Ueber die Wirkung von Manganverbindungen auf Pflanzen.

Von

O. Loew, K. Aso und S. Sawa.

Mit Abbildung im Text.

Referent: Oscar Loew.

(Aus der landwirthschaftlichen Abtheilung der Universität Tokyo.)

Seit lange ist bekannt, dass Mangan ein sehr häufiger Bestandtheil der Pflanzenaschen ist und dass es nicht selten die Menge des Eisens darin überwiegt. So enthielt die Asche von Buchenblättern in einem Falle 11,25 % Mn_3O_4 und bloss 1,07 % Fe_2O_3, die Asche der Birke 14,47 % Mn_3O_4 auf bloss 1,43 % Fe_2O_3.[1]) Ja in einem Falle machte das Manganoxyduloxyd sogar den Hauptbestandtheil der Pflanzenasche aus, nämlich 35,53 % und 41,23 % der Asche von Nadeln und Rinde von Pinus Abies.[2]) Obgleich Mangan in den verschiedensten Theilen der Pflanzen aufgefunden wurde, so soll es doch nach Pichard[3]) meist in Blättern und Sprossen in grösseren Mengen sich finden, als in den anderen Theilen. Auch in parasitischen Pilzen wurde es gefunden. Bertrand beobachtete es in der Asche von oxydirenden Enzymen, Aso[4]) als Bestandtheil eines Nucleoproteids aus Theeblättern. Im Thierkörper kommt Mangan in weit geringeren Mengen vor als in Pflanzen. Riche fand nur 0,5 mg Mn_3O_4 in einem Kilo Blut, während Andere angeben, nicht einmal Spuren gefunden zu haben. Wurzer (1833) beobachtete es in der Asche der Leber und Zähne, Weidenbusch in der Galle, Horsford (1851) im Harn, Pollacci (1871) in der Milch und Eiern, Maumené (1883) in Haaren und Knochen, Pichard (1898) in Mollusken, Krebsen, Sardinen, Schweineblut und Hühnereiern. Das allgemeine Vorkommen in Thieren scheint im Widerspruch zu stehen mit der starken Giftwirkung, welche Manganverbindungen bei subcutaner oder intravenöser Injection ausüben. Nach Kobert bilden so schon 8 mg Manganoxydul in der Form von citronensaurem Mangannatrium die tödtliche Dose für ein Kilo Körpergewicht des Hundes. Bei Ein-

1) Wolff's Tabellen der Pflanzenaschen I, pag. 121 ff.

2) J. Schröder, Jahresber. f. Agriculturchemie 1878. Auf Trockensubstanz der Blätter und Rinde berechnet, enthielt erstere 1,08 %, letztere 0,66 % Mn_3O_4.

3) Compt. rend. 126, pag. 550.

4) Bulletin der landwirthschaftlichen Hochschule in Tokyo, Band 4 No. 3.

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05174-0268-8

führung in den Magen sind dagegen weit grössere Mengen Manganoxydulverbindungen harmlos, weil die Resorption nur sehr gering ist.

Die wenigen bis jetzt mit Manganverbindungen an Pflanzen angestellten Versuche lassen bloss erkennen, dass Mangan das so nahe verwandte Eisen bei der Bildung des Chlorophyllgrüns nicht ersetzen kann und dass sie einen schädlichen Einfluss äussern können.[1]) Wie das Mangan wirkt, wenn es in sehr kleinen Dosen stetig zugeführt wird, wurde nicht untersucht.

