D 248,580

mastnakiri, ex
trükitud 1 ex

Jaan Port.

Untresuchungen über die Wirkung der Neutralsalze in Abhängigkeit von ihrer Konzentration auf das Keimlingswachstum.

Seit die experimentelle Pflanzenphysiologie existiert, ist es bekannt, dass die Salze auf das Pflanzenleben, resp. auf das Zellplasma, eine wesentliche Wirkung ausüben. In den letzten Jahrzehnten jedoch hat sich das Tatsachematerial soweit vermehrt und vervollständigt, dass man aus diesem Material schon die Einzelheiten der Salzwirkung gewisser massen kennen lernen kann.

Obgleich gerade in letzter Zeit auf dem Gebiete der Zell- und Plasmaforschung vielseitig und eifrig gearbeitet wird, die Zahl der Forscher gestiegen und die Forschungsmethoden sich stark verfeinert haben, ist es leider noch nicht gelungen eingehende Erklärungsmöglichkeiten der in der Zelle sich abspielenden Lebenserscheinungen zu geben. Ebenso mangelhaft sind unsere Kenntnisse über die Rolle, welche die Salze bei diesen Erscheinungen spielen.

Wenn wir die spezielle Keimungsphysiologie verfolgen, sehen wir, dass schon die ältesten Naturforscher, Botaniker und Pflanzenphysiologen sich mit dem Problem der Salzwirkung auf das Keimen des Samen- und Pflanzenwachstums befasst haben, so z.B. A.v.Humboldt (1794), Saüssure (1804), Remond (1828), Otto (1849), Fleischer (1851), Vonhausen (1858), Sachs (1860), Nobbe und seine Mitarbeiter (1862-1876), Knop (1864), Kerner (1873), G.Haberlandt (1874) u.a.

Seitdem W.Pfeffer (1886-1895) seine wichtigsten Schriften veröffentlicht hatte, nahmen auch die Arbeiten auf dem Gebiete der Keimungsphysiologie grössere Dimensionen an (Dixon (1901), O.Loew (1903-1911), Bokorny (1897-1913) Kahlenberg und True (1896), Micheels (1907-09)).

Die moderne Plasmaforschung, die das Plasma als ein System der Kolloidalen Komponente betrachtet, fand schon zu dieser Zeit allgemeine Anerkennung. Es wurde jetzt die Wirkung der Salze auf das Plasma vom kolloidchemischen und physikalischen Standpunkte betrachtet (Puriewitsch - 1898, Harvey 1901-14, Pauli - 1902-10, Nabokich - 1908, Lillie 1907-13, Loeb 1910-11, Osterhout - 1911-19, Lepeschkin - 1910-13, Čzapek 1910-14, Borowikow - 1915 u.a.

Besonders wichtig in dieser Beziehung sind die neuzeitlichen Plasma-

forschungen von Ruhland (1909), Brenner (1918), Tröndle (1918), Hansteen - Cranner (1919), Fitting (1915-1919), Kaho (1920-23) und Ruhland - Hoffmann (1925), die die Wirkung der Salze auf das lebendige Plasma viel tiefer u. gründlicher als vorher betrachten. Die Wirkung der Salze auf das Plasma von den Gesichtspunkten der letztgenannten Forscher aus nebst der Enzym - und H - Jonenkonzentrationsfragen haben die Keimungsphysiologischen Probleme von ganz anderer Seite beleuchtet.

In den 20 - Jahren d. Jahrhunderts hat Popoff die Keimungsphysiologische Forschung mit seiner „Theorie der Stimulation" auf andere Bahnen gelenkt. Nachdem Popoff behauptet hatte, dass man durch die Behandlung des Saatgutes mit den „Reizchemikalien" die Ernteerträge stark vergrössern kann, haben sich viele Forscher mit der Lösung dieser Frage befasst. Es hat sich aber bald herausgestellt, dass die Stimulationsfrage im Popoffschen Sinne sich ~~nicht~~ weder bestätigt ~~und sich nicht~~ noch verwerten lässt - (Gassner 1926, Bredemann 1926).

In letzter Zeit werden die Keimungs-physiologischen Probleme wieder von rein physiologischem Standpunkte betrachtet (Boas-Merkenschlager (1922), Olsen (1923), Merkenschlager (1924), Lundegårdh (1924), Lundegårdh - Morávek (1924), Schaffnit (1925), Becker (1926), Arrhenius (1922/24), Porodko (1927), Rudolfs (1925), Gurewitsch (1929) Brauner (1930).

Beschäftigt man sich mit der Literatur der Plasmaforschung oder Keimungsphysiologie, so sieht man bald, dass bei verschiedenen Autoren die Versuchsresultate der Salzwirkung auf das Plasma, Keimen und Keimlingswachstum selten übereinstimmen.

Die Ursachen dieses Auseinandergehens liegen in einzelnen Fällen in der Ungleichheit der Untersuchungsobjekte, in anderen aber in der Verschiedenheit der Versuchsbedingungen.

Unter anderen Versuchsbedingungen spielen die Salzkonzentrationen eine sehr wichtige Rolle. Sie werden selten in erforderlichem Masse berücksichtigt. Es ist aber selbstverständlich, dass man mit abweichenden Salzkonzentrationen auch bei demselben Objekte verschiedene Resultate erzielen kann. Meistens werden die Zellen, das Saatgut und die Keimlinge mit zu hohen Salzkonzentrationen behandelt, worauf schon Čzapek (1913) die Aufmerksamkeit gelenkt hat. Man kann ja rein theoretisch voraussagen, dass jedes Salz, jede Säure und Lauge in höheren Konzentrationen das lebendige Plasma tötet und dass die Plasmafunktio-

nen nur von bestimmten optimalen Konzentrationen befördert werden. Es ist nicht nur vom praktischen, sondern auch vom rein wissenschaftlichen Standpunkte wichtig zu wissen, welche diese optimalen Konzentrationen der einzelnen Salze oder anderen Chemikalien für die verschiedenen Pflanzenobjekte sind.

In der landwirtschaftlichen Literatur hat man die Wirkung der Salze auf das Pflanzenleben meist nur vom praktischen Standpunkte aus betrachtet. Man hat z.B. bei der Sterilisation des Saatgutes mit verschiedenen Chemikalien festgestellt, wie die betreffenden Sterilisationsmittel das Keimen der Samen beeinflussen, d.h. ob sie schädlich sind oder nicht. Andererseits war man bestrebt die Wirkung der Kunstdüngungsmittel auf das Keimen und die Ernteerträge festzustellen. In letztem Falle ist die Salzwirkung hauptsächlich nur in zwei Momenten des Pflanzenlebens - des Keimens und des Fruchtertrages- untersucht worden; die anderen Momente hat man nur vorübergehend berücksichtigt. Es ist aber ohne weiteres klar, dass nicht nur das Pflanzenwachstum und der Ernteertrag von der Keimung und deren Geschwindigkeit bestimmt wird, sondern dass alle Stufen des Pflanzenwachstums eine eingehende Durchforschung erfordern.

Auf diesem Gebiete bin ich in meinen Versuchen einen kleinen Schritt weiter gekommen und habe die Wirkung der Neutralsalze auf das Keimlingswachstum, also auf diejenige Wachstumsperiode, wo die Keimlinge sich auf Kosten der Reserwestoffe nähren, in Betrachtung gezogen.

Die Versuche wurden grösstenteils im Laboratorium der Pflanzenphysiologischen Versuchsstation der Lehr- und Forschungsantsalt für Gartenbau in Berlin - Dahlem in den Jahren 1927-1929 ausgeführt und im Pflanzenphysiologischen Laboratorium des Botanischen Instituts der Universität Tartu in d.J. 1929-1931 ergänzt und nachgeprüft. Fühle mich verpflichtet den Leitern diesen Institute - Herrn Prof. Dr.G.Höstermann Berlin - Dahlem und Herrn Prof. Dr.H.Kaho Tartu für das stets freundliche Entgegenkommen und für die materielle Unterstützung meinen herzlichen Dank auszusprechen.

Methodisches.

Dauer der Versuche.

Ich habe mir die Aufgabe gestellt die Wirkung der Salze nur auf das Keimlingswachstum zu untersuchen, also in der Wachstumsperiode, in der die Keimlinge sich auf Kosten der in den Samen aufgespeicherten Resrevestoffe ernähren. Diese Periode dauert nach den Versuchsbedingungen und den Reserverstoffmengen der Samen verschieden lange, so z.B., bei Getreidesamen bei T° 15-18°C. bis 10 Tage, bei Leguminosensamen aber viel länger.

Da meine Versuche im Dunkeln (in Thermostaten) ausgeführt wurden, konnte ich nur das Wachstum derjenigen Keimlingselemente berücksichtigen, welche sich im Dunkeln mehr oder weniger normalerweise entwickeln können, also der Coleoptile, Hypocotyle und Wurzeln. Bei diesen Versuchsbedingungen sind die Coleoptile der Getreidekeimlinge stets schon in 7 Tagen so weit entwickelt, dass sie in vielen Fällen von den ersten Blättern durchbrochen werden. Die Entwicklung der freien Blätter im Dunkeln ist aber keine normale Wachstumserscheinung. Sie geht viel rascher vor sich als das Coleoptilwachstum, und man kann den Zuwachs von Blättern nicht ohne weiteres mit der Coleptillänge addieren.

Die Linsenkeimlinge aber, mit denen ich ebenfalls gearbeitet habe, besitzen die unverzweigten Hauptwurzeln nur bis zum achten Keimungstage; dann bekommen sie in ungleicher Zahl die Nebenwurzeln, welche man schwer genau messen und schätzen kann.

Aus erwähnten Gründen konnte ich die Dauer meiner Versuche nur bis auf 7 Tage (in einigen Fällen z.B. bei höheren Temperaturen sogar nur bis 6 Tage) fortsetzen.

Saatgut. Bei den Keimungsphysiologischen Versuchen hat die Gleichheit des Saatgutes die grösste Bedeutung. Es kommen darum für diese Zwecke hauptsächlich nur die Samen von reinen Linien in Betracht. Die Samenzuchtstation in Jôgewa - Estland hat mich liebenswürdiger Weise mit solchem Saatgut von Avena, Secale und Triticum versorgt, wofür ich Herrn M.Pill, Direktor der Station, meinen aufrichtigen Dank ausspreche. Das Saatgut von Avena und Secale stammte aus der Ernte 1927 J., von Triticum 1927 u. 1929 J.

Von anderen Pflanzensamen, z.B. von Lens esculenta, mit welchen ich einen Teil meiner Versuche ausgeführt habe, konnte ich mir die

Samen von reinen Linien leider nicht beschaffen.

Ich habe für meine Versuche in erster Linie die Getreidesamen gewählt, weil 1) ich von diesen ein wirklich gutes, einheitliches (von reinen Linien!), frisches und schnellkeimendes Samenmaterial bekommen konnte; 2) weil die Coleoptile der Getreidekeimlinge von sehr einfachem Habitus und leichte messbar sind; 3) weil bei Hafer und Weizenkeimlingen die Zahl der ersten Wurzeln eine Konstante ist, bei Weizen 6 (resp. 5 je nach Sorten) bei Hafer 4.

Bei Roggen dagegen schwankt die Wurzelzahl zwischen 4-7, deshalb habe ich hier die Wurzelmessungen weggelassen.

4) Die Anatomie der Getreidekörner ist eingehend durchforscht (Nobbe, Brown, Schroeder, Rippel, Wittmack, Haberlandt, Hartig, Günther, Körnicke), so dass wir das Samenmaterial kennen.

5) Die Integumente der Samenkörner von Secale und Triticum sind dünn und für Wasser leicht durchgänglich. Aber auch die dicken Spelzen von Avena bilden in dieser Hinsicht keine grossen Hindernisse, so dass alle Getreidesamen leicht quellen.

6) Alle erwähnten Getreidesamen keimen sehr schnell (binnen 36-48 Stunden) und ausserdem das ganze Jahr hindurch gleich gut, so dass man mit ihnen ununterbrochen arbeiten kann. Sie behalten ihre Keimkraft viele Jahre hindurch, was bei langdauernden Versuchen von grosser Bedeutung ist. Es sei hier noch darauf hingewiesen, dass von Haferkörnern für die Versuche nur ausgewählte Aussenkörner verwendet wurden.

Von den eiweisshaltigen Leguminosesamen habe ich die Linsensamen gewählt, weil sie ebenfalls schnell und gleichmässig quellen und binnen 36-48 Stunden bei 18°C aufkeimen. Die Samen der anderen Leguminosen (Phaseolus, Pisum, Lupinus, Vicia) sind zu gross oder zu dick und brauchen für das Quellen und Keimen viel mehr Zeit.

Ich habe weiter die Absicht gehabt meine Versuche noch mit einigen Ölsamen auszuführen, um einen gesammten Überblick über die Wirkung der Neutralsalze in Samen auf die 3 Hauptreserwestoffgruppen bei dem Keimlingswachstum zu gewinnen, musste aber aus verschiedenen Gründen die letzte Samengruppe vorläufig weglassen.

Keimbett.

Auch das Keimbett spielt bei den keimungsphysiologischen Versuchen eine wichtige Rolle.

Will man die Wirkung der Salze auf das Keimlingswachstum feststellen, dann muss das Keimbett sauber, sterilisierbar und neutral sein, auch darf es keine löslichen Stoffe enthalten. Die Keimbetten aus Sand, Erde, Torfmull, Sägemehl oder desgleichen Material kann man aus oben erwähnten Gründen hier nicht verwenden, sondern nur reines Filtrierpapier und durchlöcherte Paraffinplatten . Die Versuchslösungen bewahrt man in Flaschen und Schalen aus Jenaglas.

Da ich bei meinen Massenversuchen meistens mehr als 100 Flaschen und Doppelschalen täglich gebraucht habe, konnte ich aus materiellen Gründen mir die Gefässe aus Jenaglas leider nicht beschaffen und habe meine Versuche in Doppelschalen aus hitzefestem gewöhnlichem Glas ausgeführt.

Diese Doppelschalen oder bei den mikroskopischen Untersuchungen auch die Petrischalen hatten geschliffene Ränder und ihre Grösse betrug : 6.5 cm. Hohe und 12 cm. Durchschnitt. Die Schalen wurden jedesmal nach dem Gebrauch mit einer Lösung von konz. $H_2SO_4+K_4Cr_2O_7$ gespült, dann gründlich mit Leitungswasser gewaschen und mit destilliertem Wasser gespült; dann liess ich sie ablaufen und steriliserte sie im Trockenschrank 2 Stunden lang bei einer Temperatur ca 110°C. Die Sterilisation wurde meistens 2 mal wiederholt.

Die bei den Versuchen verwendeten Salze stammten von der Firma Kahlbaum - Berlin und waren mit der Marke: „zur Analyse" versehen; die aus reinster Zellulose fertiggeschnittenen Filtrierpapierscheiben - von der Firma Schleicher und Schüll in Düren.

Da die Ausführung der Versuche sehr viel Wasser verlangte, musste vom Gebrauch des doppeldestillierten Wassers abgesehen und nur das gewöhnliche Aqua destillata, dessen pH 5.8-5.9 betrug, verwendet werden.

Tabelle 1 Wirkung der Salze auf das Keimlingswachstum von Triticum vulgare

Dauer der Versuche 114St. Temp.19.5°C

Salze	Konz. norm.	Coleoptil Länge %	Coleoptil Rohgewicht %	Coleoptil Trockeng. %	Wurzel Länge %	Wurzel Rohgewicht %	Wurzel Trockeng. %	Bemerkungen.
KCl	0.1	76.9	73.1	87.7	62.7	76.8	80.0	
	0.01	103.9	111.6	101.7	94.9	114.8	107.5	
	0.001	117.8	125.5	113.5	118.9	123.2	117.5	
	0.0001	98.2	98.3	96.5	106.9	114.3	105.0	
KNO_3	0.1	89.4	94.6	105.7	57.1	77.6	72.0	
	0.01	125.7	128.9	123.4	96.5	111.7	97.2	
	0.001	112.3	121.2	116.2	103.3	110.5	97.7	
	0.0001	102.5	112.3	112.2	104.9	104.7	98.1	
K_2SO_4	0.1	84.0	77.2	79.8	51.9	51.5	61.5	
	0.01	101.8	100.7	109.3	90.5	77.7	88.5	
	0.001	112.3	103.5	100.6	107.7	105.3	110.0	
	0.0001	104.9	97.6	97.9	101.4	100.7	103.8	
Destill.		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
Wasser		7.7cm.	903mg.	88mg.	39.0cm.	675mg.	58.7mg.	

Messungen.

Die Unterschiede der Salzwirkung auf das Keimlingswachstum lassen sich schwer genau feststellen.

Durch die Längemessungen der Coleoptile (Stengel) und Wurzeln der Keimlinge können wir nur die Unterschiede des Längswachstums der betreffenden Keimlingselemente in verschiedenen Lösungen gut und genau bestimmen. Die Abweichungen im Dickenwachstum müssen aber dabei unbeachtet bleiben. Es ist überhaupt sehr schwer Abweichungen des Dickenwachstums zu ermitteln und dazu eine brauchbare Methode zu finden.

Durch das Rohgewicht kann man die Unterschiede des Längs- und Dickenwachstums der Coleoptile und Stengel und ebenfalls den Wassergehalt bestimmen. Bei den dünnen Wurzeln der Getreidekeimlinge können dabei aber grosse Fehler entstehen, weil es bei den Versuchen auf Filtrierpapier praktisch unmöglich ist alle Wurzeln gleich schnell - ohne vertrocknen - und mit allen Wurzelhaaren vom Keimbette loszulösen ~~auszunehmen~~.

Das Trockengewicht kann uns wieder nur genaue Resultate über die Trockensubstanzmengen geben, es sagt uns aber nichts über den Wassergehalt der betreffenden Organe und über ihr normales Aussehen, was den Hauptwert der lebendigen Pflanzenzellen und Organe bildet. Durch das Wegbleiben der Wurzelhaare können aber auch hier Ungenauigkeiten entstehen.

Daraus sehen wir, dass jede Messmethode uns nur einseitige und nicht ganz genaue Resultate über die Salzwirkung auf das Keimlingswachstum geben kann.

Wie weit die Resultate der Wachstumsbestimmungen mit verschiedenen Messmethoden sich gegen einander verhalten, kann man in der Tabelle 1 sehen.

Bei der Betrachtung der Angaben dieser Tabelle fällt uns zuerst ins Auge, dass die Zahlen der Länge, des Roh- und Trockengewichtes gewissermassen parallel gehen: von den stärksten bis zu den optimalen Salzkonzentrationen steigen und dann wieder fallen. Sonst sind die Angaben der betreffenden Grössen aber stark verschieden, was darauf hindeutet, dass die Salze und Salzkonzentrationen das Längswachstum, den Wassergehalt und die organische Stoffbildung verschieden beeinflussen, was bei der graphischen Darstellung (Fig. 1) sehr gut zum Ausdruck kommt. Worauf diese Unterschiede zurückzuführen sind, darüber wird später (Siehe S. 154) die Rede sein. Jedenfalls geht daraus hervor, dass es sehr wichtig ist die Salzwirkung nicht nur mit einer, sondern mit verschiedenen Messmethoden zu bestimmen.

Da die Längsmessungen leichter als die Gewichtsbestimmungen auszuführen sind und die Längswachstumskurven gewissermassen zwischen den Roh- und Trockengewichtskurven gehen (Siehe Fig.1) bin ich bei dieser Messmethode geblieben und habe die anderen nur als Hilfsmethoden benutzt. (Siehe Tab.34 u.35).

Gang der Versuche.

Für die Versuche wurden ± gleich grosse Samen, deren Grösse die durchschnittliche mittlere Grösse des Saatgutes etwas überstieg, ausgewählt. Von diesen Samen wurden je 15 oder 20 St. in die Doppelschalen auf 5 Filtrierpapierscheiben, die mit 10 oder 15 ccm. von Salzlösungen getränkt wurden, gelegt. Die Roggen und Weizenkörner wurden mit der Rillenseite, die Haferkörner mit der Innenseit nach unten gebracht. Nach 48 oder 72 Stunden wurden aus jeder Schale von den keimen-

den Samen je 5 Stück, bei denen sich zu dieser Zeit ein ungleiches (zu starkes oder zu schwaches) oder mangelhaftes Keimlingswachstum geäussert hatte, beseitigt, so dass in jeder Versuchsserie stets nur die gleiche Zahl von Keimlingen(10 oder 15) zurückblieb. Die Zahl der Keimlinge in jeder Schale wurde nicht zu gross genommen, um den Keimlingen genügend Platz für die Wurzelentwicklung zu geben und dadurch das Auspräparieren der Wurzel vom Keimbett zu erleichtern.

Alle Versuche wurden in Thermostaten bei konstanter Temperatur ausgeführt. Nach 12 - oder 24 Stunden wurden die Versuchsschalen jedesmal durchgesehen und gelüftet. Um das Verdunsten des Wassers aus den Versuchslösungen und dadurch die Veränderung der Salzkonzentrationen der Lösungen, zu verhindern, wurden einige offene Schalen mit Wasser in die Thermostaten aufgestellt, so dass die Luft dort immer mit Wasserdampf ± gesättigt war.

