Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biodiversitylibrary.org/

Botanisches Centralblatt.

REFERIRENDES ORGAN

für das Gesammtgebiet der Botanik des In- und Auslandes.

Herausgegeben unter Mitwirkung zahlreicher Gelehrten

von

Dr. Oscar Uhlworm und **Dr. F. G. Kohl**

in Cassel in Marburg

Nr. 20. | Abonnement für das halbe Jahr (2 Bände) mit 14 M. durch alle Buchhandlungen und Postanstalten. | 1899.

Die Herren Mitarbeiter werden dringend ersucht, die Manuscripte immer nur auf *einer* Seite zu beschreiben und für *jedes* Referat besondere Blätter benutzen zu wollen. Die Redaction.

Wissenschaftliche Originalmittheilungen.*)

Ueber die physiologische Bedeutung der Furfuroide im Pflanzenorganismus.

Von

Prof. Dr. **Jul. Stoklasa.****)

(Schluss.)

Ueber die Entstehung der Pentosane und Pentosen im Pflanzenorganismus.

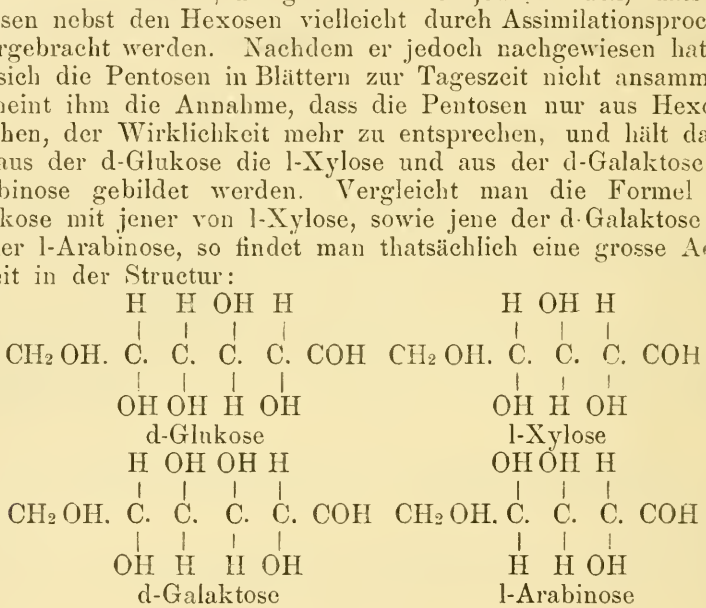
Bei der Erörterung der Frage über die Bildung der Kohlenhydrate in der Pflanzenzelle gelangten wir zu der Erkenntniss, dass die bisherigen Anschauungen über das erste, durch die synthetische Thätigkeit der Chlorophyllapparate unter Einwirkung der Sonnenradiation entstandene Product nur hypothetischer Natur sind, und dass wir heutigen Tages ebensowenig im Stande sind, die Entstehung der Pentosen und Pentosane in der Pflanzenzelle mit voller Bestimmtheit zu erklären und somit auch die hierüber ausgesprochenen Ansichten nur mit einer gewissen Reserve aufgenommen werden müssen.

*) Für den Inhalt der Originalartikel sind die Herren Verfasser allein verantwortlich. Red.

**) Unter Mitwirkung der Herren Fr. Ducháček, Ot. Kopecký und F. V. Uher.

B. Tollens äusserte die Ansicht, dass die Pentosen und Pentosane aus Stärke entstehen. und zwar durch einen Oxydationsprocess unter Mitwirkung gewisser Fermente und nimmt der genannte Forscher an, dass die Pentosen ein Product regressiver Stoffwandlungen seien.

G. de Chalmot*) sprach sich dahin aus, dass die Pentosen aus Hexosen entstehen; übrigens meint er jedoch auch, dass die Pentosen nebst den Hexosen vielleicht durch Assimilationsprocesse hervorgebracht werden. Nachdem er jedoch nachgewiesen hat**), dass sich die Pentosen in Blättern zur Tageszeit nicht ansammeln, so scheint ihm die Annahme, dass die Pentosen nur aus Hexosen entstehen, der Wirklichkeit mehr zu entsprechen, und hält dafür, dass aus der d-Glukose die l-Xylose und aus der d-Galaktose die l-Arabinose gebildet werden. Vergleicht man die Formel der d-Glukose mit jener von l-Xylose, sowie jene der d-Galaktose mit der der l-Arabinose, so findet man thatsächlich eine grosse Aehnlichkeit in der Structur:



G. de Chalmot ist der Ansicht, dass die l-Xylose aus der d-Glukose und die l-Arabinose aus der d-Galaktose dadurch entstehen, dass die alkoholische Gruppe Sauerstoff aufnimmt, sich zu Karboxyl oxydirt und Kohlensäure frei wird. Auf diese Weise erhält man als Mittelproducte: 1. Verbindungen mit zwei Aldehydgruppen, isomer mit Glukoson und 2. die Glukuronsäure (aus Glukose) oder eine stereoisomere Säure (aus Galaktose).