Um zunächst die Art der schädlichen Einwirkung kennen zu lernen, wurden junge Erbsenpflanzen von 16—17 cm Höhe in eine Lösung von 0,25 % schwefelsaures Manganoxydul[2]) gebracht. Es trat hier jedoch so rasch Schädigung ein, dass nach fünf Tagen die meisten Blätter erschlafft, manche schon vertrocknet waren, so dass die Art der schädlichen Einwirkung hier nicht verfolgt werden konnte. Es wurde daher jene Lösung auf 0,1 % verdünnt und diesmal junge Gerstenpflanzen eingesetzt. Diese zeigten nach sieben Tagen eine gelbe Farbe und hatten kleine Wasserwurzeln entwickelt. Die Controlpflanzen in blossem Wasser waren noch normal grün und zeigten grössere Wasserwurzeln. Nach neun Tagen fingen einige Blätter an zu vertrocknen, es wurde deshalb der Versuch beendet und eine Prüfung auf oxydirende Enzyme vorgenommen. Die obere Hälfte der Blätter wurde abgeschnitten und 5 g mit etwas Quarzsand unter allmählichem Zusatz von 50 ccm Wasser fein verrieben. Die Reaction war nur schwach sauer, aber immerhin stärker als im Controlfall. Ein Kubikcentimeter dieses Filtrats (f) wurde nun mit 20 ccm dest. Wassers verdünnt und fünf Tropfen einer 2proce. Guajactinctur zugefügt, worauf eine intensiv blaue Reaction eintrat, welche weit stärker ausfiel als im Controlfall. In analoger Weise fiel auch die Reaction auf Peroxydase dort weit stärker aus, als die Oxydase durch kurzes Erwärmen auf 75° getödtet und nach raschem Abkühlen etwas Wasserstoffsuperoxyd und Guajactinctur zugefügt wurde. In noch markanterer Weise traten die Farbenunterschiede bei der Prüfung mit Guajacol und mit Paraphenylendiamin hervor. Ein Kubikcentimeter jenes Filtrats (f) wurde wieder mit 20 ccm Wasser verdünnt und fünf Tropfen einer 1proc. wässerigen Lösung von Guajacol und drei Tropfen verdünnten (2—3 %) Wasserstoffsuperoxyds zugefügt. Es trat fast momentan eine rothbraune Farbe von grosser Inten-

1) Vergl. Birner und Lucanus, Landw. Versuchsstat. 8, pag. 128 und Wagner, ibid. 13, pag. 69 und 218.

2) Auf wasserfreies Salz berechnet.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05174-0269-6

sität auf, während im Controlfall die Färbung weit schwächer war und sich langsamer entwickelte. Ein colorometrischer Vergleich nach 15 Minuten ergab eine noch etwas weniger als halb so intensive Färbung in letzterem Falle. In analoger Weise wurde die Reaction mit salzsaurem Paraphenylendiamin (unter Zusatz von essigsaurem Natron) und Wasserstoffsuperoxyd ausgeführt und ein ähnlicher Intensitätsunterschied der erzeugten grünen Färbung beobachtet. Diese Beobachtungen stimmen also mit denen G. Bertrand's[1]) überein, welcher fand, dass in Gegenwart von Mangansalzen die Oxydasen stärker oxydirende Kraft ausüben. Der Effect des Mangans scheint derselbe zu sein, als wie eine Vermehrung der Oxydasen, welche nach Beobachtungen von Albert F. Woods[2]) nach Verletzung von Blättern durch manche Blattlausarten und parasitäre Pilze eintritt und welche zur Gelbfärbung der verletzten Partien führt. Woods beobachtete auch in etiolirten Keimpflanzen einen höheren Gehalt an oxydirenden Enzymen als in normalen.

Bei den nächsten Versuchen wurde das Mangansalz noch mehr verdünnt und zugleich den Pflanzen alle mineralischen Nährstoffe dargeboten.

Versuch mit Rettigkeimlingen. Je zwei Keimpflanzen 5—6 cm hoch wurden in folgende Lösungen eingesetzt (26. November):

A 0,02 % $MnSO_4$ + Spur $FeSO_4$
B 0,02 % $MnSO_4$ + 0,02 % $MnSO_4$
C 0,02 % $FeSO_4$.

Die Lösungen erhielten ferner[3]):

Calciumnitrat . . .	0,2 %
Magnesiumsulfat . .	0,05 %
Kaliumnitrat . . .	0,15 %
Ammoniumsulfat . .	0,05 %
Monokaliumphosphat	0,05 %

Natürlich gingen bei der Mischung die obengenannten Sulfate in Phosphate über. Bei der hohen Verdünnung jedoch und der schwach sauren Reaction blieb genügend Mangan und Eisen in Lösung, um einen deutlichen Effect zu erzeugen. Zugleich wurde noch eine zweite Reihe mit Rettigkeimlingen, a, b, c, beobachtet, bei welcher die obigen