Bei langdauernden Versuchen können zuweilen Schwankungen im Keimlingswachstum vorkommen. Um diese ausschalten zu können, habe ich bei jeder Versuchsserie Kontrollversuche mit Aq.destill., Leitungswasser und Knopscher Nährlösung (ohne Fe) angestellt. Durch diese Kontrolle war ich immer über den Gang der Versuche ~~unterrichtet~~ orientiert. Ebenfalls war es mir durch diese Kontrolle möglich die Ergebnisse der verschiedenen Serien mit einander zu vergleichen und die Gesammtresultate tabellarisch zusammenzufassen.

Vorversuche.

Bevor ich zu meinen eigentlichen Versuchen übergehen konnte, musste ich eine Reihe von Nebenfragen experimentel zu beantworten suchen, um über die verschiedenen Versuchsbedingungen einen richtigen Überblick zu bekommen.

Zuerst entstand die Frage, wieviel man für die Samenzahl - 10 oder 15 Stück - Wasser resp. Lösungen nehmen muss und wieviel Filtrierpapierscheiben anzufeuchten sind, damit die Samen gut keimen und die Keimlinge 7 Tage lang unbehindert weiter wachsen können?

Eine einzige Filtrierpapierscheibe, die zuweilen auch zu Keimungsversuchen gebraucht wird, kann sehr wenig Wasser aufnehmen. Je mehr man von den Filtrierpapierscheiben nimmt, desto mehr Wasser und Lösungen können sie aufnehmen, und man braucht die Samen nicht direkt in die Lösungen einzutauchen. Schon Eidam (1877) hat darauf hingewiesen, dass die Luftzufuhr zu den mehr oder weniger in Wasser eingetauchten Samen und Keimlingswurzeln erschwert wird. Dadurch wird das Keimen der Samen und das Keimlingswachstum herabgesetzt. Später hat sich Filter (1914) mit dieser Frage eingehender beschäftigt und das Keimen von Samen in möglichst trockenem Boden untersucht. Beides - das zu viel und zu wenig Wasser im Keimbett - setzt bekanntlich das Keimlingswachstum herab.

Um die optimalen Wassermengen im Keimbett mit 5 Filtrierpapierscheiben festzustellen, wurden folgende Versuche ausgeführt.

Die 5 Filterscheiben wurden in Doppelschalen mit verschiedenen Mengen von destill. Wasser (5, 7.5, 10 und 15 ccm.) angefeuchtet und in jede Schale 20 Samenkörner von Avena sativa zum Keimen hineingebracht. Nach 48 Stunden wurde die Zahl der gekeimten Samen auf 15 reduziert. Dauer der Versuche 7x24 Stunden. Temp. 18.2 C. Die Ergebnisse der Versuche sind in der Tabelle 2 zusammengefasst.

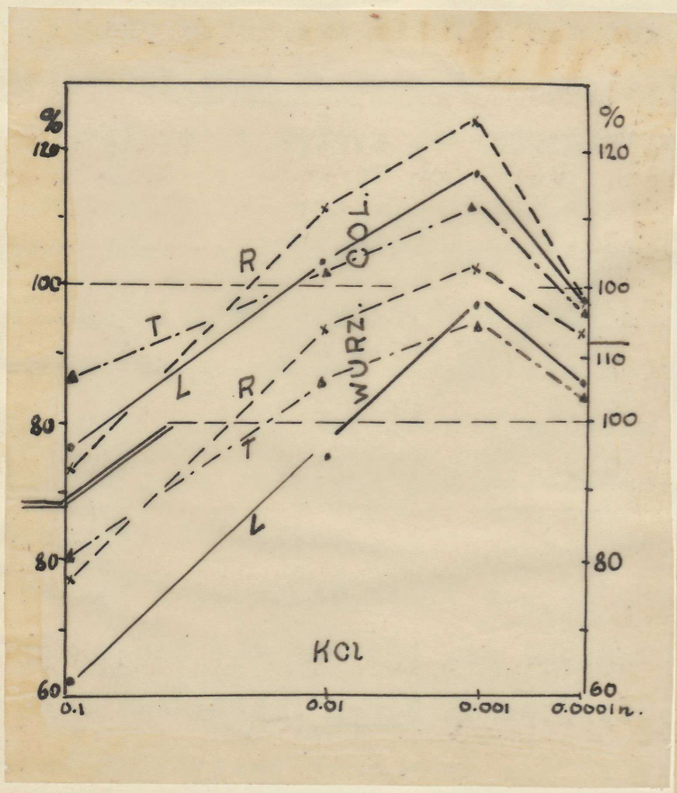


Fig. 1

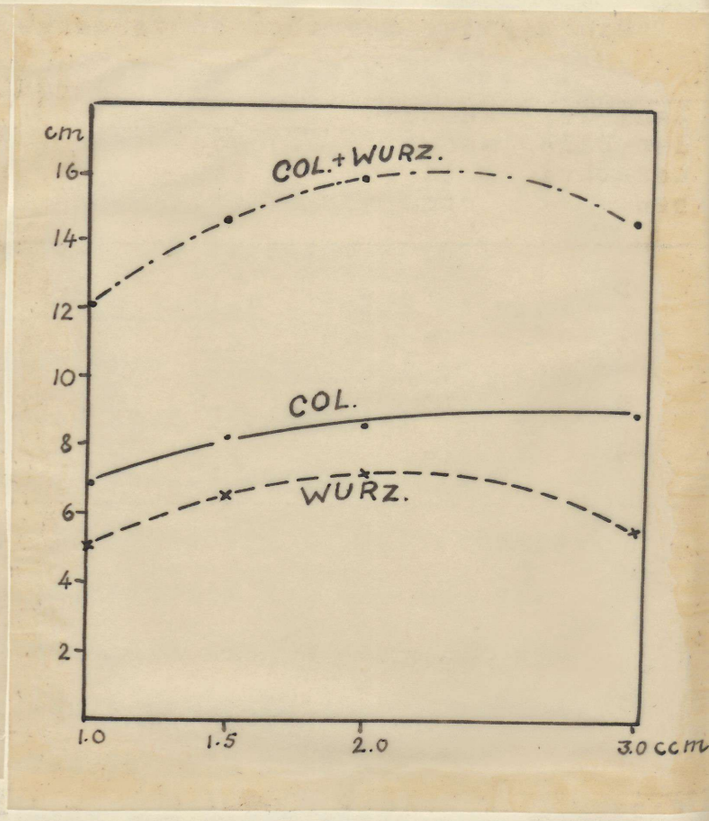


Fig. 2.

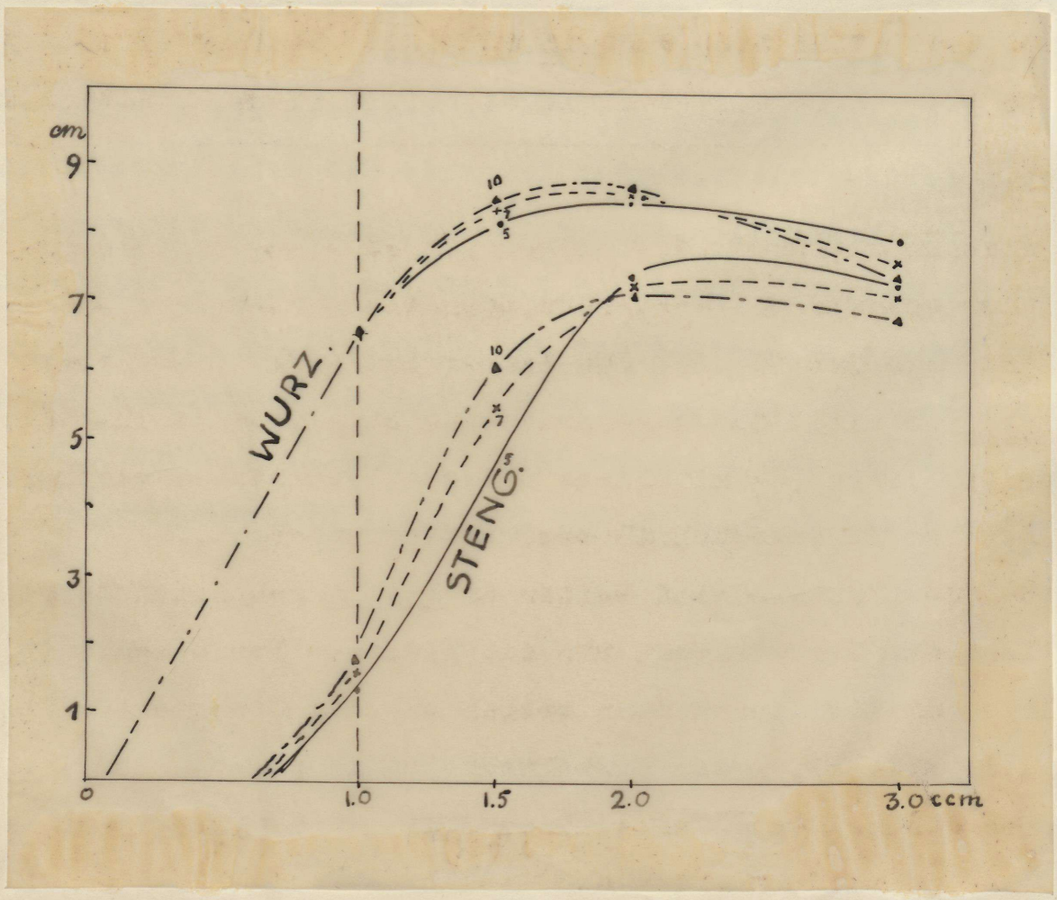


Fig. 3.

Tabelle 2.

Die Wirkung der abs. Wassermenge auf das Keimlingswachstum von Avena sativa. Temp.18.2°C.

Zahl der der Filterscheiben	Wassermenge in ccm.	a Coleoptillänge in cm.	± cm.	b Gesammtlänge der Wurzel in cm.	± cm	c Mittlere Wurzellänge in cm.	a+c Mittl.Wl.+Coleoptillänge cm.	V b:a
5	5	7.0	0.46	20.5	1.19	5.1	12.1	2.92
5	7.5	8.2	0.31	26.0	1.43	6.5	14.7	3.17
5	10	8.5	0.37	28.9	1.49	7.2	15.7	3.40
5	15	9.0	0.30	23.9	1.12	5.9	14.9	2.65

Tabelle 3.

Die Wirkung der Filterscheibenzahl und abs. Wassermenge auf das Keimlingswachstum von Lens esculenta.

Temp.1916° C.

Wassermenge	Auf jede Filterscheibe 1 ccm. Aq.dest.			Auf jede Filterscheibe 1,5 ccm. Aq.dest.			Auf jede Filterscheibe 2 ccm. Aq.dest.			Auf jede Filterscheibe 3 ccm. Aq.dest.		
Filterschzahl.	a Steng. cm.	b Wurz. cm.	a+b S.+W. cm.	a Steng. cm.	b Wurz. cm.	a+b S.+W. cm.	a Steng. cm.	b Wurz. cm.	a+b S.+W. cm.	a Steng. cm.	b Wurz. cm.	a+b S.+W. cm.
5	1.30	6.45	7.73	4.01	8.26	12.27	7.33	8.40	15.73	7.25	7.88	15.13
7	1.55	6.40	7.95	5.33	8.30	13.63	7.21	8.54	15.75	7.10	7.52	14.62
10	1.75	6.44	8.19	6.07	8.47	14.54	7.10	7.60	15.70	6.78	7.42	14.20

Aus den Angaben dieser Tabelle sehen wir,dass das Coleoptilwachstum mit dem Steigen der Wassermenge erst mehr,dann weniger zunimmt.Das Wurzelwachstum steigt aber nur bis 10 ccm. vom Wasser auf 5 Filterscheiben; bei noch höheren Wassermengen nimmt das Wurzelwachstum bedeutend ab.Auch das Gesammtwachstum der Keimlinge (= mittleres Coleoptilwachstum + mittleres Wurzelwachstum) hat ihr Maximum bei 10 ccm. Wasser erreicht.

Die Angaben der Tabelle sind weiter in Fig. 2 graphisch dargestellt und zeigen deutlich das Gesagte.Wenn wir die gesammte Wurzellänge (b) mit der Coleoptillänge (a) dividieren,dann zeigen uns die Quotienten (Zahlen der letzten Spalte der Tabelle),wo das Wurzelwachstum am günstigsten vor sich geht. Aus den Zahlen der letzten Spalte können wir sehen,dass dieses Verhältnis bei 10 ccm.Wasser am günstigsten ist.

Wir sehen also,dass auf 5 Filtrierpapierscheiben das optimale Wachstum der Haferkeimlinge bei ca. 10 ccm. Wasser erzielt wird, was der Wasserkapazität 2 ccm. auf 1 Filtrierpapierscheibe entspricht.

Weiter entstand die Frage,ob für Keimungsversuche 5 Filtrierpapierscheiben genügen oder ob man diese Zahl,besonders bei Versuchen mit grösseren Samen,vergrössern muss.

Zur Beantwortung dieser Frage habe ich einige Serien von Versuchen mit Lens esculenta ausgeführt.In jede Doppelschale wurden je 5,7 und 10 Filtrierpapierscheiben gelegt und diese mit verschiedenen Mengen von Wasser angefeuchtet.Die Zahl der Samen bestand aus 15,die nach 48 Stunden auf 10 reduziert wurde.Temperatur 19.6°C.,Versuchsdauer 8x24 Stunden.Die Resultate dieser Versuche sind in der Tabelle 3 angegeben.

Aus dieser Tabelle ersehen wir,dass bei der Wasserkapazität 1 ccm. auf jede Filterscheibe das Stengelwachstum mit der Vergrösserung der Filterzahl etwas steigt,das Wurzelwachstum aber ± unverändert bleibt. Beim Gesammtwachstum bemerken wir,mit der Vergrösserung der Filterzahl eine kleine Zunahme.

Bei 1.5 ccm. Wasser auf jede Filtrierpapierscheibe sind die Verhältnisse etwas verschieden: mit der Vergrösserung der Filterzahl steigt das Wurzelwachstum schwach,das Stengelwachstum aber bedeutend mehr.

Bei 2 ccm.Wasser auf jede Filterscheibe zeigen die Wurzeln noch einen sehr kleinen Zuwachs mit dem Steigen der Filterzahl,das Stengelwachstum dagegen einen Rückgang.

In letztem Falle - 3 ccm.Wasser auf jede Filterscheibe - wird das Wurzel- wie Stengelwachstum mit dem Steigen der Filterzahl herabgesetzt

In der Figur 3 sind die Angaben der Tabelle 3 graphisch dargestellt. Dort kämen die Übergangspunkte von der Förderung zur Herabsetzung der Keimlingselemente deutlich zum Vorschein.Diese Punkte liegen,was das Wurzel-und Stengelwachstum anbetrifft,nicht bei gleicher Wasserkapazität:für Wurzeln gilt der Übergang bei 2,1 ccm.,für Stengel aber bei 1.9 ccm. Wasser auf jede Filterscheibe.Wir haben also gesehen,dass das maximale Gesammtwachstum der Keimlingselemente von Lens bei 2 ccm. Wasser auf jede Filterscheibe erreicht wird,und bei dieser Wassermenge können die Keimlinge auf 5 Filterscheiben auch ebenso gut wachsen.

Die Kurven auf der Fig.3 sind noch nach links von dem Versuchspunkte weitergeführt und das Bild des Wachstums der Keimlingselemente bis auf 0 ccm. Wasser auf jede Filterscheibe vervollständigt.

Auf Grund der vorigen Versuche habe ich bei meinen speziellen Versuchen stets 5 Filtrierpapierscheiben pro jede Versuchsschale verwendet

und diese mit 10 oder 15 ccm. von betreffenden Lösungen angefeuchtet. Je mehr von den Lösungen verwendet wurde, desto leichter liessen sich die Wurzeln vom Keimbette loslösen. In dieser Hinsicht habe ich bei den gewichtsanalytischen Bestimmungen je 15 ccm. Lösungen auf jede 5 Filterscheiben verwendet, um die Wurzeln leichter und unverletzt vom Keimbette lösen zu können.

Über die Wirkung der Salze in Abhängigkeit von Konzentrationen auf die Quellung der Samen.

Wir wissen,dass alle diejenigen Agentien,die das Eindringen des Wassers in die Samen oder in die lebendigen Keimlingszellen verhindern oder vielleicht zu stark fördern,das Keimlingswachstum herabsetzen.Es fragt sich darum,wie wird das Quellen der Samen von verschiedenen Salzkonzentrationen beeinflusst?

Aus den Untersuchungen von Hoffmann (zitiert nach Nobbe's Samenkunde) ist bekannt,dass die Quellungswassermenge von der Natur der Reservestoffe in den Samen abhängt und das die proteinhaltigen Samen bei der Quellung viel mehr Wasser aufnehmen können als die Stärke-oder Ölhaltigen Samen.So z.B. ist die Menge des Quellungswassers nach R.Hoffmann:

bei Erbsen	106.8%	vom Trockengewicht
Saubohnen	104.0-	" "
Weisse Bohnen	92.1-	" "
Linsen	93.4-	" "
Weizen	45.5-	" "
Gerste	48.2-	" "
Roggen	57.7-	" "
Hafer	59.8-	" "
Raps	51.0-	" "
Ölrettig	8.0-	" "
Hanf	43.0-	" "
Sonnenblume	56.5-	" "

Wie die Salze die Quellung der Samen in Abhängigkeit von der Konz. beeinflussen,darüber finden wir in der Literatur nur mangelhafte Angaben.So hat Schroeder (1911) gefunden,dass die 1/1 n.u 1/5 n. Konzentrationen von KCl,KNO_3,K_2CO_3,NaCl,Na_2CO_3,Na_2SO_4,NaF,$BaCl_2$ und $MgSO_4$ die Quellungswassermenge bei Weizenkörnern herabsetzen.In verschiedenen Konzentrationen von NaCl wurde die Quellungswassermenge bei Weizenkörnern mit dem Steigen der Salzkonzentrationen herabgesetzt,bei Erbsensamen aber nicht:hier wurde die Quellungswassermenge in 20% Salzlösung sogar grösser gefunden als in 10% Lösung.Da Schroeder mit ziemlich hohen Salzkonzentrationen (1/1 n. u 1/5 n.) gearbeitet hat,so kann man aus seiner Arbeit nicht sehen,wie die kleineren Salzkonzentrationen auf das Quellen der Samen wirken.

Die Quellung der Gelatine und anderer Kolloidsubstanzen in Elektrolytlösungen haben Hofmeister, W.Pauli, Spiro, W.Ostwald, M.H.Fischer, A.Küntzel u.a. untersucht und in der Wirkung der Neutralsalze bei der Quellung die Hofmeistersche oder lyatrope Reihenfolge der Ionen festgestellt. Auf Grund dieser Untersuchungen können wir annehmen, dass die Quellung der kolloidalen Reservestoffe der Samen von verschiedenen Salzionen und deren Konzentrationen verschieden beeinflusst wird.

Nun ist aber von verschiedenen Forschern festgestellt worden, dass die Samenschale das Eindringen des Wassers und der Salzionen in die Samen verhindern kann.

Nach Haberland (1879) kann das Quellungswasser nur durch das Hilum und die Mikropyle in die Samen von Phaseolus vulgaris eindringen.

Brown (1909) hat an den Getreidesamen gezeigt, dass die Samenschalen derselben mit einer semipermeablen Schicht versehen sind, durch welche nur das Wasser, nicht aber die Salze in das Sameninnere eindringen können.

Schroeder (1911) nimmt an, dass nicht die Samenschale, sondern nur das innere Integument mit den kutinisierten Zellwänden fast absolut impermeabel für das Wasser und die Salzionen ist. Nur in den Regionen, die in der Nähe des Embryos liegen, sind die Möglichkeiten für das Durchdringen des Wassers und der Salze gegeben. Er sagt: "Unter normalen Keimungs-, bzw. Weichbedingungen erfolgt die Wasseraufnahme des unverletzten Weizenkornes ausschliesslich am Embryo, resp. in dessen unmittelbarer Nachbarschaft. Von da aus verbreitet sich die Feuchtigkeit am raschesten parallel zur Oberfläche in longitudinaler Richtung, viel langsamer erfolgt die Bewegung senkrecht dazu von aussen nach den inneren Schichten des Kornes. Doch ist an den übrigen Stellen die Schale nicht unbedingt undurchlässig für Wasser, setzt aber dessen Durchtritt einen solchen Widerstand entgegen, dass die Aufnahme auf dem geschilderten Wege leichter vonstatten geht". Weiter hat Schroeder in Übereinstimmung mit Brown bewiesen, dass die Samenschalen der Erbsen keine semipermeablen Eigenschaften besitzen, weil bei Erbsensamen die Quellungswassermenge bei den halbierten wie ganzen Samen fast keinen Unterschied zeigt.

Rippel (1918) dagegen hat festgestellt, dass die Samenschalen von Leguminosen die semipermeablen Eigenschaften ebenfalls besitzen. Er nimmt an, dass alle Zellmembranen, die mehr oder weniger mit Plasmaver-

bindungen durchsetzt sind,die semipermeablen Eigenschaften besitzen. Wenn man diese Eigenschaften auch nicht immer beweisen kann,wie dieses bei den Versuchen von Schroeder mit den Erbsensamen der Fall ist, so wäre das darauf zurückzuführen, "dass lediglich die Sprengung der semipermeablen Schichten beim Quellungsprozess das Hervortreten der semipermeablen Eigenschaften verhindern kann".

