

Zeitschrift: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse
Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft
Band: 59 (1949)

Artikel: Über den Charakter der Zellwandsubstanz heterotropher Pflanzen
Autor: Haller, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-571128>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Über den Charakter der Zellwandsubstanz heterotropher Pflanzen

Von Prof. Dr. R. Haller, Riehen

Eingegangen am 16. Mai 1949

Während des diesjährigen Sommers (1948) hatte man im Puschlav (Graubünden) Gelegenheit, ein eigenartiges Phänomen zu beobachten, das sich nicht allzu oft wiederholen dürfte. Auf einem abgeernteten Tabakfeld, auf dem nur noch die Strünke der Tabakpflanzen stehen geblieben waren, konnte man eine üppige Vegetation einer auf Tabak schmarotzenden Pflanze, der *Orobanche ramosa* L., beobachten. Die Pflanze saß nicht allein den Strünken auf, sondern vegetierte auch zwischen denselben auf den weiterreichenden Wurzelfasern der Tabakpflanze. Ich habe versucht, das ungewöhnliche Bild im Lichtbilde festzuhalten.

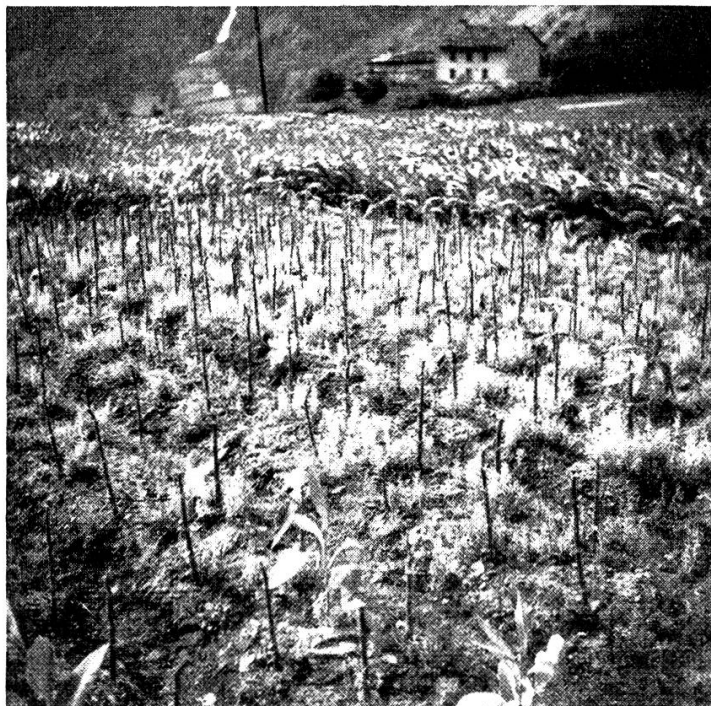
Merkwürdigerweise scheint das Ernteergebnis, nach Aussage der auf dem Felde Beschäftigten, nicht sonderlich gelitten zu haben. Ein Feld, das angrenzend, aber vom Schmarotzer verschont geblieben war, zeigte in seiner Vegetation keinen merklichen Unterschied im Vergleich mit dem nebenstehenden aber befallenen Teil des Tabakfeldes.

Da sich mir hier der seltene Fall bot, eine genügende Menge dieser chlorophyllosen Pflanzen zu sammeln, an der Luft zu trocknen und so zu Untersuchungen, vor allen Dingen über den Charakter und die Zusammensetzung ihrer Zellwandaufbausubstanzen zu verwenden, welche durch einen von den chlorophyllhaltigen Pflanzen vermutlich abweichenden Assimilationsprozeß synthetisiert wurden. Es ist nämlich nicht von vorneherein anzunehmen, daß unter diesen anormalen Wachstumsbedingungen der Heterotrophen die Zellwand aus der Substanz besteht, welche wir unter Zugrundelegung eines bestimmten Reaktionskomplexes als Zellulose zu bezeichnen pflegen.