Eine solche Oxydation kann man sich nur dann vorstellen, wenn die Aldehydgruppe der Hexosen festgebunden und dadurch vor Oxydation geschützt ist, wie dies auch E. Fischer bezüglich der Bildung der Glukuronsäure im thierischen Organismus voraussetzt.

In seiner jüngsten Arbeit (Bedeutung der Stereochemie für die Physiologie) weist E. Fischer wiederholt auf die ähnliche Konfiguration der Glukose und der Xylose hin.

Es ist thatsächlich die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass die Xylose und die Arabinose bei gewissen Pflanzen von Hexosen

---

*) Berliner Berichte III. 1894.

**) Die angeführten Documente können aber auch in den Fehlergrenzen bei der Bestimmung des Furfurols liegen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

abgeleitet werden können, wie es G. de Chalmot angibt, obgleich er dies experimental nicht bewiesen hat.

Als der wichtigste Reservestoff im Embryo der Zuckerrübensamen wie auch in der Wurzel für die künftige Vegetation im zweiten Jahre ist die Saccharose zu betrachten.

Schon in der classischen Arbeit „Ueber die Verbreitung des Rohrzuckers in den Pflanzen", über seine physiologische Rolle und über lösliche Kohlenhydrate, die ihn begleiten*) von E. Schulze und Frankfurt wird die grosse Bedeutung der Saccharose, und zwar der sogenannten Circulationssaccharose, für die Bildung der aufkeimenden Pflanzenorgane ausführlich geschildert. Nicht minder wichtig ist in dieser Beziehung die Arbeit J. Grüss: „Die Rohrzuckerbildung aus Dextrose in der Zelle."**) Grüss ist bemüht, die wichtige Rolle der Saccharose bei der Samenkeimung festzustellen; alle Samen, welche sich durch grosse und rasche Keimenergie kennzeichnen, enthalten in ihrem Embryo Saccharose, die zur ersten Bildung von Zellmembranen dient.

Bedenkt man, dass — wie in dem ersten Theile dieser Abhandlung***) darauf hingewiesen worden ist — die Zellmembranen als einen bedeutungsvollen Bestandtheil Pentosane enthalten, so drängt sich unwillkürlich die Annahme auf, ob die Pentosen und Pentosane nicht etwa aus Saccharose gebildet werden, welche einen so bedeutungsvollen Reservestoff der *Beta vulgaris* darstellt. Man verfolge nur, wie beim Erwachen der *Beta vulgaris* aus dem Winterschlafe bei Einwirkung von Wärme und genügender Feuchtigkeit im zweiten Vegetationsjahre auf Kosten der Saccharose neue Vegetationsorgane entstehen, welche immer eine grössere Pentosanenmenge (gleichgiltig, ob dieselben in Hemicellulosen, Cellulose oder Ligninstoffen abgelagert sind) enthalten. Die Saccharose verschwindet allmälig aus der Rübenwurzel und beträgt die Menge derselben nach der vollständigen Entwickelung der Samenrübe nur ein Minimum.

Experimentale Forschungen über die Entstehung der Pentosanen und Pentosen aus Saccharose habe ich vorerst nicht mit *Beta vulgaris* in ihrem zweiten Vegetationsjahre, sondern mit verschiedenen anderen Culturpflanzen vorgenommen, und zwar aus dem Grunde, weil die junge Rübenvegetation in Wasserlösungen sehr schwer erhalten werden kann. Die betreffenden Versuche habe ich vor allem mit Erbsen und Mais ausgeführt, und war ich bemüht, Pflanzen in einem vollkommen sterilisirten Nährmedium, welchem in einem Falle Glukose und in den übrigen Fällen Saccharose zugesetzt wurde, gross zu ziehen. Die Pflanzen liess ich zuvor im Dunkeln aushungern und tauchte sie sodann in die erwähnten sterilisirten Lösungen, und zwar auch im dunkeln Raume, da auf die Entwickelung der Pentosane und Pentosen aus Reservestoffen, nament-