Wenn wir mit Rippel bei allen Samen die semipermeablen Eigenschaften der Schalen annehmen,dann können die Salze nur gemäss ihrer Permeationseigenschaften in die Samme eindringen und bei der Quellung ihre Wirkung ausüben.

Als diese Versuche schon durch aus geführt wurden,sind die Arbeiten von Gurewitsch(1929)u. Brauner (1931) erschienen.Diese Autoren haben die semipermeablen Eigenschaften der toten Samenschalen mit der Leitfähigkeitsmethode bewiesen.

Nach Gurewitsch ist das innere Integument des Weizenkornes als die Membran mit selektiven Eigenschaften anzunehmen,welche für die Anionen der anorganischen Salze nach der lyotropen Reihe durchgänglich ist Die Samenschale von Erbsen,als eine reine Zellulosemembran,wird von ihm als leicht permeabel für die anorganischen Salze angenommen.

Brauner hat gefunden,dass auch der toten Samenschale von Aesculus hippocastanum die semipermeablen Eigenschaften ebenso zukommen wie den lebenden Zellen.

Gelangen die Salze aber unbehindert durch die Mikropyle oder durch die,bei der Quellung entstandenen Risse,in die Samen hinein,dann müssen sie ebenfalls die Quellung der kolloidalen Reservestoffe,besonders der Proteine,nach der lyotropen Reihenfolge der Ionen regulieren.

Die Fragen,ob die Salzwirkung in der Tat in erwähntem Sinne zustande kommt und wie die Wirkungsverhältnisse bei verschiedenen niederen Konzentrationen sich äussern,sollen durch folgende Versuche beantwortet werden.

Es wurden zuerst die Quellungsversuche mit den Linsensamen,die für diesen Zweck besonders geeignet sind,ausgeführt.Die dünnen diskusartigen Linsensamen quellen gut,gleichmässig und schnell und ihre glatten Schalen kann man leicht von der Feuchtigkeit befreien und trocknen

Ich habe die verhältnismässig kurze Quellungszeit (6 Stunden)

gewählt, weil die Quellung der Linsensamen in dieser Zeit ziemlich weit geht und sich schon den Endpunkten nähert, und weil die Salzwirkung sich in dem Wirkungsstadium der Quellung viel besser äussern kann, als bei dem Endstadium. Nach sechsstündigem Quellen in destill. Wasser bei Zimmertemperatur betrug die Quellungswassermenge ca 90%, nach 12 stündigem Quellen - ca 96% des Trockengewichts der Samen.

Die Versuche wurden in Thermostaten bei einer Temperatur von 18.0°C ausgeführt. Je 25 ausgewählte ± gleichgrosse Linsensamen wurden in die Doppelschalen in 100 ccm. Lösungen zum Quellen gebracht. Nach genau 6 Stunden wurden die entsprechenden Samen aus den Lösungen genommen, jeder einzelne Same mit reinem Filtrierpapier getrocknet und dann die Samen auf trockenem Filtrierpapier 3 Min. lang frei in der Luft liegen gelassen. Darauf wurden alle Samen noch einmal auf die andere Seite gekehrt und zuletzt in Tarierzylinder auf den chemischen Wagen gewogen. Die Lufttemperatur des Laboratoriums auf dem Versuchstische betrug 17.3-17.9°C, die relat. Luftfeuchtigkeit -65.4- -66.2%. Durch die Wiederholung der Kontrollversuche konnten alle Angaben auf die Durchschnittstemperatur 17.6°C u. die mittlere relat. Luftfeuchtigkeit 65.8% umgerechnet werden.

Tabelle 4.

Die Wirkung der Salzkonzentrationen auf das Quellen der Samen von

Lens esculenta.

Temp. 18.0°C
Dauer der Versuche 6 Stunden.

Lösungen.	0.1 n		0.01 n.		0.001 n.		0.0001 n.			
	Q.W. %	pH	Q.W. %	pH	Q.W. %	pH	Q.W. %	pH	Q.W. %	
KBr	85.62	6.4	87.16	6.15	87.81	6.0	88.42	5.9		
KCl	84.02	6.6	85.87	6.25	87.32	6.05	87.81	5.9		
KNO_3	83.20	6.6	85.37	6.25	86.91	6.0	87.71	5.9		
K_2SO_4	81.50	6.6	83.90	6.2	85.21	6.0	86.39	5.9		
KH_2PO_4	82.97	5.2	84.88	5.5	85.98	5.65	86.92	5.7		
NaCl	82.83	6.3	84.76	6.05	86.00	5.9	86.82	5.85		
NH_4Cl	80.25	6.2	82.64	6.0	84.85	5.9	85.73	5.85		
LiCl	80.81	6.3	83.50	6.0	85.20	5.9	86.35	5.85		
$MgCl_2$	82.70	6.4	85.81	6.1	87.65	5.95	88.56	5.9		
$BaCl_2$	79.97	6.6	83.74	6.2	85.60	6.0	87.28	5.9		
$CaCl_2$	77.79	6.5	80.88	6.15	82.47	6.0	83.79	5.9		
Aq. destill.								5.8	89.46	
Leit. wass.								7.1	83.25	
Knop. N.L. K (-Fe).								6.0	81.12	

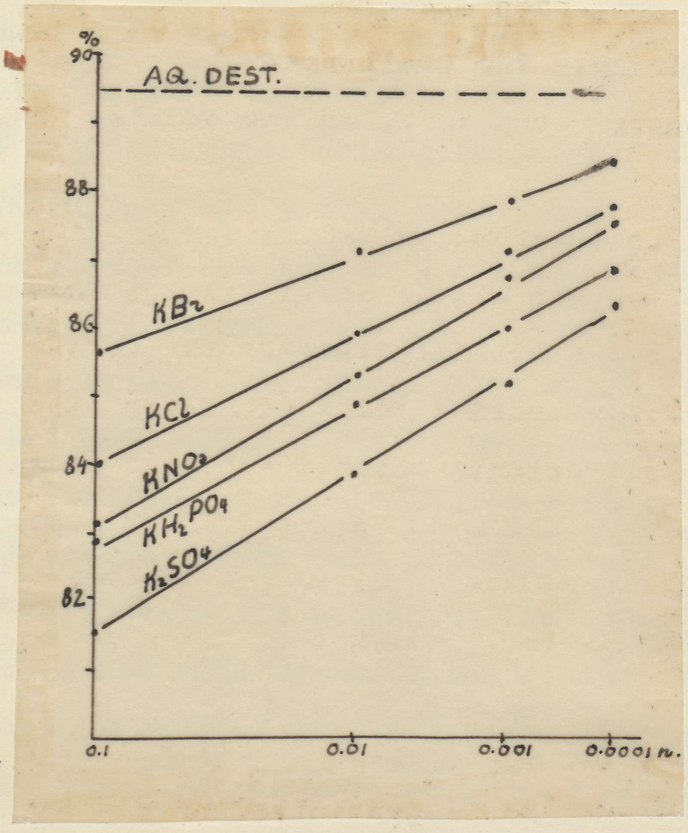

%
90
AQ. DEST.
88
86
84
82
KBr
KCl
KNO3
KH2PO4
K2SO4
0.1
0.01
0.001
0.0001 n.

Fig. 4

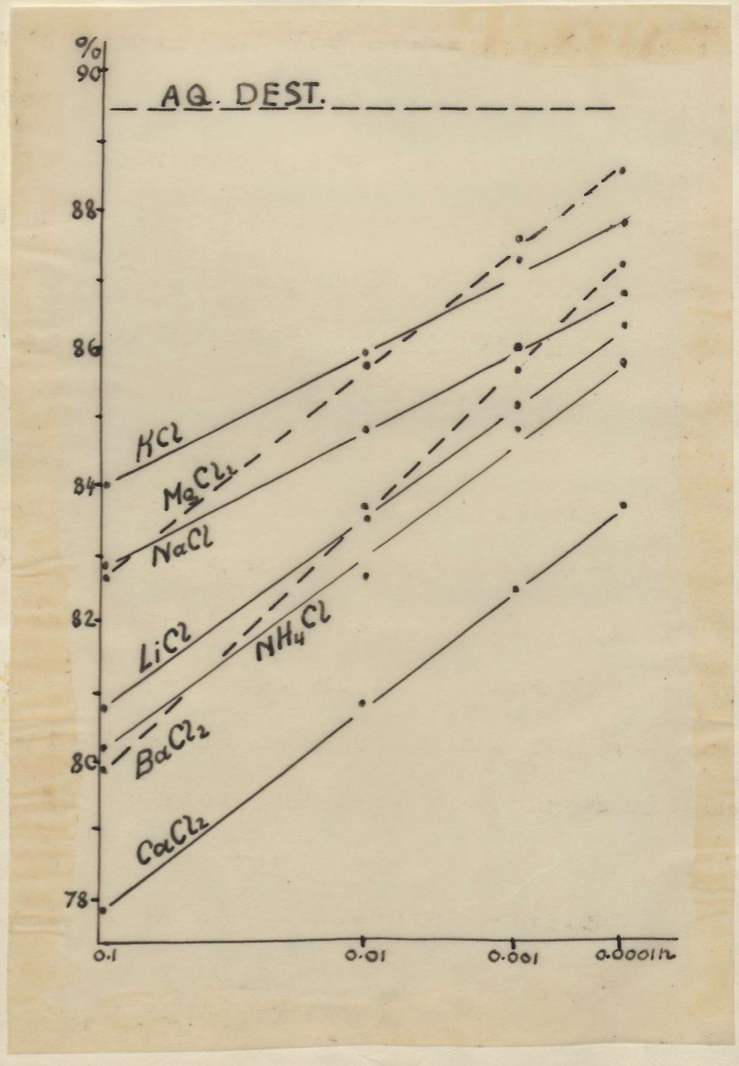

%
90
AQ. DEST.
88
86
84
82
80
78
KCl
MgCl2
NaCl
LiCl
NH4Cl
BaCl2
CaCl2
0.1
0.01
0.001
0.0001n

Fig. 5.

Aus der Tabelle 4, in welcher die Versuchsresultate zusammengefasst sind, können wir folgendes sehen:

1) Das Eindringen des Quellungswassers in die Linsensamen wird in allen Salzlösungen und in allen verwendeten Konzentrationen herabgesetzt.

2) Auch im Leitungswasser und in der Knopschen Nährlösung quellen die Linsensamen weniger als in destilliertem Wasser.

3) Die Menge des Quellungswassers ist abhängig a) von der Natur und b) von der Konzentration jedes einzelnen Salzes.

In den Konzentrationen von 0.1 - 0.0001 n. setzen die Salze die Wasseraufnahme der quellen den Samen nach ihrer Konzentrationsstärke herab. Jedoch ist diese Herabsetzung bei einzelnen Salzen sehr verschieden, diese Verschiedenheit kann man in den Fig. 4 u. 5 (Fig. 4 u. 5) besser verfolgen.

In der Fig. 4 ist das Quellen der Linsensamen in verschiedenen (0.1 - 0.0001 norm.) Konzentrationen von K - Salzlösungen nach den Angaben der Tabelle 4 graphisch dargestellt. Auf der Vertikalachse sind die Mengen des Quellungswassers in %%, auf der Horizontalachse - die Salzkonzentrationen angegeben. Für die Bezeichnung der Salzkonzentrationen sind statt der Nominalwerte, welche praktisch unmöglich anzugeben sind, die logarythmischen Werte der negativen Exponente ($0.1=1.10^{-1}$ resp. log.1 ; $0.01=1.10^{-2}$, resp. log.2 etc.) genommen. Wir sehen in der Fig. 4, dass die K - Salze das Eindringen des Quellungswassers in die Linsensamen nach der Anionenreihe $Br < Cl < NO_3 < H_2PO_4 < SO_4$ herabsetzen. Diese Reihenfolge, welche der lyatropen Reihe entspricht, wird in allen Konzentrationen behalten. Es steigen nur die Unterschiede in der Anionenwirkung mit dem Steigen der Salzkonzentrationen.

In der Fig. 5 können wir die Wirkung der verschiedenen Chloride auf das Quellen der Linsensamen beobachten. Hier kommt also die Wirkung der Kationen zum Ausdruck. Die Wirkungslinien laufen aber hier nicht mehr in solcher Konkordanz, als in der Fig. 4, und darum ist die Reihenfolge der Kationen bei verschiedenen Konzentrationen nicht immer dieselbe. So wird die Menge des Quellungswassers nach den Kationen herabgesetzt:

in 0.1 n. Salzkonzentration $K < Na < Mg < Li < NH_4 < Ba < Ca$

" 0.01 " " $K, Mg < Na < Ba, Li < NH_4 < Ca$

" 0.001 n. " $Mg < K < Na < Ba < Li < NH_4 < Ca$

" 0.0001" " $Mg < K < Ba < Na < Li < NH_4 < Ca.$

Daraus geht hervor,dass die verschiedenen Ionenreihen nur für eine bestimmte Konzentration Geltung haben können.Es ist ersichtlich, dass $MgCl_2$ u. KCl am wenigsten,K_2SO_4 u. $CaCl_2$ aber am meisten das Eindringen des Quellungswassers in die Linsensamen herabsetzen.Darnach wäre zu erwarten,dass das Keimen und das Keimlingswachstum bei Linsen in KCl u. $MgCl_2$-Lösungen am stärksten,in K_2SO_4 und $CaCl_2$-Lösungen am schwächsten vor sich geht.Auch der Verlauf von $BaCl_2$-Wirkungskurve ist eigenartig.In der 0.1 norm.Konzentr. wird das Quellen von Linsensamen in $BaCl_2$-Lösung fast ebenso stark wie in $CaCl_2$-Lösung zurückgehalten,in kleineren Konz. aber bedeutend weniger.

4) Wir können in der Fig.4 u. 5 zwei Typen von Wirkungslinien unterscheiden:bei einigen Salzen ($MgCl_2$ und $BaCl_2$) ist der Anstieg der Wirkungslinien ziemlich steil,bei anderen (alle K-Salze,LiCl, NH_4Cl u. $CaCl_2$) umgekehrt.Dadurch,dass die Wirkungslinien nicht gleich stark ansteigen,kommt eine Kreuzung vor,d.h. die Wirkungsreihen der Ionen werden durch die Konzentrationen verändert.

5) Alle Wirkungslinien der Fig.4 u. 5 gehen ± gerade,was bei der logarythmischen Darstellungsweise einer Kurvenform - bei normalen Werten - entspricht.Eigentlich muss man den kurvenförmigen Verlauf dieser Linien auch bei logarythmischer Darstellungsweise erzielen,wenn man die Konzentrationen noch weiter führt,und wir können in gegebenem Falle diese ± geraden Wirkungslinien für kurze Stücke von Kurven halten.

6) Weiter sind in der Tabelle 4 noch die pH-Werte der Salzlösungen zu finden.Diese Zahlen zeigen uns,dass alle Alkali-und Erdalkalisalze die pH-Werte erhöhen,resp. die H-Ionenkonzentrationen der Lösungen herabsetzen und dass diese Herabsetzung der H-Ionenkonz. von der Natur der Salze und von der Salzkonzentration abhängig ist.Die Unterschiede der pH-Werte in verschiedenen Salzlösungen sind im Ganzen nicht gross und schwanken auch in den stärksten 0,1 n. Konz.nur zwischen 6.2-6.6 .Die sauren Monophosphate (KH_2PO_4) bilden gewiss eine Ausnahme,weil sie die H-Ionenkonzentrationen der Lösungen vergrössern.)

Zusammenfassend können wir auf Grund dieser Versuche annehmen, dass das Quellen der Linsensamen von Alkali-und Erdalkalisalzen stark beeinflusst wird.Dabei spielen die Ionen der einzelnen Salze ebenso wie die Salzkonzentrationen eine Rolle.Die Quellungswassermenge wird nach der lyotropen Reihe der Anionen herabgesetzt.Die Wirkungsreihe

Tabelle 5.

Die Wirkung der Salze auf die Quellung der Samenkörner von Triticum vulgare.

Temp. 28.0°C.
Dauer der Versuche 24 Stund.

Lösungen	Konzentr.	%d.Quellwassers von der Trockeng.	Bemerkung	Lösungen	Konzentr.	%d.Quellwassers von der Trockeng.	Bemerkung
Aq.dest.		45.5		NaH_2PO_4	0.1 n.	42.1	
				"	0.1mol.	39.7	
Leitungsw.		45.3		Na_2HPO_4	0.1 n.	42.7	
				Na_2HPO_4	0.1mol.	40.3	
NH_4CNS	0.1 n.	42.8	Samenschalen gepl.	KCNS	0.1 n.	44.3	
				KBr	"	43.2	
NH_4Cl	"	42.2		KCl	"	42.8	
NH_4NO_3	"	41.7		K_2SO_4	"	41.1	
				"	0.1mol.	38.8	
$(NH_4)_2SO_4$	"	41.3		KH_2PO_4	0.1 n.	43.6	
				"	0.1mol.	40.3	
"	0.1mol.	38.8		K_2HPO_4	0.1 n.	43.2	
				"	0.1mol.	40.5	
$NH_4H_2PO_4$	0.1 n.	42.6					
				$MgBr_2$	0.1 n.	42.5	
"	0.1mol.	39.3					
				$MgCl_2$	"	43.3	
LiCl	0.1 n.	42.5					
				$Mg(NO_3)_2$	"	42.0	
$LiNO_3$	"	41.4					
				$MgSO_4$	0.1 n.	42.6	
Li_2SO_4	"	40.9		"	0.1mol.	40.2	
"	0.1mol.	38.6		$BaCl_2$	0.1 n.	40.7	
				$Ba(NO_3)_2$	"	40.6	
NaCNS	0.1 n.	43.3	Mehrere Samensch. geplatzt.				
				$SrCl_2$	"	41.2	
NaBr	"	41.8		$Sr(NO_3)_2$	"	41.3	
NaCl	"	41.8		$CaBr_2$	"	41.4	
				$CaCl_2$	"	40.5	
$NaNO_3$	"	42.5		"	0.1mol.	37.3	
				$Ca(NO_3)_2$	0.1 n.	40.7	
Na_2SO_4	"	41.9					
"	0.1mol.	39.0					

der Kationen ist weniger konstant und mehr von Salzkonzentrationen abhängig. Die H-Ionenkonzentrationen der Lösungen werden parallel mit dem Steigen der Salzkonzentrationen herabgesetzt. (Eine Ausnahme bilden die Monophosphate).

Weiter habe ich versucht festzustellen, wie das Quellen von Getreidesamen von den Alkali- und Erdalkalisalzen beeinflusst wird. Die Versuche wurden mit Samenkörnern von Triticum vulgare (reine Linie) in Thermostaten bei der Temp. 28.0°C ausgeführt. Dauer der Versuche 24 Stunden. Es wurde eine längere Versuchsdauer und eine höhere Temperatur gewählt, weil das Quellen der stärkehaltigen Samenkörner etwas langsamer vor sich geht, als bei den Linsensamen. Bei diesen Versuchen kamen je 50 ausgewählte und gewogene Weizenkörner in die mit Pfropfen versehenen Reagenzgläser, wohin je 15 ccm. von den entsprechenden Versuchslösungen zugegossen wurde.

Die Versuche wurden nur in 0.1 norm. resp. 0.1 mol. Salzkonzentrationen ausgeführt, weil es sich herausgestellt hatte, dass die Unterschiede in der Salzwirkung in niederen Konzentrationen zu unbedeutend sind und dise kleinen Differenzen leicht von Versuchsfehlern übertroffen werden. Nach 24 Stunden wurden die gequollenen Samenkörner aus den Lösungen genommen, mit Filtrierpapier getrocknet (besonders sorgfältig die Bauchrillen der Samenkörner) und in Tariercylindern gewogen. Darnach wurden die gewogenen Körner auf trockenes Filtrierpapier ausgebreitet, wiederholt umgerührt, 1 Stunde lang in der Luft getrocknet und dann wiederum gewogen. Von diesen zwei Gewichtsergebnissen wurde dann der Durchschnitt berechnet. Dieses Durchschnittsgewicht ist in der Tabelle 5 ausgeführt.

Aus den Angaben der Tabelle sehen wir, dass die Quellungswassermenge in Weizenkörnern bedeutend kleiner ist, als in Linsensamen und dass die Wassermenge von den Salzen viel weniger herabgesetzt wird. Auch hier hängt die Herabsetzung des Quellungswassers von den spezifischen Eigenschaften der einzelnen Salzionen ab, und wenn die Unterschiede in der Salzwirkung auch nicht besonders gross sind, können wir doch die Wirkung der Anionen nach der lyotropen Reihe, besonders bei K- u. NH_4-Salzen feststellen. Was die Kationenwirkung anbetrifft, so wird die Quellungswassermenge von K- u. Mg-Ionen weniger als von anderen Kationen herabgesetzt. Von Erdalkalisalzen haben die Ca-Salze ($CaCl_2$ u. $Ca(NO_3)_2$ die stärkste Wirkung.

Bei der Berücksichtigung der Molarkonzentrationen sehen wir, dass die Quellung der Weizenkörner von Sulfaten stärker als von Phosphaten vermindert wird.

