bei Capparidaceen und Cruciferen so verbreitet ist, kommt meines Wissens bei den Passifloralen nicht vor, wohl aber bei vielen Papaveraceen, z. B. *Papaver*, *Argemone*, *Chelidonium*, *Corydalis*. Im Kelch und in der Beschaffenheit des Blattes hat *Capparis* zumal durch die dornigen Nebenblattbildungen eine gewisse Ähnlichkeit mit *Berberis*, während die lang gestielte, gerippte Frucht der grösseren Arten einigermassen an *Aristolochia* erinnert. Wahrscheinlich sind die Capparidaceen neben den Paeonieen und Papaveraceen aus Berberidaceen entstanden und ihrerseits wiederum die Stammeltern der Cruciferen geworden. Nach Ausscheidung der Caesalpiniee *Moringa* kann daher die Ordnung der Rhoeadalen aufrecht erhalten werden.

Für die Ableitung der Monokotylen von Nymphaeaceen oder überhaupt Ranalen ist ausser den eingangs angegebenen Gründen auch noch von Bedeutung das Vorkommen von Ochreabildungen und Blatthäutchen bei *Caltha*, *Batrachium*, Nymphaeoiden, *Lactoris*, *Gunnera*, Polygonaceen, Plumbaginaceen, Paronychieen und vielen Monokotylen, z. B. Gramineen und Palmen, sowie ferner der Umstand, dass sich das Vorkommen von kugeligen oder ellipsoidischen Sporen, bezüglich Mikrosporen (Pollenkörnern) mit einer einzigen Keimstelle von den Moosen und Gefässkryptogamen an durch die Gymnospermen, Polycarpicae und Ranalen hindurch bis hinauf zu den Monokotylen verfolgen lässt; solche Pollenkörner finden sich nach MOHL¹⁾ bei *Ginkgo*, *Larix*, *Liriodendrum*, *Drimys*, *Anona*, *Myristica*, *Nymphaea*, *Nuphar*, *Piper* und den meisten Monokotylen.

II. Maurice Lilienfeld: Über den Chemotropismus der Wurzel.

Vorläufige Mitteilung.

Eingegangen am 22. Februar 1905.

Es ist bekannt, dass chemische Reize für die Richtungsbewegungen der Pflanzen von sehr hervorragender Bedeutung sind.

So verdanken wir den Untersuchungen von PFEFFER²⁾ die Kenntnis der Tatsache, dass gewisse, mit der Fähigkeit der Ortsbewegung ausgestattete Organismen, wie z. B. die Samenfäden von

1) H. MOHL, Über den Bau und die Formen der Pollenkörner. Bern 1834. S. 77—89.

2) „Lokomotorische Richtungsbewegungen usw.“ und „Über chemotaktische Bewegungen usw.“, Untersuchungen aus dem Botanischen Institut zu Tübingen, Bd. I, Heft 3, S. 363 ff. und Bd. II, Heft 3, S. 385 ff.

Farnkräutern, von *Selaginella*, ferner Bakterien, gewisse farblose Flagellaten und einige Volvocineen, durch verschiedene Stoffe in spezifischer Weise angelockt werden.

Den Untersuchungen von MOLISCH¹⁾ und MIYOSHI²⁾ verdanken wir die Feststellung der Tatsache, dass einseitig diffundierende chemische Stoffe einen richtenden Reiz auf die fortwachsenden Wurzeln, Pollenschläuche und Pilzhyphen ausüben.

Die erwähnten Untersuchungen von MOLISCH erstreckten sich auf verschiedene Gase und führten zu dem Resultate, dass dieselben je nach ihrer chemischen Qualität und ihrer Quantität chemotropische Krümmungen der Wurzeln z. B. von *Zea Mays* hervorrufen.

Die Wurzel wird nun in der Natur unter normalen Bedingungen keine Gelegenheit finden, auf Gase wie z. B. Chlor, Chlorwasserstoff, Leuchtgas usw. zu reagieren, da sie dieselben nicht antrifft. Dagegen bieten Untersuchungen über das Verhalten der Wurzel gegenüber Nährsalzen oder solchen Stoffen, die entweder spärlich in der Ackererde enthalten sind oder derselben künstlich zugeführt werden, das grösste Interesse, hält man sich den Nutzen vor Augen, welchen die Wurzel aus dieser Befähigung, sich nützlichen Stoffen zuzuwenden und von schädlichen abzuwenden, ziehen könnte. Würden chemische Stoffe sowohl durch ihre Qualität als auch durch ihre Quantität einen richtenden Reiz auf die fortwachsende Wurzel ausüben, so wäre hiermit ein wichtiges Anpassungsvermögen der Pflanzen an ihre Ernährungsbedingungen festgestellt.

