Der zweite Satz gibt direkt die Begründung zum ersten. Ebenso folgt aus den beiden Sätzen, dafs bei einer Vergleichung der einzelnen Kreise eine ziemlich weitgehende Korrelation im Sinne einer Parallelvariation gefunden werden mufs.

c) Individuen, die im äufsersten Kreis von der Normalzahl abweichen, zeigen auch in den andern eine viel geringere Konstanz, als solche mit der Normalzahl.

Unter welchen Bedingungen wirken Magnesiumsalze schädlich auf Pflanzen?

Von **Oskar Loew.**

Vor kurzem erschien eine interessante Abhandlung von Wilhelm Benecke[1]) über Oxalsäurebildung in grünen Pflanzen, in welcher sich einige Sätze finden, die sich auf die unter bestimmten Bedingungen sich äufsernde Giftwirkung von Magnesiumsalzen beziehen und mich zu einigen Bemerkungen veranlassen.

Raumer hatte schon i. J. 1883 beobachtet, dafs Pflanzen in Nährlösungen ohne Kalk und ohne Magnesia nicht so rasch geschädigt werden als ohne Kalk, aber mit Magnesia[2]); es lag daher nahe, die vielfach beobachtete Giftwirkung von Magnesiumsalzen damit in Beziehung zu bringen. Benecke erhielt mit andern Objekten abweichende Resultate, während ich Raumers Beobachtungen an Phaseolus bestätigen konnte und analoge Resultate mit Spirogyra erhielt. Bei den Versuchen Beneckes an Algen, welche übrigens anders ausgeführt wurden als die meinigen[3]), mögen ungünstige Umstände mitgewirkt haben, was mir daraus hervorzugehen scheint, dafs die Algen bei gleichzeitigem Mangel an Kalk und Magnesia auffallend rasch — Vaucheria schon in 20 Stunden — zugrunde gingen. Ich habe Spirogyra-Arten bei 5—10° C. in reinstem

---

1) Botan. Ztg. 1893 Heft 5.

2) Obwohl ich Raumers Beobachtung früher zitiert habe (Bulletin Nr. 18, Div. of Veg. Physiol. and Pathol., Washington 1899 pag. 43) wurde in einem vor zwei Jahren erschienenen Artikel mir die Urheberschaft jener Beobachtung zugeschrieben.

3) Flora 1892 pag. 381.

destilliertem Wasser, welches aus Glasgefäfsen destilliert worden war, sechs volle Wochen am Leben erhalten können.[1]) In einer 0,1proz. Lösung von Magnesiumnitrat starben sie innerhalb vier Tagen. Wenn aber gleichzeitig noch 0,3 % Calciumnitrat vorhanden war, blieben sie wochenlang lebend, wenn auch jede Weiterentwicklung wegen Abwesenheit von Kali und Phosphorsäure sistiert war.

Ähnliche Beobachtungen wie Raumer haben auch Liebenberg und Boehm gemacht, aber keine genügende Erklärung dafür gegeben. Ich habe mir erlaubt, eine Erklärung abzuleiten aus der auffallenden Art der Giftwirkung neutraler Oxalate und gefolgert, dafs wichtige Calciumproteidverbindungen im Kern und Chlorophyllkörper vorhanden sind. Wenn dieses Calcium durch Magnesium ersetzt wird, ändert sich voraussichtlich die Imbibitionskapazität der Gebilde, eine zum Tode führende Strukturstörung ist die Folge. Ist aber neben Magnesia genug Kalk in Lösung, so wird die schädliche Wirkung der Magnesia durch den gelösten Kalk nach dem Gesetz der Massenwirkung verhindert und die Magnesia kann nun ihre ernährungsphysiologische Rolle ausführen, welche darin besteht, dafs sie als Phosphat die Assimilation der Phosphorsäure bei der Bildung von Nucleoproteiden und Lecithin ermöglicht.[2])

Eine Hypothese wird dann zu einer Theorie, wenn sie zu Schlufsfolgerungen führt, welche durch das Experiment bewahrheitet werden. Solche Folgerungen sind in unserem Falle:

1. Neutrale Oxalate sowohl als auch Magnesiumsalze äufsern keine Spur von Giftwirkung auf niedere Algen und Pilze.[3]) Diese Organismen bedürfen aber auch des Kalkes nicht, besitzen also nach meiner Auffassung keine Organe mit Calciumproteinverbindungen.[4]) Es dürfte schwer halten, jene Tatsache, welche mit dem Verhalten der höher entwickelten Pflanzen scharf kontrastiert, auf eine andere Weise genügend zu erklären.