---

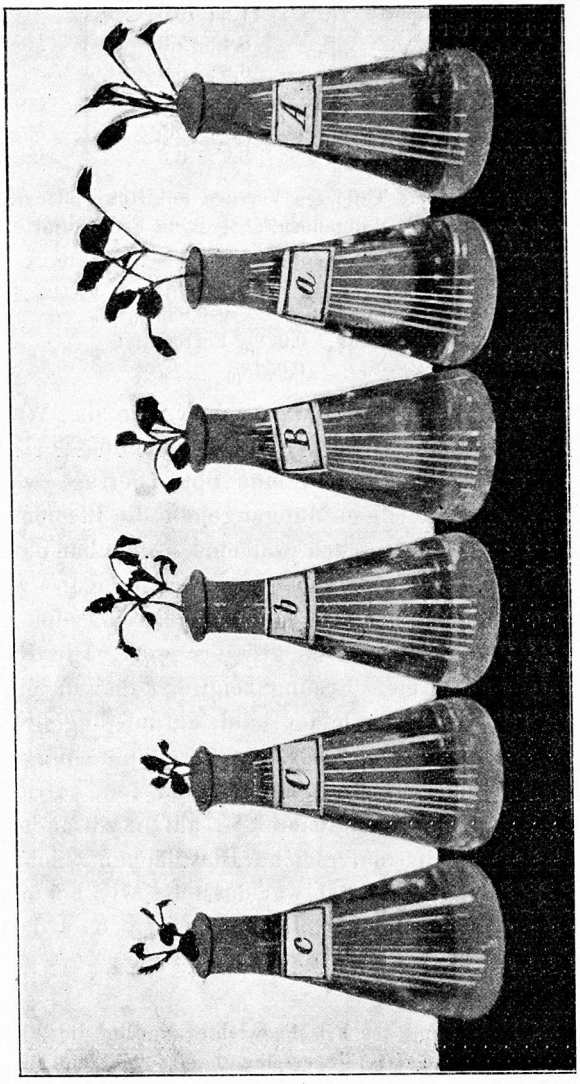
1) Compt. rend. 124, pag. 1032.

2) Centralblatt f. Bakt. II. Abt. 5, 745 [1899].

3) Die sämmtlichen Zahlenangaben beziehen sich nicht auf die Salze mit Krystallwasser, sondern auf die wasserfreien Verbindungen, wie oben.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05174-0270-8

Dosen von Mangan und Eisensulfat auf das Zehnfache und die mineralischen Nährstoffe auf das Fünffache verdünnt angewandt wurden. Die Pflanzen blieben bei Wintertemperatur in einem kalten Zimmer



(0°—6° C.) nahe am Fenster stehen. Trotz dieser niederen Temperatur wurde nach zwei Wochen schon ein ganz auffallender Unterschied beobachtet, den die beifolgende Photographie wiedergibt.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05174-0271-3

Am 14. Dezember wurden folgende Resultate erhalten [1]):

	Zahl der Blätter bei je zwei Pflanzen	Länge der Sprosse	Frischgewicht von je zwei Pflanzen
		cm	g
A	4 + 4	11,2; 10,0	1,20
B	4 + 4	8,4; 7,2	0,65
C	3 + 3	6,8; 6,0	0,35
a	4 + 4	11,5; 10,5	1,30
b	4 + 4	9,8; 8,8	0,90
c	3 + 4	8,2; 8,3	0,45

Erklärung zur Tafel. — Versuch mit Rettigpflanzen.
A: 0,02% Manganosulfat + Spur Ferrosulfat
a: 0,002% „ + „ „
B: 0,02% „ + 0,02% „
b: 0,002% „ + 0,002% „
C: kein Mangan, 0,02% Ferrosulfat
c: „ „ 0,002% „

Unter dem Einflusse des Mangans war also das Wachsthum nicht unbedeutend beschleunigt worden. Die Zunahme bei A und a, wo die dargebotene Eisenmenge nur eine Spur betrug, war grösser als bei B und b, wo bei gleichem Mangangehalt die Eisenmenge vermehrt war.[2]) Auch bei diesem Versuch war eine allmählich eintretende Gelbfärbung der Blätter unter dem Einflusse des Mangans wahrzunehmen. Die Blätter bei A und a waren stärker gelb als die von B und b, wo die Eisenmenge eine etwas grössere war. Die Keimpflanzen C und c in der manganfreien Lösung zeigten dagegen ein tiefes Grün.

