

Studien über die Reizwirkung einiger Metallsalze auf das Wachstum höherer Pflanzen.

von

Masayasu Kanda, *Rigakushi*.

Mit 1 Tafel.

I. Einleitung und Litteratur.

In neuerer Zeit ist die Thatsache bekannt geworden, dass die Metallsalze im allgemeinen je nach ihren Konzentrationen verschiedenartige Einflüsse, d.h. das Wachstum beeinträchtigende oder fördernde Wirkung auf Pflanzenkörper ausüben. Abgesehen von den älteren Angaben haben die neueren und einige vor kurzem erschienene Arbeiten von RICHARDS,¹⁾ RUMM,²⁾ HATTORI,³⁾ ONO,⁴⁾ LOEW,⁵⁾ ASO⁶⁾

1) H. M. RICHARDS: Die Beeinflussung des Wachstums einiger Pilze durch chemische Reize. Pringsh. Jarb. f. Wiss. Bot. Bd. XXX. 1897.

2) RUMM: Ueber die Wirkung der Kupferpräparate bei Bekämpfung der sogenannten Blattfallkrankheit der Weinreben. B.d. D.B.G. Bd. XI. 1893.

3) H. HATTORI: Studien über die Einwirkung des Kupfersulfats auf einige Pflanzen. Jour. Coll. Science, Imp. Univ. Tokyo, vol. XV. Pt. 3. 1901.

4) N. ONO: Ueber die Wachstumsbeschleunigung einiger Algen und Pilze durch chemische Reize. Jour. Coll. Science, Imp. Univ. Tokyo, vol. XIII, Pt. 1. 1900.

5) O. LOEW, K. ASO, & S. SAWA: Ueber die Wirkung von Manganverbindungen auf Pflanzen. Flora od. Allg. Bot. Zeit. 91 Bd. Ergänzt. Bd. z. Jahrg. 1902.

6) K. ASO: On the Action of Sodium-Fluorid upon Plant life. Bull. Coll. Agr. Imp. Univ. vol. V. No. 2.

u.s.w.¹⁾ die Beweise erbracht, dass sowohl bei niederen als auch bei höheren Pflanzen das Wachsthum vegetativer Organe bedeutend beschleunigt wird, falls ihnen gewisse Metallsalze in geeigneten hoch verdünnten Konzentrationen geboten werden.

Indem ich hinsichtlich ausführlicher Angaben auf die betreffende Litteratur verweise, sei hier besonders hervorgehoben, dass die Resultate früherer Forscher nicht immer in allen Beziehungen übereinstimmend und sogar abweichend sind.²⁾ Dies beruht zum Theil auf der Art und Weise der Versuchsanordnung, zum grossen Theile aber auf den Eigenschaften der angewandten Pflanzenobjecte, Eigenschaften, die in verschiedenen Arten, Spielarten, ja sogar je nach Individuen weit verschieden sein können. Ein grosser Fehler würde es sein, wenn man bei darartigen Studien eine nicht streng ausgewählte Pflanzensorte anwendet oder mit einer bestimmten Sorte in einer ungenügenden Anzahl experimentirt.

In der letzt erwähnten Beziehung bietet die Anwendung niederer Pflanzenobjecte vielfach Vorthail, da man vor allem eine grosse Anzahl von Individuen in relativ kleinen Räumen fortwachsen lassen kann, während es bei den höheren blühenden Pflanzen nicht der Fall ist. Es ist demgemäss wohl erklärlich, dass die bisherigen Versuche mit Phanerogamen nicht immer zu befriedigenden Ergebnissen geführt haben; in der That sind die Reaktionen bei höher organisirten Pflanzen viel verwickelter und vielseitiger als bei den niederen, einfacheren Formen.

Aus diesem Grunde würde es erwünscht sein, mit höheren Pflanzen eine Reihe ausgedehnter Versuche anzustellen, um die Koncentra-

1) ADERHOLD: Ueber die Wirkungsweise der sogenannten Bordeaux-Brühe. *Centralb. f. Bakt. &c.* II. Abt. Bd. V. 1899. ANTON BAUMANN: Das Verhalten von Zinksalzen &c. *Landw. Vers. Stat.* Bd. XXXI. 1885.

2) Hierüber vergl. man: OTTO, R.: Ueber Aufnahme u. Speicherung &c. *Ref. Just. Bot. Jahrsb.* Bd. XXI. I. 1893. P. 293., HASELHOFF: Ueber die schädliche Wirkung des Kupfersulfat &c. *Landw. Jahrb.* Bd. XXI. 1893., und H. HATTORI: l. c.

tionen zu finden, bei der die angewandten Metallsalze wachsthumfördernd einwirken könnten, und jene specifische oder individuelle Verschiedenheit zu ermitteln, die unter Versuchspflanzen sicher existieren müssen.

Ich unternahm deshalb vorliegende Untersuchungen unter Anregung und Leitung von Herrn Prof. Dr. MIYOSHI, während eines akademischen Jahres, September 1902—Juni 1903, im botanischen Institute der Universität zu Tokio. Es sei mir gestattet Herrn Prof. Dr. MIYOSHI für seine vielseitige Anregung meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

II. Methodisches.

Bei meinen Versuchen bediente ich mich folgender Metallsalze: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ und NaF , die alle aus der MERCK'schen Fabrik, als „garantiert reine“ Präparate stammten. Sie wurden hauptsächlich bei Wasser- und Topfkulturen verwendet. Als Versuchspflanzen wählte ich je eine bestimmte Sorte von *Pisum sativum*, var. *arvense* Poir., *Pisum arvense* L., und *Vicia Faba*, var. *equine* Pers., und *Fagopyrum esculentum* Mönch.

Die Samen von möglichst gleicher Grösse, wurden, nachdem sie etwa 24 Stunden unter Wasser getaucht und zum Aufquellen gebracht worden sind, in nassen Sägespänen ausgesaet. Die Keimlinge von einigen Centimetern Länge wurden, nach mehrmaligem Waschen mit destilliertem Wasser, zur Wasserkultur angewandt. Die Kulturgefässe hatten einen Inhalt von ca. 2 Litern, und waren mit von fünf Löchern durchzogenen Korkstöpseln versehen. Die Stöpsel wurden vorher mit Wasser andauernd gekocht, um dadurch etwaige lösliche Stoffe zu entfernen. Die Pflänzchen waren unter Zuhilfenahme von Watte durch die Löcher der Korke in die Lösungen gesteckt. Zum Waschen der Kulturgefässe benutzte ich zuerst konzentrierte Salzsäure,

dann wiederholt destilliertes Wasser; die äusseren Wände derselben wurden ferner mit schwarzem Papier bedeckt, um die Wurzeln der Pflänzchen vor dem Lichte zu schützen.

Als Kulturflüssigkeit bediente ich mich nur aus Glas destillierten Wassers, ohne Nährlösungszusatz, so dass die Ernährung der Keimlinge ausschliesslich von den Reservestoffen der Samen besorgt werden mussten. Dass ich dem Wasser keine Nährlösung zugab, hatte seinen Grund darin, dass der eine oder andere Stoff derselben zum Theil den Reizstoff (CuSO_4 od. ZnSO_4 etc.) fällt und somit die Wirkung des Letzteren aufheben kann. Um jene minimale Konzentration zu ermitteln, bei welcher das angewandte Metallsalz noch als Gift wirken kann, stellte ich zunächst eine Reihe von Wasserkulturen an mit Lösungen von verschiedener Stärke. Nach der Feststellung dieser Grenzkonzentration, wurden alle Lösungen von geringeren Konzentrationen zubereitet, welche für die nachstehenden Versuche dienen sollten. Die folgenden Zahlen geben die Konzentrationsgrade der Kulturlösungen.

Prozentgehalt an Kupfersulfat.

1.	5×10^{-8} Gr. Mol. in einem Liter.	=0. 000 00 1245 %
2.	1×10^{-8} „	=0. 000 000 2490 %
3.	5×10^{-9} „	=0. 000 000 1245 %
4.	1×10^{-9} „	=0. 000 0000 2490 %
5.	5×10^{-10} „	=0. 000 0000 1245 %
6.	1×10^{-10} „	=0. 000 00000 2490 %

Prozentgehalt an Zinksulfat.

1.	1×10^{-6} Gr. Mol. in einem Liter.	=0. 000 0 2870 %
2.	5×10^{-7} „	=0. 000 0 1435 %
3.	1×10^{-7} „	=0. 000 00 2870 %
4.	5×10^{-8} „	=0. 000 00 1435 %
5.	1×10^{-8} „	=0. 000 000 2870 %
6.	5×10^{-9} „	=0. 000 000 1435 %

Prozentgehalt an Fluornatrium.

1.	1×10^{-3}	Gr. Mol. in einem Liter.	=0.	00	42 %
2.	5×10^{-4}	„	=0.	00	21 %
3.	1×10^{-4}	„	=0.	000	42 %
4.	5×10^{-5}	„	=0.	000	21 %
5.	1×10^{-5}	„	=0.	0000	42 %
6.	5×10^{-6}	„	=0.	0000	21 %

Die Versuche mit Topfpflanzen wurden in folgender Weise angestellt. Die Samen von *Fagopyrum*, *Pisum* und *Vicia* wurden in mit humoser Gartenerde gefüllten Töpfen von ca. 3 Litern Inhalt, ausgesät. Diese Töpfe kamen an einen günstigen Ort, wo Licht, Wärme und andere äussere Faktoren möglichst gleichmässig blieben. Als die Sprossen drei bis vier Centimeter lang waren, wurden fünf von ihnen von möglichst gleicher Grösse und Gestalt in die Versuchstöpfe gepflanzt, und während einer bestimmten Zeitfrist mit 200 cc. Centimolrelösungen der Salze begossen. Um die Feuchtigkeit in allen Töpfen möglichst gleich zu halten, erhielten die mit Metallsalzlösung nicht begossenen Töpfen gleichzeitig dieselbe Menge von Leitungswasser.

Wie bereits in der Einleitung betont wurde, existierten bei dem gleichartig aussehenden Samenmaterial einer und derselber Rasse, bedeutende individuelle Verschiedenheiten, die in Ausgestaltung und Wachstum jedes Keimlinges zum Vorschein kommen können. Unter Berücksichtigung dieses Punktes habe ich für Wasserkultur stets gleichaussehende zahlreiche Erbsenpflänzchen verwendet, um die individuelle Differenz möglichst auszuschliessen.