Es ist noch zu bemerken, dass die Quellung der Samenkörner in Rhodaniden so weit geht, dass die Samen platzen, abgesehen davon, dass die Quellungswassermenge der Samen in diesen Lösungen kleiner ist als in destill. Wasser.

Was die Keimung anbetrifft, wurden schon nach 24 Stunden in 0.1n. Na_2HPO_4 - Lösung die Samenschalen von Keimlingswurzelchen bei ca 40% von Samen durchbrochen. Daraus kann man schliessen, dass das Keimen von Weizenkörnern in dieser Lösung am schnellsten vor sich geht. In anderen Salzlösungen wurde die Samenschale von Keimlingswurzeln (resp. Coleorhiza) nicht früher als in destilliertem Wasser durchbrochen. Und da alle Salze in verwendeten Konzentrationen das Eindringen des Quellungswassers erschweren, kann eine Beschleunigung der Keimung durch diese Salze kaum angenommen werden. Erst später, wenn die Samenschalen durchbrochen werden oder wenn die Salzlösungen direkt durch die Wurzeln in die Keimlinge eindringen, können sie auf das lebendige Plasma eine ganz andere Wirkung ausüben.

Zusammenfassung: Aus den Quellungsversuchen geht hervor, dass alle Neutralsalze in verwendeten Konzentrationen (0.1-0.0001 n.) das Eindringen des Quellungswassers in die Samen herabsetzen. Die Herabsetzung des Quellungswassers nimmt mit dem Steigen der Konzentration der Salzlösungen zu und ist bei eiweisshaltigen Linsensamen bedeutend grösser als bei stärkehaltigen Getreidesamen.

Die Quellungswassermenge wird nach der lyotropen Reihe der Anionen herabgesetzt, die Kationenreihe wird aber stark von Salzkonzentrationen beeinflusst.

Die Wirkung der H-Ionenkonzentrationen auf das Keimlingswachstum.

Wie die H-Ionenkonzentrationen der Nährlösungen und des Nährbodens das Pflanzenwachstum und die Ernteerträge beeinflussen, darüber liegt schon verhältnismässig umfangreiches Untersuchungsmaterial vor. Aus diesem ersieht man, dass das optimale Wachstum einer jeden Pflanzenart mit einer bestimmten H-Ionenkonzentration des Nährbodens in Zusammenhang steht. (Wherry 1920/22, Atkins ,1922, Olsen 1923, Arčhenius 1922, 1925/26, Chodat 1924, Aaltonen 1925, Zollitsch 1927 u.a.). Diese Befunde sind bei den ökologischen und pflanzengeographischen Studien von grösster Bedeutung gewesen und haben die Abhängigkeitsfrage der Pflanzen von verschiedenen Bodentypen von ganz anderer Seite beleuchtet.

In Bezug der Kulturpflanzen haben die Untersuchungen von Salter u. Ilvaine (1920), Hixon (1922), Bryan (1922), Lundegårdh (1923), Olsen (1923) Domańowitsch (1924), Arrhenius (1925) und Herčik (1925) gezeigt, wie verschieden die optimalen H-Ionenkonzentrationen für das Wachstum dieser Pflanzen sind.

Von besonderem Interesse sind die Befunde von Arrhenius und Lundegårdh, nach welchen die Hafer-und Weizensorten zwei Wachstumsoptima bei verschiedenen pH-Werten aufweisen: Hafer - bei pH 5.4 u. 9.0 (nach Arrhenius), Weizen bei pH 5.8 u. 6.8 (nach Lundegårdh). Diese Erscheinung ist auch bei anderen Pflanzen von Hixon (1920), Pisum sativum , Lundegårdh (1924), Gibbarella saubinetii, Herčik (1925), Pharbitis hispida, festgestellt worden.

Andrerseits sind aber die zweigipfligen Wachstumskurven bisher nur bei einigen Pflanzenarten und Kulturpflanzensorten festgestellt worden, so dass man diese Erscheinug nicht verallgemeinern kann. Man muss deshalb die Wirkung der H-Ionenkonzentrationen der bestimmten Sorten und reinen Linien jedesmal wieder experimentel feststellen. Dieses ist auch der Grund gewesen, warum ich mit meinem Versuchsmaterial diese Experimente von neuem ausgeführt habe.

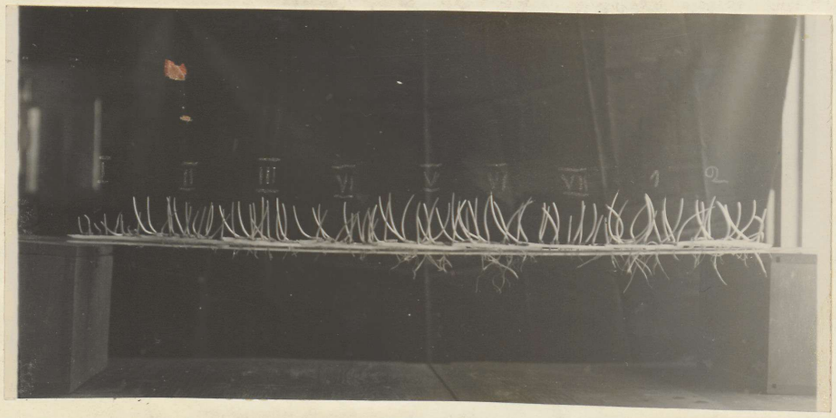
Bei den Versuchen mit konstanten pH-Werten in bestimmten Nährlösungen werden die H- und OH - Ionenkonzentrationen stets, wie Salter - Ilvaine, Groh, Lundegårdh, Olsen, Dahm, Zollitsch und and. festgestellt haben, von den Pflanzenwurzeln verändert. Um darum die Versuchspflanzen möglichst bei konstanten pH-Werten kultivieren zu können, hat man ver-

schiedene Kulturmethoden versucht: Joffe (1919), Bryan (1922/23) u. Reed-Haas (1923) haben ihren Sandkulturen nach bestimmten Zeitintervallen frische Nährlösungen von konstanter H-Ionenkonzentration zugegossen, Lundegårdh u. Arrhenius haben mit humusreichen und guten Puffereigenschaftlichen Erdsorten ihre Versuche ausgeführt; Olsen hat die "fliessenden Kulturen" (running - water culture) in Gebrauch genommen u.s.w.

Die Methode von Olsen, in denen die Nebenwirkungen von Bodenfaktoren oder Puffersalzionen ausgeschaltet sind, ist für die Feststellung der H-Ionenkonzentrationen auf das Pflanzenwachstum die beste. Sie fordert aber sehr grosse Vorräte von Versuchslösungen und kann deshalb aus rein materiellen Gründen meistens nicht mit der erforderlichen Exaktheit ausgeführt werden. So hat auch Olsen selbst in seinen Versuchen statt des destillierten Wassers nur Regenwasser verwendet.

Ich habe meine Versuche mit destilliertem Wasser ausgeführt, konnte aber auch nicht die Lösungen mit bestimmten pH-W. stets fliessen lassen, sondern musste sie je nach 24 Stunden einmal erneuern. Die periodische Erneuerung der Lösungen nach 24 Stunden habe ich noch vorgenommen, um die Wirkung der Wurzelausscheidungen auf die Veränderung der pH-Werte der Versuchslösungen festzustellen.

Die Versuche wurden in Doppelschalen mit 250 ccm. (bzw. mit 300ccm von Lösungen mit bestimmten pH-Werten ausgeführt und die verschiedenen pH-Werte durch Hinzufügung von HCl oder NaOH zum destillierten Wasser erzielt. Die ausgewählten gleich grossen Samen (je 20 Stück) wurden zuerst in die Lösungen mit pH 3.0, 4.0, 5.0, 5.8 (destill. Wasser), 7.0, 8.0 und 8.6 zum Quellen (6 Stunden lang) gebracht, dann wurden sie auf die durchlöcherten Paraffinplatten - mit der Bauchseite (Rille) nach untengelegt und kamen mit diesen Platten in die Doppelschalen auf die betreffenden Versuchslösungen. Nach 48 Stunden wurden alle ± ungleich stark aufgekeimten Samen beseitigt und die Zahl der gekeimten Samenkörner auf 15 bzw. auf 12 reduziert. Je nach 24 Stunden wurden die Keimlinge mit den Paraffinplatten, bevor die Wurzeln und die unteren Seiten der Platten mit destill. Wasser und dann mit den betreffenden Versuchslösungen abgespült worden waren, in neue sterile Doppelschalen mit frischen Lösungen hineingebracht. Die Veränderungen der pH-Werte der Versuchslösungen wurden alle 24 Stunden kalorimetrisch mit der E. Leitzschen Scala festgestellt. Alle Versuche wurden dreimal wiederholt und die berechneten Durchschnittswerte sind in der Tabelle 6 zusammengefasst. Wie wir aus den Angaben der Tabelle ersehen, zeigen das Coleoptil- und das Wurzelwachstum unserer Haferkeimlinge zwei Optima, von welchen



Avena

I = pH 3.1
II - " 4.32
III - " 5.25
IV " 5.85 (Ag.D.).
V " 6.90
VI " 7.70
VII " 8.30.

1 = Knop. N.L. pH. 6.15 } Kontrolle.
2 = Leitungsw. pH. 7.1 }

Photo 1.

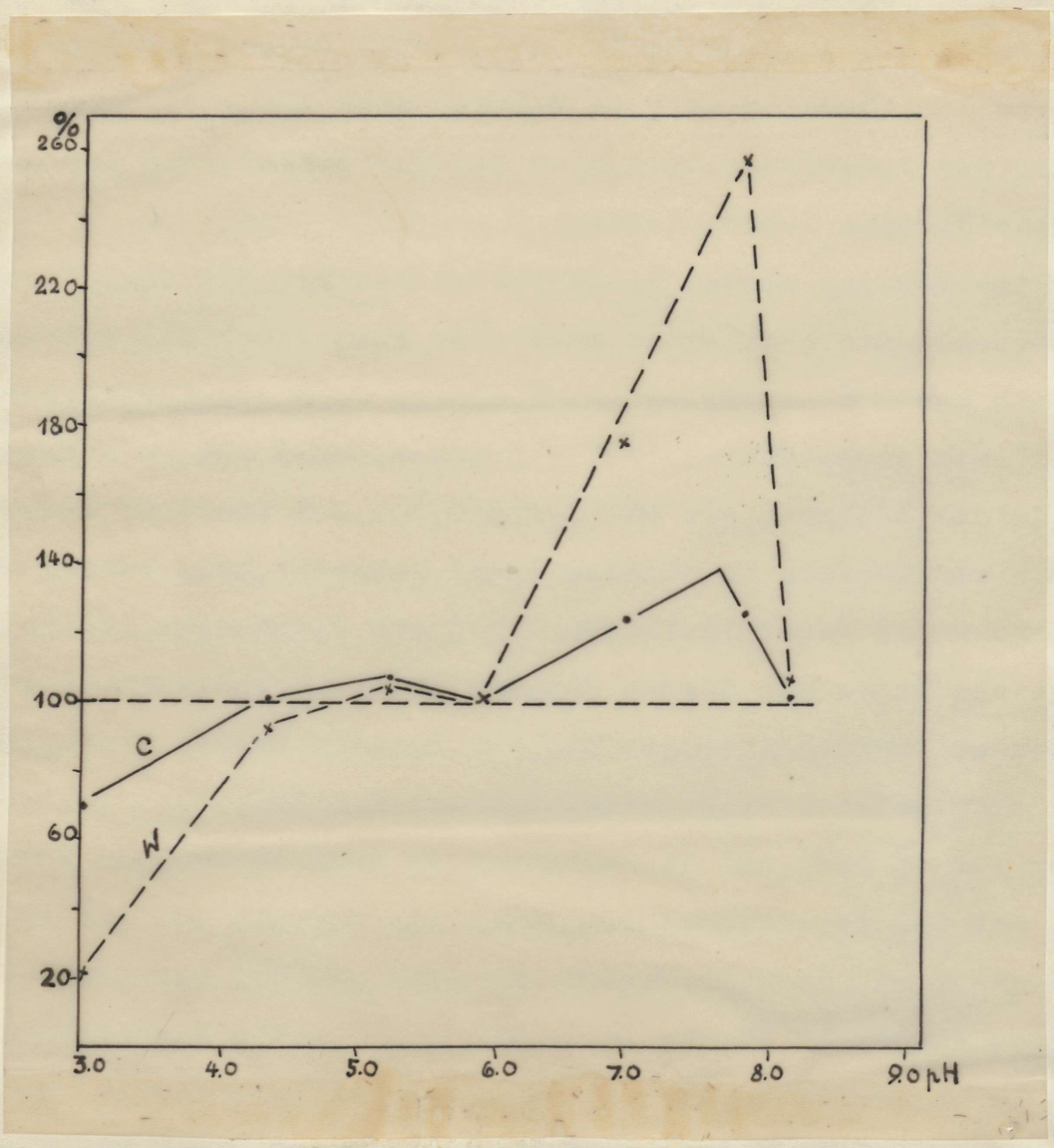
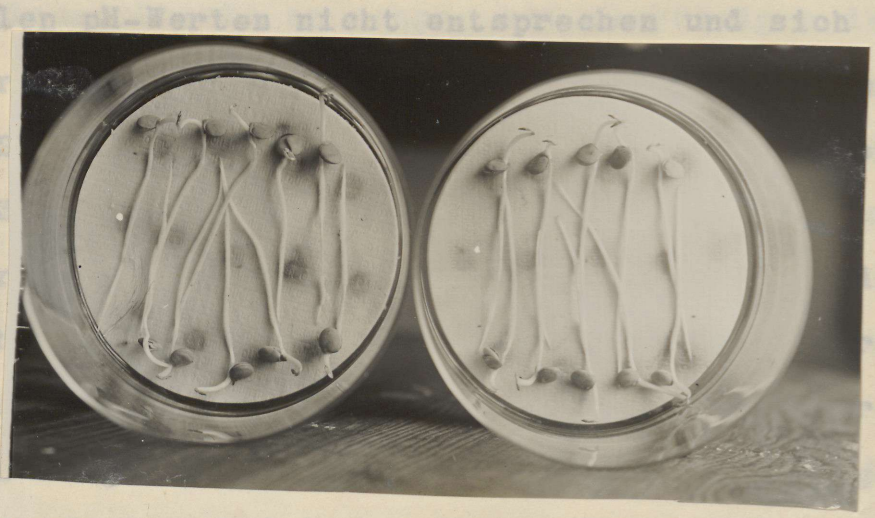


Fig. 6.

Tabelle 6.

Keimlingswachstum von Avena sativa (RK.0269 Jôgeva) bei verschiedenen pH (Aq.dest.+HCl oder NaOH). Dauer der Versuche 24 St.x 6. T°18.0°C. Auf Paraffinplatten; 250 ccm. Lösung. Zahl der Keimlinge - 15.

pH			Coleoptil			Gesammte Wurz.länge			c	d		e	
am Anf.	nach 24St.	Ber. Mittelw.	Länge +cm	%	δ ±%	cm.	%	δ ±%	Mittl Wurzell. cm.	Col.+ MWl. cm.	C+MWl %	Verh. b:a	Guttation
3.0	3.2	3.1	3.74	70.0	6.83	1.30	20.2	5.36	0.32	4.06	58.5	0.34	keine
4.0	4.64	4.32	5.34	100.0	4.15	5.89	91.7	8.11	1.47	6.81	98.1	1.10	mässig
5.0	5.50	5.25	5.75	107.7	3.65	6.62	103.1	5.07	1.65	7.40	106.6	1.15	stark
5.8	5.9	5.85	5.34	100.0	3.81	6.42	100.0	7.26	1.60	6.94	100.0	1.20	mässig
7.0	6.8	6.90	6.63	124.1	3.56	11.23	174.9	10.04	2.81	9.44	136.0	1.70	stark
8.0	7.40	7.70	6.69	125.5	4.74	16.50	257.0	7.15	4.12	10.81	155.7	2.46	s.stark
8.6	8.0	8.30	5.47	102.4	3.20	6.80	105.9	8.82	1.70	7.17	103.3	1.24	schwach
Leit.-wasser													
7.1	7.1	7.1	6.54	122.4	7.38	14.67	228.5	6.81	3.67	10.21	147.1	2.24	zieml. stark
Knopsche N-lg.													
6.1	6.2	6.15	7.26	135.9	5.85	13.11	204.2	7.67	3.29	10.54	151.8	1.80	zieml. stark
			a			b			c	d		e	



Lens.

Photo II

das kleine Optimum sich bei pH 4.8-5.2,das grosse bei pH 7.4-8.0 findet. Zwischen ihnen liegt bei pH 5.8 ein Minimum des Wachstums. (Photo 1).

Wenn wir die Länge der Keimlingselemente in destill.Wasser bei pH 5.8 auf 100.0% schätzen,dann beträgt die Coleoptillänge im kleinen Optimum (pH 5.0) 107.7% ,im grossen - 125.5% ,die Wurzellänge im kleinen Optimum 103.1 ,im grossen aber 257.0% .Bei diesen relativen Grössen müssen wir noch die Variationsfehler ($\delta \pm$),die nach der Formel von Pearson $\delta = \pm \frac{\sqrt{\Sigma pa^2}}{n}$ berechnet wurden,berücksichtigen.Es ergibt sich dabei,dass alle optimalen Grössen (ausser der Wurzellänge im kleinen Optimum) weit über den Variationsgrenzen liegen und damit ohne Zweifel berechtigt sind. Besonders stark ist das Wurzelwachstum im grossen Maximum pH 7.7. Bei pH 3.0 beträgt die Coleoptillänge noch 70.0%, die Wurzellänge aber nur 20.2%; bei pH 8.3 sind diese Grössen 102.4 und 105.9 In der Lösung mit 3.0 sind die Wurzelspitzen etwas angeschwollen und das Plasma in den Spitzenzellen erstarrt.Die jungen Wurzelchen verhalten sich zu dieser Lösung negativ chemotropisch und biegen sich von der Lösung nach oben ab.

In der Figur 6 können wir den Gang des Keimlingswachstums in den Lösungen mit verschiedenen H-Ionenkonzentrationen deutlicher verfolgen.

In den Kontrollösungen (Leitungswasser und Knopsche Nährlösung ohne Fe) ist das Keimlingswachstum viel besser als in destilliertem Wasser,bleibt aber bei Wurzeln von demjenigen bei pH 7.7 weit zurück,was vielleicht darauf zurückzuführen wäre,dass die pH-Werte der Kontrolle den optimalen pH-Werten nicht entsprechen und sich im Leitungswasser 7.1, in der Knopschen Nl.6.15 finden.Im Leitungswasser ist die Coleoptillänge 122.4%,die Wurzellänge - 228.5%,in der Knopschen N.L.-Coleoptillänge 135.9,Wurzellänge - 204.2%.

In der Spalte C finden sich die Angaben über die mittlere Wurzellänge,welche durch das Dividieren der gesammten Wurzellänge mit der Wurzelzahl auf 4 berechnet sind.Die Summen der mittleren Wurzeln und Coleoptillängen zeigen das Gesammtwachstum der Keimlinge an (Spalte d). Auch diese Zahlen weisen einen zweigipfligen Gang auf.

Die Zahlen der vorletzten Spalte (e) geben das Verhältnis der Gesammtwurzellänge zur Coleoptillänge an.Diese Zahlenreihe nimmt von pH 3.0 bis 8.0 (resp.7.7) stets zu,weiter aber rasch ab.Das deutet darauf hin,dass das Wurzelwachstum mit einer Verminderung der H-Ionenkonzentration bis zu pH - 8.0(resp.7.7) stets günstiger wird,dann aber rasch sinkt.

$^{x}\delta = \pm \sqrt{\frac{\Sigma pa^2}{n}}$

Es ist bei diesen Zahlen charakteristisch ,dass sie in der Reihe bei pH 5.8(im Wachstumsminimum) nicht abnehmen.In Kontrollösungen ist das Wurzelwachstum bedeutend besser als in dest.Wasser bei entsprechenden pH-Werten,dabei im Leitungswasser merkwürdigerweise günstiger als in der Knopschen Nährlösung.Dieses Ergebnis steht mit der günstigeren H-Ionenkonz.(pH 7.1)im Zusammenhang.Alles deutet darauf hin,dass das Wurzel-und Coleoptilwachstum der Keimlinge nicht nur von H-Ionenkonzentrationen,sondern auch von anderen Ionen bedingt wird.

In der letzten Spalte sind die Beobachtungen über die Guttation der Hafer-Coleoptile bei verschiedenen pH-Werten angegeben.Man sieht daraus,dass die Guttation in den optimalen Wachstumsbedingungen (bei pH 5.0 und 7.7)am stärksten zustande kommt.

Auf die Frage nach den Ursachen der zweigipfligen Wachstumskurven der Haferkeimlinge in den Lösungen mit verschiedenen H-Ionenkonzentrationen müssen wir zuerst an die Ionisation des Plasmams,denken,welche hervorgerufen wird durch die H-und OH-Ionen.