Die Beobachtung in freier Natur ist infolge der Undurchsichtigkeit des Erdbodens sehr erschwert. Auch ist es schwierig, in Versuchen Verhältnisse herzustellen, welche denen in freier Natur vollkommen entsprechen.

So entschlossen sich jüngst NEWCOMBE und RHODES³⁾ von einem natürlichen oder einem dem natürlichen gleichkommenden Medium abzusehen und als Wachstumsboden Gelatine anzuwenden. Die genannten Autoren hatten nur bei einem einzigen Stoff, nämlich dem phosphorsauren Natron und nur bei der Wurzel von *Lupinus albus* Resultate erhalten, aus denen sie auf die chemotropische Reizbarkeit der Lupinenwurzel schliessen. Ihre Versuchsanordnung und die Beschränkung der von ihnen festgestellten Reizbarkeit auf eine Pflanzenart geben aber zu grossen Bedenken Veranlassung, und ist es deshalb durchaus

1) „Über die Ablenkung der Wurzel usw.“ und „Zur Physiologie des Pollens usw.“, Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien, Bd. 90, S. 111 ff., Bd. 102, S. 423 ff. und l. c. 17. Januar 1889.

2) „Über Chemotropismus der Pilze“, Bot. Zeitg. 1894, S. 1—27 und „Über Reizbewegungen der Pollenschläuche“, Flora 1894, S. 76—94.

3) Chemotropism of roots, The Botanical Gazette Vol. XXXVII (1904), S. 23—35.

gerechtfertigt, dass sich die genannten Forscher vorsichtig ausdrücken und zugeben, dass sie auf Grund der Versuchsergebnisse mit Sicherheit nicht behaupten können, ob die Krümmung eine chemotropische oder eine traumatotropische¹⁾ gewesen ist.

Auf Anregung des Herrn Geheimrat Prof. Dr. KNY, dem ich hierfür grossen Dank schulde, unternahm ich es im letzten Halbjahr, eine Reihe von Versuchen über Chemotropismus der Wurzeln anzustellen. Ich möchte nicht unerwähnt lassen, dass bereits in den Jahren 1901 und 1902 am hiesigen Institut der verstorbene Herr Rektor KIEKEBUSCH über den Chemotropismus der Wurzel gearbeitet hat. Leider waren die von ihm hinterlassenen Aufzeichnungen zu spärlich, um eine Veröffentlichung zu ermöglichen.

Die ersten Versuche stellte ich genau nach der von NEWCOMBE und RHODES angegebenen Methode an:

Zwischen zwei dicht aneinander geschobene, parallelepipedische Gelatineblöcke, bereitet aus 6prozentiger, möglichst reiner Gelatine mit destilliertem Wasser, von denen aber der eine 0,28 pCt. Natriumphosphat (Na_2HPO_4) enthielt, wurden in einer Reihe sechs in feuchtem Sägemehl vertikal erwachsene Lupinuskeimlinge derart gebracht, dass die Wurzeln von beiden Seiten von den Blöcken berührt waren, die Cotyledonen aber frei hervorragten. Dieser Versuch, bei dem nach Angabe der beiden Autoren unter Krümmung ein Einwachsen der Wurzeln in den mit dem Phosphat bereiteten Gelatineblock stattgefunden hat, verlief negativ; jedoch trat bei einer Erhöhung der Konzentration auf 1 pCt. Natriumphosphat eine ausgesprochene Krümmung ein.