2. Aus meiner Theorie der Funktionen der Calcium- und Magnesiumverbindungen folgt mit Notwendigkeit, dafs es ein ganz be-

---

1) Natürlich unterbleibt hiebei die Zellvermehrung. Die Flaschen, welche nur wenige Fäden enthielten, standen im zerstreuten Tageslicht und waren mit Glasstöpsel verschlossen. Parasitenfreie Kulturen sind selbstverständlich zu allen solchen Kulturversuchen unerläfslich. Chytridien und Pseudospora können in kurzer Zeit die Kulturen vernichten.

2) Flora 1892 pag. 385—387.

3) Die höchststehenden Pilze sind in dieser Richtung noch immer nicht untersucht.

4) Vgl. pag. 45 des oben zitierten Bulletins Nr. 18.

stimmtes Verhältnis zwischen Kalk und Magnesia gibt, welches der Pflanzenentwicklung am günstigsten ist. Auch diese Folgerung hat sich bestätigt, wie ich im Verein mit mehreren Mitarbeitern — Mag, Faruta und Aso — gezeigt habe.[1])

3. Es mufste aus meiner Ansicht abgeleitet werden, dafs der Kalkgehalt eines Organs mit der Zunahme der Chlorophyllkörper und der Zellkerngröfse steigt. Ersteres ist eine bei Blättern gemachte schon ältere Erfahrung, letzteres wurde in neuester Zeit für tierische Organe festgestellt. Die an Zellkernmasse reichen Drüsen sind auch kalkreicher als die an Zellkernsubstanz relativ armen Muskeln.

Es darf ferner wohl als ein günstiges Zeichen für eine Theorie angesehen werden, wenn andere, ohne Kenntnis von derselben zu haben, zu der gleichen Anschauung gedrängt werden. So schreibt Jaques Loeb[2]): „The salt or electrolytic molecules do not enter into the combination (with proteids) as a whole but through their ions. The great importance of these ion-proteid-compounds lies in the fact that by the substitution of one ion for another the physical properties of the proteid compounds change.“ Ersetzen wir hier das Wort ion durch das Wort Metallatom, wodurch jener Satz an Richtigkeit gewinnt, so hat man meine acht Jahre früher aufgestellte Theorie von der Giftwirkung der Magnesiumsalze.

Die Giftwirkung der Magnesiumsalze steht natürlich an Intensität weit hinter der von Sublimat oder Chloroform, sie äufsert sich nur langsam und schwach. Selbst eine einproz. Lösung von Magnesiumsulfat führt bei Spirogyren den Tod erst in 6—12 Stunden herbei; bei 0,2 pro mille dauert dieses 5—7 Tage.[3]) Zusatz von Monokaliumphosphat beschleunigt, Zusatz von Dikaliumphosphat verzögert die Wirkung, so dafs im letzten Falle der Tod erst nach 15—18 Tagen eintritt. Es ist also das sekundäre Magnesiumphosphat von weit schwächerer Wirkung als das primäre; ebenso wirkt Magnesiumbikarbonat weit schwächer als das Sulfat. Es kommt eben ganz darauf an, ob das vorhandene Magnesiumsalz sich leicht oder schwer mit dem Calciumproteid des Zellkerns umsetzt. Diese Wirkung wird ferner durch die Menge von in den Zellen gelösten oder in den Mem-

---

1) Vgl. u. a. Landw. Jahrbücher 1902 pag. 561, wo die einschlägigen Arbeiten zitiert sind.

2) American Journal of Physiology **3**, 327 (1900).

3) Bei solchen Versuchen sind stets nur wenige Fäden auf 100—200 ccm Lösung zu nehmen.

branen vorhandenen Kalksalzen bedeutend modifiziert[1]), wie ich ja schon früher hervorgehoben habe.[2]) Unter anderm beobachtete ich auch, dafs Wurzeln von Viciakeimlingen in einer 0,5proz. Lösung von Magnesiumnitrat nach 2—3 Tagen zugrunde gehen, während die Samen selbst nicht geschädigt wurden als sie zwei Tage in einer 0,2proz. Lösung dieses Salzes verweilten. Jene Würzelchen enthielten sicher relativ weit weniger Kalk gespeichert als die Samen.