Bei Fluorkulturen wandte ich, aus gewissen Gründen, stets inwendig mit einem Firnis überzogene Glasgefässe an.

In keinem Falle, wurden bei den in destilliertem Wasser kulti-

vierten Erbsenpflanzen Wurzelknöllchen beobachtet. Die Lösungen wurden alle vier Tage erneuert.

III. Das Verhalten einiger Kulturpflanzen in sehr verdünnten Kupfersulfat-, Zinksulfat- und Fluornatriumlösungen.

Bei dem Versuche mit *Pisum*keimlingen, kam aus Glasgefässen destilliertes Wasser mit Zusatz von bestimmten Mengen der Metallsalze zur Verwendung, und die Zuwachsgrösse der Versuchspflanzen wurde nach einer bestimmten Zeitfrist in Bezug auf die Länge der Sprossen und der Wurzeln gemessen, ferner das Trockengewicht jedes Individuums ermittelt.

A. Kulturversuche mit CuSO_4 Lösungen.

Diese führten zum Resultate, dass die Kupfersulfatlösung auf Erbsenpflanzen, sogar bei einer Verdünnung von 1×10^{-8} Gr. Mol. d. h. 0.000 000 249 %, noch giftig ist, während noch verdünntere Lösungen z. B. 1×10^{-9} Gr. Mol. (=0.000 0000 249 %) und 1×10^{-10} Gr. Mol. (=0.000 000 00 249 %), weder als Gift noch als Beschleunigungsmittel einwirken.

Durch alle Versuchsreihen dieser Art, schienen die Kupfersulfatlösungen mit den Konzentrationen von 1×10^{-9} bis 1×10^{-10} Gr. Mol. zuweilen als wachstumsbeschleunigendes Mittel, mitunter aber einfach als Gift einzuwirken.¹⁾ Als Beispiele sei folgende zwei Fälle angegeben :

1) Vergl. Tabelle I, B, D & E und I; G, H & I.

(A).

Pisum arvense L.

	Konzentration der Lösungen von $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längendifferenz der Sprosse in Cm. verglichen mit Kontrollpflanzen.	Gesamnte Trockengewicht der Sprosse und Wurzeln in Gr.	Trockengewicht- differenz in Gr. verglichen mit Kontrollpflanzen.
I.	Kontroll.	9.1	—	.837	—
II.	1×10^{-8} Gr. Mol. = 0.000 000 249%.	8.2	−0.9	.737	−.100
III.	5×10^{-9} Gr. Mol. = 0.000 000 1245%.	8.5	−0.6	.780	−.057
IV.	1×10^{-9} Gr. Mol. = 0.000 000 0 249%.	11.7	+2.6	.860	+.023
V.	5×10^{-10} Gr. Mol. = 0.000 000 0 1245%.	11.2	+2.1	.830	−.007
VI.	1×10^{-10} Gr. Mol. = 0.000 000 00 249%.	11.8	+2.7	.860	+.023

(B).

Pisum arvense L.

	Konzentration der Lösungen von $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längendifferenz der Sprosse in Cm. verglichen mit Kontrollpflanzen.	Gesamnte Trockengewicht der Sprosse und Wurzeln in Gr.	Trockengewicht- differenz in Gr. verglichen mit Kontrollpflanzen.
I.	Kontroll.	15.0	—	.895	—
II.	5×10^{-8} Gr. Mol. = 0.000 00 1245%.	15.0	± 0.0	.874	−.021
III.	1×10^{-8} Gr. Mol. = 0.000 000 249%.	15.0	± 0.0	.962	−.033
IV.	5×10^{-9} Gr. Mol. = 0.000 000 1245%.	14.0	−1.0	.872	−.023
V.	1×10^{-9} Gr. Mol. = 0.000 000 0 249%.	13.0	−2.0	.900	+.005
VI.	5×10^{-10} Gr. Mol. = 0.000 000 0 1245%.	12.8	−2.2	.970	+.075
VII.	1×10^{-10} Gr. Mol. = 0.000 000 00 249%.	14.0	−1.0	.880	−.015

In (A) ist eine günstige Wirkung deutlich, in (B) aber ein schädlicher Einfluss unverkennbar. Durchschnittlich beobachtete ich, dass die in 1×10^{-8} Gr. Mol. Lösung verweilten Pflanzen immer schlechter vegetierten als die Kontrollpflanzen, wenngleich eine morphologische Veränderung bei den Versuchspflanzen sich nicht auffinden liess. Somit ist es zweifellos, dass die so stark verdünnte Kupfervitriollösung wie 1×10^{-8} Gr. Mol. für *Pisum*arten noch giftig wirkt. Andererseits sind aber die in weitaus verdünnten 5×10^{-9} — 1×10^{-10} Gr. Mol. Lösungen nicht mehr sicher giftig und sogar indifferent. Selbstverständlich ist die Wirkungsweise je nach der individuellen Differenz des Versuchsobjectes verschieden.

B. Kulturversuche mit ZnSO_4 Lösungen.

Diese ergaben, dass die minimale Grenzkonzentration für die Giftwirkung der Zinksulfatlösung auf *Pisum*keimlinge etwa bei 5×10^{-5} Gr. Mol. (=0.000 1435%) liegt. Versuche mit noch verdünnteren Lösungen führten mich zu nachstehenden Resultaten:

Spuren von Zinksulfat in Lösungen sind für einige Pflanzen absolut unschädlich, und können sogar das Wachstum der *Pisum*keimlinge beschleunigen, das optimale Konzentration liegt ungefähr zwischen 1×10^{-7} Gr. Mol. (=0.000 00 287 %) und 5×10^{-9} Gr. Mol. (=0.000 000 1435 %). Die wachsthumbeschleunigenden Wirkungen dieses Metallsalzes sind beispielweise aus folgender Tabelle zu ersehen:

(C).

Pisum arvense L.

	Konzentration der Lösungen von $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.	Länge der Sprosse in Cm. mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz der Sprosse in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Länge der Wurzeln in Cm. mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz der Wurzeln in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Gesamntes Trocken- gewicht der Sprosse & Wurzeln in Gr.	Trocken- gewicht- differenz in Gr. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.
I.	Kontroll.	10.0	—	15.0	—	.956	—
II.	1×10^{-6} Gr. Mol. =0.000 0 287 %.	9.0	-1.0	15.0	± 0.0	.950	+ .006
III.	5×10^{-7} Gr. Mol. =0.000 0 1435 %.	9.0	-1.0	13.0	-2.0	.923	-.033
IV.	1×10^{-7} Gr. Mol. =0.000 00 287 %.	10.0	± 0.0	15.0	± 0.0	.930	-.026
V.	5×10^{-8} Gr. Mol. =0.000 00 1435 %.	11.5	+1.5	15.0	± 0.0	.990	+ .034
VI.	1×10^{-8} Gr. Mol. =0.000 000 287 %.	11.0	+1.0	16.5	+1.5	.957	+ .001
VII.	5×10^{-9} Gr. Mol. =0.000 000 1435 %.	10.8	+0.8	17.0	+2.0	.930	-.026

Bei 1×10^{-6} Gr. Mol. (=0.000 0 287 %) und 5×10^{-7} Gr. Mol. (=0.000 0 1435 %) Lösungen treten zuweilen abnormale Wuchsformen der Wurzeln auf, sonst sind die Pflanzen stets von geringeren Dimensionen als bei den Kontrollpflanzen. Zinksulfatlösungen im oben angegebenen Verdünnungsgrad sind deshalb auf einige Erbsenkeimlinge giftig.

Die wachsthumbeschleunigende Wirkung des Zinksalzes auf Algen und Pilze wurde schon von Ōno nachgewiesen, auf Phanerogamen aber, so weit ich unterrichtet bin, ist bisher noch nicht konstatiert worden. Es ist mir deshalb vom gewissen Interesse die beschleunigende Wirkung der verdünnten Zinksulfatlösungen auf Blütenpflanzen hiermit zum ersten Male festgestellt zu haben.

C. Kulturversuche mit NaF Lösungen.

Einige Vorversuche ergaben, dass bei *Pisum*keimlingen die Grenzkonzentration der NaF-Lösungen zwischen 5×10^{-3} Gr. Mol. oder 0.02 % bis 1×10^{-2} Gr. Mol. oder 0.04 % liegt. Danach bereitete ich einige verdünntere Lösungen, wie es schon im zweiten Kapitel angegeben wurde, und gelangte zu immer unzweideutigeren Resultaten, wie aus folgender Tabelle ersichtlich :

(D).

Pisum arvense L.

	Konzentration der Lösung von NaF.	Länge der Sprosse in Cm. mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz der Sprosse in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen I.	Länge der Wurzeln in Cm. mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz der Wurzeln in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen I.	Gesamtes Trocken- gewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trocken- gewicht- differenz in Gr. vergli- chen mit Kontroll I.
I.	Kontroll.	9.7	—	15.5	—	.888	—
II.	1×10^{-3} Gr. Mol. =0.00 42 %.	9.1	—0.6	15.0	—0.5	.894	+ .006
III.	5×10^{-4} Gr. Mol. =0.00 21 %.	15.2	+5.5	18.2	+2.7	.935	+ .047
IV.	1×10^{-4} Gr. Mol. =0.000 42 %.	13.6	+3.9	17.5	+2.0	.840	— .048
V.	5×10^{-5} Gr. Mol. =0.000 21 %.	15.7	+6.0	17.2	+1.7	.794	— .094
VI.	1×10^{-5} Gr. Mol. =0.000 0 42 %.	9.7	± 0.0	15.3	—0.2	.880	— .008
VII.	5×10^{-6} Gr. Mol. =0.000 0 21 %.	10.6	+0.9	15.0	—0.5	.870	— .018
VIII.	Kontroll.	10.6	+0.9	16.0	+0.5	.787	— .101

Aus obenstehender Tabelle wird ersichtlich, dass hoch verdünnte NaF-lösungen auf die Erbsen-Pflanzen bedeutende wachstumsbeschleunigende Einwirkung ausüben, und ferner, dass die optimale Konzentration zwischen 5×10^{-4} Gr. Mol. oder 0.00 21 % und 5×10^{-5} Gr. Mol. oder 0.000 21 % liegt. Die in diesen Lösungen kultivierten

Pflanzen haben zahlreiche lange Seitenwurzeln hervorgetrieben, und die Sprosse wuchsen viel schneller als die in destilliertem Wasser kultivierten Kontrollpflanzen.