In den Bereich meiner Untersuchungen nach der obigen Methode zog ich eine grosse Reihe verschiedener chemischer Stoffe, es zeigte sich aber, dass auf diesem Wege zu einwandfreien Resultaten nicht zu gelangen war. Einerseits verursachte der Widerstand, den die Oberfläche des Gelatineblocks der eindringenden Wurzel entgegensetzte, beträchtliche Störungen; andererseits konnte der positive Aërotropismus der zwischen den Blöcken wachsenden Wurzeln Fehlerquellen verursachen. Die Hauptfehlerquelle konnte aber darin liegen, dass von dem mit einem chemischen Stoff bereiteten Gelatineblock nach dem anderen, nur destilliertes Wasser enthaltenden und an dem ersteren dicht anliegenden Block ein Hinüberdiffundieren stattfand (— am augenfälligsten trat dies bei Anwendung von Farbstofflösungen hervor —), wodurch feinere Reizerscheinungen gänzlich verloren gehen mussten. Es wurde ferner klar, dass zwei verschiedene Wirkungen auseinander zu halten sind, nämlich wirkliche

1) DARWIN, Bewegungsvermögen der Pflanzen, Deutsch von CARUS, Stuttgart 1881, und SPALDING, Annals of Botany 1894, Bd. 8, S. 423 ff.

positive oder negative Reizkrümmungen und andererseits Krümmungen, die ausschliesslich der Schädigung der einen Seite der Wurzel zuzuschreiben sind, wofür ein Analogon das von MOLISCH l. c. festgestellte Verhalten der Wurzel gegenüber schädlichen Gasen darbietet. Als Kriterium dieser schon von NEWCOMBE und RHODES angenommenen Möglichkeit erwies sich das unter den gewählten Bedingungen normale oder nicht normale Wachstum der Wurzeln. Etwa 1500 derselben wurden von mir einer Messung unterzogen.

Einige Resultate dieser Versuchsreihe ergeben sich aus bestehender Tabelle:

Nummer	Angewandte Substanz in 1prozentiger Lösung	Anzahl der unter- suchten Wurzeln	Krümmung		in- different
			positiv	negativ	
1	Na_2HPO_4	60	53	—	7
2	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	240	240	—	—
3	Na Cl	60	—	60	—
4	K_2CO_3	24	24	—	—
5	KH_2PO_4	60	2	—	58
6	KNO_3	24	—	1	23
7	MgSO_4	24	—	—	24
8	$\text{Fe}_2(\text{NO}_3)_2$	12	12	—	—
9	$\text{Al}_2(\text{NO}_3)_2$	12	12	—	—
10	CuSO_4	12	12	—	—
11	CuCl_2	12	12	—	—
12	ZnSO_4	12	12	—	—
13	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	12	12	—	—
14	$\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$	12	12	—	—
15	HgCl_2	12	12	—	—

Um zu einwandfreien Resultaten zu kommen, habe ich nun versucht, durch Schaffung möglichst der Natur entsprechender Verhältnisse die obenerwähnten Fehlerquellen dadurch auszuschliessen, dass ich als Nährboden chemisch reinen Sand in verschiedener Anordnung verwendete. Aber auch auf diese Weise waren Fehler nicht völlig ausgeschlossen. Über diese Versuche soll erst nach deren Abschluss berichtet werden.

Als beste Methode erwies sich nach vielen erst später ausführlich zu beschreibenden Versuchen die folgende:

Runde Glasschalen von 12 cm Höhe und 15 cm Durchmesser wurden mit einer Lösung von 3 pCt. Gelatine in destilliertem Wasser gefüllt und nach dem Erstarren genau in der Mitte ein etwa 20 ccm

Flüssigkeit fassendes Loch ausgestochen. In dieses wurde der zu prüfende Stoff in wässriger Lösung oder, falls schwerlöslich, in destilliertem Wasser suspendiert eingefüllt. Ausgesucht gerade gewachsene Lupinuskeimlinge von einer Länge von 15–40 mm wurden in verschiedener Entfernung (5–50 mm) von dem mittleren Loch gerade in die Gelatine vorsichtig hineingestossen, was bei ihrer geringen Konsistenz ohne Schädigung leicht gelang, und das Ganze in einer dunklen Kammer während 24–48 Stunden gehalten. Vergleichende Versuche in Gelatine, in Wasser und in einem dampfgesättigten Raum zeigten, dass die Lupinenwurzeln sich in diesem Medium durchaus normal verhalten und gerade weiterwachsen. Der durch die durchsichtige Gelatine langsam diffundierende Stoff ermöglicht bei dieser Versuchsanordnung, seinen richtenden Reiz auf die Wurzel in deutlichster Weise, ohne Störung durch Aërotropismus, festzustellen.