Dafs manche nicht genügend beachten, unter welchen Einflüssen die schädliche Wirkung von Magnesiumsalzen modifiziert werden kann, erhellt aus einer neueren Mitteilung von Th. H. Kearney.[3]) Dieser Forscher beobachtete, dafs bei den Wurzeln der Maiskeimlinge die Giftwirkung der Magnesiumsalze weit schwächer auftritt als bei den Wurzeln von Lupinus- und Medicago-Keimlingen und schliefst: „The protoplasm of remotely related plants differs widely in its reaction to pure solutions of various mineral salts.“ Jener Unterschied braucht aber nicht auf der Verschiedenheit des Protoplasmas zu beruhen; es genügt, dafs in den Zellen der Maiskeimlinge etwas mehr Kalkverbindungen gelöst vorhanden waren als in denen der Lupinenkeimlinge, um den Unterschied zu erklären. Auch wäre es möglich, dafs das Vordringen des Magnesiumsulfats bis zum Zellkern aus irgend einem Grunde beim Maiskeimling langsamer stattfindet als beim Lupinenkeimling. Ferner wäre noch auf die relative Acidität des Zellsaftes und die Menge des gelösten Monokaliumphosphats in den Keimlingen zu achten, weil grofse Unterschiede hiedurch bedingt werden können.

In einer vor zwei Jahren erschienenen Arbeit wurde bezweifelt, dafs Magnesiumsalze giftig sein können, da sie unentbehrliche Nährstoffe sind. Allein es sei hier an einen andern derartigen Fall erinnert. Kaliumsalze, welche doch für jede Zelle unentbehrlich sind, sind schon in mäfsigen Dosen giftig für Tiere. Schon 2,3 g Kali in Form von Monokaliumphosphat können ein Kaninchen töten (Bunge), ebenso

---

1) Flora 1892 pag. 384 (vgl. dazu ibid. pag. 373).

2) Ibid. pag. 382, Anm.

3) Science Bd. XVII pag. 386 (1903). Kearney beobachtete, dafs auch hier Calciumsalze diese Giftwirkung aufheben. Er hebt in einer andern, zusammen mit F. K. Cameron publizierten Abhandlung (Report Nr. 71 U.S. Dept. of Agriculture, 1902) hervor, dafs Calciumsalze auch die Giftwirkung von kohlensaurem Natron aufheben. Hier liegt aber ein ganz anderer Fall vor; es wird die schädliche alkalische Beschaffenheit der Lösung aufgehoben. Die Herbeiziehung der Jonentheorie ist unnötig, um diese Verhältnisse zu erklären.

10—25 g Fleischextrakt, lediglich infolge der darin enthaltenen Kaliumsalze.

Was die Giftwirkung von Magnesiumsalzen auf Pflanzen betrifft, so hat schon vor nahe 40 Jahren Wolf[1]) die des Magnesiumsulfats beobachtet; Nobbe[2]) und andere erwähnten die Giftwirkung des Magnesiumchlorids, Boehm die der gefällten kohlensauren Magnesia, Atterberg und Ulbricht[3]) die der gebrannten Magnesia. Letztere beiden Autoren konstatierten ungefähr um dieselbe Zeit wie der Schreiber dieser Zeilen die Gegenwirkung der Calciumsalze, die schon vorher Boehm erwähnt hatte.

Benecke schreibt: „Dafs unter Umständen Pflanzen ohne Kalk bei gleichzeitiger Zufuhr von Magnesia schneller absterben als ohne dieselbe, wofür Boehm (1882), Raumer (1883), Liebenberg (1881) einige Beispiele bringen, dürfte sich einfach so erklären, dafs bei Magnesiazufuhr das Wachstum ein schnelleres ist als ohne dieselbe und deshalb die Symptome des Kalkmangels früher in die Erscheinung treten.“ Diese Ansicht wird in den Fällen zutreffen, in denen gelöste Kalksalze in den Pflanzen vorhanden sind, welche einerseits der Giftwirkung der Magnesia entgegenwirken und andrerseits ein ferneres Wachstum bis zu ihrem Verbrauch ermöglichen. Wenn ferner in seinen Versuchen Pflanzen ohne Kalk und ohne Magnesia ebenso rasch absterben als ohne Kalk, aber mit Magnesia, so ist das noch keine Widerlegung meiner Ansicht, sondern beweist nur, dafs die Magnesiumsalzmenge der Nährlösung entweder zu gering war, um die ja gar nicht abzuleugnende Giftwirkung dieser Salze ausüben zu können, oder dafs die Bedingungen in den Objekten derartig waren, dafs diese Giftwirkung nicht deutlich zum Vorschein kommen konnte. Es könnte z. B. sein, dafs der Zellsaft des Objekts nahezu neutral reagiert und dafs er sekundäres Kaliumphosphat oder sekundäres Kaliumsuccinat enthält. Es wird dann die schwefelsaure Magnesia

---

1) Landw. Versuchsstat. 6, 218.