Wie Ōno¹⁾ und Aso²⁾ bereits gezeigt haben, liegt der optimale Punkt der Reizwirkung des NaF für Algen etwa bei 0.000 0 3 %, und derselbe für die Gersten- und Reispflanzen etwa bei 0.00 5–0.00 1 % ; es geht daraus hervor, dass der Konzentrationsgrad des Fluornatriums, welcher den Erbsenpflanzen als ein Wachstumsbeschleunigungsmittel dient, höher ist als der für die Algen und niedriger als der für die Gersten- und Reispflanzen.

IV. Das Verhalten der Topfpflanzen gegen Kupfer- und Zinksulfatlösungen.

Bekanntlich werden manche Salzlösungen bei Berührung mit dem Boden nicht gleichmässig absorbiert ; bei andauernder Berieselung mit grossen Mengen von Lösung werden die Salze im Boden allmählich von oben nach unten fortschreiten ; diese eindringenden Salze werden von der Erde mehr oder weniger absorbiert, wodurch die Giftwirkung mancher Salze sehr erheblich vermindert werden kann.

Um die Frage, wie verhalten sich die Pflanzen, die in solchen entgiftend wirkenden Boden gepflanzt sind? zu beantworten, habe ich eine Reihe von Topfversuch (mit *Pisum*-, *Vicia*- und *Fagopyrum*-Pflanzen) mit Kupfer- und Zinksulfatlösung angestellt und gelangte zu folgenden Resultaten.

1) N. Ōno: L. c. p. 165.

2) K. Aso: L. c.

Obgleich die mit ziemlich concentrirten Zink- oder Kupfer-Salzlösungen begossenen Topfpflanzen ihre Lebensthätigkeit lange Zeit beibehalten können, bei fortdauernden Berieselungen zeigen sie zuletzt die Symptome der Erkrankung und gehen zu Grunde. Wenn man sie jedoch mit hoch verdünnten Lösungen behandelt, ändern sich die Erscheinungen. Die Vegetationsverhältnisse der in dem humösen Boden wachsenden mit solchen Giftlösungen begossenen Pflanzen, sind nicht nur im geringsten nicht beschädigt, sondern gedeihen mehr oder weniger, wie die mit Leitungswasser begossenen Kontrollpflanzen.

A. Versuche mit Kupfersulfatlösung.

Ich beobachtete bei einigen Versuchen mit *Vicia* und *Pisum*, dass die Topfpflanzen, welche mit den mehr als Centimoral verdünnten Lösungen von Zeit zu Zeit gekupfert werden, nicht nur unvergiftet erscheinen, sondern im Gegentheil mehr oder weniger im ihren Wachsthum beschleunigt wurden. Beim mehrmaligen Begiessen mit Kupfersulfatlösung wird endlich eine grosse Menge Kupfersalzes in der Erde angehäuft werden, und müssen Giftwirkungen zu Tage treten. Ich beobachtete in zahlreichen Versuchen, wenn die gesammte Menge von CuSO_4 etwa über 12 gr. gestiegen war, dass die Giftwirkung auf gewisse Pflanzenarten recht auffallend wurde; betrug die Kupfermenge etwa 5 bis 8 gr. CuSO_4 , so wirkte das Metall vortheilhaft.

Folgende Tabelle zeigt die Resultate mit *Vicia Faba*:

(E).

Vicia Faba L.

	Zahl der Behandlungen pro Woche.	Totalsumma des festen Kupfersul- fates in Gram.	Zahl der neugebildete Stämme.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz in Cm. vergli- chen mit Kontroll.	Trocken- gewicht der Stämme in Gram.	Trocken- gewicht der Wurzeln in Gram.	Totalsumma der Stämme und Wurzeln in Gram.
I.	Kontroll.	—	8.	41.8	—	6.7	6.0	12.7
II.	1 mal. pro Woche.	3.984	8.	49.7	+ 7.9	7.7	6.0	13.7
III.	2 mal. pro Woche.	5.976	8.	51.5	+ 9.7	9.1	5.5	14.6
IV.	Jeden Tag.	26.394	9.	54.5	+ 12.7	7.5	4.9	12.4

Bei Beendigung des Versuches, sahen die Blätter der oben bezeichneten Topfpflanzen IV. ziemlich gelb aus, die Wurzeln waren theilweise vergiftet, und eine Abnahme des Trockengewichtes resultierte. Die Versuche mit *Pisumpflanzen* verhielten sich ebenso, und zwar mit geringeren Schwankungen. *Fagopyrum esculentum* zeigte jedoch keine Veränderung bei der Berieselung, die dreimal pro Woche und im Ganzen 20 mal ausgeführt war; die totale Menge des CuSO_4 betrug dabei 9.960 gr. Dennoch war eine starke Vergiftung der Stammtheile, die dicht oberhalb der Erdoberfläche lagen, sichtbar, als ich den Topf täglich mit CuSO_4 -Lösung behandelte, bis die Totalmenge des Salzes auf 23.406 gr. gestiegen war.

In tabellarischen Zusammenstellungen stellte ich die Resultate der ganzen Versuchsreihe dar, die während einer langen Zeitfrist fort-dauerten, aber ich war schliesslich nicht im Stande, eine bestimmte Optimumkonzentration aufzufinden. Im Freien ist die Verdunstungsgrösse der Topferde von der Jahreszeit abhängig, und diese muss die Resultate der Topfversuche im hohem Grade beeinflussen. Diese störenden Einflüsse der Verdunstung können die Unbeständigkeit der Resultate in diesen Fällen verursacht haben, und in der That muss

der Einfluss der äusseren Faktoren grösser sein, als die beschleunigenden oder vergiftenden Wirkungen der Kupfersalze.

B. Versuche mit Zinksulfatlösung.

Aus meinen Versuchsergebnissen geht deutlich hervor, dass die hoch verdünnten Zinksulfatlösungen, mit der die in Humusboden kultivierten Topfpflanzen behandelt wurden, auf das Wachstum der Pflanzen begünstigend einwirken können.

Ich beobachtete in einigen Versuchen mit *Pisum arvense* und *Vicia Faba*, dass Zinksulfat, das den Pflanzen als centimolare Lösung 3 mal pro Woche in Portionen von je 200 cc. zugesetzt war, (zwischen 5 und 13 gr. festes Zinksulfat) eine bedeutende Reizwirkung gezeigt hat, und ferner wenn die Menge etwa 25 gr. erreichte, die Gifterscheinung ziemlich bemerkbar wurde; jedoch zeigte in einem Falle, dass *Pisum arvense* sogar nach Behandlung mit 20.09 gr. nicht nur keine Schädigung, sondern eine normale Entwicklung erfuhr und somit keinen Unterschied von den Kontrollpflanzen zeigte.

Die folgende Tabelle zeigt ein Beispiel der Beobachtungen:

(F).

Vicia Faba L.

	Zahl der Behandlungen Pro Woche.	Totalsumma des festen Zinksulfats in Gram.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Trocken- gewicht der Stämme in Gram.	Trocken- gewicht der Wurzeln in Gram.	Totalsumma der Stämme und Wurzeln in Gram.
I.	Kontroll.	—	49.0	—	9.57	5.0	14.57
II.	Ein und nur 1.	.574	47.0	—2.0	9.00	5.2	14.20
III.	1 mal. pro Woche.	1.722	49.5	+0.5	8.87	5.1	13.97
IV.	2 mal. pro Woche.	4.018	53.0	+4.0	9.95	5.1	15.05
V.	3 mal. pro Woche.	5.740	56.5	+8.5	10.90	5.2	16.10

Fagopyrum esculentum zeigte keinen Unterschied von den Kontrollpflanzen nach dreimaliger Berieselung pro Woche (Summa 9.758 gr.); doch durch tägliche Berieselung (Summa 22.96 gr.), ähnlich bei CuSO_4 -Versuchen, wurden die Stämme, die der Erde näher lagen, stark vergiftet.

BAUMANN¹⁾ hat bereits in seiner Arbeit über die Einwirkung des Zinksalzes betont, dass Zinkvitriol in dem einem Boden schädliche Wirkungen hervorbringen mag, während in einem anderen Boden durch Begiessen mit derselben Lösung für die Vegetation günstige Erscheinungen beobachtet werden können. Auch in meinen Versuchen beobachtete ich, dass Humuserde aus dem Garten dieses Institut eine Beschleunigungserscheinung zeigte, sie wird daher der letzteren Erdsorte BAUMANN's ähnlich sein. In unseren Fällen wirkte Zinksulfat, welches als Centimolarelösung bei den Topfpflanzen in Anwendung kam, nie als Gift, bis die gesammte Menge festen Salzes etwa 15 gr. erreichte, die optimale Dosis für Wachsthumbeschleunigung liegt etwa bei 5-12 gr.

Die Reizwirkung der Metallsalze in Topfversuchen, insbesondere beim Kupfersalz, konnte ich leider nicht immer mit genügender Sicherheit konstatieren. Um diese Misserfolge aufzuklären, müssen folgende Umstände in Betracht gezogen werden.

1). Die chemische Wechselwirkung eines Metallsalzes mit den komplexen Verbindungen im Humusboden.

2). Die Ungleichheit des Wachstums der Kontrollpflanzen, die in verschiedenen Töpfen gezogen wurden, war sehr erheblich,

1) ANTON BAUMANN. Das Verhalten von Zinksalzen gegen Pflanzen und im Boden. Landw. vers. Stat. Bd. XXXI. 1885.

obzwar die Pflanzen in einem und demselben Topfe ziemlich gleichmässig vegetierten.

Der Einfluss der Jahreszeiten, and zwar der der Temperatur- und Feuchtigkeitsveränderungen, scheint die Einwirkungen der Metallsalze in hohem Grade zu modificieren. Ich beobachtete, dass in kalter aber feuchter Zeit, infolge der Transpirationsverminderung die Giftwirkung der Metallsalze bedeutend verringert wurde, obwohl sie reichlich in der Erde vorhanden waren, während in warmer und trockner Saison, wegen zu starker Verdunstung die Giftwirkung sehr erhöht war. Diese und noch andere meteorologische sowie klimatologische Factoren verursachen hier in der That sehr verschiedene Effekte.