Orientierungshalber habe ich zunächst Schnitte durch die knollenförmige Basis der *Orobanche* untersucht. Legt man dieselben in Jodwasser, so findet man die Gewebe erfüllt von Stärkekörnern durchaus normalen Aufbaus. In einem Falle konnten neben Stärke eigenartige, ebenfalls blau gefärbte Gebilde beobachtet werden, von denen ich vermute, daß es sich um Leukoplasten handeln könnte. Neben denselben fanden sich in sehr hoher Konzentration kugelförmige Chromoplasten, welche sich in Safranin rot färbten. Die Anwesenheit von Stärke in solcher Menge in diesen Orobanchenknollen wurde schon früher von anderer Seite gemacht (Wosolsobe und Zellner, « Monatshefte für Che-

mie », 35, 1914, 1511). Sind nun diese stäbchenförmigen Gebilde, welche ich neben der Stärke beobachtete, tatsächlich Leukoplasten, so hätte man es im vorliegenden Falle nicht mit transitorischer, der Tabakpflanze entstammender Stärke zu tun, sondern mit Stärke, welche ihre Anwesenheit in der Orobanchenpflanze der eigenen Assimilation verdankt. Welche Aufgabe der Stärke als Reservesubstanz in einer Pflanze zukommt, welche mit der einjährigen Wirtspflanze zugrunde geht, ist problematisch.

Ich habe nun weiter untersucht, welche Substanzen sich durch Extraktion der an der Luft getrockneten Pflanzen gewinnen ließen. Mit siedendem Alkohol zunächst erhält man ein gelbgefärbtes Extrakt, welches an der Luft, zum Verdunsten des Alkohols stehen gelassen, weiße



Kristalldrüsen abscheidet, welche, getrocknet, weiße, silberglänzende Schuppen ergeben, ähnlich der kristallisierten Palmitinsäure. Die gelbe alkoholische Lösung reagiert sauer, die Kristalle verbrennen auf Platinblech ohne jeden Rückstand und geben mit Pottaschenlösung eine goldgelbe Lösung. Außerdem erhält man mit Ferrichloridlösung eine grüne Färbung. Mit der nähern Untersuchung dieser offenbar nicht einheitlichen Substanz hat sich Herr Dr. Christoph T a m m beschäftigt, für dessen eingehende Untersuchung und Identifizierung der fraglichen Substanz ich ihm an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank ausspreche. Durch Umkristallisieren konnte er feine Nadelchen vom Schmelzpunkt $164\text{--}165^\circ$ erhalten. Die Analyse der 12 Stunden bei 60°C im Hochvakuum über Phosphorpentoxyd getrockneten 3,958 mg wiegenden Substanz ergab: 5,680 mg CO_2 und 2,662 mg H_2O .

	Gef.	C = 39,16 %	H : 7,53 %
Für Mannit	Ber.	C = 39,56 %	H : 7,74 %

Schmelzpunkt sowohl als Analysenwerte lassen die Substanz als D-Mannit erkennen, da auch die Azetylierung ein Hexaazetat ergab, das, in schönen Prismen vom Schmelzpunkt 123—124° C aus Äther-Petroläther kristallisiert, während der Schmelzpunkt eines authentischen D-Mannit-hexa-azetat bei 123—124° C liegt; so ist die Anwesenheit von D-Mannit im alkoholischen Extrakt der Orobanchenpflanze erwiesen (W o s o l s o b e und Z e l l n e r, loc. cit. und «Chem Zentralblatt» 1915, 1, 438). Die goldgelbe Färbung der ursprünglichen Substanz auf Zusatz von Pottasche, dann die grüne Färbung mit Ferrichloridlösung, lassen



auf aromatische Begleitkörper vom Charakter der Dioxybenzol-Karbonsäuren schließen. Diese Menge war aber zu gering, um eine genaue Identifizierung zu ermöglichen.