Aus den Untersuchungen von Hardy ,Michaelis,J.Loeb,u.a.wissen wir, dass die Eiweisskolloide,resp.die Plasmakolloide,sich als Ampholyte gegen die H-und OH-Ionen verhalten und im isoelektrischen Punkte,wo ihre Ionisation 0 ist,die grösste Viscosität aufweisen.Dadurch leisten sie für das Durchdringen des Wassers und der Salzionen einen grossen Widerstand.Von diesem Punkte an nehmen mit dem Steigen der Ionisation die Permeabilität,Quellung und der osmotische Druck des Plasmas bis zu einer bestimmten Grenze zu,weiter aber wieder ab.Auf Grund dieser kolloiden Eigenschaften des Plasmas muss die Teilung der Pflanzenzellen und in Zusammenhang damit auch das Wachstum in isoelektrischem Punkte im Minimum stehen(Risse (1926),Pfeiffer(1929),Gellhorn(1929) und von dort aus an beiden Seiten steigen.

Aus diesen Erläuterungen geht hervor,dass der isoelektrische Punkt des Keimlingsplasmas bei Hafer in gegebenem Falle sich bei pH 5.8 befinden muss und dass die beiden Maxima des Wachstums bei pH 5.25 u. 7.7 mit den Punkten der günstigsten Ionisation und dadurch bedingten kolloiden Eigenschaften des Plasmas zusammenfallen.

Sekundär können bei den Wachstumserscheinungen noch andere Faktoren mitwirken,wie z.B. die Enzymtätigkeit,welche ihrerseits aber wieder vom kolloiden Zustande des Plasmas abhängt.Nach Sörensen und Adler liegt die optimale Wirksamkeit der Diastase bei 20°C zwischen pH 4.6--5.2 und fällt in gegebenem Falle gerade mit dem kleinen Wachstumsop-

timum der Haferkeimlinge zusammen.Bei anderen Pflanzen,bei welchen der isoelektrische Punkt bei anderem pH-Werte liegt,kann aber vielleicht dieser Faktor keine Rolle mehr spielen.Was die Guttationserscheinungen anbetrifft,so sind diese von der Wasserversorgung - resp. von den Permeabilitätseigenschaften des Plasmas abhängig,und müssen bei der maximalen Durchlässigkeit des Plasmas (resp.in den optimalen Wachstumszonen am stärksten ausgeprägt sein.Im isoelektrischen Punkte und bei den zu starken Konzentrationen der H- u.OH-Ionen - wo die Viscosität der Plasmakolloide wieder steigt,die Permeabilität aber fällt,muss die Guttation entsprechend kleiner sein,was auch mit den Beobachtungen übereinstimmt.

Die zweite Frage,wie die pH-Werte der Versuchslösungen von den Wurzelausscheidungen verändert werden,wurde dadurch zu lösen versucht,dass ich je nach 24 Stunden die pH-Werte der Versuchslösungen von neuem bestimmt habe.Aus diesen Einzelbestimmungen habe ich dann die mittleren durchschnittlichen Abweichungsgrössen der einzelnen Lösungen für die ganze Versuchsdauer berechnet.Diese Angaben sind in der zweiten Spalte der Tabelle angegeben.In der dritten Spalte befinden sich die Durchschnittsangaben der pH-Werte zwischen Anfangs- und Endgrössen;diese Zahlen sind als eigentliche pH-Werte der Versuchslösungen anzunehmen.

Aus den Zahlen der zweiten Spalte sehen wir,dass die pH-Werte der Versuchslösungen von 3.0-bis 6.0(5.8?) steigen,von 7.0-8.6 aber fallen, oder mit anderen Worten,dass die H- u. OH-Ionen der Lösungen durch die Wurzelausscheidungen neutralisiert werden.Auf welche Ursachen die Veränderung der pH-Werte zurückzuführen ist(eine ungleich starke Aufnahme der An-und Kationen,Ausscheidung von Säuren und CO_2(Atmung)aus den Wurzeln,Auslaugen von Substanzen aus den Samen oder andere),habe ich noch nicht festgestellt.Weiter sehen wir bei der Betrachtung der Zahlen (Spalte 2),wenn wir dieselben mit den Zahlen der ersten Spalte vergleichen,dass die Abweichungen der pH-Werte von den Anfangszahlen bei 4.0 und 5.0, 8.0 u. 8.6 am grössten sind,also parallel mit der Stärke des Wurzelwachstums verändert werden.Diese Erscheinung kann ebenfalls mit der grösseren Permeabilität des Plasmas der Wurzelzellen bei erwähnten pH-Werten in Zusammenhang gebracht werden.

Wir haben gesehen,dass das Keimlingswachstum im Leitungswasser und in der Knopschen Nährlösung besser vor sich geht als in destill.

Tabelle 7.

Keimlingswachstum von Avena sativa (RL. 0269 Jõgeva)

in Knopscher Nährlösung bei verschiedenen pH.

Dauer der Versuche 24 St.x6 T° 18.0°C Auf Paraffinplatten.

Zahl der Keimlinge - 15. 250 ccm.Lös.

pH			Coleoptil			Gesammte Wurzellänge			c	d		e	
am Anf.	nach 24St.	Berechneter Mittelwert.	a Länge in cm	%	$\delta \pm$ %	b in cm.	%	$\delta \pm$ %	Mittl. Wurzellänge in cm.	Col.+ MWl. in cm.	%	Verhältnis GWl:C	Guttation.
3.0	3.0	3.0	4.8	90.6	6.34	1.95	31.3	9.25	0.49	5.29	77.2	0.40	keine
4.0	4.52	4.26	6.4	120.7	3.28	8.78	141.1	7.56	2.19	8.59	125.4	1.34	schwach
5.0	5.40	5.20	7.6	143.4	2.72	12.85	206.2	5.25	3.21	10.81	157.8	1.69	stark
5.5	5.8	5.65	6.9	130.2	3.61	12.08	194.2	3.98	3.02	9.92	144.8	1.75	ziemlich stark
6.0	6.1	6.05	7.1	133.9	3.96	13.00	209.0	4.11	3.25	10.35	151.1	1.83	ziemlich stark
7.0	6.8	6.9	7.7	145.3	2.39	15.92	255.9	4.31	3.98	11.68	170.5	2.07	sehr stark
Aq.destill.					~~3.71~~			~~5.68~~					
5.8	5.9	5.85	5.3	100.0	5.12	6.22	100.0	6.52	1.55	6.85	100.0	1.17	mässig
Leitungswasser													
7.1	7.1	7.1	6.6	124.5	4.94	14.7	236.3	3.88	3.69	10.29	150.2	2.23	stark
			a			b			c	d		e	

Tabelle 8.

Keimlingswachstum von Avena sativa (RL. 0.269 Jôgeva)

im Leitungswasser bei verschiedenen pH.

Dauer der Versuche 24 St.x6. T° 18.0°C. Auf Paraffinplatten 300 ccm. Wasser

Zahl der Keimlinge à 15 in jeder D-Schale.

pH			Coleoptil			Gesammte Wurzellänge			c	d		e		
am Anf.	nach 24St (Mittl.)	Berechneter Mittelwert.	Länge in cm.	%	∫ ±%	in cm.	%	∫ ±%	Mittl. Wurzellänge in cm.	Col.+MWL. in cm.	%	Das Verhältnis b:a	Guttation	
3.0	3.0	3.0	4.10	75.9	6.24	1.68	26.3	8.43	0.42	4.52	64.6	0.41	keine	
4.0	4.4	4.2	6.00	111.1	4.30	6.96	109.2	8.05	1.74	7.74	110.7	1.16	ziemlich stark	
5.0	5.3	5.15	5.88	109.0	4.23	8.80	138.1	7.43	2.20	8.08	115.6	1.49	stark	
5.5	5.65	5.57	5.65	104.6	3.80	8.52	133.7	6.80	2.13	7.78	111.9	1.51	mässig	
6.0	6.1	6.05	6.60	120.0	3.98	11.20	175.8	6.62	2.80	9.40	134.4	1.69	stark	
7.0	7.08	7.04	7.00	129.6	4.12	14.80	232.3	7.03	3.70	10.70	153.1	2.11	sehr stark	
7.6	7.45	7.53	6.53	120.7	3.86	12.50	192.6	5.73	3.12	9.65	138.0	1.91	stark	
Aq.destill														
5.8	5.9	5.85	5.40	100.0	3.63	6.37	100.0	7.71	1.59	6.99	100.0	1.18	mässig	
			a			b			c	d		e		

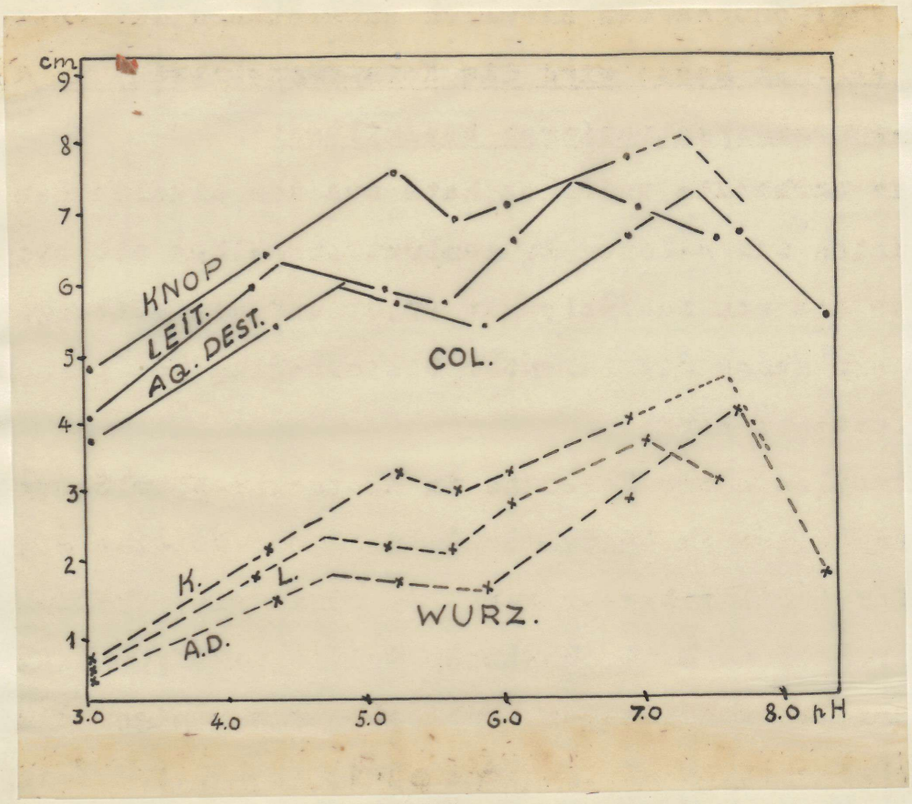

cm
9
8
7
6
5
4
3
2
1
KNOP
LEIT.
AQ. DEST.
COL.
K.
L.
A.D.
WURZ.
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0 pH

Fig. 7

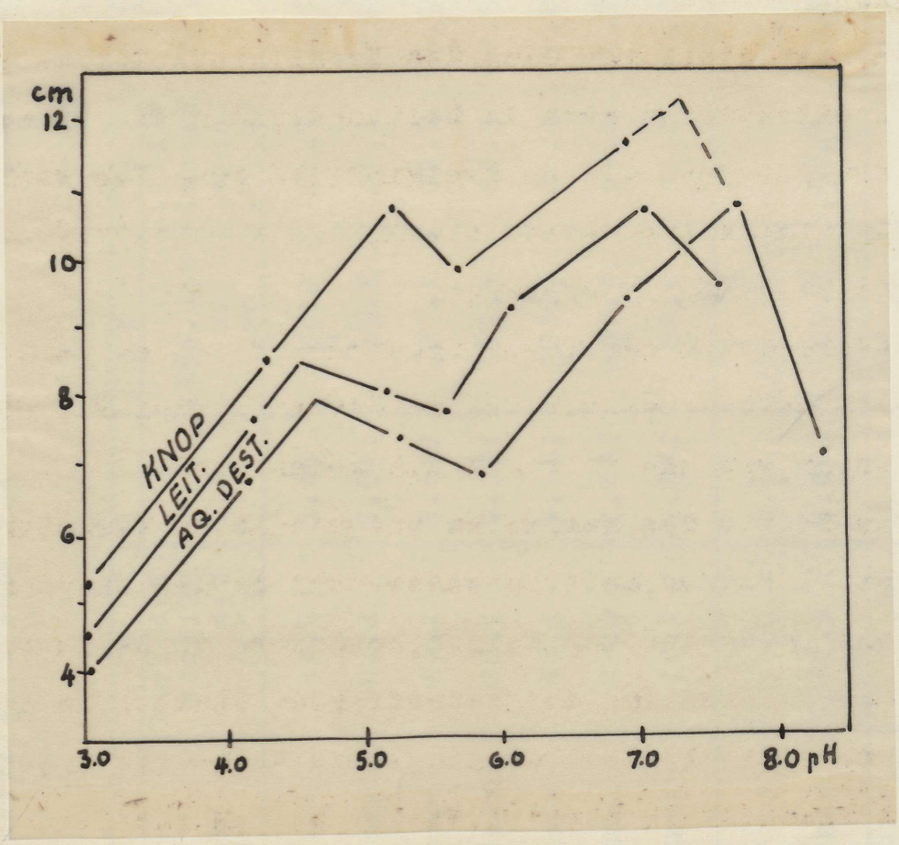

cm
12
10
8
6
4
KNOP
LEIT.
AQ. DEST.
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0 pH

Fig. 8

Wasser und dass die Veränderung der pH-Werte in diesen Lösungen wegen ihrer Puffereigenschaften ziemlich unbedeutend ist. Jetzt entstand die Frage: in welchem Masse wird das Keimlingswachstum in diesen Lösungen von den H-Ionenkonzentrationen beeinflusst?

Da die Carbonate und Phosphate aus den alkalischen Lösungen ausfallen, konnten die H-Ionen Konzentrationsreihen mit Knopscher N.L. (ohne Fe!) nur bis zum Neutralpunkt (7.0) und mit Leitungswasser bis pH 7.6 (hier war schon ein leichter Niederschlag von Carbonaten bemerkbar!) fortgesetzt werden.

Die Resultate der Versuche in Knopscher Nährlösung sind in der Tabelle 7, diejenigen im Leitungswasser in der Tabelle 8 zusammengefasst.

Aus den Angaben dieser Tabellen sehen wir; 1) Die H-Ionenkonzentrationen werden im Leitungswasser und in der Knopschen N.L. ebenfalls von den Wurzelausscheidungen - obwohl etwas weniger als in destill. Wasser - herabgesetzt. So steigen die pH-Werte - bei 4.0 im dest. Wasser auf 4.4, in Kn. N.L. auf 4.52, im Aq. dest. auf 4.64, bei pH 5.0 - im L.W. auf 5.3, Kn.N.L. - auf 5.4, in dest. Wasser auf 5.5. Daraus geht hervor, dass die Puffereigenschaften des Leitungswassers etwas grösser sind als die der Knopschen Nährlösung.

2) Ein zweigipfliger Gang des Keimlingswachstums wird durch die H-Ionenkonzentrationen auch im Leitungswasser wie in der Knopschen Nährlösung hervorgerufen; dieser zweigipflige Gang des Wachstums ist hier beim Coleoptilwachstum ebenso stark, beim Wurzelwachstum aber schwächer als in destill. Wasser ausgeprägt.

3) Das Wachstum der Keimlingselemente ist bei allen H-Ionenkonzentrationen im Leitungswasser und in der Knopschen N.L. besser als in destill. Wasser, was man in Fig.7 u.8 sehen kann.

4) Die Punkte des maximalen und minimalen Wachstums (Fig.7) liegen in destill. Wasser, Leitungswasser und in der Knopschen N.L. nicht bei gleichen pH-Werten und zeigen, besonders im Leitungswasser, eine Verschiebung nach links von den betreffenden Punkten in destill. Wasser. So liegen z.B. die Punkte des minimalen Wachstums (resp. isoelektr. Punkte des Plasmas) in destill. Wasser bei pH 5.85, in Knopscher N.L. bei 5.65, im Leitungswasser bei 5.55. Diese Verschiebung des isoelektrischen Punktes, und ebenfalls der maximalen Punkte des Wachstums, ist sehr charakteristisch und wird, wie Michaelis, Rona, Haffner u.a. gezeigt haben, durch die Wirkung der Salzionen hervorgerufen.

5) Die Verhältniszahlen (Gesammtwurzellänge:Coleoptillänge) in de

vorletzten Spalte (e) zeigen,dass das Wurzelwachstum in den betreffenden Versuchslösungen bei allen pH-Werten folgendermassen steigt:dest. Wasser<Leitungswasser < Knopsche N.L. Auch die Begünstigung des Wurzelwachstums im Leitungswasser und in der Knopschen N.L. kann auf die Wirkung der in den letzten Lösungen befindlichen Salzionen zurückgeführt werden.

6) Die Guttationserscheinungen treten bei Versuchen im Leitungswasser und in der Knopschen N.L. ähnlich,wie in destill.Wasser hervor.

Weiter habe ich versucht festzustellen,wie die H-Ionenkonzentrationen das Wachstum der Linsenkeimlinge beeinflussen.

Aus verschiedenen Gründen war es unmöglich die Versuche mit Linsensamen auf Paraffinplatten analog den vorigen auszuführen; sie wurden in Doppelschalen auf Filtrierpapierscheiben,die mit 10 ccm. von Lösungen mit bestimmten pH- angefeuchtet waren und auf welche je 15 ausgewählte Samen aufgelegt wurden,ausgeführt.Nach je 24 Stunden wurden die Keimlinge in die neuen sterilisierten Schalen auf die mit frischen Lösungen angefeuchteten neuen Filtrierpapierscheiben gebracht,die Veränderung der pH- bestimmt und nach 48 Stunden die Zahl der Keimlinge auf 10 reduziert(Photo 2).Die Resultate dieser Versuche sind in der Tabelle 9 angegeben. → Seite 28

Die Zahlen der zweiten Spalte der Tabelle zeigen,wie die pH-Werte sich bei dieser Anordnung verändert haben.

Im Durchschnitt sind sie alle 24 Stunden v. pH 3.0 auf 6.4,
" 4.0 " 6.8,
" 5.0 " 7.0,
" 5.8 " 7.1,
" 7.0 " 7.3,
" 8.0 " 7.5,
" 8.8 " 7.8,
Im Leitungswasser " 7.1 " 7.3,
In Knopscher N.L. 1/4 K. " 6.1 " 6.7,
" " " 1/5 " " 5.9 " 7.1,

verschoben worden. Aus den Verschiebungen der pH-Werte können wir folgendes schliessen:

Die Veränderung der pH-Werte der Versuchslösungen deutet darauf hin, dass die H- und OH-Ionen dort ebenso wie in vorigen Versuchen neutralisiert werden,aber nicht in der Richtung von pH- 5.8 sondern 7.3,was dem

Tabelle 9.

Keimlingswachstum von Lens esculenta.

bei verschiedenen pH - Werten 5 Filterscheiben mit 10 ccm Lösungen.

Nach jede 24 Stunden Übertragung in T° 18.0°C.

die neue Schalen. Dauer 24 St. x 6.

pH am Anfang in allen Lösung.	pH nach jede 24 Stunden	pH in Lös. ohne Samen. nach 144St.	Stengel Länge in cm.	Stengel %	Stengel s ±%	Wurzel Länge in cm.	Wurzel %	Wurzel s ±%	Steng.+ Wurz. in cm	Steng.+ Wurz. %	Das Verhältnis W:S	
3.0	3.5;6.5;6.9;7.0;6.9;6.9;	3.4	2.38	103.5	12.4	8.73	106.4	4.80	11.11	105.7	3.68	
4.0	4.4;7.0;7.2;7.3;7.1;7.2;	4.25	2.62	113.8	7.19	8.40	102.4	2.82	11.02	105.0	3.20	
5.0	5.2;7.3;7.3;7.3;7.2;7.3;	5.2	2.42	105.2	12.1	8.26	100.7	4.39	10.68	101.7	3.41	
5.8	5.85;7.4;7.4;7.3;7.4;7.4;	5.85	2.30	100.0	10.5	8.20	100.0	4.47	10.50	100.0	3.56	
7.0	7.0;7.5;7.4;7.4;7.4;7.4;	7.0	2.21	96.0	8.0	8.51	103.8	3.31	10.72	102.1	3.85	
8.0	7.8;7.5;7.5;7.5;7.5;7.5;	7.9	2.20	95.6	12.8	8.23	100.4	3.91	10.43	99.3	3.72	
8.8	8.5;7.8;7.6;7.5;7.7;7.7;	8.6	1.95	84.8	11.3	7.46	91.0	3.70	9.41	90.0	3.82	
7.1	7.1;7.4;7.4;7.5;7.4;7.4;	7.1	1.88	81.7	15.6	6.41	78.2	3.85	8.29	79.0	3.41	Leitungswass.
6.1	6.2;6.6;6.7;6.8;7.0;7.0;	6.2	2.23	96.9	8.95	7.78	94.9	3.59	10.01	95.3	3.48	Knop $^1/_1$ Konz.
5.9	6.0;7.0;7.2;7.3;7.3;7.3;	6.0	2.60	113.5	7.41	8.46	103.1	3.73	11.06	105.3	3.23	Knop $^1/_5$ Konz.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	

Neutralpunkte sehr nahe steht.