Ausser oben erwähnten Versuchen, führte ich unter andersartigen Versuchsanordnungen noch folgende vier Experimente aus, die ich hier kurz erwähne: Erstens, die Blätter der Topfpflanzen wurden mit hoch verdünnten Metallsalzlösungen bespritzt; zweitens, dieselbe Lösung wurde mittelst einer PRÄVATZschen Spritze in die Gefässtheil der weichen Topfpflanzen (*Vicia*, *Pisum* u. Kartoffelpflanzen) hineingespritzt; drittens, liess ich nach der Methode, die HANSTEEN¹⁾ in seiner Arbeit über Eiweiss-synthese angewandt hat, die verdünnten Lösungen direkt die Cambiumschichte berühren, und von dort aus einsaugen; viertens, es kam das Aetherverfahren nach der Methode JOHANSEN's²⁾ zur Anwendung.

Fast alle diese Versuche ergaben aber keine nennenswerthe Resultate. Im ersten Falle, wurde wegen der Verdunnung der

1) BARTHOLOMÄUS HANSTEIN, Ueber Eiweiss-synthese in grünen Phanerogamen. Jahrb. f. W. Bot. Bd. 33. 1899.

2) W. JOHANSEN. Das Aether-Verfahren beim Frühlreiben mit besonderer Berücksichtigung der Fließtreiberei. 1900.

bespritzten Lösung die Konzentration so gesteigert, dass die Blätter schliesslich zu Grund gingen; im zweiten Falle, trat infolge des Zerreissens des Gewebekomplexes oft das Welken des darüberliegenden Theils ein; und im dritten starb das Cambium ehe die Lösung genügend eingesaugt worden war. Nur im vierten Falle, beobachtete ich, dass das Blühen des Kirschbäume, welche als Versuchsobjekt angewandt waren, nach 24 stündigen Aetherisieren mit 20 cc. Aether pro Hectliter Luft, im Vergleiche mit Kontrollpflanzen früher eintrat.

V. Schlussbemerkungen und Zusammenfassung der Resultate.

Aus den vorstehenden Untersuchungen geht zunächst hervor, dass einige Pflanzen in ihrem Gedeihen durch eine geringe Zugabe von gewissen Metallsalzen, welche für sich nicht als Nährstoffe, sondern in grösseren Dosen als Gift einwirken, günstig beeinflusst werden. Von den geprüften Metallsalzen konnte ich nur bei Kupfersulfat bei den Wasserkulturen von meinen Versuchspflanzen (Erbsen) die besprochene Reaktion nicht konstatiren. Bei meinen Versuchen wirkte das Kupfersalz in so starker Verdünnung, wie 0.000 000 2 %, entschieden noch als Gift, und bei Anwendung der weiter verdünnten Lösungen war eine wachsthumsbeschleunigende Einwirkung nicht nachweisbar.

Von den von mir angewandten Versuchsmethoden haben nur Wasser- und Topfkultur brauchbare Resultate geliefert während alle anderen (vergl.: p. 16-17) für unseren Zweck sich nicht besonders geeignet erwiesen.

Wasser- und Topfkultur haben beide ihren Vor- und Nachtheil. Bei der ersteren kann man einen Stoff in reinem Zustande oder auf direktem Wege einwirken lassen, obgleich das Kultiviren einer Landpflanze im Wasser sie in abnormalen Zustand

versetzt, während bei der letzteren d.h. Topfkultur, welche die Pflanze möglichst im natürlichen Zustande belässt, man dies keineswegs erwarten kann, da das Absorptionsvermögen des Bodens für Gifte das Resultat sehr modificirt, was bei Verschiedenheit der Böden wohl berücksichtigt werden muss.

Die wesentlichsten Resultate können folgendermassen zusammengefasst werden :—

1. Stark verdünnte Kupfersulfatlösung kann schon bei 0.000 000 249% auf *Pisum*keimlinge in Wasserkultur schädlich einwirken, und noch weiter verdünnte von 0.000 000 0 249—0.000 000 00 249 % wirken weder als Gift noch als Reizmittel. Aber in gewissen Böden kann CuSO_4 als Reizmittel wirken: Die mit 200 cc. von 0.249 % CuSO_4 Lösung zweimal pro Woche begossenen *Pisum* und *Vicia* Topfpflanzen zeigen stärkeres Gedeihen nach 5 bis 8 Wochen, d.h. bei 10-14 maligen Berieselungen mit ca. 5-7 gr. des festen Kupfersulfats.

2. Das Gedeihen der *Pisum*keimlinge in Wasserkultur wird durch Zugabe von Zinksulfat im höchst verdünnten Zustande begünstigt, die optimale Konzentration liegt zwischen 0.000 00 287% und 0.000 000 1435%; bei einer Konzentration 0.000 0 287 % wirkt sie bereits als Gift. Die mit 200 cc. von 0.287 % ZnSO_4 dreimal pro Woche begossenen *Vicia* und *Pisum* Topfpflanzen zeigen ein schnelleres Wachstum als die mit Leitungswasser begossenen Kontrollpflanzen im Verlauf der 3 bis 6 Wochen, d.h. bei 10-20 maligen Berieselungen, in welchen die totale Menge von ZnSO_4 ca. 5—13 gr. beträgt.

3. Fluornatrium-Lösung kann für das Wachstum der *Pisum*keimlinge in Wasserkultur als Reizmittel dienen; die optimale Konzentration liegt zwischen 0.00 21 % und 0.000 21 %. Sie wirkt bei 0.02 % schon als Gift.

Tabellarische Zusammenstellung.

I. Wasserkultur von Erbsenkeimlingen mit Zusatz von
 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Tab. A.

Pisum sativum, var. *arvense* POIR.,—angestellt 25 Sept. 1902.

Kulturdauer 23 Tage.

Zimmertemperatur.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längendifferenz der Sprosse in Cm. verglichen mit Kontrollpflanzen.	Gesamtes Trockengewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trockengewicht- differenz in Gr. verglichen mit Kontrollpflanzen.
I.	Kontroll.	15.2	—	1.165	—
II.	1×10^{-8} Gr. Mol. =0.000 000 249%.	14.5	−0.7	1.117	−.048
III.	5×10^{-9} Gr. Mol. =0.000 000 1245%.	15.8	+0.6	1.167	+ .002
IV.	1×10^{-9} Gr. Mol. =0.000 000 0 249%.	15.2	±0.0	1.137	−.028
V.	5×10^{-10} Gr. Mol. =0.000 000 0 1245%.	13.6	−1.6	1.105	−.060
VI.	1×10^{-10} Gr. Mol. =0.000 000 00 249%.	10.6	−4.6	0.990	−.175

Tab. B.

Pisum sativum, var. *arvense* POIR.,—angestellt 29 Oct. 1902.

Kulturdauer 18 Tage.

Zimmertemperatur.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längendifferenz der Sprosse in Cm. verglichen mit Kontrollpflanzen.	Gesamtes Trockengewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trockengewicht- differenz in Gr. verglichen mit Kontrollpflanzen.
I.	Kontroll.	6.0	—	1.275	—
II.	1×10^{-8} Gr. Mol. =0.000 000 249%.	7.5	+1.5	1.157	−.118
III.	5×10^{-9} Gr. Mol. =0.000 000 1245%.	6.9	+0.9	1.132	−.143
IV.	1×10^{-9} Gr. Mol. =0.000 000 0 249%.	6.0	±0.0	1.234	−.041
V.	5×10^{-10} Gr. Mol. =0.000 000 0 1245%.	6.9	+0.9	1.339	+ .064
VI.	1×10^{-10} Gr. Mol. =0.000 000 00 249%.	4.5	−1.5	1.132	−.143

Tab. C.

Pisum arvense L., ————— angestellt 30 Oct. 1902.

Kulturdauer 18 Tage.

Zimmertemperatur.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längendifferenz der Sprosse in Cm. verglichen mit Kontrollpflanzen.	Gesamntes Trockengewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trockengewicht- differenz in Gr. verglichen mit Kontrollpflanzen.
I.	Kontroll.	8.2	—	1.126	—
II.	5×10^{-8} Gr. Mol. = 0.000 00 1245 %.	6.6	— 1.6	1.002	— .124
III.	1×10^{-8} Gr. Mol. = 0.000 000 249 %.	6.6	— 1.6	0.961	— .165
IV.	5×10^{-9} Gr. Mol. = 0.000 000 1245 %.	10.0	+ 1.8	1.137	+ .011
V.	5×10^{-10} Gr. Mol. = 0.000 000 0 1245 %.	9.1	+ 0.9	1.270	+ .144

Tab. D.

Pisum arvense L., ————— angestellt 17 Nov. 1902.

Kulturdauer 10 Tage.

Temperatur 15°—20°C.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längendifferenz der Sprosse in Cm. verglichen mit Kontrollpflanzen.	Gesamntes Trockengewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trockengewicht- differenz in Gr. verglichen mit Kontrollpflanzen.
I.	Kontroll.	9.1	—	.837	—
II.	1×10^{-8} Gr. Mol. = 0.000 000 249 %.	8.2	— 0.9	.737	— .100
III.	5×10^{-9} Gr. Mol. = 0.000 000 1245 %.	8.5	— 0.6	.780	— .057
IV.	1×10^{-9} Gr. Mol. = 0.000 000 0 249 %.	11.7	+ 2.6	.860	+ .023
V.	5×10^{-10} Gr. Mol. = 0.000 000 0 1245 %.	11.2	+ 2.1	.830	— .007
VI.	1×10^{-10} Gr. Mol. = 0.000 000 00 249 %.	11.8	+ 2.7	.860	+ .023

Tab. E.

Pisum arvense L., ————— angestellt 4 Febr. 1903.

Kulturdauer 20 Tage.

Temperatur 12°–20°C.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längendifferenz der Sprosse in Cm. verglichen mit Kontrollpflanzen.	Gesamntes Trockengewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trockengewicht- differenz in Gr. verglichen mit Kontrollpflanzen.
I.	Kontroll.	10.0	—	0.947	—
II.	5×10^{-8} Gr. Mol. =0.000 00 1245%.	9.1	–0.9	0.966	+ .019
III.	1×10^{-8} Gr. Mol. =0.000 000 249%.	10.6	+0.6	0.932	–.015
IV.	5×10^{-9} Gr. Mol. =0.000 000 1245%.	10.0	±0.0	0.995	+ .048
V.	1×10^{-9} Gr. Mol. =0.000 000 0 249%.	10.6	+0.6	1.051	+ .104
VI.	5×10^{-10} Gr. Mol. =0.000 000 0 1245%.	9.7	–0.3	0.978	+ .031
VII.	1×10^{-10} Gr. Mol. =0.000 000 00 249%.	9.0	–1.0	0.861	–.086

Tab. F.

