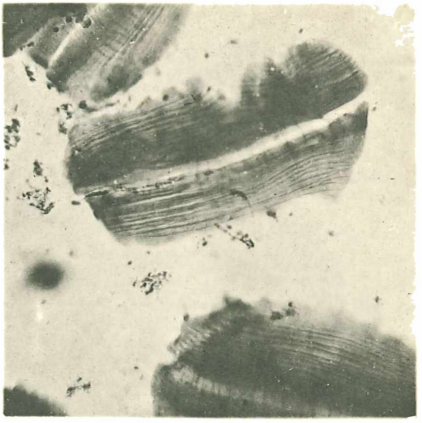
6 Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

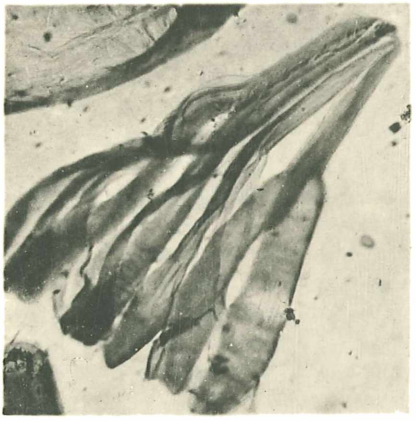
©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at



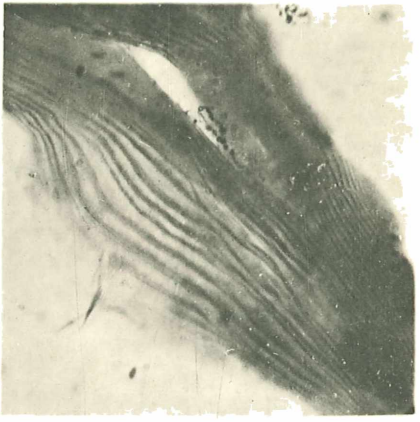
7



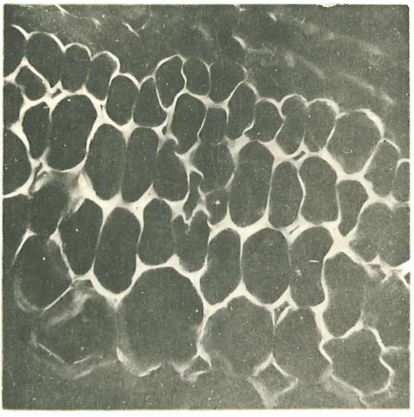
8



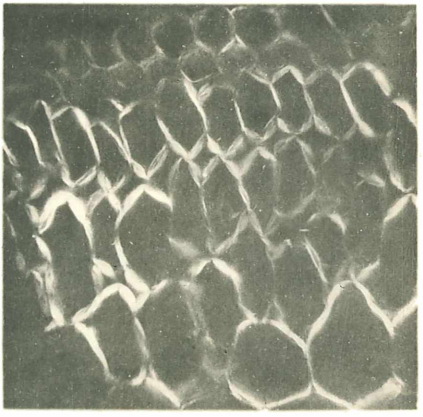
9



10



Anderson fec. 11



12 Lichtdruck v. Max Jaffe, Wien

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1927

Band/Volume: 136

Autor(en)/Author(s): Anderson Donald B.

Artikel/Article: Über die Struktur der Kollenchymzellwand auf Grund mikrochemischer Untersuchungen 429-439