*) Zeitschrift f. phys. Chemie. XX. 6. 511.
**) Deutsche Zuckerindustrie. 1898. 333.
***) Diese Zeitschrift 1898—99, 291 und ff.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

lich aus Stärke und Saccharose, bis zu einem gewissen Entwickelungsstadium, die Sonnenradiation ohne Einfluss ist, wie bereits von mehreren Forschern nachgewiesen worden ist. Die Furfuroide bilden sich auch im Dunkeln, so lange die Pflanze über ein genügendes Reservematerial zu deren Bildung verfügt.

Diese Vergleichsversuche ergaben verschiedene Mengen von Furfurol, doch ist mir nicht möglich, zu entscheiden, ob das Plus an gewonnenem Furfurol bei Gegenwart von Saccharose nicht etwa in den Grenzen der möglichen Beobachtungsfehler sich bewegt.

Ich wählte somit zum Zwecke der Lösung dieses interessanten Problems einen anderen Weg, durch welchen nachgewiesen werden sollte, ob die Saccharose in der Zuckerrübe als Material zur Bildung von Pentosen und der aus diesen entstehenden Pentosanen betrachtet werden kann.

Die Versuche wurden in eigens construirten Glasapparaten unter Einhaltung aller bakteriologischen Kautelen ausgeführt. In diese Apparate wurden kleine Gefässe gebracht, welche eine nach Jul. Sachs hergestellte sterilisirte Nährstofflösung enthielten; ein Theil der Lösungen enthielt entweder 12 % Saccharose oder 12 % Glukose; ein anderer Theil blieb frei von diesen Stoffen. Jedes Gefäss fasste 250 cm^3 Lösung und wurde sammt dem Inhalte gründlich sterilisirt. In jedes Gefäss wurde der abgeschnittene oberste Theil von Rübenwurzeln, der sogenannte Wurzelkopf, nach Beendigung des ersten Vegetationsjahres eingetaucht. Alle Rüben entstammten einer und derselben Züchtung („Wohanka's Zuckerreich") und wurden derart geköpft, dass der obere Theil immer 32 gewogen hat. Vor dem Eintauchen in die Nährstofflösung wurde jeder Rübenkopf mit sterilisirtem Wasser gründlich abgewaschen. Die Apparate wurden mit Vorlagen verbunden, von welchen die erste mit sterilisirter Baumwolle und die übrigen drei mit Aetznatronlauge beschickt waren. Mit Hilfe eines Aspirators wurde durch den ganzen Apparat von vegetativen Keimen und Kohlensäure befreite Luft gesaugt.

Die Versuche fanden bei einer Temperatur von etwa 20° C unter Einwirkung von Sonnenstrahlen statt. Da keine Kohlensäure in der Atmosphäre des Apparates enthalten war, blieb der Chemismus der Zellen der neu keimenden Organe auf die Verwendung der Reservestoffe im Wurzelkopf, welcher namentlich das Material für die Bildung der lebenden Substanz neuer Assimilationsorgane enthält, und der in den Lösungen enthaltenen Kohlenhydrate angewiesen.

Nach 20 Tagen wurden folgende Ergebnisse gefunden:

Lösung mit 12 % Saccharose: Von 10 Wurzelköpfen wurden in den aufgekeimten Organen 12.63 g Trockensubstanz constatirt.

Lösung mit 12 % Glukose: Das Gewicht der Trockensubstanz der aus zehn Wurzelköpfen gekeimten Organe betrug 7.2 g.

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

Nährstofflösung ohne Kohlenhydrate: Das Gewicht der Trockensubstanz betrug 6.8 g.

Die Trockensubstanz der neu aufgekeimten Organe lieferte Furfurol:

Nährstofflösung	mit Saccharose	5.8 %
„	„ Glukose	6.1 „
„	ohne Kohlenhydrate	5.3 „

Rechnet man die gefundene Furfurolmenge auf die Trockensubstanz der neu aufgekeimten Organe um, so erhält man folgende Furfurolmengen:

Lösung	mit Saccharose	0.73 g
„	„ Glukose	0.43 „
„	ohne Kohlenhydrate	0.36 „

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass jenes Nährmedium, welches Saccharose enthielt, die grösste Production neuer Organe bewirkt hat, was wahrscheinlich auf Kosten der Saccharose geschah, weshalb die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, dass Pentosen im Cytoplasma thatsächlich aus Saccharose entstehen; es ist ferner möglich, dass gleichzeitig mit der Pentose auch die Galaktose aus der Saccharose entsteht.

