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

Daten des Herrn Prof. PEYRITSCH zu vergleichen und etwaige in meiner Abhandlung enthaltene, schon von dem genannten Forscher aufgefundene Thatsachen bezw. Auffassungen mir bekannt geben zu wollen.

Herr Prof. HEINRICHER hat sich die Mühe gegeben, die schwer zu entziffernden Aufzeichnungen PEYRITSCH's durchzugehen und mir die erhaltenen Daten zu übersenden, übrigens mit dem Bemerken, dass möglicherweise unter den für ihn unleserlichen Notizen sich noch andere berücksichtigungswürdige Beobachtungen finden mögen.

Die betreffenden Daten lauten, in Kürze wiedergegeben, folgendermassen:

1. Man braucht auf Bretter geklebte, zur Keimung ausgelegte *Viscum*-Samen nicht zu befeuchten, und sie keimen trotz langer Keimruhe dennoch.

2. Die *Loranthus*-Beeren reifen Ende October oder Anfangs November. Eine Hauptbedingung für die Keimung ist die baldige Entfernung des Samens aus der Beere. Auch bei *Loranthus* lässt sich der günstige Einfluss der Helligkeit des Lichtes hinsichtlich der Keimung constatiren. Doch begnügt sich *Loranthus* mit einer geringeren Helligkeit des Lichtes als *Viscum*. Beginn der Keimung von *Loranthus*: Mitte Januar.

PEYRITSCH konnte also, wenn auch nicht für *Viscum*, so doch für *Loranthus* durch den Versuch eine Abkürzung der Samenruhe herbeiführen. Die Beobachtung über die Beziehung der Helligkeit zur Keimung von *Loranthus* stimmt mit meinen Erfahrungen überein, nur habe ich, unter Berücksichtigung der günstigsten Keimungsbedingungen gefunden, dass *Loranthus* auch in vollkommener Dunkelheit, und zwar reichlich, keimt.

---

67. F. Czapek: Ueber einen Befund an geotropisch gereizten Wurzeln.

Eingegangen am 11. December 1897.

Um zu erkennen, ob eine Wurzel oder ein sonstiges geotropisch sensibles Organ eine Reizung erfahren hat oder nicht, steht uns bis heute kein anderes Mittel zu Gebote, als die fortgesetzte Beobachtung (am besten mit Hilfe des Klinostaten), ob eine geotropische Krümmung eintritt oder nicht. Ausser der Reizreaction haben wir kein anderes

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

Erkennungsmerkmal für die geotropische Reizung, ebenso wie für alle übrigen Reizbewegungen. Indem bei Wurzeln diese Reaction noch dazu in einem von der sensiblen Zone räumlich getrennten Theile des Organes vor sich geht, ist es hier besonders klar gemacht, welche grosse Lücke in der Kenntniss des Reizvorganges besteht, wenn wir sagen müssen, dass von den Vorgängen im sensiblen Organe nicht das Geringste bekannt ist.

Seit mehreren Jahren mit der Aufgabe beschäftigt, wenigstens einen dieser, unzweifelhaft mit der Reizaufnahme oder Reizleitung in Beziehung zu bringenden Processe zu eruiren, erzielte ich zunächt nur eine lange Reihe negativer Resultate.

Der mikroskopische Befund bei geotropisch gereizten und ungereizten Wurzelspitzen ist in Bezug auf Zellinhaltsänderungen vollständig der gleiche, in Protoplasma und Zellsaft keinerlei differente Befunde, keine sichtbaren Massenbewegungen oder Ausscheidungsvorgänge.

Eine der negativen Schwankung des thierischen Nervenstromes, bei Erregung, vergleichbare Erscheinung war mir bei genauester Prüfung nicht möglich festzustellen. Der osmotische Druck in den Spitzenzellen erleidet keine Veränderung nach geotropischer Reizung. Die schwach saure Reaction des Zellinhaltes auf empfindliches Lakmuspapier ist bei ungereizten und gereizten Spitzen gleich.