Pisum arvense L., ————— angestellt 25 Febr. 1903.

Kulturdauer 23 Tage.

Temperatur 12°–20°C.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längendifferenz der Sprosse in Cm. verglichen mit Kontrollpflanzen.	Gesamntes Trockengewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trockengewicht- differenz in Gr. verglichen mit Kontrollpflanzen.
I.	Kontroll.	15.0	—	0.895	—
II.	1×10^{-8} Gr. Mol. =0.000 000 249%.	15.0	±0.0	0.862	–.033
III.	5×10^{-9} Gr. Mol. =0.000 000 1245%.	14.0	–1.0	0.872	–.023
IV.	1×10^{-9} Gr. Mol. =0.000 000 0 249%.	13.0	–2.0	0.900	+ .005
V.	5×10^{-10} Gr. Mol. =0.000 000 0 1245%.	12.8	–2.2	0.970	+ .075
VI.	1×10^{-10} Gr. Mol. =0.000 000 00 249%.	14.0	–1.0	0.880	–.015

Tab. G.

Pisum arvense L., ————— angestellt 14 März, 1903.

Kulturdauer 20 Tage.

Temperatur 12°—20°C.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längendifferenz der Sprosse in Cm. verglichen mit Kontrollpflanzen.	Gesamtes Trockengewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trockengewicht- differenz in Gr. verglichen mit Kontrollpflanzen.
I.	Kontroll.	15.0	—	1.030	—
II.	1×10^{-8} Gr. Mol. =0.000 000 249%.	12.0	—3.0	0.940	—0.090
III.	5×10^{-9} Gr. Mol. =0.000 000 1245%.	12.—15.	—3. bis ± 0 .	0.987	—0.043
IV.	1×10^{-9} Gr. Mol. =0.000 000 0 249%.	11.5	—1.5	0.857	—0.173
V.	5×10^{-10} Gr. Mol. =0.000 000 0 1245%.	13.0	—2.0	1.037	+0.007
VI.	Kontroll.	12.0	—3.0	0.957	—0.073

Tab. H.

Pisum arvense L., ————— angestellt 17 Apr. 1903.

Kulturdauer 15 Tage.

Temperatur 12°—20°C.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längendifferenz der Sprosse in Cm. verglichen mit Kontrollpflanzen.	Gesamtes Trockengewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trockengewicht- differenz in Gr. verglichen mit Kontrollpflanzen.
I.	Kontroll.	9.0	—	0.840	—
II.	1×10^{-8} Gr. Mol. =0.000 000 249%.	8.5	—0.5	0.815	—0.025
III.	5×10^{-9} Gr. Mol. =0.000 000 1245%.	8.3	—0.7	0.942	+0.102
IV.	1×10^{-9} Gr. Mol. =0.000 000 0 249%.	8.2	—0.8	0.980	+0.140
V.	5×10^{-10} Gr. Mol. =0.000 000 0 1245%.	9.0	± 0.0	0.807	—0.033
VI.	1×10^{-10} Gr. Mol. =0.000 000 00 249%.	8.0	—1.0	0.977	+0.137

Tab. I.

Pisum arvense L., ————— angestellt 17 Apr. 1903.
Kulturdauer 20 Tage. Temperatur 12°–20°C.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längendifferenz der Sprosse in Cm. verglichen mit Kontrollpflanzen.	Gesamntes Trockengewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trockengewicht- differenz in Gr. verglichen mit Kontrollpflanzen.
I.	Kontroll.	16.0	—	0.850	—
II.	5×10^{-8} Gr. Mol. = 0.000 00 1245%.	14.5	–1.5	0.880	+ .030
III.	1×10^{-8} Gr. Mol. = 0.000 000 249%.	10.5	–5.5	0.832	–.018
IV.	5×10^{-9} Gr. Mol. = 0.000 000 1245%.	13.0	–3.0	0.802	–.048
V.	1×10^{-9} Gr. Mol. = 0.000 000 0 249%.	12.5	–3.5	0.815	–.035
VI.	5×10^{-10} Gr. Mol. = 0.000 000 0 1245%.	12.0	–4.0	0.937	+ .087
VII.	1×10^{-10} Gr. Mol. = 0.000 000 00 249%.	14.0	–2.0	0.917	+ .067
VIII.	Kontroll.	15.5	–0.5	0.949	+ .099

Tab. J.

Pisum arvense L., ————— angestellt 2 Mai, 1903.
Kulturdauer 15 Tage. Zimmertemperatur.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längendifferenz der Sprosse in Cm. verglichen mit Kontrollpflanzen.	Gesamntes Trockengewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trockengewicht- differenz in Gr. verglichen mit Kontrollpflanzen.
I.	Kontroll.	10.5	—	1.077	—
II.	5×10^{-8} Gr. Mol. = 0 000 00 1245%.	8.5	–2.0	1.017	–.060
III.	1×10^{-8} Gr. Mol. = 0.000 000 249%.	10.0	–0.5	1.057	–.020
IV.	5×10^{-9} Gr. Mol. = 0.000 000 1245%.	9.0	–1.5	1.046	–.031
V.	1×10^{-9} Gr. Mol. = 0.000 000 0 249%.	10.5	±0.0	1.021	–.056
VI.	5×10^{-10} Gr. Mol. = 0.000 000 0 1245%.	10.0	–0.5	1.029	–.048
VII.	1×10^{-10} Gr. Mol. = 0.000 000 00 249%.	11.0	+0.5	1.032	–.045
VIII.	Kontroll.	10.2	–0.3	1.015	–.062

II. Wasserkultur von Erbsenkeimlingen, mit Zusatz
von $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Tab. A.

Pisum arvense L., ————— angestellt 13 Nov. 1902.

Kulturdauer 15 Tage.

Temperatur $15^\circ - 20^\circ\text{C}$.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längendifferenz der Sprosse in Cm. verglichen mit Kontrollpflanzen.	Gesamtes Trockengewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trockengewicht- differenz in Gr. verglichen mit Kontrollpflanzen.
I.	Kontroll.	13.5	—	0.835	—
II.	5×10^{-7} Gr. Mol. = 0.000 0 1435%.	12.1	— 1.4	0.827	— .008
III.	1×10^{-7} Gr. Mol. = 0.000 00 287%.	14.0	+ 0.5	0.845	+ .010
IV.	5×10^{-8} Gr. Mol. = 0.000 00 1435%.	14.0	+ 0.5	0.810	— .025
V.	1×10^{-8} Gr. Mol. = 0.000 000 287%.	18.0	+ 4.5	0.827	— .008

Tab. B.

Pisum arvense L., ————— angestellt 25 Nov. 1902.

Kulturdauer 14 Tage.

Temperatur $12^\circ - 20^\circ\text{C}$.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz der Sprosse in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Länge der Wurzeln in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz der Sprosse in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Gesamtes Trocken- gewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trocken- gewicht- differenz in Gr. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.
I.	Kontroll.	8.5	—	14.5	—	1.030	—
II.	1×10^{-8} Gr. Mol. = 0.000 0 287%.	8.0	— 0.5	15.0	+ 0.5	1.025	— .005
III.	5×10^{-7} Gr. Mol. = 0.000 0 1435%.	8.5	± 0.0	15.0	+ 0.5	0.951	— .079
IV.	1×10^{-7} Gr. Mol. = 0.000 00 287%.	8.5	± 0.0	15.0	+ 0.5	1.047	+ .017
V.	5×10^{-8} Gr. Mol. = 0.000 00 1435%.	9.5	+ 1.0	15.5	+ 1.0	1.172	+ .142
VI.	1×10^{-8} Gr. Mol. = 0.000 000 287%.	8.7	+ 0.2	17.0	+ 2.5	1.035	+ .005
VII.	5×10^{-9} Gr. Mol. = 0.000 000 1435%.	8.8	+ 0.3	15.0	+ 0.5	1.050	+ .020

Tab. C.

Pisum arvense L., ————— angestellt 21 Febr. 1903.

Kulturdauer 16 Tage.

Temperatur 12°–20°C.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längendifferenz der Sprosse in Cm. verglichen mit Kontrollpflanzen.	Gesamtes Trockengewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trockengewicht-differenz in Gr. verglichen mit Kontrollpflanzen.
I.	Kontroll.	8.0	—	0.887	—
II.	1×10^{-6} Gr. Mol. = 0.000 0 287%.	8.0	± 0.0	0.731	–.156
III.	5×10^{-7} Gr. Mol. = 0.000 0 1435%.	8.0	± 0.0	0.805	–.082
IV.	1×10^{-7} Gr. Mol. = 0.000 00 287%.	8.4	+0.4	0.850	–.037
V.	5×10^{-8} Gr. Mol. = 0.000 00 1435%.	8.4	+0.4	0.920	+ .033
VI.	1×10^{-8} Gr. Mol. = 0.000 000 287%.	8.6	+0.6	0.855	–.032

Tab. D.

Pisum arvense L., ————— angestellt 12 Apr. 1903.

Kulturdauer 14 Tage.

Zimmertemperatur.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längendifferenz der Sprosse in Cm. verglichen mit Kontrollpflanzen.	Länge der Wurzeln in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längendifferenz der Wurzeln in Cm. verglichen mit Kontrollpflanzen.	Gesamtes Trockengewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trockengewicht-differenz in Gr. verglichen mit Kontrollpflanzen.
I.	Kontroll.	10.0	—	15.0	—	0.956	—
II.	1×10^{-6} Gr. Mol. = 0.000 0 287%.	9.0	–1.0	15.0	± 0.0	0.950	+ .006
III.	5×10^{-7} Gr. Mol. = 0.000 0 1435%.	9.0	–1.0	13.0	–2.0	0.923	–.033
IV.	1×10^{-7} Gr. Mol. = 0.000 00 287%.	10.0	± 0.0	15.0	± 0.0	0.930	–.026
V.	5×10^{-8} Gr. Mol. = 0.000 00 1435%.	11.5	+1.5	15.0	± 0.0	0.990	+ .034
VI.	1×10^{-8} Gr. Mol. = 0.000 000 287%.	11.0	+1.0	16.5	+1.5	0.957	+ .001
VII.	5×10^{-9} Gr. Mol. = 0.000 000 1435%.	10.8	+0.8	17.0	+2.0	0.930	–.026

Tab. E.