Die Production an neuen Organen in der Glukoselösung und jene in dem blinden Versuch, d. i. jenem, wo die Nährstofflösung überhaupt keine Kohlenhydrate enthalten hat, sind fast gleich. Ich erkenne an, dass dieser Versuch nicht vollkommen einwandsfrei ist, nichtsdestoweniger beweist er, dass die Saccharose ein üppigeres Wachsthum und eine gesteigerte Production an neuen Organen herbeigeführt hat. Auch die gesammte Furfuroidenmenge war bei Gegenwart von Saccharose in der Nährstofflösung grösser. Es sei noch bemerkt, dass eine Inversion der Saccharose während des Versuches nicht nachgewiesen werden konnte.

Analoge Versuche habe ich auch mit Kartoffeln ausgeführt, und wurde auch durch diese bestätigt, dass die Saccharose den grössten Einfluss auf die neu keimende Vegetation, wie auch auf die Furfuroidmenge ausgeübt hat.

Interessante Ergebnisse wurden bei Einwirkung von Chloriden auf die Bildung lebender Moleküle im Organismus der Zuckerrübe im zweiten Vegetationsjahre gefunden. Dem Nährsubstrat wurden 2.5 g Kaliumchlorid auf 1 Liter zugesetzt. Nach Zusatz von Saccharose und zwar wiederum 12 g auf 100 cm^3 Nährmedium wurde der Versuch in analoger Weise, wie oben angegeben, ausgeführt.

Im Laufe des Versuches konnte wahrgenommen werden, dass das Chlorkalium energisch auf die Bildung der lebenden Moleküle der jungen Vegetation einwirkt, da 10 schmal abgeschnittene Rübenköpfe von gleichem Gewicht, wie oben bemerkt, 16.3 g Trockensubstanz in der neu aufgekeimten Vegetation ergeben haben.

Ich habe schon eingangs auf Vegetationsversuche mit Mais (*Zea mais*) hingewiesen, aus welchem hervorgeht, in welchem Maasse

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

das Chlor auf die Transformation von Kohlenhydraten einwirkt, und es hat den Anschein, dass dieser Umstand bei der *Beta vulgaris* besonders beachtenswerth ist, da, wie bekannt, die *Beta vulgaris* ihrer Herkunft nach eine Meerstrandpflanze (vom Mittelmeer) ist, wo sie unter dem Namen Meermangold (*Beta maritima*) bekannt ist und bis heute an den Meeresufern Frankreichs, Spaniens und Portugals vorzüglich gedeiht.

Es lässt sich nicht leugnen, dass bezüglich der physiologischen Function des Chlors bei den Vitalprocessen der *Beta vulgaris* noch viele gründliche Studien nöthig sind und namentlich im zweiten Vegetationsjahre, wo es sich um eine erfolgreiche Samenproduction handelt.

Uebersicht der Beobachtungen.

Unterwerfen wir zum Schlusse die Forschungen, deren Ergebnisse in der vorliegenden Abhandlung über die physiologische Bedeutung und die Entstehung der Furfuroide im Pflanzenorganismus mitgetheilt wurden, einer kritischen Uebersicht.

Der reine Same ohne Testa ergibt nur eine geringe Furfurolmenge — etwa 1 %; beim Erwachen des Embryos zum Leben und im Laufe des weiteren Keimprocesses entstehen entweder aus Saccharose oder durch Einwirkung gewisser Enzyme auf die Stärke des Perisperms und Umwandlung in Saccharose Pentosen, welche das Material zur Bildung von Hemicellulosen, Ligninstoffe der Zellmembranen bilden. Auch das in Reservehemicellulosen enthaltene Paragalaktan — oder Paragalaktoraban — geht unter Einwirkung diastatischer Fermente nach Grüss durch Alëolyse in Arabinose und Galaktose über, welche höchstwahrscheinlich bei den weiteren Vitalprocessen zum Baue von Zellgeweben neuer Assimilationsorgane Verwendung finden. Durch Entwickelung der Keimlinge unter Einwirkung der Sonnenradiation entstehen in den Chlorophyllapparaten Hexosen und aus diesen endlich die Saccharose, welche das Material zur Bildung von Pentosen und Pentosanen abgeben, da den mit *Beta vulgaris* ausgeführten Versuchen zufolge angenommen werden kann, dass es thatsächlich die Saccharose ist, welche in dieser Pflanze als Material zur Bildung von Pentosen und Pentosanen dient.