Dieser Versuch musste leider bald darauf abgebrochen werden, weil an den Wurzeln eine Schwärzung durch parasitäre Pilze auftrat. Auch hier wurde das wässerige Extract der fein zerriebenen Blätter bezüglich der Intensität der Reactionen auf oxydirende Enzyme verglichen. Es wurden diesmal gleiche Blattflächen, nicht gleiches Gewicht, verglichen. Das Resultat war dasselbe wie bei obenerwähntem Versuch: weit intensivere Reactionen bei den Manganpflanzen.

---

1) Bei der Bestimmung des Frischgewichtes wurden die Wurzeln vorsichtig, um sie nicht zu verletzen, mit Fliesspapier abgetrocknet und die Wägung rasch bei niederer Temperatur vorgenommen.

2) Man könnte bei B einwenden, dass bei der Vermehrung der Eisenmenge ein beträchtlicher Antheil der vorhandenen Phosphorsäure in eine schwerer aufnehmbare Form übergegangen wäre. Dieser Einwand hätte jedoch kaum Berechtigung für die Lösung b.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05174-0272-9

Versuche mit Gerstenpflanzen. Es wurde hier eine Lösung von 0,02 % Manganosulfat + 0,01 % Ferrosulfat verglichen mit einer gleich starken Manganlösung ohne Eisen und einer, welche bloss 0,01 % Ferrosulfat enthielt (Controllösung). Ausserdem wurde noch zugesetzt:

Calciumnitrat	0,04 %
Magnesiumsulfat . . .	0,01 %
Kaliumnitrat	0,03 %
Monokaliumphosphat . .	0,02 %
Ammoniumsulfat . . .	0,01 %

Auch hier wurden die Gerstenpflanzen, je zwei in eine Lösung, am 27. März, bei noch ziemlich niederer Temperatur eingesetzt und in einem Zimmer beobachtet, dessen Temperatur in den ersten Wochen des Versuchs zwischen 4 und 12° schwankte. Eine auffallende Beförderung des Wachsthums unter dem Einflusse des Mangans war auch hier bald zu beobachten. Diese Versuche wurden abgebrochen, als die gelbliche Färbung bei den Manganpflanzen einen mässigen Grad erreicht hatte. Die Resultate der Messung sind aus folgender Tabelle ersichtlich:

Versuche mit Gerste.

	Datum der Messungen cm			Zunahme %
	27. März	9. April	22. April	
Mn	34,0	46,0	51,5	51,4
	38,0	47,2	55,5	46,5
Mn + Fe	35,5	59,0	60,0	71,8
	34,0	51,6	58,0	70,6
Fe (Control)	35,0	43,4	52,1	48,5
	35,0	50,3	57,7	64,9

Versuch mit Soyabohne. Die Lösungen waren hier dieselben wie in dem eben beschriebenen Falle. Es wurden je drei junge Pflanzen in jede der drei Lösungen eingesetzt und der Versuch erst beendigt, als die eingetretene Gelbfärbung grössere Dimensionen angenommen und durch Herabsetzung der Assimilationsthätigkeit die Pflanzen geschädigt hatte. Bei einer Pflanze der Gruppe I, welche auf das in der Pflanze gespeicherte Eisen angewiesen war, war bereits der Tod durch Verhungern eingetreten als der Versuch beendet wurde. Die Messungen sind aus folgender Tabelle ersichtlich:

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05174-0273-5

Versuche mit Soyabohne.

	Datum der Messungen cm				
	25. März	8. April	22. April	30. April	10. Mai
I Mn	9,3	26,0	37,0	40,0	45,0
	10,2	22,0	25,4	35,0	40,5
	7,0	22,5	31,0	31,6	todt
II Mn + Fe	9,6	27,0	40,0	48,1	56,5
	9,8	26,0	40,2	43,5	43,5
	7,5	23,5	38,2	46,0	51,5
III Fe (Control	7,8	24,1	36,5	45,5	56,5
	9,3	21,0	30,0	38,5	45,0
	8,4	24,2	35,0	43,5	49,0

Der Durchschnitt bei Gruppe II und III liefert folgende Zahlen für die Höhe der Sprosse[1]):