Erst vor einiger Zeit gelang es mir unzweifelhafte Differenzen zwischen gereizten und ungereizten Wurzelspitzen aufzufinden, und es beziehen sich diese ersten Befunde auf Veränderungen chemischer Natur, und zwar auf quantitative Differenzen der Menge verschiedener Inhaltskörper der Spitzenzellen vor und nach einer geotropischen Reizung.

Ein geeignetes Untersuchungsobject ist die Keimwurzel von *Vicia Faba* grosssamiger Sorte. Wenn man die Wurzelspitze ganz oder in dicke Längsschnitte zerlegt in ammoniakalischer Silbernitratlösung kocht, so tritt stets eine starke Silberreduction, besonders in den Periblemzellen ein. Geotropisch gereizte Wurzelspitzen geben aber, wie die Untersuchung zahlreicher Objecte lehrt, die Reaction stärker als ungereizte. Die Differenz ist stets zu constatiren, obwohl sie nicht sehr beträchtlich ist. Eine Täuschung durch individuelle Schwankungen ist jedoch durch eine andauernde sorgfältige Beobachtung ausgeschlossen. Am besten geschieht die Beobachtung, wenn man die Wurzelspitzen mit dem Deckglas auf einem Objectträger zerdrückt und dann an gegen das Licht gehaltenen Präparaten gereizte und ungereizte Spitzen direct vergleicht. Der Silber reducirende Körper ist also in geotropisch gereizten Wurzelspitzen vermehrt. Das ist nun lange vor dem Eintritte der geotropischen Krümmung der Fall, schon $^1/_2$ bis 1 Stunde nach dem Horizontallegen.

Diesem Befunde einer Vermehrung reducirender Körper bei ge-

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

reizten Wurzelspitzen steht ein zweiter zur Seite, welcher sich als quantitative Verminderung einer leicht Sauerstoff abgebenden Substanz, die ebenfalls normal in Wurzelspitzen vorkommt, darstellt.

Die Existenz eines derartigen Körpers in Wurzelspitzen lässt sich durch mehrere Reactionen sicherstellen. Bringt man Längsschnitte aus Wurzelspitzen in eine Emulsion von Guajakharz in Wasser (hierbei ist eine lange Zeit der Luft ausgesetzt gewesene Guajaktinctur zu verwenden), so beobachtet man nach kurzer Zeit eine starke Blaufärbung des Schnittes und der Flüssigkeit. Der Schnitt ist am stärksten im Periblem gefärbt.

Bereitet man sich ferner durch sehr vorsichtige Reduction von Indigcarmin mit verdünnter Salzsäure und Zink eine Lösung von Indigweiss und bringt Längsschnitte aus Wurzelspitzen in dieselbe, so färben sich die Schnitte bald tief blau.

Bringt man Schnitte aus Wurzelspitzen in eine wässerige Lösung von α-Naphthol, welcher man Paraphenylendiamin zugefügt hat, so nehmen dieselben eine starke Violettfärbung an (Indophenolreaction).

Alle diese Reactionen treten nun viel später und schwächer ein an geotropisch gereizten Wurzeln, als an nicht gereizten. Es muss daher die Quantität dieses leicht Sauerstoff abgebenden Körpers im Laufe der Vorgänge der geotropischen Reizung abgenommen haben. Auch dieses Resultat wurde durch lange Untersuchungen an zahlreichen Objecten gewonnen. Ich habe bisher mit positivem Erfolge geprüft die Keimwurzeln von *Vicia Faba*, *Lupinus albus*, *Pisum sativum*, *Zea Mays* und *Cucurbita Pepo*. Gerade so wie diese Wurzeln verhielt sich die geotropisch sensible Coleoptile von *Avena sativa*. Bei letzterer ist es von hohem Interesse, dass bei heliotropischer Reizung die gleiche Veränderung in den sensiblen Zellen nicht eintritt.