Allen Anzeichen nach kann angenommen werden, dass in den jüngeren Zellen verschiedener Organe Pentosen enthalten sind und aus diesen erst in den älteren Geweben Pentosane gebildet werden, welche schon eine geringe Theilnahme an den weiteren physiologischen Processen im Organismus der *Beta vulgaris* zeigen.

Das Araban und das Xylan sind im Organismus der *Beta vulgaris* nicht individuell, sondern in complexen Formen vertreten, und zwar als Arabanxylan oder die einzelnen Pentosane namentlich mit Hexosanen in Gruppen vereinigt.

Aus den ausgeführten Versuchen geht hervor, dass in jüngeren Organen die Pentosane grösstentheils in der Hemicellulosengruppe vorkommen, je älter aber die einzelnen Gewebe werden, destomehr gehen dieselben in die Gruppen der Cellulosen und Ligninstoffe über.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die Gruppe der Hemicellulosen in der Wurzel der *Beta vulgaris* betrug im ersten Vegetationsjahre die Menge von 14.5 % gegen 11.6 % im zweiten Jahre; in beiden Fällen wurde aus den Hemicellulosen eine bedeutende Furfurolmenge gewonnen, ein Beweis von dem Vorhandensein von Pentosanen in denselben. Hemicellulosen aus einjähriger *Beta vulgaris* ergaben 30.9 %, im zweiten Jahre sogar 36.7 % Furfurol. Mit aller Wahrscheinlichkeit kann angenommen werden, dass die Zellmembranen der neu keimenden Organe aus der Hydrolyse leicht unterworfenen Hemicellulosen bestehen; es sind dies namentlich Hemicellulosen, welche im Organismus der *Beta vulgaris* Arabinose und Galaktose liefern.

Es ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass beim Aelterwerden der Organe in der Pentosanengruppe das Xylan überhand nimmt.

Das Scelett der *Beta vulgaris* weist 13.2 % Hemicellulosen auf; diese ergeben aber weniger Furfurol und zwar blos 26.5 %.

Aus den früher angegebenen Daten ist zu ersehen, dass Pentosane zum grossen Theile in der Wurzel der *Beta vulgaris* im ersten Vegetationsjahre in Form von Hemicellulosen vertreten sind. In welchem Verhältnisse hier das Araban und das Xylan vorkommen, darüber kann ich mich heute noch nicht definitiv äussern, doch scheint es gewiss, dass diese zwei Pentosane die überwiegende Mehrheit aller Hemicellulosen bilden. So findet man, dass im ersten Vegetationsjahre in der Wurzel der *Beta vulgaris* auf 14.48 g Hemicellulose 4.47 g Furfurol entstanden sind, somit 70.95 % des gesammten gefundenen Furfurols.

Im zweiten Vegetationsjahre der Wurzel der *Beta vulgaris* wurden an Gesammtfurol 9.02 % constatirt und gefunden, dass 11.66 g Hemicellulosen 4.28 g Furfurol entsprechen, somit 47.45 % des gesammten gefundenen Furfurols. Es ist ersichtlich, dass im zweiten Vegetationsjahre die Pentosane sich bereits in den Cellulosegruppen, namentlich aber in den Ligninstoffen, ansammeln.

Auffallend ist die bedeutende Pentosanenmenge in den Ligninstoffen, welche gewissermassen einen Incrustationsstoff in der Wurzel der *Beta vulgaris* im zweiten Vegetationsjahre bilden.

Im Scelett stammt fast die Hälfte des gesammten Furfurols aus Ligninstoffen, und die Pentosane sind in den Holz-, Bast- und Cambialzellbündeln in bedeutender Menge vertreten. Berücksichtigt man auch die in Cellulose enthaltenen Pentosane, so ergeben die in Zellmembranen verschiedener Gewebe des Skeletts der *Beta vulgaris* vertretenen Pentosane mehr als 75 % des Gesammtfurfurols.

Verfolgt man den Organismus der *Beta vulgaris* von der zarten Jugend an in Bezug auf den Charakter der Furfuroide, so findet man, dass zu dieser Zeit von dem Gesammtfurfurol 66.9 % im wässerigen Extract im Blattwerk vertreten sind, während die Wurzeln nur 19.6 % mittels Wassers auslaugbarer Furfuroide enthalten, ein Beweis, dass schon in diesem Stadium feste Grundgewebe entstehen, welche das Scelett des gesammten Wurzelorganismus bilden.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Der fortschreitende Bau von Holzgefässbündeln spiegelt sich in der zunehmenden Menge von im Wasser unlöslichen Furfuroiden in der Wurzel wieder.