Pisum arvense L., —————angestellt 12 Mai, 1903.

Kulturdauer 15 Tage.

Zimmertemperatur.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz der Sprosse in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Länge der Wurzeln in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz der Wurzeln in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Gesamtes Trocken- gewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trocken- gewicht- differenz in Gr. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.
I.	Kontroll.	12.5	—	17.0	—	0.962	—
II.	1×10^{-6} Gr. Mol. =0.000 0 287%.	9.5	—3.0	15.5	—1.5	0.987	+ .025
III.	5×10^{-7} Gr. Mol. =0.000 0 1435%.	13.5	+1.0	18.0	+1.0	0.840	— .122
IV.	1×10^{-7} Gr. Mol. =0.000 00 287%.	12.5	± 0.0	17.5	+0.5	0.982	+ .020
V.	5×10^{-8} Gr. Mol. =0.000 00 1435%.	14.5	+2.0	18.0	+1.0	0.931	— .031
VI.	1×10^{-8} Gr. Mol. =0.000 000 287%.	12.3	—0.2	16.0	—1.0	0.950	— .012
VII.	5×10^{-9} Gr. Mol. =0.000 000 1435%.	15.5	+3.0	18.0	+1.0	0.940	— .022

III. Wasserkultur von Erbsenkeimlingen, mit Zusatz
von NaF.

Tab. A.

Pisum arvense L., ————— angestellt 30 Okt. 1902.

Kulturdauer 20 Tage.

Zimmertemperatur.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz der Sprosse in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Länge der Wurzeln in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz der Sprosse in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Gesamtes Trocken- gewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trocken- gewicht- differenz in Gr. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.
I.	Kontroll.	9.7	—	15.5	—	0.888	—
II.	1×10^{-3} Gr. Mol. = 0.00 42%.	9.1	— 0.6	15.0	— 0.5	0.894	+ .006
III.	5×10^{-4} Gr. Mol. = 0.00 21%.	15.2	+ 5.5	18.2	+ 2.7	0.935	+ .047
IV.	1×10^{-4} Gr. Mol. = 0.000 42%.	13.6	+ 3.9	17.5	+ 2.0	0.840	— .048
V.	5×10^{-5} Gr. Mol. = 0.000 21%.	15.7	+ 6.0	17.2	+ 1.7	0.794	— .094
VI.	1×10^{-5} Gr. Mol. = 0.000 0 42%.	9.7	± 0.0	15.3	— 0.2	0.880	— .008
VII.	5×10^{-6} Gr. Mol. = 0.000 0 21%.	10.6	+ 0.9	15.0	— 0.5	0.870	— .018
VIII.	Kontroll.	10.6	+ 0.9	16.0	+ 0.5	0.787	— .101

Tab. B.

Pisum arvense L., ————— angestellt 23 Nov. 1902.

Kulturdauer 16 Tage.

Temperatur 15°—20°C.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz der Sprosse in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Länge der Wurzeln in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz der Wurzeln in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Gesamtes Trocken- gewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trocken- gewicht- differenz in Gr. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.
I.	Kontroll.	9.1	—	18.2	—	0.775	—
II.	1×10^{-3} Gr. Mol. = 0.00 42%.	7.6	— 1.5	10.0	— 8.2	0.706	— .069
III.	5×10^{-4} Gr. Mol. = 0.00 21%.	10.0	+ 0.9	15.2	— 3.0	0.825	+ .050
IV.	1×10^{-4} Gr. Mol. = 0.000 42%.	9.1	± 0.0	15.1	— 3.1	0.852	+ .077
V.	5×10^{-5} Gr. Mol. = 0.000 21%.	14.0	+ 4.9	16.4	— 1.8	0.725	— .050
VI.	1×10^{-5} Gr. Mol. = 0.000 0 42%.	9.1	± 0.0	16.0	— 2.2	0.792	+ .017
VII.	5×10^{-6} Gr. Mol. = 0.000 0 21%.	8.5	— 0.6	13.3	— 4.9	0.770	— .005

Tab. C.

Pisum arvense L., ————— angestellt 9 Dec. 1902.
Kulturdauer 14 Tage. Temperatur 15°—20°C.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz der Sprosse in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Länge der Wurzeln in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz der Wurzeln in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Gesamntes Trocken- gewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trocken- gewicht- differenz in Gr. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.
I.	Kontroll.	9.1	—	18.2	—	0.857	—
II.	1×10^{-3} Gr. Mol. =0.00 42%.	10.0	+0.9	18.2	± 0.0	0.985	+0.128
III.	5×10^{-4} Gr. Mol. =0.00 21%.	11.4	+2.3	20.0	+1.8	0.940	+0.083
IV.	1×10^{-4} Gr. Mol. =0.000 42%.	11.4	+2.3	18.7	+0.5	0.879	+0.022
V.	5×10^{-5} Gr. Mol. =0.000 21%.	10.6	+1.5	25.0	+6.8	1.005	+0.148
VI.	1×10^{-5} Gr. Mol. =0.000 0 42%.	10.0	+0.9	17.5	—0.7	0.840	—0.017
VII.	5×10^{-6} Gr. Mol. =0.000 0 21%.	10.0	+0.9	17.5	—0.7	0.926	+0.069

Tab. D.

Pisum arvense L., ————— angestellt 11 Febr. 1903.
Kulturdauer 16 Tage. Temperatur 12°—20°C.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz der Sprosse in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Länge der Wurzeln in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz der Wurzeln in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Gesamntes Trocken- gewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trocken- gewicht- differenz in Gr. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.
I.	Kontroll.	9.8	—	18.5	—	1.045	—
II.	1×10^{-3} Gr. Mol. =0.00 42%.	9.1	—0.7	12.4	—6.1	1.092	+ .047
III.	5×10^{-4} Gr. Mol. =0.00 21%.	10.0	+0.2	16.4	—2.1	1.025	— .020
IV.	1×10^{-4} Gr. Mol. =0.000 42%.	13.0	+3.2	18.5	± 0.0	1.135	+ .090
V.	5×10^{-5} Gr. Mol. =0.000 21%.	9.7	—0.1	15.4	—3.1	0.890	— .155
VI.	1×10^{-5} Gr. Mol. =0.000 0 42%.	9.5	—0.3	15.9	—2.6	0.960	— .085
VII.	5×10^{-6} Gr. Mol. =0.000 0 21%.	9.1	—0.7	18.2	—0.3	0.954	— .091

Tab. E.

Pisum arvense L., ————— angestellt 3 März, 1903.
Kulturdauer 20 Tage. Temperatur 12°—20°C.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen-differenz der Sprosse in Cm. verglichen mit Kontrollpflanzen.	Länge der Wurzeln in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen-differenz der Wurzeln in Cm. verglichen mit Kontrollpflanzen.	Gesamntes Trocken-gewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trocken-gewicht-differenz in Gr. verglichen mit Kontrollpflanzen.
I.	Kontroll.	13.0	—	18.	—	0.924	—
II.	1×10^{-3} Gr. Mol. =0.00 42%.	9.5	—3.5	13.	—5.	0.923	—0.001
III.	5×10^{-4} Gr. Mol. =0.00 21%.	12.0	—1.0	16.	—1.	0.929	+0.005
IV.	1×10^{-4} Gr. Mol. =0.000 42%.	13.5	+0.5	18.	±0.	0.961	+0.037
V.	5×10^{-5} Gr. Mol. =0.000 21%.	12.0	—1.0	16.	—2.	0.903	—0.021
VI.	1×10^{-5} Gr. Mol. =0.000 0 42%.	10.0	—3.0	15.	—3	0.962	+0.038
VII.	5×10^{-6} Gr. Mol. =0.000 0 21%.	12.0	—1.0	16.	—2.	0.862	—0.062

Tab. F.

Pisum arvense L., ————— angestellt 24 Apr. 1903.
Kulturdauer 13 Tage. Zimmertemperatur.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen-differenz der Sprosse in Cm. verglichen mit Kontrollpflanzen.	Länge der Wurzeln in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen-differenz der Wurzeln in Cm. verglichen mit Kontrollpflanzen.	Gesamntes Trocken-gewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trocken-gewicht-differenz in Gr. verglichen mit Kontrollpflanzen.
I.	Kontroll.	8.0	—	15.	—	0.942	—
II.	1×10^{-3} Gr. Mol. =0.00 42%.	8.0	±0.0	12.	—3.	0.972	+0.030
III.	5×10^{-4} Gr. Mol. =0.00 21%.	13.0	+5.0	14.	—1.	1.285	+0.343
IV.	1×10^{-4} Gr. Mol. =0.000 42%.	11.0	+3.0	16.	+1.	1.095	+0.153
V.	5×10^{-5} Gr. Mol. =0.000 21%.	8.5	+0.5	16.	+1.	1.090	+0.148
VI.	1×10^{-5} Gr. Mol. =0.000 0 42%.	10.0	+2.0	16.	+1.	1.090	+0.148
VII.	5×10^{-6} Gr. Mol. =0.000 0 21%.	13.0	+5.0	18.	+3.	1.135	+0.193

Tab. G.

Pisum arvense L., ————— angestellt 7 Mai, 1903.

Kulturdauer 14 Tage.

Zimmertemperatur.

	Konzentration der Lösungen.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz der Sprosse in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Länge der Wurzeln in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz der Wurzeln in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Gesamtes Trocken- gewicht der Sprosse und Wurzeln in Gram.	Trocken- gewicht- differenz in Gr. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.
I.	Kontroll.	8.5	—	18.2	—	0.943	—
II.	5×10^{-4} Gr. Mol. =0.00 21%.	10.5	+2.0	19.0	+0.8	1.010	+0.067
III.	1×10^{-4} Gr. Mol. =0.000 42%.	10.2	+1.7	17.5	-0.7	1.065	+0.122
IV.	5×10^{-5} Gr. Mol. =0.000 21%.	9.5	+1.0	18.2	± 0.0	1.020	+0.077
V.	1×10^{-5} Gr. Mol. =0.000 0 42%.	9.5	+1.0	16.0	-2.2	0.881	-0.062
VI.	5×10^{-6} Gr. Mol. =0.000 0 21%.	9.7	+1.2	17.0	-1.2	0.991	+0.048

IV. Topfkultur mit Behandlung mit Kupfersulfatlösungen.

Tab. A.