2) Die Verschiebung der pH-Werte hängt von den Puffereigenschaften und der Salzkonzentration der Lösungen ab, So steigen die pH-Werte:

In destill.Wasser	von 5.8	auf	7.1
in Knop.N.L.½ Konz.	" 6.1	"	6.7
" " " ⅕ "	" 5.9	"	7.1

3) Die Veränderung der pH-Werte kommt auch bei den ungekeimten Samen vor. Die ersten unterstrichenen Zahlen,die den pH-Bestimmungen nach den ersten 24 Stunden entsprechen,also in der Zeit wenn die Samenschalen von den Keimlingswurzeln noch nicht durchbrochen waren,und die Zahlen der dritten Spalte (pH-der Kontrollversuche ohne Samen - nach 144 Stunden) weisen darauf hin,dass die pH-Verschiebungen in diesen Fällen nicht von den Keimlingswurzeln verursacht werden können,sondern von anderen Faktoren: vom neutralen Filtrierpapier,- von den Glasschalen(Filter- und Glasfaktoren nach Zollitsch).Da die pH-Werte der dritten Spalte aber kleiner sind als die unterstrichenen Zahlen der zweiten Spalte so reichen die Filter- und Glasfaktoren in gegebenem Falle nicht aus. Hier können noch die aus Samen ~~aus~~ diffundierenden Stoffen hinzukommen, da bekanntlich die Schalen der Leguminosesamen für die Salze leicht durchgänglich sind (Schroeder,Gurewitsch).

4) In kleinen Lösungsmengen (10 ccm.) - kommt die Veränderung der pH-Werte sehr rasch zustande und nähert sich schon nach 24 Stunden den Endwerten.

Aus den Zahlen der weiteren Spalten ersehen wir,dass das Stengelwachstum seine maximale Grösse bei pH 4.0 erreicht hat,das Wurzel- und Gesammtwachstum aber zwei schwache Optima - bei pH 3.0-4.0 und 7.0 - aufweisen.Da die Versuche unter gegebenen Bedingungen nicht als solche mit ± konstanten pH ,sondern nur als intermittierende Reizversuche mit verschiedenen Anfangs- H u. OH-Ionenkonzentrationen anzusehen sind,muss man die Resultate auch in diesem Sinne schätzen; eine solche intermittierende H- u. OH-Ionenwirkung kann,wie aus diesen Versuchen ersichtlich, nur einen schwachen Einfluss auf das Keimlingswachstum von Linsen ausüben.

Aus den Kontrollversuchen sehen wir,dass die Linsenkeimlinge im Leitungswasser und in der Knopschen N.L. von ½ Konz. schwächer,in der verdünnten Knopschen N.L. (1/5 Konz.) aber stärker wachsen als in destill. Wasser bei pH 5.8. Daraus folgt,dass die normale Konzentration der Knop-

Tabelle 10.

Keimlingswachstum von Avena sativa (RL.0269 Jôgeva)

In Doppelschalen auf 5 Filt.+ 10 ccm.Lös. T.18.0° Dauer der Vers. 24 St.x7, Samenzahl 20 resp.15.

pH		Coleoptil			Wurzel			Col.+Mittl.W.L.		Ver-	
am Anf.	am Ende	Länge in cm.	%	σ ± %	Mittl. Länge in cm.	%	σ ± %	in cm	%	hältnis Ges. Wl:C	
3.0	7.0	7.7	93.9	4.30	7.8	104.3	3.98	15.50	99.3	4.0	
4.0	7.2	8.2	100.0	3.74	7.9	106.8	5.66	16.1	103.2	3.9	
5.0	7.3	8.3	101.2	3.19	7.7	104.0	4.09	16.0	102.5	3.7	
5.8	7.4	8.2	100.0	3.01	7.4	100.0	7.01	15.6	100.0	3.6	Aqua destillata.
7.0	7.5	8.1	98.8	3.75	7.8	104.0	5.65	15.9	101.9	3.8	
8.0	7.6	8.8	107.3	4.50	7.5	101.3	6.90	16.1	103.2	3.4	
8.8	7.8	8.6	105.0	3.32	6.5	87.8	5.60	15.1	96.8	2.9	
7.1	7.5	8.7	106.1	3.87	6.6	89.2	5.33	15.30	98.1	3.0	Leitungswasser.
6.1	7.3	10.2	124.4	2.59	8.5	114.8	5.28	18.7	120.0	3.3	Knopsche Nährl. ohne Fe.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	

schen Nährsalze für das Wachstum der Linsenkeimlinge zu hoch ist.

Die vorigen Versuche mit Linsenkeimlingen haben uns gezeigt, wie rasch die Veränderung der H- und OH-Ionenkonzentrationen im Keimbette aus Filtrierpapier mit kleineren Lösungsmengen vor sich geht. Auf Grund dieser Fakta wollte ich weiter feststellen, wie weit die pH-Werte in solchem Keimbette von Keimlingswurzeln während der ganzen Versuchsdauer - 7 Tagen - verändert werden und ob dabei die Anfangskonzentrationen der H- und OH-Ionen auf das Keimlingswachstum noch eine Wirkung ausüben

Die Versuche wurden mit Avena sativa ausgeführt und die Resultate in der Tabelle 10 zusammengefasst. Aus dieser Tabelle sehen wir:

1) Die pH-Werte haben sich bei Haferkeimlingen nach 7 Tagen nur fast ebenso weit als bei Linsenkeimlingen nach 24 Stunden verändert; und wie die Kontrollproben gezeigt haben, werden diese Werte schon am dritten oder vierten Tage nach dem Auslegen der Samen erreicht und verschieben sich von diesem Zeitpunkte an kaum weiter. Im ganzen geht aber die Verschiebung der pH-Werte der Versuchslösungen hier etwas langsamer vor sich als bei Linsen. Diese Erscheinung kann teils von der schwächeren Durchlässigkeit der Samenschalen für die aus diffundierenden Salzionen bei Getreidearten abhängen.

2) Das Coleoptil-und Wurzelwachstum der Haferkeimlinge zeigt bei verschiedenen pH-Werten noch kleine Unterschiede, aus welchen die Wachstumsoptima an beiden Seiten von pH 5.8 als schwache Reflexionen bemerkbar sind. Da aber fast alle Schwankungen unter den Variationsgrenzen liegen, brauchen wir sie nicht zu beachten. Nur bei Anfangs-pH-3.0 ist das Coleoptilwachstum und bei -8.8- das Wurzelwachstum merklich herabgesetzt worden. Diese experimentellen Feststellungen haben eine grosse Bedeutung bei der Schätzung der Versuchsresultate mit kleinen Abweichungen in pH-Werten, was z.B. in den Lösungen der Salze mit verschiedenen Konz. stets vorkommt. (Siehe Tab.4). Da diese Abweichungen während der Versuchszeit sehr bald ausgeglichen werden, könnten sie wohl kaum eine bemerkbare Wirkung auf das Keimlingswachstum ausüben, und man kann sie darum beiseite lassen.

Zusammenfassung.

1) Das Keimlingswachstum von Avena sativa zeigt 2 Wachstumsoptima: ein kleineres bei pH 4.5-5.25 und ein grösseres bei pH 7.0-8.0 mit dem Höchstwachstum bei pH 7.7 (Aq.destillata). Im Leitungswasser und in der

Knopschen Nährlösung kommt eine Verschiebung der optimalen pH-Werte nach links vor.

2) Bei pH 5.85 liegt in destilliertem Wasser ein Wachstumsminimum das mit dem isoelektrischen Punkte der Plasmakolloide der Haferkeimlinge zusammenfällt. Im Leitungswasser und in der Knopschen Nährlösung finden sich diese Wachstumsminima (resp. isoelektr. Punkt der Plasmakolloide bei pH 5.55 u. 5.65.

3) Die beiden Optima des Keimlingswachstums hängen von bestimmten Ionisationsstufen und den damit in Zusammenhang stehenden kolloidchemischen Eigenschaften des Plasmas ab. (Permeabilität, Viscosität, osmot. Druck, Quellung). Diese Ionisationsstufen werden von H- und OH-Ionenkonzentrationen der Versuchslösungen bestimmt.

4) Die pH-Werte der Versuchslösungen werden von Wurzelausscheidungen, von aus Samen ausdiffundierenden Salzionen, vom neutralen Filtrierpapier und den Versuchsschalen verändert. Die Verschiebung der pH-Werte dieser Lösungen bewegt sich in der Richtung des grossen Wachstumsoptimums.

5) Die Grösse der Veränderung der pH-Werte hängt ab: a) von den Puffereigenschaften und Salzkonzentrationen der Versuchslösungen, b) von der Durchlässigkeit der Samenschalen für die Salzionen, c) von der Lösungsmenge und d) der Versuchsdauer.

6) Bei kleinen Mengen der Versuchslösungen (10 ccm. auf 5 Filtrierpapierscheiben) werden die Anfangs-pH-Werte der Lösungen sehr bald mehr oder weniger ausgeglichen, so dass sie auf die Versuchsresultate fast keinen Einfluss ausüben können..

Die Wirkung der Salzionen auf die Enzymtätigkeit.

Die Salze können auf das Keimlingswachstum erstens - durch die Veränderung des kolloidalen Zustandes der Plasmakomponente und zweitens - durch die Beeinflussung der Enzymtätigkeit wirken. Meistens wird bei Keimungsphysiologischen Untersuchungen nur die erste Wirkungsmöglichkeit der Salze in Betracht gezogen. Wir können aber annehmen, dass das Keimlingswachstum auch dadurch beschleunigt oder verlangsamt wird, wie schnell die Reservestoffe der Samen durch die Fermente aufgelöst werden, und dass die Salzionen in diesem Falle eine grosse Rolle spielen können.

Bei der Abspaltung von Stärke in Getreidesamen haben wir es mit der Diastase zu tun. Ob sie ein einheitliches Ferment ist (Sabalitschka und Schulze 1925) oder aus zwei verschiedenen Komponenten besteht (Dubrunfaut u. Cuisinier 1882, Brown u. Morris 1890, Kühn 1925), ist bisher noch nicht mit Sicherheit festgestellt worden.

Aus den Arbeiten der älteren Autoren (Lintner 1887, Effront 1892, Cole 1903, Osborne, Bierry u. Schäffer 1907, Wohlgemuht 1908) ersehen wir nur, dass einige Alkalisalze die Wirkung der Diastase bei dem Stärkeabbau aktivieren und dass besonders Chloride hier am stärksten wirkan. Weiter haben Michaelis und Pechstein (1914) gefunden, dass die Amylase ohne Vorhandensein von Salzen die Stärke überhaupt nicht spalten kann. Auch Ernström (1921) hat festgestellt, dass Neutralsalze die Tätigkeit der Speichelamylase aktivieren und dass die völlig salzfreie Speichelamylase auf die Stärke keine Wirkung ausübt. Ausserdem hat er noch gefunden, dass beim Vorhandensein von Alkaliphosphaten das Aciditätsoptimum der Maltase bei pH 6.0, mit Na-Acetat aber bei pH 5.5 liegt. Zuletzt seien noch die Befunden von Biedermann (1921) erwähnt nach welchen die Chloride, Bromide und Jodide in kleineren Konzentrationen die Amylasetätigkeit beschleunigen, in höheren Konzentrationen sie dagegen herabsetzen.

Im ganzen sind die Literaturangaben zu fragmentarisch; es fehlen die systematisch ausgeführten Versuche auf diesem Gebiete, aus welchen wir einen einheitlichen Überblick über die Wirkung der verschiedenen Neutralsalze in Abhängigkeit von Konzentrationen auf die Diastasetätigkeit bekommen könnten.

Es ergab sich daraus die Notwendigkeit die Sachlage experimentell

kennen zu lernen.

Nach Karrer ist die Stärkespaltung zuerst eine Depolymerisation und dann eine hydrolytische Spaltung. Der Spaltungsweg der Stärke bis zur Maltose geht über eine Reihe von Zwischenprodukten, wo eine Verflüssigung parallel mit der Verzuckerung vor sich geht. Es ist sehr schwer beide Prozesse zu trennen und die Salzwirkung auf jeden Vorgang einzeln zu verfolgen. Man hat vielfach Versucht die Diastasewirkung auf die Stärkespaltung nach der Methode von Wohlgemuth (1908) festzustellen. Da aber bei dieser Methode der Spaltungsprozess bei zu hoher Temperatur (50-60°C) durchgeführt werden muss, diese aber der Keimungstemperatur nicht entspricht, musste ich von dieser Methode.absehen. Auch die polarimetrische Methode von Willstätter und Steibelt ist bei niederen und nicht konstanten Temperaturen unbrauchbar (man kann die Laboratoriumstemperatur, weil man bei der letzten Methode stets den Bunsenbrenner benutzen muss, nicht konstant halten!). Nach einer Reihe von Versuchen habe ich eine praktische Methode ausgearbeitet, nach welcher ich über den Verflüssigungsgang der Stärke (nicht aber über die Verzuckerung) verhältnismässig gute Resultate erzielte.

Die Versuche wurden folgendermassen ausgeführt: Es wurde eine 2.0% Stärkesuspension aus reinstem Amylum tritici mit dest. Wasser hergestellt und genau 5 Minuten gekocht. (Die ungekochte Stärke setzt sich am Boden an und wird von der Diastase schwer angegriffen). Zu 1 ccm. dieser gekochten Stärkesuspension wurden 2 ccm. von den betreffenden Salzlösungen (bezw.Wasser) und 1 ccm. von der 0.2% Diastaselösung, (hergestellt aus einem Präparat von Merck), hinzugefügt und leicht durchgeschüttelt. Der Moment der Hinzufügung von Diastase wurde als Anfangsmoment angenommen und mit der Stoppuhr festgehalten. Jetzt kam das Reagenzglas in einen Komparator, in welchem 4 mm. weit hinter dem Reagenzglase ein Schriftstreifen mit einem 1 mm. Druck befestigt wurde und wohin ein anderes gleich grosses Reagenzglas mit einer 10% Saccharoselösung zum Vergleichen gestellt war. Als Endwert der Verflüssigung der Stärkesuspension wurde der Moment angesehen, in welchem man die angegebene 1 mm Schrift durch die Stärkesuspension ebenso deutlich als durch das Reagenzglas mit der zehnprozentigen Zuckerlösung lesen konnte.

Die Augenweite vom Komparator betrug stets 25 cm. Die Versuche wurden im Laboratorium bei diffusem Licht und einer Temp. von 20.5°C

Tabelle 11.

Die Wirkung der Salzkonzentrationen auf die Tätigkeit von Diastase (Amylase) bei der Stärkenverflüssigung. Temp. 20.5°C

Salze	Konzentrationen der Versuchslös.				Bemerkungen zu d. untergestrich. Zahlen.
	0.05 n.	0.005 n.	0.0005 n.	0.00005 n.	
NH_4Cl	4'25"	3'45"	3'55"	4'15"	
NH_4NO_3	5'35"	4'55"	4'45"	5'35"	
NH_4CNS	6'30"	7'50"	8'15"	9'00"	
$(NH_4)2SO_4$	12'20	11'15"	10'45"	10'30"	Flokulation
$NH_4H_2PO_4$	17'30"	15'20"	13'30"	10'45"	Flokulation
KBr	3'45"	4'05"	4'30"	4'50"	
KCl	5'00"	4'20"	4'30"	4'50"	
KNO_3	5'20"	4'45"	5'00"	5'40"	
KCNS	5'35"	6'15"	7'15"	8'00"	
K_2SO_4	15'00"	11'15"	8'45"	9'10"	Flokulation
KH_2PO_4	13'15"	8'45"	9'00"	9'15"	Flokulation
NaCl	5'05"	4'30"	3'45"	4'30"	
$NaNO_3$	6'35"	6'10"	5'45"	6'30"	
NaCNS	9'45"	7'00"	8'00"	8'55"	
NaH_2PO4	17'20"	10'45"	8'50"	8'30"	Flokulation
LiCl	5'30"	4'30"	4'00"	4'30"	
$LiNO_3$	6'20"	5'40"	5'05"	6'45"	
$MgCl_2$	5'15"	4'30"	4'00"	5'15"	
$Mg(NO_3)_2$	9'00"	7'45"	6'30"	7'45"	
$MgSO_4$	11'20"	10'15"	9'45"	9'35"	
$CaCl_2$	4'30"	5'00"	5'15"	5'35"	
$Ca(NO_3)2$	5'25"	5'55"	6'40"	7'15"	
$Ca(CNS)_2$	7'25"	7'45"	8'35"	8'45"	
$Ca(H_2PO_4)_2$	8'45"	9'00"	9'10"	9'20"	
Aq.destill.	9'30"				
Leitungsw.	5'15"				