Beta vulgaris nach 120 Vegetationstagen:

Es wurden an Furfurol gewonnen aus der

Trockensubstanz der Blattnervatur	5.12 %
aus dem Wasserextract	2.04 „
aus der Trockensubstanz der Wurzel	3.68 „
aus dem Wasserextract	0.52 „

Das wässerige Extract der Furfuroide liefert folgendes Bild: Von dem Gesammtfurfurol aus reiner Blattsubstanz 39.84 %, aus der Wurzel aber nur 14.1 %.

Eine nicht minder interessante Erscheinung zeigt sich am Schlusse der Vegetationszeit, wo das Blattwerk schon gänzlich gelb und theilweise abgestorben ist. Aus den früher mitgetheilten Daten geht hervor, dass die Trockensubstanz der reinen Blattsubstanz 5.88 % Furfurol ergiebt (6. Periode), aus dem wässerigen Extract wurden aber nur 0.92 %, somit blos 15.6 % des gesammten Furfurols gefunden. Es besteht somit diesbezüglich ein deutlicher Unterschied gegenüber der saftgrünen, an chlorophyllreichen Blattsubstanz. Man findet, dass nach Absterben des Chlorophylls und Auftreten des Xanthophylls im Blattwerke Furfuroide zurückbleiben, welche bezüglich ihres chemischen Charakters jenen Geweben zur Seite stehen, welche bei ihren nach dem Tode stattfindenden Processen der zersetzenden Thätigkeit fäulnisserregender Mikroorganismen widerstehen.

Wir hatten auch Gelegenheit zu constatiren, dass die Furfurolmenge mit der Entwickelung des Organismus der *Beta vulgaris* zunimmt. Namentlich im zweiten Vegetationsjahre erreicht die Menge des aus der Wurzel der *Beta vulgaris* gewonnenen Furfurols bis 9 %.

Ich gehe nun zur Einwirkung der einzelnen Nährstoffe auf die Entwickelung der Furfuroide im Organismus der *Beta vulgaris* über.*) Durch physiologische Forschungen wurde constatirt, dass das Chlor auf die Transformation der Zucker energisch einwirkt und die Bildung von Hemicellulosen und Cellulosen unterstützt.

Bei Vegetationsversuchen, welche ich mit Mais in Wasserculturen vorgenommen habe, wurde gefunden, dass bei Abwesenheit von Chlor die Furfuroide nicht mit der Energie gebildet werden wie bei Gegenwart einer hinreichenden Chloridmenge im Nährmedium. Der lebende Pflanzenorganismus kann zwar des Caliumoxyds für die Furfuroidenbildung nicht entbehren, doch ist die Wirkung dieses Stoffes nie so energisch wie jene des Chlors. Ohne Chlor entstehen im Cytoplasma der lebenden Pflanzenzelle unter Einwirkung des Zellkernes keine Pentosen und Pentosane.

---

*) Die Belege zu dieser Arbeit sind vorhanden in der „Zeitschrift für Zuckerindustrie in Böhmen“ No. 5.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Das Vorhandensein einer grösseren Menge von Chlorkalium führte eine Abnahme der Saccharose herbei, dagegen hat die Furfuroidenmenge zugenommen.

Einen analogen Fall wie bei überschüssigen Chlorkaliummengen bemerkt man auch bei Anwendung abnormaler Gaben von Salpetersäure in Form von Chilisalpeter, wo ebenfalls der Zuckergehalt abgenommen und die Furfuroidenmenge zugenommen hat.

Die Phosphorsäure übt keinen wesentlichen Einfluss auf die Zunahme der Furfuroidenmenge aus, was übrigens vom physiologischen Standpunkte vollkommen erklärlich erscheint.

Schreiten wir nun zu der letzten Frage: Welche physiologische Bedeutung haben die Furfuroide im Organismus der *Beta vulgaris*?

Wir hatten Gelegenheit, die Existenz von Pentosanen in Hemicellulosen und Lignincellulosen, welche die Zellmembranen der einzelnen Gewebe bilden, kennen zu lernen. Wir können nun behaupten, dass zum Baue von Zellmembranen die Furfuroide unerlässlich sind, und es hat den Anschein, dass ihnen namentlich in den grossen Molekülen der Hemicellulosen eine in physiologischer Hinsicht sehr wichtige Aufgabe zufällt.