Auch diese Veränderung im chemischen Verhalten der Spitzenzellen findet lange vor Eintritt der Krümmung statt, man constatirt sie unter günstigen Verhältnissen in ihrem Beginn schon nach 20 bis 30 Minuten, je nach der geotropischen Sensibilität des Objectes. Es konnte sichergestellt werden, dass die angegebenen Veränderungen um so früher an einem Objecte einsetzen, je kürzer die Zeit von Beginn der Reizung bis zum Reactionseintritt für dasselbe ist, d. h. je empfindlicher es ist für den Reiz der Gravitation. Ich vermochte auch zu constatiren, dass die Intensität der Veränderungen geringer ist, wenn man Keimwurzeln schräg abwärts stellt, als wenn man sie schräg aufwärts oder horizontal richtet. Mithin giebt sich auch hier kund, dass die Intensität der nachweisbaren Veränderungen in der gereizten Wurzelspitze zusammenhängt mit der Intensität der geotropischen Erregung im sensiblen Organ und weiterhin mit der Reizungsintensität.

Es wäre natürlich verfrüht, auf diese ersten bescheidenen Ergebnisse hin Schlüsse zu ziehen in Bezug auf die Natur der in der Wurzel-

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

spitze stattfindenden geotropischen Vorgänge. So viel lässt sich jedoch sagen, dass die besagten Befunde hindeuten auf eingreifende Veränderungen im chemischen Getriebe der Spitzenzellen in Folge der Reizaufnahme, und dass hierbei die Sauerstoffübertragung ein gewichtige Rolle spielt. Ausführlichere Mittheilungen behalte ich mir selbstverständlich noch vor.

Ich will nur noch berichten über einige chemische Untersuchungen, welche angestellt wurden, um betreffs der Natur der beiden Substanzen, auf welche unsere Aufmerksamkeit gelenkt worden ist, einige Anhaltspunkte zu gewinnen. Die Körper seien kurz als der oxydirende und reducirende bezeichnet. Die oxydirende Substanz wird durch Hitze zerstört, durch Chloroform aber nicht verändert. In Alkohol ist sie unlöslich, mit Wasser aus den zerriebenen Zellen extrahirbar. Der reducirende Körper wird durch Kochen oder Chloroform nicht verändert, ist in Alkohol leicht löslich. Beide Substanzen sind also weiterer Untersuchung zugänglich.

Eine grössere Anzahl von *Faba*-Wurzelspitzen wurde mit Wasserzusatz fein zerrieben, bis keine Gewebsfragmente mehr sichtbar waren. Das filtrirte, kalt bereitete, wässerige Extract giebt mit Alkohol einen reichlichen weissflockigen Niederschlag, in welchem der fragliche oxydirende Körper enthalten sein muss. Der abfiltrirte, mit absolutem Alkohol gewaschene Niederschlag zeigt auch nach dem Trocknen die charakteristischen Reactionen der fraglichen Substanz in völlig unveränderter Weise. Er ist in Wasser löslich, wird durch Kochen zersetzt. Chloroform übt keine Wirkung auf ihn aus, er bläut sich mit Guajaktinctur und Wasserstoffsuperoxyd, oder mit alter Guajaktinctur in Emulsion allein, oxydirt Indigweiss, giebt die Indophenolreaction; ferner erhält man starke MILLON'sche Reaction. Es scheint kein Zweifel, dass die oxydirende Substanz zu jenen in der normalen lebenden Zelle stets vorkommenden Sauerstoff übertragenden Körpern gehört, die man als Oxydationsfermente derzeit zu bezeichnen pflegt[1]).

Das Filtrat vom Alkoholniederschlag reducirte kräftig Silbernitrat in ammoniakalischer Lösung, enthält somit den fraglichen reducirenden Körper. Die alkoholische Lösung wurde auf dem Wasserbade unter allmählichem Wasserzusatz eingeengt und in eine wässerige Lösung umgewandelt. Dieselbe ist farblos, reducirt stark, und die festzustellende Substanz ist deshalb weder in der Hitze zersetzlich, noch flüchtig. Die Lösung reducirt stark ammoniakalisches Silbernitrat, alkalische Quecksilberlösung, jedoch nicht FEHLING'sche Flüssigkeit.