Einige der vielen Resultate dieser Versuchsreihe ergeben sich aus nebenstehender Tabelle:

Nummer	Angewandte Substanz in 1 prozentiger Lösung	Anzahl der unter- suchten Wurzeln	Krümmung		in- different
			positiv	negativ	
1	Na ₂ HPO ₄	20	20	—	—
2	(NH ₄) ₂ HPO ₄	20	20	—	—
3	NaCl	20	—	20	—
4	K ₂ CO ₃	20	18	—	2
5	KH ₂ PO ₄	20	20	—	—
6	KNO ₃	20	4	—	16
7	MgSO ₄	20	—	20	—
8	Fe ₂ (NO ₃) ₂	20	—	20	—
9	Al ₂ (NO ₃) ₂	20	—	20	—
10	CuSO ₄	20	—	20	—
11	CuCl ₂	20	—	20	—
12	ZnSO ₄	20	—	20	—
13	Pb(NO ₃) ₂	20	—	20	—
14	Hg(NO ₃) ₂	20	—	20	—
15	HgCl ₂	20	—	20	—

Unter anderem habe ich auch die Wirkung typischer Gifte, wie Kupfer-, Zink-, Quecksilbersalze usw., untersucht. Wie aus den beiden Tabellen Nr. 7–15 hervorgeht, rufen dieselben bei Anwendung der Methode von NEWCOMBE und RHODES positive Krümmungen der Lupinuszurzel hervor, welche sich aber als Schädigungs-krümmungen erwiesen. Bei der zuletzt genannten Methode hingegen

und ebenso bei den Versuchen mit Sand als Nährboden wandten sich die Wurzeln von dem diffundierenden Gifte ab, wie es, nimmt man ein Vermögen der Wurzeln, durch Krümmungsbewegungen den Gefahren zu entrinnen und sich den günstigen Bedingungen anzupassen, als vorhanden an, nicht anders zu erwarten war.

Zur Feststellung der Reizaufnahme wurden auch Versuche mit dekapitierten Wurzeln angestellt. Die Versuche ergaben, dass nach Entfernung der Wurzelhaube und 1–3 mm der Wurzelspitze eine Reizaufnahme noch stattfand und etwa beim vierten Millimeter aufhörte; es sei aber darauf hingewiesen, dass, entsprechend den bisher beschriebenen Dekapitierungsversuchen für die Reizaufnahme der Schwerkraft und anderer tropistischer Erscheinungen, stets eine Anzahl von Wurzeln vorhanden waren, die sich anders verhielten. Es mag überhaupt erwähnt werden, dass häufig Wurzeln vorkamen, die entgegengesetzt oder überhaupt nicht reagierten.

Die Versuche am Klinostat und mit Wurzeln anderer Pflanzen sind noch nicht abgeschlossen.

Berlin, Botan. Institut der Königl. Landwirtschaftl. Hochschule.

12. L. Kny: Studien über intercellulares Protoplasma.

Eingegangen am 23. Februar 1905.

III.

Die Fortsetzung der Untersuchungen über intercellulares Protoplasma in den Lupinensamen hat zu dem unerwarteten Ergebnisse geführt, dass, wenn nicht alle, so doch die meisten Protoplasma-massen, welche die Intercellularen auf Schnitten durch frische Cotyledonen gequollener Samen und junger Keimpflanzen erfüllen, aus den Nachbarzellen stammen und bei Herstellung der Schnitte in die Intercellularen gelangt sind.

Die Präparate, welche meinen ersten beiden Mitteilungen¹⁾ zugrunde lagen, waren teils an frischem Materiale mit freier Hand, teils an gehärtetem mit dem Mikrotome hergestellt worden. Da die Intercellularen von offenen Schnittflächen aus sich mit Hilfe der Luftpumpe leicht mit gefärbten fetten Ölen und anderen farbigen Flüssigkeiten injizieren liessen, hatte ich Sorge dafür getragen, dass

1) Diese Berichte 1904, S. 29 ff. und 347 ff

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [23](#)

Autor(en)/Author(s): Lilienfeld Maurice

Artikel/Article: [Über den Chemotropismus Wurzel. 91-96](#)