Der Samenembryo enthält Cellulosen, welche wahrscheinlich durch Enzyme hydrolysirt werden und das erste Material zur Bildung neuer Moleküle von Zellmembranen darstellen; erst hierauf dürfte die Reserve-Saccharose (oder eventuell die aus Stärke durch Enzymeneinwirkung entstandene Saccharose) das nöthige Material zu den neuen Hemicellulosengruppen der Keimlinge bilden. Bei fortschreitender Entwickelung der Pflanze entstehen unter Einwirkung der Sonnenradiation und normaler Assimilations- und Dissimilationsprocessen — wie es scheint — vorerst immer Gruppen von leicht hydrolysirbaren Hemicellulosen, welche bei der Bildung neuer Gewebe in Komplexe von Lignocellulosen und Ligninstoffen überhaupt übergehen.

Die Zellmembranen enthalten Gruppen von Anhydridmolekülen verschiedener Kohlenhydrate, unter welchen namentlich Pentosane vertreten sind. Diese Pentosane werden bei Verholzungsprocessen nicht infiltrirt, sondern verbleiben einfach in den Membranen ohne jede Theilnahme an den Vitalprocessen des Organismus; dagegen macht die Hexosanengruppe alle die verschiedenen Metamorphosen bis zum Stadium der Bildung des festen Seeletts durch. Im Laufe dieses Inkrustationsprocesses sammeln sich wahrscheinlich auch der aromatischen Gruppe angehörende Stoffe an; diese Inkrustation der Gewebe ist allem Anschein nach auch mit der Infiltration von Kalk verbunden, höchstwahrscheinlich mit organischen, den sogenannten Pectinkörpern nahen Stoffen.

Mangin ist der Ansicht, dass in den Geweben ein Kalkpektan vorhanden sei, was allerdings erst nachzuweisen ist. Unser Studium des Seeletts der *Beta vulgaris* ergab, dass die Reinasche zum

grossen Theil aus Calciumoxyd besteht. In der ersten, zarten Jugend besitzt der Organismus der Rübenwurzel wie auch des Blattwerkes Gewebe, deren Zellmembranen leicht hydrolisirbare Hemicellulosen enthalten. In dieser Zeit dringen auch verschiedene Pilze wie *Phoma betae*, *Pythium de Baryanum*, *Rhizoctonia violacea* u. s. w., in die einzelnen Gewebe leicht ein und scheiden dabei Enzyme aus, welche die Hemicellulosen hydrolysiren; die Mycelien der genannten Parasiten durchdringen sodann leicht die Membranen, dasselbe beobachtet man auch bei Einwirkung von Bakterien, welche die sogenannte „Gummose der Zuckerrübe" hervorrufen.

Eine andere Erscheinung wird man aber gewahr, wenn die Gewebe der Wurzel der *Beta vulgaris* bereits im Stadium der Inkrustation sich befinden und die Zellmembranen Lignocellulosen schon in grösserer Menge enthalten. In dieser Zeit dringen die Pilze nicht mehr so leicht in das Gewebe ein, und man weiss auch aus Erfahrung, dass die Wurzel der *Beta vulgaris* im zweiten Vegetationsjahre überhaupt viel weniger der Infection unterworfen ist. Die Natur selbst hat die Wurzel im zweiten Vegetationsjahre mit einer starken Gewebeinkrustation von Lignocellulosen ausgerüstet, welche sie vor der leichten Infection durch parasitische Pilze schützen, und zwar zu dem Zwecke, damit die Bildung der Blüte, der Kopulationsprocess und der Fruchtansatz ermöglicht werden. Bekanntlich ist es die Wurzel, welche den ganzen Organismus mit im Boden enthaltenen und zur Bildung der lebenden Substanz unerlässlichen Nährstoffen versorgt, im pathologischen Stadium wäre die Rübenwurzel nicht im Stande, das zur Fructification in den Blüten nöthige Material wie Phosphor, Kalium, Stickstoff u. s. w. zu liefern. Das Blattwerk ist allerdings während seiner ganzen Entwickelungsdauer der Infection durch verschiedene parasitische Pilze leichter zugänglich, doch werden die Blätter durch die Thätigkeit der lebenden Materie wieder ersetzt. Von zahlreicher auftretenden Pilzen erwähne ich hier: *Perenospora Schachtii*, *Uromyces betae*, *Cercospora beticola* etc. Nur wenn das Chlorophyll am Schlusse der Vegetation, wo die Neubildung der lebenden Materie schon aufhört, verschwindet und das Xantophyll in der Blattsubstanz überhand nimmt, zeigen die Blätter einen Widerstand gegen Infection, nachdem die leicht hydrolysirbaren Hemicellulosen aus den Zellmembranen allmählich verschwinden.