2) Die organische Leistung des Kaliums in der Pflanze pag. 80: „Über die nachteilige Wirkung des Magnesiumchlorids auf das Pflanzenleben stimmen Vegetations- und Düngungsversuche vollkommen überein.“ — Bei den hohen (0,1 pro mille) Verdünnungen von Chlormagnesium, mit denen Gerneck (1902) bei Versuchen mit Weizenkeimlingen operierte, war eine schädliche Wirkung des Chlormagnesiums nicht mehr zu erwarten. Da aus dem Samen noch Kalk in die Wurzel einströmen konnte, war im Gegenteil noch eine Zeitlang Weiterentwicklung ermöglicht. Es lag also derselbe Fall vor wie ein von mir 1892 bei Tradescantia-Stecklingen beschriebener.

3) Landw. Versuchsstat. 1892. Siehe auch ibid. 1902 pag. 104.

resp. das saure primäre Magnesiumphosphat der Nährlösung in den Zellen in sekundäres Magnesiumphosphat resp. bernsteinsaure Magnesia verwandelt, welche Salze ihrem ganzen Wesen nach nur äufserst langsam auf die Calciumproteidverbindungen des Zellkerns wirken werden, so dafs die direkte Schädigung durch Kalkmangel auch ohne die gleichzeitige Giftwirkung der Magnesiasalze eintreten wird. In diesem Falle wird man kaum eine Beschleunigung des Absterbens durch die Giftwirkung der Magnesiumsalze beobachten können.

Es ist ferner zu beachten, dafs manche Objekte, wie z. B. Tradescantia-Stecklinge, gleichzeitig Calcium- und Magnesiumsalze gespeichert enthalten.[1]) Sind die gespeicherten Calciumsalze solcher in kalkfreie Nährlösung gesetzter Stecklinge verbraucht, d. h. dem Zellsaft durch Bildung von Zellkernsubstanz entzogen, so können die gespeichert gewesenen Magnesiumsalze ebenso ihre Giftwirkung entfalten als die Magnesiumsalze der kalkfreien, aber sonst vollständigen Nährlösungen. In diesem Falle werden Pflanzen in Lösungen ohne Kalk und ohne Magnesia — infolge der Giftwirkung von gespeicherten Magnesiasalzen — ebenso rasch absterben können als in Lösungen ohne Kalk mit Magnesia. Es würde in diesem Falle Beneckes Äufserung sehr gut zutreffen (l. c. pag. 105), dafs der Tod durch Kalkmangel ein förmliches „in den Tod Hineinwachsen“ ist.

Dafs unter Umständen das Absterben bei Kalkmangel auch ohne den gleichzeitigen Einflufs der Giftwirkung der Magnesia stattfinden kann, darf wohl auch aus meiner Theorie der Kalkfunktion gefolgert werden. Wenn der Zellkern aus Mangel an Kalk sich nicht mehr normal ausbilden kann, müssen eben die wichtigsten Funktionen der Zellen leiden. Ich habe **nirgends** behauptet, dafs das Absterben bei Kalkmangel stets und ausschliefslich auf der Giftwirkung von Magnesiumsalzen beruhe, sondern nur aus Versuchen an Algen und dem von mir wiederholten Versuch Raumers gefolgert, dafs Magnesiumsalze den Tod bei Kalkmangel beschleunigen, vorausgesetzt, dafs das Volum der Nährlösung und der Gehalt an Magnesiumsalzen nicht zu gering sind.

Universität Tokyo, Juli 1903.

---

1) Siehe Flora 1892 pag. 373.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: 92

Autor(en)/Author(s): Loew Oscar

Artikel/Article: Unter welchen Bedingungen wirken Magnesiumsalze schädlich auf Pflanzen? 489-494