Mit kochendem Wasser extrahiert, erhält man eine dunkelgelbbraune Lösung, welche, eingedampft, zu einer dunkelbraunen Kruste eintrocknet. Die wässrige Lösung zeigt alle Kennzeichen von Pektinkörpern; das Reduktionsvermögen gegenüber Fehlingscher Lösung fehlt vollkommen, Metallsalze, außer den Alkalisalzen, geben mehr oder weniger gefärbte, voluminöse Fällungen. Mit Bromwasser versetzt, fällt ein gelboranger Niederschlag aus; mit Alkohol fällt aus der Lösung eine braune, schmierige Substanz aus.

Mit verdünnter, kalter Natronlauge erhält man sehr rasch eine dunkelorangerote Lösung; erhitzt man auf dem Wasserbad, so gehen

weitere erhebliche Mengen Substanz in Lösung. Neutralisation fällt aus der braunen Lösung einen braunen, flockigen Niederschlag.

Extrahiert man trockenes Orobanchenmaterial bei Wasserbadtemperatur mit verdünnter Salzsäure, so erhält man ein blaßgelbes Extrakt, das bei Neutralisation mit Lauge eine dunkelbraune Farbe annimmt und einen schwarzbraunen Niederschlag ausscheidet.

Ich habe, um das Verhältnis der jeweiligen Extraktsubstanzen festzustellen, 5,7 g trockenen Materials mit Alkohol zunächst, dann unter jeweiligen Zwischentrocknungen mit Wasser, verdünnter Salzsäure, zuletzt, selbstredend nach jeweiligem Auswaschen, noch mit $\frac{1}{10}$ n Natronlauge extrahiert und das Gewicht nach jeder Extraktion bestimmt. Man erhält so folgende Zahlen:

nach Alkoholextraktion	5,5 g = 3,5 %
nach Wasserextraktion	4,7 g = 17 %
nach verdünnter HCl-Extraktion	4,0 g = 12 %
nach $\frac{1}{10}$ n NaOH-Extraktion	1,15 g = 50 %
Gesamtextraktionssubstanzen	82 %

Der Glührückstand beträgt 5 % vom Gewicht des trockenen Materials. Die Untersuchung der Asche ergab einen erheblichen Gehalt an Kalzium, dagegen konnte Magnesium nicht nachgewiesen werden.

Der außerordentlich hohe Prozentsatz an Extraktionssubstanzen, von denen wohl der allergrößte Teil als Pektinkörper anzusehen ist, dürfte bemerkenswert sein. Was nach den oben gekennzeichneten Extraktionen zurückbleibt, ist ein gelbbraunes, faseriges Gebilde, welches zur Hauptsache aus den Körpern bestehen dürfte, welche die Zellwand aufbauen. Ich habe dieses Material nun dahin untersucht, ob dasselbe aus Zellulose bestehen könnte, und dazu den Reaktionskomplex herangezogen, welcher für die Zellulose charakteristisch ist, die Jodreaktionen, die Löslichkeit in Äthylendiamin-Kupfer, die Färbbarkeit in substantiven Farbstoffen und, nicht zu vergessen, die Xanthogenatbildung.

In Äthylendiamin-Kupfer erfolgt nur eine gewisse Quellung, keine Lösung; auch abgesplitterte Zellen zeigen weder die für native Zellulosefasern, wie Baumwolle, perlschnurartige Quellungsformen. Mit Chlorzink-Jod zeigt sich eine bräunliche Färbung, wohl eine Mischfärbung der nach Braun gefärbten Zellwände. An aus dem Verband losgelösten Zellen ist zwar die violette Zellulosereaktion unverkennbar. Mit Jod, dann Schwefelsäure, erkennt man an isolierten Zellen die indigoblaue Zellulosereaktion. In Kongorot-Lösung in der Wärme färbt sich das Material intensiv rot. Was die Xanthogenatreaktion anbelangt, zunächst behandeln mit $\frac{1}{10}$ n Natronlauge, dann in Schwefelkohlenstoff, so erhält man damit eine zwar unvollständige Lösung in Wasser, da die Begleitkörper unbeeinflusst bleiben.