---

1) O. SCHMIEDEBERG, Ueber Oxydationen und Synthesen im Thierkörper. Archiv für exper. Pathol. und Pharmakologie, Bd. 14 (1881), S. 288. — JAQUET, Ueber die Bedingungen der Oxydationsvorgänge in den Geweben. Ebendaselbst Bd. 29 (1892), S. 386. — J. POHL, Zur Kenntniss des oxydativen Fermentes. Ebendaselbst Bd. 38 (1896), S. 65.

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

Sie trübt sich nicht beim Erhitzen mit Quecksilberchloridlösung, enthält somit auch keine Ameisensäure. Nach Kochen mit Salzsäure ebenfalls keine Kupferreduction. Mit ammoniakalischem Bleiacetat tritt ein weisser flockiger Niederschlag auf. Salpetersäure erzeugt Gelbfärbung. Eisenchlorid giebt keine Reaction, ebenso wenig Kaliumbichromat. MILLON'sche Probe negativ. Natronlauge oder Ammoniak erzeugt bräunlich-rothe Färbung, besonders nach Schütteln an der Luft. Intensive feuerrothe Reaction beim Erwärmen mit Chloroform und Natronlauge. Mit Schwefelsäure und Kaliumnitrit Violettfärbung (LIEBERMANN's Probe). Aehnlich mit Quecksilberchlorid und Kaliumnitrat. Indophenolprobe negativ, ebenso die übrigen Reactionen der oxydirenden Substanz. Wasserstoffsuperoxyd giebt eine röthliche Färbung[1]).

Obwohl eine erschöpfende Untersuchung noch nicht beendet ist, so lässt sich doch aus dem mitgetheilten Verhalten schon schliessen, dass der „reducirende Körper" der Wurzelspitze gewiss aromatischer Natur ist und eine ähnliche Wirksamkeit im Organismus entfaltet wie viele andere bekannte Körper, welche vom Benzol abstammend, eine intensive Reductionskraft besitzen und deshalb beispielsweise in der Photographie verwendet werden.

Dass dem Oxydationskörper gegenüber der reducirenden aromatischen Verbindung gewissermassen eine antagonistische Rolle zukommt, steht zu vermuthen, und man darf mit gebührender Vorsicht die Meinung äussern, dass der Vermehrung des reducirenden Stoffes nach erfolgter geotropischer Reizung ein vermehrter Sauerstoffbedarf entspricht, welcher durch eine Zerlegung des Oxydationskörpers gedeckt wird. Ueber diesen hypothetischen Gedanken in allgemeiner Form hinauszugehen erscheint derzeit nicht erlaubt.

Die geschilderten Befunde sind deswegen von weiterem Interesse, weil sie zum ersten Mal uns mit Vorgängen bekannt machen, welche bestimmt nicht zu den Processen der geotropischen Reaction zählen, sondern mit den Vorgängen der Reizaufnahme der sensiblen Zellen in Beziehung stehen. Offenbar ist damit ein Theil jener Veränderungen in dem sensiblen Organ bekannt geworden, welche insgesammt als Erregungszustand der reizempfindlichen Elemente zu bezeichnen sind.

Weitere Untersuchungen sind im Zuge.

Botanisches Institut der deutschen technischen Hochschule in Prag.

1) Vielleicht ist die in Rede stehende Substanz identisch mit jenem Chromogen, welches von W. PFEFFER in *Faba*-Wurzeln gelegentlich der Untersuchung der Oxydationsvorgänge in der lebenden Zelle (Leipzig 1889) entdeckt wurde. Vergleiche a. a. O. S. 398.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1897

Band/Volume: 15

Autor(en)/Author(s): Czapek Friedrich

Artikel/Article: Ueber einen Befund an geotropisch gereizten Wurzeln. 516-520