	25. März	8. April	22. April	30. April	10. Mai
Mangan und Eisen	8,9	25,3	39,4	45,8	50,5
Eisen	8,5	23,1	33,5	42,5	50,2

Bei den Pflanzen, welche Mangan und Eisen erhielten, bemerken wir ein rasches Ansteigen des Wachsthumes bis zum 22. April, dann tritt eine Verlangsamung dieser Intensität ein, so dass die Controlpflanzen am 10. Mai fast dieselbe Höhe erreicht hatten, als jene. Aus diesen Versuchen scheint also zu folgen, dass Mangan einen so schädlichen Einfluss auf das Chlorophyllgrün ausübt, dass der günstige Einfluss auf die Wachsthumsintensität völlig wieder aufgehoben wird. Dieser Schluss wäre aber weit über das Ziel hinausgeschossen. Sehen wir ja doch, dass ein nicht unbeträchtlicher Mangangehalt der Pflanzen in Feld und Wald statthaben kann, ohne dass die Chlorophyllbildung geschädigt würde. In der That haben unsere weiteren Versuche ergeben, dass die bei niederer Temperatur hervorgerufene Schädigung des Chlorophylls von den Pflanzen bei höherer Temperatur überwunden werden kann, wenn die aufgenommene Manganmenge nicht zu gross ist. Mehrmals beobachteten wir, dass die bei niederer Temperatur erzeugte Gelbfärbung wieder verschwand, wenn die Pflanzen einer Temperatur von 18—20° ausgesetzt wurden. Wahrscheinlich wird das Mangan bei intensiver Lebensthätigkeit der Zellen

1) Wir lassen hier die Reihe mit Mangan allein ausser Betracht, da eine Pflanze wegen zu weit fortgeschrittener Chlorose am 10. Mai schon abgestorben war.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05174-0274-1

zum grossen Theil in schwer- oder unlösliche Verbindungen übergeführt. Aso's oben erwähnte Beobachtung über das Vorkommen von Mangan in Form von Nucleinverbindungen gibt wahrscheinlich einen Fingerzeig in dieser Richtung. Fernere Versuche haben uns überzeugt, dass, wenn die dargebotene Mangansulfatmenge noch sehr klein ist, bei Sommertemperatur gar kein schädlicher Einfluss mehr zu beobachten ist, wohl aber noch eine Steigerung der Wachsthumsintensität stattfinden kann.

Versuch mit Reis. Bei einem weiteren Versuch wurde der Einfluss von Mangan auf Reis in Topfcultur beobachtet. Der Boden stammte aus der Nachbarschaft unserer landwirthschaftlichen Hochschule und war seit vielen Jahren nicht zu landwirthschaftlichen Zwecken benützt worden. Er enthielt 43,94% an Theilchen unter 0,25 mm Durchmesser und dieser Anteil lieferte im lufttrockenen Zustande folgende Zahlen:

Wasser	17,39 %
Humus	11,40 %
Kali	0,27 %
Kalk	0,48 %
Magnesia	0,44 %
Phosphorsäure . . .	0,16 %

Es wurden drei Töpfe aufgestellt; jeder erhielt 8 kg Boden, 16 g Superphosphat, 10 g kohlensaures Kali und 16 g Chilesalpeter. Topf I erhielt keine weitere Substanz, II erhielt 200 ccm einer 0,1proc. Lösung von Eisenvitriol, III dieselbe Menge Eisenvitriol und noch 200 ccm einer 0,1proc. Lösung von Manganvitriol. Der Samen wurde am 24. Mai (1901) gesät, später aber die jungen Pflanzen auf sieben möglichst gleich grosse reducirt. Am 10. November wurde geerntet mit folgendem Resultat:

	I. Control	II. Eisen	III. Mangan u. Eisen
Zahl der Halme . .	19	20	18
Durchschnittshöhe .	58,6 cm	59,7 cm	64,6 cm
Stroh	45,7 g	46,5 g	48,7 g
Körner	5,7 g	7,0 g	11,2 g

Es ergibt sich also, dass unter dem Einflusse des Mangans die Strohproduction etwas, die Körnerproduction bedeutend gesteigert wurde. Auch das Eisenvitriol hatte, wenn auch in weit geringerem Grade, ertragssteigernd gewirkt. Die günstige Wirkung des Eisen- und