Nun aber zeigt weiter das Material noch folgendes charakteristisches Verhalten: In einem Gemisch gleicher Teile der normalen Lösungen von Ferrichlorid einerseits und Ferrizyankalium andererseits färbt es sich tief indigoblau (Turnbullsblau), auch die Färbung in Ruteniumrot ist stark positiv, dagegen bleibt die Ligninreaktion mit Phlorogluzin und Salzsäure, ferner die mit Anilinchlorhydrat aus; eine Verholzung der Zellwände hat also nicht stattgefunden. Methylenblaulösung färbt das Material tief blau, auch die Färbung in mit Ammoniak entfärbter Fuchsinlösung tritt ein.

Um aber die Zellwandsubstanz möglichst vollständig von den, wie wir gesehen haben, in sehr großen Mengen vorhandenen Begleitsubstanzen zu befreien, habe ich mich eines Verfahrens bedient, das für die Bleiche von Textilmaterial, besonders Baumwolle, üblich war, und das nach den gemachten Erfahrungen das Material weitgehend schont. Man erhält damit eine Faser, welche nach dieser Behandlung aus 99 % Zellulose besteht. Es handelt sich dabei um ein wiederholtes Kochen des Rohmaterials in schwach alkalischen Flüssigkeiten unter Druck von $2\frac{1}{2}$ Atü zunächst in einer Kalkmilch von 10 g Ca(OH)_2 pro ein Liter in der Dauer von acht Stunden. Nach einem gründlichen Waschen und Absäuern in verdünnter Essigsäure wird die Kochung in einer Sodalösung von 10 g Soda pro ein Liter Wasser wieder in der Dauer von acht Stunden unter dem gleichen Druck wiederholt. Man erhält nun das Reaktionsprodukt in Form von einer bräunlichen, faserigen Masse.

Die oben gekennzeichneten Zellulosereaktionen, auf dieses Produkt angewendet, zeigen aber, daß es auch dadurch nicht gelungen ist, das Material von den Begleitsubstanzen restlos zu befreien und das zweifellos vorhandene Zellulosegerüst zu isolieren. Nur die Xanthogenatreaktion ergab eine vollkommene Wasserlöslichkeit des Reaktionsproduktes.

Das Verhalten der so erhaltenen Substanzen erinnert nun lebhaft an dasjenige der *Cuticula* der Baumwolle, ferner an das der Jute und ganz besonders an das der Zellwandsubstanz der Pappel- und Weidenwolle, wie ich sie früher an dieser Stelle beschrieben habe (Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft, 53, 1942, S. 84). Wir haben nun dort gesehen und an der Pappelwolle besonders studiert, daß Material, das zunächst in Alkali gekocht wurde, durch nachträgliche Behandlung mit Oxydationsmitteln wiederum das charakteristische Verhalten in Äthylen-diamin-Kupfer zeigte, wie wir es von der Baumwolle her kennen, die Bildung perlschnurartiger Quellungsformen, wie ich sie seinerzeit im Lichtbild festhalten konnte (loc. cit., S. 89). Im Falle der Pappelwolle hatte ich als Oxydationsmittel das Chlordioxyd verwendet; für den Fall des Orobanchenmaterials habe ich nun Bromwasser mit demselben Erfolge angewendet. Nach längerer Behandlung mit demselben, wobei man einen kräftigen Verbrauch von Brom beobachtet, zeigt das so behandelte Material nach gründlichem Auswaschen in Äthylendiamin-Kupfer die

bekannten tonnenförmigen Anschwellungen der Zellwand. Wir können aus diesem Verhalten darauf schließen, was zum Teil auch schon aus den früher vorgenommenen Zellulosereaktionen hervorgeht, daß die Zellwand der Orobanche und vor allem deren Sekundärlamelle normalerweise aus Zellulose besteht, daß aber die Primärlamelle immer noch bestimmte Begleittkörper enthält, welche die vollkommene Lösung in Äthylendiamin-Kupfer verhindern. Wären diese durch die Vorbehandlung zunächst in Alkali, dann in Chlordioxyd, bzw. Bromwasser restlos entfernt worden, so wäre der gleichmäßigen Quellung und endlichen Lösung der Zellwand nichts mehr im Wege gestanden.