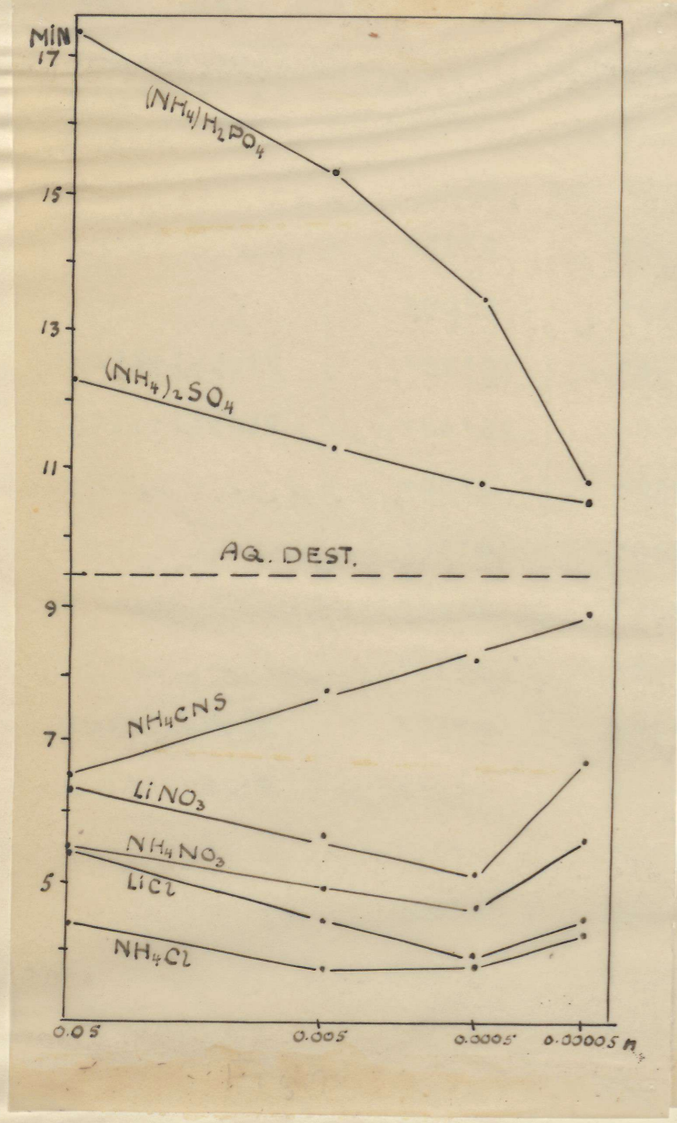


Fig. 9

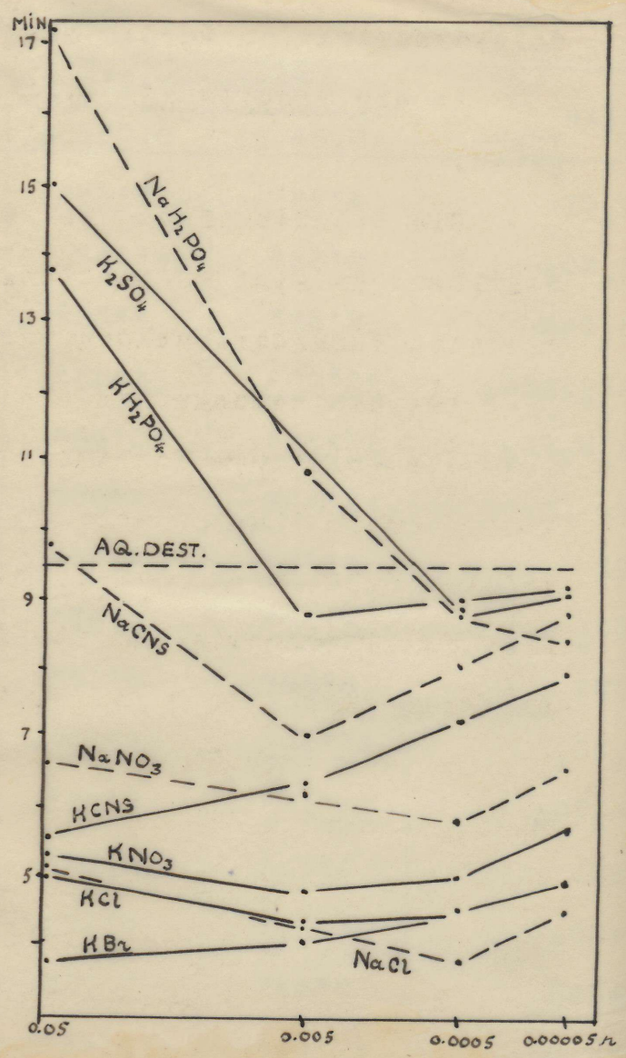


Fig. 10

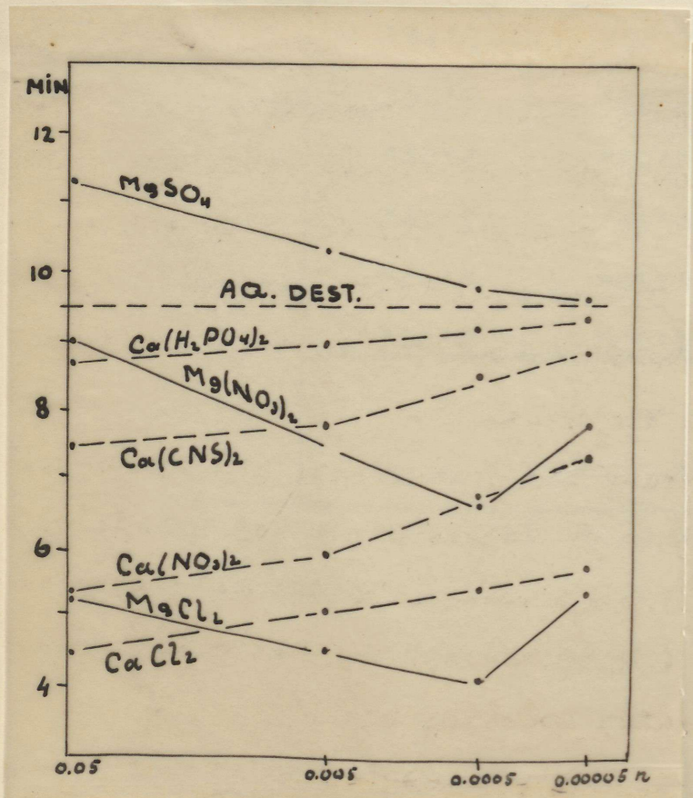


Fig. 11

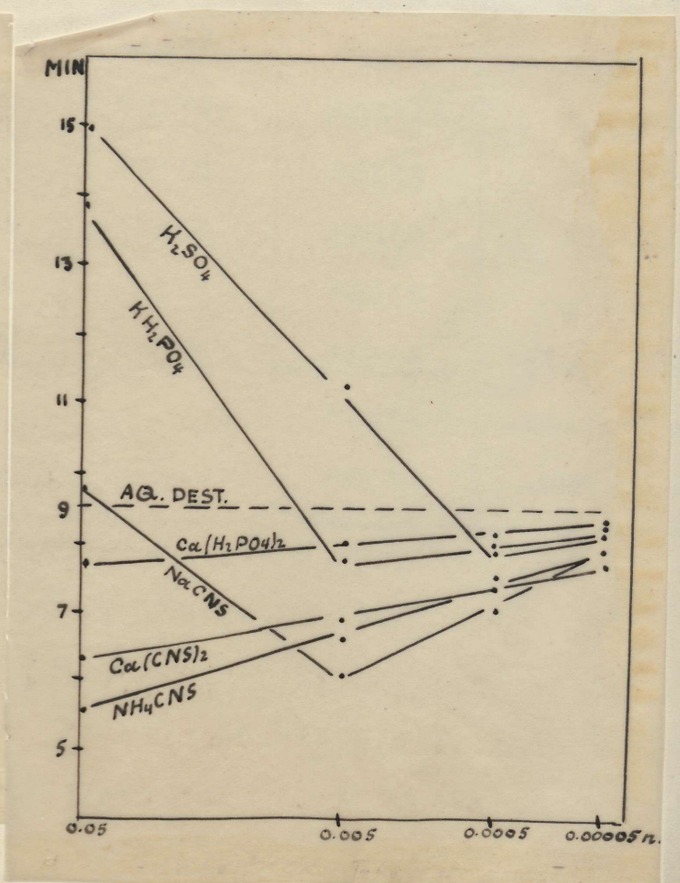


Fig. 12.

ausgeführt. Die Temperaturschwankungen ± 0.4°C wurden durch die stätige Kontrolle ausgeglichen und auf 20.5°C umgerechnet. Mit jeder Salzkonzentration wurden mindenstens 3 Proben ausgeführt.

In der Tabelle 11 sind die Durchschnittswerte dieser Versuche angegeben.

Die Diastaselösung hat eine pH 6.0 gehabt. Die pH - Werte der Salzlösungen sind in der Tab. 4 zu finden. Die PH - Werte der gemischten Versuchslösungen wurden nicht bestimmt.

Aus den Bemerkungen (letzte Spalte) der Tabelle ersehen wir, dass die stärkeren Konzentrationen von Sulfaten und Phosphaten (bei den unterstrichenen Zahlen!) eine Flokulation der Stärkesuspension zeigen ($MgSO_4$ u $CA(H_2PO_4)_2$ bilden hier eine Ausnahme). Sonst wird die Diastasewirkung bei der Stärkewerflüssigung von den meisten Verwendeten Salzen in Konz. 0.05-0.00005 n. beschleunigt. Gehemmt wird sie nur vom $NH_4H_2PO_4$, $(NH_4)_2SO_4$ und $MgSO_4$ und in höheren Konz. von K_2SO_4, NaH_2PO_4, KH_2PO_4 und NaCNS.

Auch im Leitungswasser geht die Diastasetätigkeit schneller als in destill. Wasser vor sich.

Einen noch besseren Überblick über die Salzwirkung auf die Tätigkeit der Diastase geben uns die Fig 9-12, die nach den Angaben der Tabelle 11 gezeichnet sind.

In der Fig. 9 ist die Wirkung der NH_4- und Li - Salze auf die Diastasetätigkeit zu sehen. Die Stärkeverflüssigung wird durch diese Salze nach ihren Anionen in der Reihenfolge $Cl' > NO_3' > CNS'$ begünstigt und von Phosphaten stärker als Sulfaten herabgesetzt. Die Wirkung der meisten Salze in verschiedenen Konzentrationen läuft kurvenförmig, was darauf hindeutet, dass auch die Nitrate und Chloride bei noch höheren Konzentrationen auf die Diastasetätigkeit hemmend wirken müssen. Nur NH_4CNS u. $(NH_4)_2SO_4$ behalten bei den verwendeten Konzentrationen einen ± geradlinigen Wirkungsgang.

In der Fig. 10 ist die Wirkung der Konzentrationen von K- u. Na-Salze auf die Diastasetätigkeit zu sehen. Diese Salze begünstigen die Stärkeverflüssigung durch die Diastase nach der Anionenreihe $CL', Br' > NO_3' > CNS' > H_2PO_4'$, SO_4'' (letztere nur in kleineren Konzentrationen!). Die Wirkungslinien laufen meistens kurvenförmig.

In der Fig.11 ist die Wirkung der Mg- und Ca-Salze auf die Diastase wiedergegeben. Auch bei diesen Salzen wird die Diastasetätigkeit

am meisten von Chloriden begünstigt und die Reihenfolge der Anionen $CL' > NO_3' > CNS' > H_2PO_4'$ behält auch hier ihren Platz.

Es ist von grossem Interesse, dass diese Reihenfolge der Anionen bei allen Salzen sich wiederholt und einer umgebildeten lyotropen Reihe, wo CNS eine andere Stellung genommen hat, entspricht. Bemerkenswert in der Fig. 11 ist noch der Gang der Wirkungslinien, welcher bei Ca-Salzen mehr geradlinig und in anderer Richtung als bei Mg-Salzen läuft.

Wie die geradlinige Wirkung der Salzkonzentrationen zustande kommt, können wir in der Fig.12. sehen. Dort gehen die Wirkungslinien von NH_4CNS, $Ca(CNS)_2$ und $Ca(H_2PO_4)_2$ gerade, die der anderen Salze aber kurvenförmig. Es ist charakteristisch, dass nicht bei allen Rhodaniden diese Linien gerade laufen. So ist z.B. bei NaCNS der Lauf der Linie zwischen 0.005-0.0005 n. Konz. ± geradlinig, von dort nach links zu höheren Konz. geht sie in anderer Richtung und bildet somit eine Kurve.Einen ähnlichen Gang können wir auch bei KH_2PO_4 und K_2SO_4 beobachten. Daraus geht hervor, dass man den ± geradlinigen Gang bei der Salzwirkung nur bei bestimmten Konzentrationen und nur bei einer mehr oder weniger kurzen Strecke beobachten kann, bei weiteren - höheren oder sogar niederen Konzentrationen - werden sie aber unbedingt einen Kurvenförmigen Lauf annehmen.

Diese Versuche zeigen, dass die Diastasetätigkeit von den Neutralsalzen in verschiedenen Konzentrationen sehr stark beeinflusst wird. Am stärksten wird sie von Alkali-Chloriden und Bromiden aber auch von Erdalkali-Chloriden beschleunigt, was mit den Befunden von Effront, Cole und Wohlgemuth übereinstimmt. Es ist zu bemerken, dass die Wirkung der Salze in ziemlich kleinen Konzentrationen, wie 0.00005n. noch bedeutend gross ist. In höheren Konzentrationen setzen die Neutralsalze die Diastasetätigkeit bei der Verflüssigung der Stärke ab. Die Grenzkonzentrationen, wo diese Herabsetzung beginnt, ist bei einzelnen Salzen verschieden. So z.B., bei NaH_2PO_4 u. K_2SO_4 liegt dieser Übergangspunkt bei 0.001 n. Konz., bei KH_2PO_4 Ca bei 0.008 n. K., bei NaCNS - 0.04 n., bei NaCl u. KCl aber, wie aus dem Kurvenverlauf hervorgeht, erst vielleicht zwischen 0.8 - 0.5 n. Konz.

Wie die Salzkonzentrationen die Verzuckerung der Stärke durch die Diastase bewirken, ist viel schwieriger festzustellen, weil dieser Prozess viel langsamer und stufenweise vor sich geht.

Tabelle 12.

Die Wirkung der Neutralsalze in 0.05 n. Konz. auf die Verzuckerungstätigkeit der Diastase.

Temp. 20.5°C.

Lösungen	Verschwinden der J-Färbung nach Min.	Lösungen	Verschwinden der J-Färbung nach Min.
NH_4CNS	1.?	K_2SO_4	30
NH_4Cl	16	KH_2PO_4	34
NH_4NO_3	18	$LiCl$	17
$(NH_4)_2SO_4$	20	$LiNO_3$	24
$NH_4H_2PO_4$	22	Li_2SO_4	27
$NaCNS$	1 ?	$MgCl_2$	34
$NaBr$	10	$Mg(NO_3)_2$	29
$NaCl$	16	$MgSO_4$	32
$NaNO_3$	22	$Ca(CNS)_2$	30
Na_2SO_4	28	$CaCl_2$	38
NaH_2PO_4	31	$Ca(NO_3)_2$	45
$KCNS$	1 ?	$SrCl_2$	39
KBr	28	$Sr(NO_3)_2$	53
KCl	16	$BaCl_2$	50
KNO_3	22	$BA(NO_3)_2$	99
		Aq.dest.	21

Setzt man der klargewordenen Stärkesuspension, durch die man die kleine Schrift deutlich lesen kann, J+KJ-Lösung hinzu, dann nimmt diese eine rotviolette Färbung an. Diese Färbung zeigt, dass der Spaltungsprozess der Stärke bis zu der s.g. Erythrodextrinstufe vorgeschritten ist. Die klare Stärkesuspension reduziert aber auch die Fehlingsche Lösung, voraus man schliessen muss, dass dabei die reduktionsfähige Zuckerart (Maltose) schon gebildet ist.

Nach Euler und Svanberg (1913) verschwindet die J-Farbe in der Stärkesuspension erst dann, wenn schon etwa 75% der in der ersten Reaktionsphase entstandenen Maltose gebildet ist.

Nun habe ich versucht festzustelle, wie die Neutralsalze auf den Verzuckerungsgang in erwähntem Sinne wirken, d.h. wann die J-Farbe aus der Stärkesuspension bei dem Vorhandensein von verschiedene Salzen durch die Diastasetätigkeit verschwindet.

Zu diesem Zweck wurde zu den betreffenden Stärke - Diastase, und Salzlösungen (1 ccm. von 2% Stärkesuspension + 2 ccm. von Salzlösungen in 0.1 norm. Konz + 1 ccm. von 0.2% Diastaselösung) in dem Moment, in welchem man die Schrift durch die Lösung deutlich lesen konnte, 1 Tropfen (=0.05 cmm.) von J+KJ-Lösung hinzugesetzt. durchgeschüttelt und dann abgewartet, bis die rötlich-violette Jodfärbung aus der Lösung verschwunden war.

In der Tabelle 12 ist die Zeit in Minuten angegeben. Aus dieser Tabelle geht hervor, dass die Salzwirkung in der 0.05 norm. Konz. auf die Diastase bei der Verzuckerung der Stärke eine andere ist als bei der Stärkeverflüssigung. Die Diastasetätigkeit bei der Verzuckerung der Stärke wird in 0.05 norm. Konz. nur von Alkalirhodaniden und Chloriden, auch teils von Bromiden (NaBr) und Nitraten (NH_4NO_3) beschleunigt, von allen anderen Jonen, besonders aber von Erdalkalisalzen, herabgesetzt.

Was die Wirkung der Alkalirhodanide anbetrifft, so haben wir es hier nur mit der chemischen Entfärbung zu tun; denn wir können ein rasches Verschwinden der Jod-Färbung aus der Stärkelösung auch ohne Vorhandensein von Diastase durch den Zusatz von Alkalirhodanide hervorrufen. Damit bleibt eine Beschleunigung des Verzuckerungsvorganges nur durch NH_4Cl, NH_4NO_3, NaBr, NaCl, KCl und LiCl in 0.05 norm. Konz. bestehen. In kleineren Konz. kann die positive Wirkung der Neutralsalze auf den Verzuckerungsgang eine andere, vermutlich mehr günstige, sein.

Nach Fodor (1929) hängt die Fermentwirkung vom kolloiden Zustande der Fermentragenden und der Fermenttätigkeit unterliegenden Substanzen ab und wird von ihrer Dispersität und Hydratation bestimmt. Die beste Fermenttätigkeit kann also nur dann zustande kommen, wenn die dabei beteiligten Substanzen sich in einem optimalen Kolloiden Zustande (Jonisation, Hydratation und Verteilung) befinden. Dieser Zustand wird aber, wie gezeigt, gerade von H'-,OH'- und Salzionen hervorgerufen. Jedoch darf man die Wirkung der Salz-, H'- und OH'-Jonen auf die enzymatischen Prozesse keinesfalls mit einer einfachen Reizwirkung identifizieren.

Es wird allgemein angenommen, dass die Tätigkeit der verschiedenen Fermente hauptsächlich nur von der Temperatur und von der H-Jonenkonzentration abhängt. Nach Euler ist die beste Enzymtätigkeit erzielt worden:

Saccharase	pH 4.4-4.6,	Temp.	52.1°C	(Sörensen)
Maltase	" 6.1-6.8	"	?	(Michaelis und Davidson)
Magenpepsin	" 1.5-1.6	"	37.0	(Sörensen)
Pankreatin	" 8.0	"	37.0	(Michaelis u. Davidson)
Erepsin	" 7.8	"	38.0	(Rona)
Protease	" 6.7-8.5	"	?	(Abderhalden u. Fodor)

Nun haben aber Abderhalden und Fodor (1916) an der Hefepeptidase festgestellt, dass die differenten Polypeptide die optimale Konzentration der H-Jonen beeinflussen und diese nach der Beschaffenheit, Molekulargrösse, Säurenatur usw.der Polypeptide) von den sauren Werten bis zu den alkalischen verschieben können.Dieselben Autoren haben später (1920) gefunden, dass man die optimalen Konzentrationen der H-Jonen bei der Tätigkeit der Hefepeptidase auch durch die Salzzusätze vom alkalischen Gebiet ins saure überführen kann. Die Verschiebungsmöglichkeit der optimalen H-Jonenkonzentrationen ist noch, wie oben erwähnt, von Ernström (1921), bei der Amylasetätigkeit festgestellt worden.

Aus diesen Befunden geht hervor, dass die H-Jonenkonzentrationen bei der Fermenttätigkeit nur eine untergeordnete Rolle spielen und von anderen Faktoren, unter anderen auch von Salzionen, bedingt werden.

Die vorigen Versuche haben uns gezeigt, wie die Salzionen auf die Verflüssigung und Verzuckerung von Stärke im Reagenzglas wirken. Diese Wirkung darf man aber nicht mit derjenigen im Samenkorn identifi-

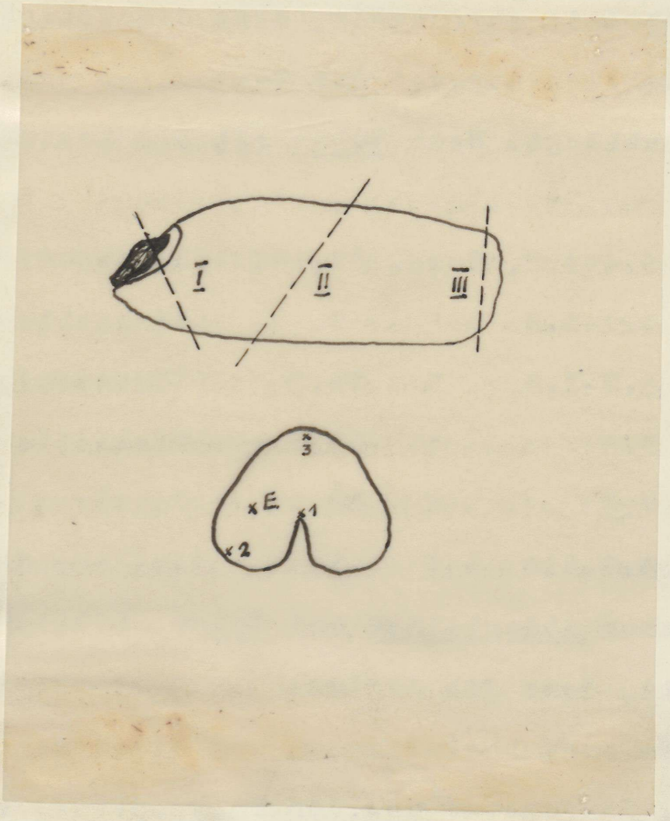


Fig. 13.

zieren. Man muss also noch den Stärkeabbau in den Samenkörnern selbst feststellen.

Bekanntlich ist viel über die Frage, wo die Diastase in Getreidekörnern gebildet wird, - im Scutellum nur oder auch in den Zellen von Aleuronschicht - diskutiert worden. Wie Hansteen (1894), Puriewitsch (1898), Bessenich (1924) u. Dahm (1924) an Maiskörnern gezeigt haben, können die vom Embryo und Scutellum befreiten Endosperme sich auch selbständig entleeren, wodurch die Ausscheidung von Diastase aus den Zellen der Aleuronschicht ausser Zweifel gestellt ist. Dahm nimmt jedoch weiter an, dass das Scutellum in Maissamen überhaupt keinen Einfluss im Sinne der Ausscheidung von Diastase hat. Ausserdem hat er gefunden, dass die Salzionen die Diastasetätigkeit meistens hemmen und nur in ganz einzelnen Fällen fördern können.

Durch diese Befunde sah ich mich genötigt die Wirkung der Salzionen auf die Diastasetätigkeit in Getreidekörnern nachzuprüfen.

Bei der Durchführung meiner Versuche habe ich hauptsächlich 3 Punkte im Auge behalten: 1) Welche Rolle spielen Scutellum und Aleuronschicht in Weizenkörnern beim Abbau der Reservestärke (resp. bei der Ausscheidung von Diastase)? 2) Sind die Endospermzellen in der Lage auch selbständig Diastase auszuscheiden und Stärke zu lösen? 3) Wie wird die Diastasewirkung von Salzionen in Abhängigkeit von ihren Konzentrationen beeinflusst? Die Versuche sind in Doppelschalen mit 5 Filtrierpapierscheiben und 10 ccm. von Lösungen in Thermostaten bei 19.0°C ausgeführt. Nach je 24 Stunden wurden die zum Keimen gebrachten Samenkörner in 3 Punkten quer durchschnitten: I Schnitt durch den unteren Teil des Kornes - durch Embryo, Scutellum und Endosperm. II Schnitt durch die Mitte des Kornes, etwas schräg, ± parallel zum Scutellum. III Schnitt durch den oberen Teil (ca 1 mm. von der Spitze) des Kornes.