Vicia Faba, var. *equine* PERS.,—angestellt 29 Sept. 1902.

Kulturdauer 70 Tage.

Im Freien.

	Zahl der Behandlungen Pro Woche.	Total- summa des festen Kupfer- sulfates in Gram.	Zahl der neugebil- deten Stämme.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Trocken- gewicht der Stämme in Gram.	Trocken- gewicht der Wurzeln in Gram.	Total Trocken- gewicht der Stämme u. Wurzeln in Gram.
I.	Kontroll.	—	8.	41.8	—	6.7	6.0	12.7
II.	1 mal pro Woche.	3.984	8.	49.7	+ 7.9	7.7	6.0	13.7
III.	2 mal pro Woche.	5.976	8.	51.5	+ 9.7	9.1	5.5	14.6
IV.	Jeden Tag.	26.394	9.	54.5	+12.7	7.5	4.9	12.4

die Blätter IV^{te} Pflanzen ziemlich gelb gefärbt.

Tab. B.

Pisum sativum, var. *arvense* POIR.,—angestellt 29 Sept. 1902.

Kulturdauer 70 Tage.

Im Freien.

	Zahl der Behandlungen Pro Woche.	Total- summa des festen Kupfer- sulfates in Gram.	Zahl der neugebil- deten Stämme.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Trocken- gewicht der Stämme in Gram.	Trocken- gewicht der Wurzeln in Gram.	Total Trocken- gewicht der Stämme u. Wurzeln in Gram.
I.	Kontroll.	—	2.	56.4	—	7.80	2.240	10.040
II.	1 mal pro Woche.	3.984	3.	53.9	—2.5	8.80	2.155	10.955
III.	2 mal pro Woche.	5.976	2.	61.8	+5.4	9.99	1.850	11.840
IV.	3 mal pro Woche.	10.956	1.	53.0	—3.4	8.00	2.030	10.030
V.	Jeden Tag.	26.394	1.	50.9	—5.5	7.60	2.375	9.975

Tab. C.

Vicia Faba, var. *equine* PERS.,—angestellt 13 Okt. 1902.

Kulturdauer 80 Tage.

Im Freien.

	Zahl der Behandlungen Pro Woche.	Total- summa des festen Kupfer- sulfates in Gram.	Zahl der neugebil- deten Stämme.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Trocken- gewicht der Stämme in Gram.	Trocken- gewicht der Wurzeln in Gram.	Total Trocken- gewicht der Stämme u. Wurzeln in Gram.
I.	Kontroll.	—	9.	43.9	—	8.60	6.30	14.9
II.	Ein und nur Ein.	.498	9.	46.6	+ 2.7	9.20	7.00	16.2
III.	1 mal pro Woche.	4.482	6.	41.8	— 2.1	7.70	4.85	12.5
IV.	2 mal pro Woche.	8.466	7.	48.5	+ 4.6	9.10	7.90	17.0
V.	3 mal pro Woche.	12.450	8.	55.1	+11.2	10.40	6.50	16.9
VI.	Jeden Tag.	28.884	5.	45.5	+ 1.6	8.00	4.60	12.6

Tab. D.

Pisum arvense L.,—angestellt 14 Nov. 1902.

Kulturdauer 112 Tage.

Im Freien.

	Zahl der Behandlungen Pro Woche.	Total- summa des festen Kupfer- sulfates in Gram.	Zahl der neugebil- deten Stämme.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Trocken- gewicht der Stämme in Gram.	Trocken- gewicht der Wurzeln in Gram.	Total Trocken- gewicht der Stämme u. Wurzeln in Gram.
I.	Kontroll.	—	0.	?	?	15.5	7.90	23.40
II.	Ein und nur Ein.	.498	1.	„	„	21.2	7.02	28.22
III.	1 mal pro Woche.	5.478	0.	„	„	19.5	8.20	27.70
IV.	2 mal pro Woche.	10.459	1.	„	„	19.5	7.42	26.92
V.	3 mal pro Woche.	15.936	4.	„	„	20.0	7.90	27.90
VI.	Jeden Tag.	27.390	1.	„	„	19.5	7.00	26.50

Tab. E.

Vicia Faba, var. *equine* PERS.,—angestellt 22 Febr. 1903.

Kulturdauer 70 Tage.

Im Freien.

	Zahl der Behandlungen Pro Woche.	Total- summa des festen Kupfer- sulfates in Gram.	Zahl der neugebil- deten Stämme.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Trocken- gewicht der Stämme in Gram.	Trocken- gewicht der Wurzeln in Gram.	Total Trocken- gewicht der Stämme u. Wurzeln in Gram.
I.	Kontroll.	—	5.	36.2	—	12.5	6.00	18.50
II.	Ein und nur Ein.	.498	7.	34.5	—1.7	10.1	5.45	15.55
III.	1 mal pro Woche.	3.984	7.	36.4	+0.2	13.2	5.85	19.05
IV.	2 mal pro Woche.	7.968	6.	39.2	+3.0	12.2	7.85	20.05
V.	3 mal pro Woche.	11.952	5.	36.5	+0.3	13.1	6.00	19.10
VI.	3 mal pro Woche.	11.952	9.	36.5	+0.3	14.9	7.50	22.40

Tab. F.

Vicia Faba, var. *equine* PERS.,—angestellt 19 Apr. 1903.

Kulturdauer 45 Tage.

Im Freien.

	Zahl der Behandlungen Pro Woche.	Total- summa des festen Kupfer- sulfates in Gram.	Zahl der neugebil- deten Stämme.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Trocken- gewicht der Stämme in Gram.	Trocken- gewicht der Wurzeln in Gram.	Total Trocken- gewicht der Stämme u. Wurzeln in Gram.
I.	Kontroll.	—	0.	46.	—	13.80	6.70	20.5
II.	Ein und nur Ein.	.498	0.	46.	±0.	13.20	6.70	19.9
III.	1 mal pro Woche.	1.992	0.	47.	+1.	13.50	6.10	19.6
IV.	2 mal pro Woche.	4.482	0.	47.	+1.	13.00	6.20	19.2
V.	3 mal pro Woche.	6.474	0.	48.	+2.	15.20	6.80	22.0

V. Topfkultur mit Behandlung mit Zinksulfatlösungen.

Tab. A.

Pisum arvense L.,—angestellt 29 Sept. 1902.

Kulturdauer 70 Tage.

Im Freien.

	Zahl der Behandlungen Pro Woche.	Total- summa des festen Zink- sulfates in Gram.	Zahl der neugebil- deten Stämme.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel- aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Trocken- gewicht der Stämme in Gram.	Trocken- gewicht der Wurzeln in Gram.	Total Trocken- gewicht der Stämme u. Wurzeln in Gram.
I.	Kontroll.	—	0.	110.6	—	4.0	0.915	4.915
II.	1 mal pro Woche.	4.592	0.	118.2	+7.6	4.1	0.715	4.815
III.	2 mal pro Woche.	8.610	0.	112.1	+1.5	4.7	1.065	5.765
IV.	3 mal pro Woche.	13.202	0.	115.1	+4.5	5.5	0.555	6.055
V.	Jeden Tag.	33.866	0.	106.1	—4.5	3.2	0.695	3.895

Tab. B.

Vicia Faba, var. *equine* PERS.,—angestellt 28 Okt. 1902.

Kulturdauer 65 Tage.

Im Freien.

	Zahl der Behandlungen Pro Woche.	Total- summa des festen Zink- sulfates in Gram.	Zahl der neugebil- deten Stämme.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel- aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Trocken- gewicht der Stämme in Gram.	Trocken- gewicht der Wurzeln in Gram.	Total Trocken- gewicht der Stämme u. Wurzeln in Gram.
I.	Kontroll.	—	6.	36.3	—	11.5	10.0	21.5
II.	Ein und nur Ein.	.574	8.	36.8	+0.5	13.7	12.2	25.9
III.	1 mal pro Woche.	5.166	9.	33.3	—3.0	13.5	13.0	26.5
IV.	2 mal pro Woche.	9.758	6.	39.0	+2.7	14.0	13.0	27.0
V.	3 mal pro Woche.	14.350	6.	39.4	+3.1	15.5	13.0	28.5
VI.	Kontroll.	—	5.	38.4	+2.1	10.0	12.0	22.0

Tab. C.

Vicia Faba, var. *equine* PERS.,—angestellt 7 Nov. 1902.

Kulturdauer 110 Tage.

Im Freien.

	Zahl der Behandlungen Pro Woche.	Total- summa des festen Zink- sulfates in Gram.	Zahl der neugebil- deten Stämme.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Trocken- gewicht der Stämme in Gram.	Trocken- gewicht der Wurzeln in Gram.	Total Trocken- gewicht der Stämme u. Wurzeln in Gram.
I.	Kontroll.	—	5.	?	?	17.0	15.0	32.0
II.	Ein und nur Ein.	.574	8.	„	„	14.2	13.0	27.2
III.	1 mal pro Woche.	6.888	6.	„	„	17.7	14.5	32.2
IV.	2 mal pro Woche.	13.202	8.	„	„	17.6	15.0	32.6
V.	3 mal pro Woche.	20.096	5.	„	„	17.0	13.8	30.8

Tab. D.

Vicia Faba, var. *equine* PERS.,—angestellt 22 Febr. 1903.

Kulturdauer 70 Tage.

Im Freien.

	Zahl der Behandlungen Pro Woche.	Total- summa des festen Zink- sulfates in Gram.	Zahl der neugebil- deten Stämme.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Trocken- gewicht der Stämme in Gram.	Trocken- gewicht der Wurzeln in Gram.	Total Trocken- gewicht der Stämme u. Wurzeln in Gram.
I.	Kontroll.	—	8.	35.2	—	10.9	4.75	15.65
II.	Ein und nur Ein.	.574	6.	38.1	+2.9	10.9	4.33	15.23
III.	1 mal pro Woche.	4.592	10.	35.0	—0.2	11.1	4.77	15.87
IV.	2 mal pro Woche.	9.184	7.	34.8	—0.4	10.6	4.38	14.98
V.	3 mal pro Woche.	13.776	8.	40.0	+4.8	12.1	4.27	16.37
VI.	3 mal pro Woche.	13.776	8.	40.8	+5.6	13.7	4.95	18.65

Tab. E.