Zum Schlusse habe ich trockenes Orobanchenmaterial noch der Mazeration mit Schulzeschem Reagenz ($\text{NaClO}_3 + \text{HNO}_3$) unterworfen, das bekanntlich alle die Begleittkörper zerstört und die Zellulose, allerdings als Oxyzellulose, zurückläßt. So isolierte Zellwandrelikte zeigen in Chlorzink-Jod die violette Färbung der Zellulose. Mit Jod, dann konzentrierter Schwefelsäure, erhält man mit dem mazerierten Material zunächst eine dunkelbraune, dann violett werdende Färbung, welche erst nach längerer Zeit in ein trübes Indigoblau übergeht. Man erhält den Eindruck, daß selbst die Schulzesche Mazeration nicht die letzten Reste der Inkrustationen entfernt hat. Diese Vermutung wird bestätigt durch das Resultat der Behandlung mit Äthylendiamin-Kupfer. Man beobachtet hier an isolierten Zellen deutlich noch immer die Bildung perlschnurartiger Quellungsformen, ein Beweis, daß die Primärlamelle, trotz der eingreifenden Vorbehandlungen, immer noch gewisse Anteile an Begleittkörpern der Zellulose enthält, welche aber offenbar genügen, um eine Lösung in Äthylendiamin-Kupfer zu verhindern.

Diese Begleittkörper sind offenbar in den Zellwänden der Orobanche außerordentlich fest verankert und sind nur sehr schwer entfernbar.

Um den Polymerisationsgrad dieser Orobanchenzellulose festzustellen, ist eine möglichst weitgehende Reinigung des Rohmaterials von den Begleittkörpern erforderlich. Dieselbe wurde zu diesem Zweck bewirkt durch einen längeren Aufenthalt derselben zunächst in Natronlauge $\frac{1}{10}$ n bei Zimmertemperatur, dann Auswaschen und Weiterbehandeln mit Lauge bei Wasserbadtemperatur mehrere Stunden. Nach dem Abgießen der dunkelbraunen Lauge, gründlichem Auswaschen in Wasser bis zur neutralen Reaktion des Waschwassers, dann zweimal aufeinanderfolgende Behandlung mit wäßriger Chlorperoxydlösung mit jeweiliger Zwischenbehandlung mit Natriumsulfitlösung ergibt das resultierende Material nach der Nitriermethode mit viskosimetrischer Messung der Lösung in Butylazetat, einen Polymerisationsgrad von 960, also annähernd den Wert, welchen wir für die Kunstseiden bestimmen.

Überblicken wir nun die Ergebnisse der Untersuchungen an dem Orobanchenmaterial, so ist besonders in die Augen springend der ungewöhnlich hohe Prozentsatz an Extraktivsubstanzen, die in überwiegen-

dem Maße der noch wenig bekannten und untersuchten Klasse der Pektinkörper angehören. Allerdings gelang es aus dem Alkoholextrakt eine kristallisierende Substanz zu isolieren, deren nähere Untersuchung dieselbe als D-Mannit identifizieren ließ. Gewisse Reaktionen lassen aber auch auf die Anwesenheit aromatischer Verbindungen schließen, die möglicherweise der Gruppe der Dioxyphenole, allenfalls deren Karbonsäuren, angehören.

Auf die ungewöhnlich feste Bindung der pektinartigen Begleitkörper des unzweifelhaften Zellulosegerüsts der Zellmembranen wurde aber schon hingewiesen. Dieselbe zeigt unverkennbar dasselbe Verhalten wie wir es von der *Cuticula* der Baumwollfaser, den Zellwänden der Pappel- und Weidensamenhaare, dann in gewissem Sinne auch der Jutefaser kennen. Wir müssen diese Zellwandsubstanz der Orobanchenpflanze nach dem seinerzeitigen Vorschlag von Cross und Bevan (vgl. Schwalbe, Chemie der Zellulose, 459) als Pectozellulose bezeichnen.