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05174-0275-6

Manganvitriols auf einem Boden, welcher bereits Eisen und Mangan enthielt, beruht jedenfalls darauf, dass die feine Vertheilung und die Assimilirbarkeit in unseren Mischungen eine weit günstigere war als im ursprünglichen Boden. Auf Bodenarten, welche bereits Eisen und Mangan in leicht aufnahmbarem Zustande enthalten, dürfte eine weitere Zufuhr solcher Verbindungen kaum eine Ertragssteigerung herbeiführen.[1])

Es dürfte vielleicht die Vermuthung berechtigt sein, dass das Vorkommen leicht assimilirbarer Manganverbindungen einen nicht zu vernachlässigenden Factor der natürlichen Fruchtbarkeit gewisser Böden bildet. Leider wird bei Bodenanalysen nur selten der Mangangehalt mitbestimmt und Vergleiche der Zusammensetzung von Böden mit verschiedenem Grade natürlicher Fruchtbarkeit sind deshalb in dieser Richtung noch nicht möglich.

Worauf beruht nun die wachsthumsteigernde Wirkung von Manganoxydulverbindungen? Darauf lässt sich gegenwärtig noch keine ganz bestimmte Antwort geben, wohl aber können wir uns eine Hypothese bilden, welche viel Wahrscheinlichkeit für sich hat. Seit lange ist bekannt, dass Licht das Längenwachsthum verlangsamt. Dieses bis jetzt nicht erklärte Phänomen bildet einen sonderbaren Gegensatz zu der intensiven chemischen Arbeit, welche das Sonnenlicht in den Chlorophyllkörpern unter Mithilfe des lebenden Protoplasmas dieser Organoide verrichtet. Es wird hier in ausgiebigstem Maasse organischer Stoff fabricirt, und doch zugleich die directe Verwendung desselben als Baustoff verhindert. Abwesenheit des Lichtes bedingt somit dasselbe Resultat, wie Anwesenheit von Mangan, nämlich Beförderung des Wachsthums. Es scheint somit, als ob in beiden Fällen ein Hinderniss entfernt würde, welches die Lichtstrahlen hervorrufen, ein Hinderniss, welches vielleicht in der Erzeugung von gewissen schädlichen Stoffen in den Zellen unter dem Einflusse des Lichtes besteht. Solche Hemmungsstoffe oder „Ermüdungsstoffe“ existiren ja vielfach in den Gewächsen.[2]) Es ist nun wahrscheinlich die Rolle der Oxydasen, manche schädliche Nebenprodukte durch partielle Oxydation so zu verändern, dass sie keinen schädlichen Ein-

1) Dafür scheint auch ein früher auf einem andern Boden gemachter Versuch mit Tabak zu sprechen (L.). Versuche in grösserem Maassstabe und im Hinblick auf etwaige praktische Verwendung von Mangansalzen in der Landwirthschaft sind im Gange und wird darüber später in einer landwirthschaftlichen Zeitschrift berichtet werden.

2) Vgl. Reinitzer, Ber. d. botan. Ges. 11, pag. 531 [1893].

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05174-0276-2

fluss im grösseren Maasse ausüben können[1]). Wenn in Abwesenheit des Lichtes nun die Bildung solcher Substanzen sistirt ist, so begreift sich, dass die Oxydasen jetzt ihrer Aufgabe leichter gerecht werden können und dass die Function des Wachsthums nicht weiter gehemmt wird.

Nun wird aber, wie wir oben bereits gesehen haben, die Wirkung der Oxydasen durch Mangan gesteigert und es ist deshalb möglich, dass sie nun die partielle Oxydation der Hemmungsstoffe ebenso rasch ausführen können, als diese gebildet werden. Da so der hemmende Einfluss des Lichtes aufgehoben ist, kann das Längenwachsthum im Lichte ebenso fortschreiten, als in der Dunkelheit. Diese Hypothese schliesst natürlich nicht aus, dass andersartige Reizmittel aus einem etwas verschiedenen Grunde ebenfalls wachsthumsbeschleunigend wirken können.

1) Ich habe diese Hypothese bereits früher entwickelt im Report No. 59 des U. S. Department of Agriculture, Washington 1899 pag 27.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05174-0277-8

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1902

Band/Volume: 91

Autor(en)/Author(s): Loew Oscar, Aso K., Sawa S.

Artikel/Article: Ueber die Wirkung von Manganverbindungen auf Pflanzen. 264-273