Die ganze physiologische Function der Furfuroide ist von grosser Wichtigkeit für den Organismus der *Beta vulgaris*. Von der ersten Entwickelung des Keimlings bis zur Beendigung der Vegetation ist den Pentosanen eine bedeutungsvolle Rolle in der Bildung von Zellmembranen verschiedener Gewebe der Organe der *Beta vulgaris* zugewiesen.

Die durch den Chemismus des Zellkerns und des Cytoplasmas entstandenen Pentosane, Araban und Xylan, sammeln sich in den Zellmembranen und gehören zu den bedeutungsvollsten Kohlenhydraten, welche in den verschiedenen Geweben des Organismus der *Beta vulgaris* vertreten sind.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nach Beendigung der Vegetation, wo bereits die Transformation anderer Kohlenhydrate in den Samen stattgefunden hat, bleiben die Pentosane in den Zellmembranen der Gewebe zurück und warten, bis sie die Menschenhand in den Boden versenkt, wo sie sich durch langsame hydrolytische Zersetzung in Xylose und Arabinose verwandeln; diese zwei Pentosen bilden dann ein sehr wichtiges Nährmaterial für die den Luftstickstoff assimilirenden Mikroben.

Eine interessante Erscheinung besteht darin, dass die Xylose und die Arabinose der zersetzenden Thätigkeit verschiedener Mikroorganismen einen hartnäckigen Widerstand leisten, während sie, wie in unserem Laboratorium nachgewiesen wurde, von den, den Luftstickstoff assimilirenden Bakterien sehr leicht zersetzt und für weitere Lebensprocesse derselben wie zur Bildung lebender Moleküle, Eiweissstoffe, unter Einwirkung anorganischer Nährstoffe und des Luftstickstoffes ausgenützt werden.*)

Aus dem Gesagten geht hervor, dass den Pentosanen eine wichtige physiologische Aufgabe im Pflanzenreiche zugewiesen erscheint.

Botanische Gärten und Institute.

XIX. Amtlicher **Bericht** über die Verwaltung der naturhistorischen, archäologischen und ethnologischen Sammlungen des Westpreussischen Provinzial-Museums für das Jahr 1898. 4°. 56 pp. mit 28 Abbildungen. Danzig 1899.

Die geologisch-paläontologische Sammlung erwarb eine Anzahl von Bernsteinstücken, darunter einige mit Pflanzenresten, verkieselte tertiäre Hölzer, Pflanzenreste aus der Elbinger Stufe des Diluviums, darunter Zapfen von *Picea* und *Pinus*, sowie zahlreiche postglaciale Pflanzenreste. In Chosnitz, Kreis Karthaus, wurde eine neue Fundstelle subfossiler Früchte von *Trapa natans* entdeckt. Die Früchte gehören vorwiegend zur f. *coronata*, daneben fanden sich *Menyanthes trifoliata*, *Nymphaea alba*, *Potamogeton natans*, *Carex ampullacea*, *Betula* sp., *Tilia parvifolia*.

Die botanische Sammlung liess eine Beutkiefer am Rande des Karbowoer Waldes bei Strasburg photographiren. Der Baum ist p. 23 abgebildet. Das Provinzialherbar wurde durch zahlreiche ältere und neuere Sammlungen bereichert. Auch das allgemeine Herbarium und die morphologische Sammlung erhielten Zuwachs.

---

*) Siehe: „Ueber die Verbreitung und biologische Bedeutung der Furfuroide im Boden". I. Abhandlung von Dr. Julius Stoklasa. Aus den Sitzungsberichten der kaiserlichen Academie der Wissenschaften in Wien. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe. Bd. CVII. Abth. I. October 1898.)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Botanisches Centralblatt

Jahr/Year: 1899

Band/Volume: 78

Autor(en)/Author(s): Stoklasa Julius

Artikel/Article: Ueber die physiologische Bedeutung der Furfuroide im Pflanzenorganismus. (Schluss.) 193-203