Vicia Faba, var. *equine* PERS.,—angestellt 19 Apr. 1903.

Kulturdauer 40 Tage.

Im Freien.

	Zahl der Behandlungen Pro Woche.	Total- summa des festen Zink- sulfates in Gram.	Zahl der neugebil- deten Stämme.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Trocken- gewicht der Stämme in Gram.	Trocken- gewicht der Wurzeln in Gram.	Total Trocken- gewicht- der Stämme u. Wurzeln in Gram.
I.	Kontroll.	—	1.	49.0	—	9.57	5.0	14.57
II.	Ein und nur Ein.	.574	0.	47.0	—2.0	9.00	5.2	14.20
III.	1 mal pro Woche.	1.722	0.	49.5	+0.5	8.87	5.1	13.97
IV.	2 mal pro Woche.	4.018	0.	53.0	+4.0	9.95	5.1	15.05
V.	3 mal pro Woche.	5.740	0.	56.5	+8.5	10.90	5.2	16.10

Tab. F.

Vicia Faba, var. *equine* PERS.,—angestellt 13 Mai, 1903.

Kulturdauer 35 Tage.

Im Freien.

	Zahl der Behandlungen Pro Woche.	Total- summa des festen Zink- sulfates in Gram.	Zahl der neugebil- deten Stämme.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Trocken- gewicht der Stämme in Gram.	Trocken- gewicht der Wurzeln in Gram.	Total Trocken- gewicht der Stämme u. Wurzeln in Gram.
I.	Kontroll.	—	0.	34.	—	6.52	6.0	12.52
II.	1 mal pro Woche.	2.296	0.	47.	+13.	8.54	6.2	14.74
III.	2 mal pro Woche.	4.018	0.	48.	+14.	8.53	5.9	14.43
IV.	3 mal pro Woche.	5.740	0.	45.	+12.	8.49	5.6	14.09

Tab. G.

Vicia Faba, var. *equine* PERS.,—angestellt 13 Mai, 1903.

Kulturdauer 35 Tage.

Im Freien.

	Zahl der Behandlungen Pro Woche.	Total- summa des festen Zink- sulfates in Gram.	Zahl der neugebil- deten Stämme.	Länge der Sprosse in Cm. Mittel aus je 5 Pflanzen.	Längen- differenz in Cm. vergli- chen mit Kontroll- pflanzen.	Trocken- gewicht der Stämme in Gram.	Trocken- gewicht der Wurzeln in Gram.	Total Trocken- gewicht der Stämme u. Wurzeln in Gram.
I.	Kontroll.	—	0.	44.	—	8.52	6.7	15.22
II.	1 mal pro Woche.	2.296	0.	47.	+ 3.	8.54	6.7	15.24
III.	2 mal pro Woche.	4.018	0.	49.	+ 5.	8.54	6.4	14.94
IV.	3 mal pro Woche.	5.740	3.	47.	+ 3.	8.52	5.0	13.52

Inhalt.

- I. Einleitung und Litteratur.
- II. Methodisches.
- III. Das Verhalten einiger Kulturpflanzen in sehr verdünnten Kupfersulfat-, Zinksulfat- und Fluornatriumlösungen.
- IV. Das Verhalten der Topfpflanzen gegen Kupfer- und Zinksulfatlösungen.
- V. Schlussbemerkungen und Zusammenfassung der Resultate.

Tabellarische Zusammenstellung.

- I. Wasserkultur von Erbsenkeimlingen, mit Zusatz von $\text{Cu SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.
 - II. „ „ „ „ „ „ $\text{Zn SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.
 - III. „ „ „ „ „ „ NaF .
 - IV. Topfkultur mit Behandlung mit Kupfersulfatlösungen.
 - V. „ „ „ „ Zinksulfatlösungen.
-

TAFEL.

Erklärung der Fig. I.

Wasserkulturen von *Pisum arvense* L. mit und ohne Zusatz von NaF.
(Photographiert am 18ten Tage nach der Versuchsanstellung).

Ohne Zusatz ; Kontrollkultur.

- | | | |
|------|-------------------------|------|
| I. | Mit Zusatz von 0. 000 | 42 % |
| II. | Mit Zusatz von 0. 00 | 21 % |
| III. | Mit Zusatz von 0. 000 | 42 % |
| IV. | Mit Zusatz von 0. 000 | 21 % |
| V. | Mit Zusatz von 0. 000 0 | 42 % |
| VI. | Mit Zusatz von 0. 000 0 | 21 % |

Ohne Zusatz ; Kontrollkultur.

Erklärung der Fig. II.

Topfversuche von *Vicia Faba*, var. *equine* PERS. mit und ohne Behandlung mit Cu SO_4 lösungen.

(Photographiert nach der Beendigung der Versuche).

- I. Berieselung nur mit Leitungswasser ; Kontrollkultur.
- II. Berieselung mit 200 cc. Centimolarelösung von CuSO_4 1 mal pro Woche ;
Totalsumma des festen CuSO_4 betrug 3.984 gr.
- III. Berieselung mit 200 cc. Centimolarelösung von CuSO_4 2 mal pro Woche ;
Totalsumma des festen CuSO_4 betrug 5 976 gr.
- IV. Berieselung mit 200 cc. Centimolarelösung von CuSO_4 Täglich ; Totalsumma
der festen Cu SO_4 betrug 26.394 gr ; die Blätter dieser Pflanzen sind ziemlich gelbgefärbt.

Erklärung der Fig. III.

Topfversuche von *Vicia Faba*, var. *equine* PERS. mit und ohne Berieselung mit Zn SO_4 lösungen.

(Photographiert nach Beendigung der Versuche).

- I. Berieselung nur mit Leitungswasser ; Kontrollkultur.
- II. Berieselung mit 200 cc. Centimolarelösung von ZnSO_4 1 mal pro Woche ;
Totalsumma des festen ZnSO_4 betrug 2.296 gr.
- III. Berieselung mit 200 cc. Centimolarelösungen von ZnSO_4 2 mal pro Woche ;
Totalsumma des festen ZnSO_4 betrug 4.018 gr.
- IV. Berieselung mit 200 cc. Centimolarelösungen von ZnSO_4 3 mal pro Woche ;
Totalsumma des festen ZnSO_4 betrug 5.740 gr.

Fig. I.

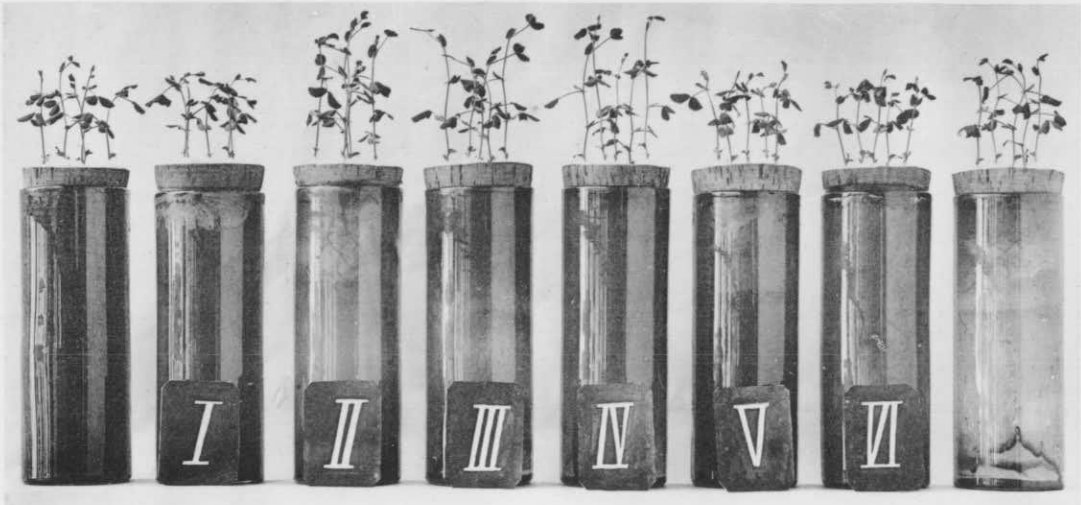
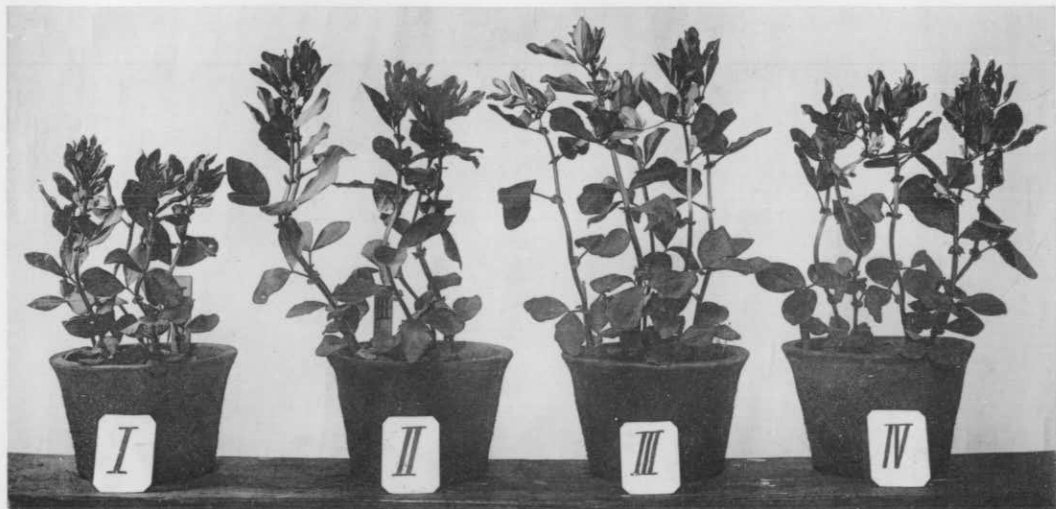


Fig. II.



Fig. III.



Autor Photo.

M. KANDA: Reizwirkung einiger Metallsalze auf das Wachstum höherer Pflanzen.