Von der ersten Schnittfläche wurden mit einer feinen Lanzettspitze 2 Stärkeproben genommen: eine unter dem Scutellum, die zweite - unter der Aleuronschicht von der Seitenecke. Von den II und III Schnittflächen wurden je 3 Stärkeproben genommen: 1) unter der Aleuronschicht in der Rillentiefe, 2) - an der Seitenecke, 3 - von der Dorsalseite (Siehe Fig.13). Ausserdem wurde von der III Schnittfläche noch eine Probe aus dem Endosperm genommen. Jedesmal wurden je 2-3 Körner von jeder Versuchslösung analysiert. Alle Stärkeproben wurden unter dem Mikroskop untersucht und die Zahl der korrodierten Stärkekörner in %%

Tabelle 13-a. Die Korrosion der Stärkekörner in Samen von Triticum. Temp. 19.0°C

Salze	Nach Stunden	I Schn. Sc.	I Schn. Aleur.	II Schn. 1	II Schn. 2	II Schn. 3	III Schn. 1	III Schn. 2	III Schn. 3	III Schn. End.	Salze
		0.1 norm.									
KCNS	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	KCNS
	72	10	e	0	0	0	0	0	0	0	
	96	95	50	e	0	e	0	0	0	0	
	120	100	60	e-10	e	e-10	0	0	0	0	
		0.01 norm.									
	48	30	10	e	0	e	0	0	0	0	
	72	75	30	25	e	30	0	0	0	0	
	96	100	60	50	30	70	0	0	0	0	
	120	100	100	90	70	100	e	0	e	0	
		0.001 norm.									
	48	35	e	0	0	0	0	0	0	0	
	72	90	40	30	25	40	e	0	e	0	
	96	100	95	90	90	100	40	30	50	0	
	120	100	100	100	100	100	50	50	70	e	
		0.0001 norm.									
	48	40	e	0	0	e	0	0	0	0	
	72	90	50	20	10	25	0	0	0	0	
	96	100	100	70	70	100	50	50	75	0-e	
	120	100	100	100	100	100	100	100	100	50	
		0.1 norm.									
KBr	48	e	0	0	0	0	0	0	0	0	KBr
	72	95	50	25	15	50	0	0	0	0	
	96	100	70	50	25	60	0	0	0	0	
	120	100	100	90	75	95	50	50	90	0	
		0.01 norm.									
	48	10	0	0	0	0	0	0	0	0	
	72	90-100	50	30	25	e	0	0	0	0	
	96	100	100	50	40	60	e	e	10	0	
	120	100	100	90	80	95	25	25	40	0	
		0.001 norm.									
	48	50	15	10	10	15	0	0	0	0	
	72	100	50	50	25	60	0	0	0	0	
	96	100	100	75	50	85	e	e	15	0	
	120	100	100	100	100	100	80	70	100	50	

Tabelle 13-6

Salze	Nach Stunden	0.0001 norm. I Schn. Sc.	I Schn. Aleur	II Schn. 1	II Schn. 2	II Schn. 3	III Schn. 1	III Schn. 2	III Schn. 3	End.	
KBr	48	80	30	10	e	20	0	0	0	0	KBr
	72	100	90	30	20	50	0	0	0	0	
	96	100	100	50	40	70	10	10	25	0	
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	85	
		0.1 norm.									
KCl	48	50	15	0	0	0	0	0	0	0	KCl
	72	100	75	20	10	30	0	0	e	0	
	96	100	100	80	70	95	e	e	20	0	
	120	100	100	100	100	100	25	15	60	0	
		0.01 norm.									
	48	75	25	e	0	10	0	0	0	0	
	72	100	85	20	10	30	e	e	10	0	
	96	100	100	80	75	100	30	20	50	0	
	120	100	100	100	100	100	90	80	100	50	
		0.001 norm.									
	48	90	50	e	e	10	0	0	0	0	
	72	100	100	50	30	60	0	0	0	0	
	96	100	100	95	90	100	30	20	50	0	
	120	100	100	100	100	100	100	100	100	95	
		0.0001 norm.									
	48	70	30	e	e	15	0	0	0	0	
	72	100	100	70	70	90	e	e	10	0	
	96	100	100	100	100	100	60	50	80	e	
	120	100	100	100	100	100	100	100	100	90	
		0.1 norm.									
KNO_3	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	KNO_3
	72	50	25	e	0	e	0	0	0	0	
	96	75	50	e	e	e	0	0	e	0	
	120	100	90	25	25	90	e	e	25	0	
		0.01 norm.									
	48	e	0	0	0	0	0	0	0	0	
	72	100	50	15	10	20	0	0	0	0	
	96	100	90	50	30	70	e	e	20	0	
	120	100	100	100	100	100	95	70	100	20	

Tabelle 13-c

Salze	Nach Stunden	0.001									
		I Schn.		II Schn.			III Schn.				
		Sc.	Aleur.	1	2	3	1	2	3	End.	
KNO_3	48	10	0	0	0	0	0	0	0	0	KNO_3
	72	100	50	20	10	25	0	0	0	0	
	96	100	90	40	25	50	e	e	10	0	
	120	100	100	80	70	95	60	70	95	20	
		0.0001									
	48	25	e	0	0	0	0	0	0	0	
	72	100	85	15	10	25	0	0	e	0	
	96	100	100	60	35	75	50	30	60	10	
	120	100	100	100	100	100	70	50	95	40	
		0.1 norm.									
K_2SO_4	48	25	e	0	0	0	0	0	0	0	K_2SO_4
	72	75	10	e	0	e	0	0	0	0	
	96	100	90	40	20	70	0	0	e	0	
	120	100	100	90	70	95	e	e	10	0	
		0.01 norm.									
	48	50	e	e	0	e	0	0	0	0	
	72	100	85	20	10	35	0	0	0	0	
	96	100	100	90	75	100	10	10	20	0	
	120	100	100	100	100	100	25	20	35	0	
		0.001 norm.									
	48	60	e	e	0	e	0	0	0	0	
	72	100	90	25	10	40	0	0	e	0	
	96	100	100	50	35	60	30	15	30	0	
	120	100	100	100	100	100	100	100	100	75	
		0.0001 norm.									
	48	50	e	e	0	e	0	0	0	0	
	72	90	50	10	e	20	0	0	0	0	
	96	100	100	75	60	90	10	10	15	0	
	120	100	100	100	100	100	70	70	80	30	
		0.1 norm.									
KH_2PO_4	48	30	e	0	0	0	0	0	0	0	KH_2PO_4
	72	100	30	25	e	25	0	0	e	0	
	96	100	100	50	30	70	e	e	15	0	
	120	100	100	90	80	100	50	50	70	e	

Tabelle 13-d

Salze	Nach Stunden	I Schn. Sc.	I Schn. Aleur.	II Schn. 1	II Schn. 2	II Schn. 3	III Schn. 1	III Schn. 2	III Schn. 3	III Schn. End.	Salze
				0.01 norm.							
KH_2PO_4	48	85	10	0	0	e	0	0	0	0	KH_2PO_4
	72	100	70	40	30	70	e	0	10	0	
	96	100	100	50	40	90	30	30	50	0	
	120	100	100	100	95	100	95	90	100	50	
				0.001 norm.							
	48	75	e	0	0	0	0	0	0	0	
	72	95	75	25	15	30	e	0	10	0	
	96	100	100	70	50	80	35	25	50	0	
	120	100	100	100	95	100	90	90	95	50	
				0.0001 norm.							
	48	50	e	0	0	0	0	0	0	0	
	72	100	50	30	25	40	0	0	0	0	
	96	100	100	75	50	90	50	25	60	0	
	120	100	100	100	100	100	100	100	100	75	
				0.1 norm.							
LiCl	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LiCl
	72	50	e	0	0	0	0	0	0	0	
	96	75	30	e	e	e	0	0	0	0	
	120	90	50	e	e	e	0	0	0	0	
				0.01 norm.							
	48	20	e	0	0	0	0	0	0	0	
	72	75	20	10	10	35	0	0	0	0	
	96	100	70	50	50	60	e	0	e	0	
	120	100	100	100	100	100	20	20	70	0	
				0.001 norm.							
	48	30	e	0	0	0	0	0	0	0	
	72	100	50	e	e	25	0	0	0	0	
	96	100	100	85	70	95	50	40	60	0	
	120	100	100	100	100	100	100	100	100	75	
				0.0001 norm.							
	48	50	e	0	0	0	0	0	0	0	
	72	95	50	10	10	25	0	0	0	0	
	96	100	100	90	75	95	e	e	e	0	
	120	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

Tabelle 13-c

Salze	Nach Stunden	I Schn. Sc.	I Schn. Aleur.	II Schn. 1	II Schn. 2	II Schn. 3	III Schn. 1	III Schn. 2	III Schn. 3	III Schn. End.	Salze
		0.1 norm.									
NH_4Cl	48	e	0	0	0	0	0	0	0	0	NH_4Cl
	72	85	e	0	0	0	0	0	0	0	
	96	100	75	30	20	60	0	0	e	0	
	120	100	100	75	50	95	e	e	50	0	
	144	100	100	100	100	100	30	20	60	0	
		0.01 norm.									
	48	e	0	0	0	0	0	0	0	0	
	72	95	75	e	e	10	0	0	0	0	
	96	100	95	50	40	70	15	e	50	0	
	120	100	100	100	100	100	50	30	70	0	
	144	100	100	100	100	100	100	90	100	25	
		0.001 norm.									
	48	10	0	0	0	0	0	0	0	0	
	72	100	75	15	10	25	0	0	0	0	
	96	100	100	30	20	70	0	0	30	0	
	120	100	100	100	100	100	25	10	50	e	
	144	100	100	100	100	100	100	100	100	50	
		0.0001 norm.									
	48	e	0	0	0	0	0	0	0	0	
	72	100	75	e	0	10	0	0	0	0	
	96	100	100	25	15	70	0	0	10	0	
	120	100	100	100	90	100	50	50	90	25	
	144	100	100	100	100	100	80	70	100	30	
		0.1 norm.									
$MgCl_2$	48	e	0	0	0	0	0	0	0	0	$MgCl_2$
	72	75	e	0	0	0	0	0	0	0	
	96	150	5e	0	0	0	0	0	0	0	
	120	100	100	70	30	90	e	0	10	0	
	144	100	100	100	90	100	20	15	25	0	
		0.01 norm.									
	48	e	0	0	0	0	0	0	0	0	
	72	90	50	10	e	15	0	0	0	0	
	96	100	100	30	15	50	e	0	e	0	
	120	100	100	100	100	100	30	10	75	e	
	144	100	100	100	100	100	100	80	100	50	

Tabelle 13-7

Salze	Nach Stunden	I Schn. Sc.	I Schn. Aleur.	II Schn. 1	II Schn. 2	II Schn. 3	III Schn. 1	III Schn. 2	III Schn. 3	III Schn. End.	Salze
				0.001 norm.							
$MgCl_2$	48	10	0	0	0	0	0	0	0	0	$MgCl_2$
	72	95	25	10	e	15	0	0	0	0	
	96	100	90	40	30	50	20	10	25	0	
	120	100	100	100	95	100	50	30	80	e	
	144	100	100	100	100	100	100	100	100	70	
				0.0001 norm.							
	48	e	0	0	0	0	0	0	0	0	
	72	95	20	e	0	10	0	0	0	0	
	96	100	100	20	15	35	0	0	e	0	
	120	100	100	100	100	100	70	30	80	25	
	144	100	100	100	100	100	100	100	100	50	
				0.1 norm.							
$BaCl_2$	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$BaCl_2$
	72	10	e	0	0	0	0	0	0	0	
	96	70	15	e	e	10	0	0	0	0	
	120	95	50	e	e	20	0	0	0	0	
	144	100	100	50	30	90	0	0	e	0	
				0.01 norm.							
	48	e	0	0	0	0	0	0	0	0	
	72	75	20	0	0	e	0	0	0	0	
	96	100	80	25	25	50	0	0	e	0	
	120	100	95	35	30	80	e	e	50	0	
	144	100	100	80	70	100	20	10	80	e	
				0.001 norm.							
	48	10	0	0	0	0	0	0	0	0	
	72	75	50	10	e	15	0	0	0	0	
	96	100	90	25	10	60	10	e	25	0	
	120	100	100	50	25	75	15	10	50	0	
	144	100	100	100	100	100	40	30	90	25	
				0.0001 norm.							
	48	10	0	0	0	0	0	0	0	0	
	72	80	25	10	e	20	0	0	0	0	
	96	100	90	50	30	70	e	e	25	0	
	120	100	100	100	100	100	30	15	50	e	
	144	100	100	100	100	100	50	30	90	25	

Tabelle 13-g

Salze	Nach Stunden	I Schn. Sc.	I Schn. Aleur.	II Schn. 1	II Schn. 2	II Schn. 3	III Schn. 1	III Schn. 2	III Schn. 3	III Schn. End.
		0.1 norm.								
$CaCl_2$	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	72	100	80	10	10	20	0	0	0	0
	96	100	100	20	20	40	0	0	0	0
	120	100	100	50	25	50	e	e	10	0
		0.01 norm.								
	48	e	0	0	0	0	0	0	0	0
	72	100	75	e	e	25	0	0	0	0
	96	100	100	50	50	70	e	e	10	0
	120	100	100	100	100	100	70	70	90	25
		0.001 norm.								
	48	50	0	0	0	0	0	0	0	0
	72	100	80	10	10	20	0	0	0	0
	96	100	100	50	50	80	e	e	10	0
	120	100	100	100	100	100	70	70	90	50
		0.0001 norm.								
	48	75	10	0	0	0	0	0	0	0
	72	100	80	10	10	15	0	0	0	0
	96	100	100	75	50	90	10	10	20	0
	120	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		~~0.1 norm.~~								
Aq. destillata										
	48	35	0	0	0	0	0	0	0	0
	72	95	25	e	e	15	0	0	0	0
	96	100	95	25	10	50	e	e	10	0
	120	100	100	75	35	95	50	25	75	20
	144	100	100	100	100	100	95	80	100	75
		~~0.0001 norm.~~								
Knopsche Nährlösung										
	1/1 Konz.									
	48	10	0	0	0	0	0	0	0	0
	72	50	e	0	0	0	0	0	0	0
	96	100	80	25	25	70	0	0	e	0
	120	100	100	100	100	100	35	20	50	e
	144	100	100	100	100	100	70	50	95	50

$CaCl_2$

Tabelle 13-b.

Salze	Nach Stunden	0.1 norm. I Schn. Sc.	I Schn. Aleur.	II Schn. 1	II Schn. 2	II Schn. 3	III Schn. 1	III Schn. 2	III Schn. 3	III Schn. End.
Leitungswasser										
	48	10	0	0	0	0	0	0	0	0
	72	50	10	0	0	0	0	0	0	0
	96	100	95	25	25	50	e	0	10	0
	120	100	100	100	100	100	50	30	75	25
	144	100	100	100	100	100	100	95	100	50
		0.0001 norm.								
Knopsche Nährlosung 1/5 Konz.										
	48	35	0	0	0	0	0	0	0	0
	72	95	10	e	e	10	0	0	0	0
	96	100	100	35	25	90	0	0	10	0
	120	100	100	100	95	100	50	30	80	20
	144	100	100	100	100	100	100	90	100	60

ausgedrückt.

Die Resultate dieser Versuche sind in der Tabelle 13 (a - h) angeführt.

Bei der Analyse dieser Tabellen erhalten wir die Antwort auf alle 3 gestellten Fragen. 1. Das Scutellum spielt beim Abbau von Stärke in Weizenkörnern die Hauptrolle, denn das Auflösen von Stärke geht in allen Fällen in der Richtung vom Scutellum zu der oberen Spitze des Kornes. Das Auflösen von Stärke unter der Aleuronschicht beginnt ebenfalls von der unteren Spitze (resp. in der Nähe des Scutellums) und setzt sich in der Richtung der oberen Spitze fort. Dabei wird aber merkwürdigerweise die Stärke stets an der dorsalen Seite des Kornes (3) bedeutend schneller als an den beiden Seiten (2) und an der Bauchrille (1) aufgelöst. Diese Erscheinung kann dadurch erklärt werden, dass die Diastase des Scutellums in dieser Richtung den Mittelpunkt des Kornes am schnellsten erreichen kann, weil ja das Scutellum selbst schräg nach der dorsalen Seite des Kornes liegt. Auch in der Richtung der Rille (1) kann die Scutéllumdiastase sich etwas schneller, als an den beiden Seitenpunkten (2) fortsetzen, weil die dünne Endospermschicht am unteren Ende des Kornes, welche das Scutellum von der Bauchrille trennt, sehr bald abgebaut wird und die Scutéllumdiastase dann leicht die Bauchrille erreichen kann. Nur durch diese Annahme kann man verstehen, warum der Stärkeabbau am oberen Ende des Kornes viel später, als am unteren beginnt und warum er nicht gleich stark an verschiedenen Seiten des Weizenkornes vor sich geht.

Ich vertrete die Meinung, dass die Zellen der Aleuronschicht bei Triticum, wie Puriewitsch gezeigt hat, befähigt sind selbständig die Fermente auszuscheiden und das Endosperm zu entleeren, nur geht das ziemlich langsam vor sich; ob dabei die Diastase der Aleuronzellen weniger wirksam ist als die des Scutellums oder ob sie in zu kleinem Umfange gebildet wird, muss dahingestellt bleiben. Jedenfalls wird aber die Enzymtätigkeit der Aleuronschicht in Weizenkörnern beim gewöhnlichen Keimlingswachstum von der mehr aktiven Scutellumfermente überholt.

Es ist noch von Interesse hierzu zu bemerken, dass die Weizenkörner stets um ca 24 Stunden früher aufkeimen, wenn man sie auf die Bauchseite statt der Dorsalseite zum keimen auf das angefeuchtete Filtrierpapier legt. Dieses schnellere Keimen auf der Bauchseite scheint aber

in keiner Beziehung mit der Enzymtätigkeit zu stehen; es ist vielmehr mit der Wasserversorgung in Zusammenhang zu bringen. Obwohl die Samenschale um die Rille herum etwas dicker ist als an anderen Stellen, kann sie doch für das Wasser leichter durchgänglich sein.

2. Beim Keimen scheiden die Endospermzellen der Weizenkörner keine Diastase aus. Die Stärke des Endospermes wird hauptsächlich, wie gesagt, von der Scutellumdiastase aufgelöst. Das Auflösen von Endospermstärke setzt sich allmählich in der Richtung von dem unteren Ende des Kornes, vom Scutellum nach der Peripherie und von dort nach Innen weiter fort.

3. Da die Aleurondiastase bei dem Stärkeabbau in Weizenkörnern eine untergeordnete Rolle spielt, hat man es in gegebenem Falle in der Tat mit der Wirkung der Salzionen auf das Scutellumdiastase zu tun. Aus der Tabelle ersehen wir, dass die Diastasetätigkeit von 0.1 norm. Salzkonzentration in allen Fällen gehemmt, von den meisten niederen Konzentrationen aber gefördert wird. Nur $BaCl_2$ wirkt in allen Konz. von geprüften Salzenauf die Diastasetätigkeit hemmend; ausserdem wird sie noch von der Knopschen Nährlösung von $^1/_1$ Konz. herabgesetzt. In manchen Fällen wird die Diastasetätigkeit von den Salzionen nur in den ersten Versuchstagen gehemmt, später aber beschleunigt, so z.B. von NH_4Cl in 0.01-0.0001 norm. K., vom $MgCl_2$ in 0.001-0.0001 n. K. und $CaCl_2$ 0.01 n. K. und LiCl in 0.001-0.0001 n.K.

Daraus folgt, dass die Salzwirkung auf die Diastasetätigkeit im Reagenzglase von derjenigen in lebenden Samenkörnern etwas abweicht, besonders in höheren Konzentrationen: im Reagenzglase wird die Diastasetätigkeit bei den meisten Salzen noch in höheren Konz (0.05 und noch stärkeren) beschleunigt, hier - in Samenkörnern aber stets herabgesetzt. Diese verschiedene Wirkung der stärkeren Salzkonzentrationen in beiden Fällen könnte man vielleicht folgendermassen erklären: Nach Puriewitsch und Dahm steht fest, dass je mehr von den gelösten Produkten fortgeführt resp. verbraucht, um so mehr Stärke von der Diastase aufgelöst wird. Bekanntlich aber wird die Plasmatätigkeit von höheren Salzkonzentrationen gehemmt, und in Zusammenhang damit das Wachstum der Zellen u. der Verbrauch von Nährstoffen ebenfalls herabgesetzt. Dadurch wird ein Übermass vom gelösten Produkte in den Samenkörnern bald erreicht und somit der weitere Abbau von Stärke verlangsamt oder zum Stillstand gebracht. Ebenfalls können aber auch die Scutellumzellen in Salzlösungen

von höheren Konzentrationen, welche dehydrierend auf die Plasmakolloide wirken, weniger Diastase ausscheiden als in destill. Wasser und Salzlösungen von niederen Konzentrationen. Dadurch hat man es hier auch mit den rein kolloidchemischen Wirkungen der Salze zu tun.

In allen Fällen zeigen die Versuche aber, dass die Diastasetätigkeit ± parallel mit dem Keimlingswachstum vor sich geht: in allen Versuchslösungen, wo die Keimlinge ein stärkeres Wachstum aufweisen, werden auch die Endosperme der Samenkörner früher entleert, so z.B. in niederen Konz. von Salzlösungen, besonders von KCl, KBr, KNO_3 und KH_2PO_4.

Zusammenfassung:

1. Die Diastase, welche den Abbau der Endospermstärke in Weizenkörnern hervorruft, wird hauptsächlich von Scutellumzellen ausgeschieden. Vom Scutellum verbreitet sich die Diastase unter der Alleuronschicht von dem untersten Ende des Samenkornes nach der oberen Spitze weiter und löst dabei die Stärke mit dem Vordringen auf. Von der Peripherie des Kornes dringt die Diastase allmählich in das Innere des Endospermes. Die Endospermzellen selbst scheiden aber keine Diastase aus.

2. Die Diastasetätigkeit des Weizenkörnes wird von höheren Konzentrationen der Neutralsalze (0.1 n.) gehemmt und von niederen Konz. meistens gefördert. Das hängt ab: a) von der Wirkung der Salzionen auf den kolloiden Zustand des Plasmas der lebenden Zellen (Scutellum) und der zur Fermenttätigkeit unterliegenden Substanzen (Stärke); b) von der Intensivität des Keimlingswachstums und vom Verbrauch der Abbauprodukte der Stärkespaltung.

3. Die Wirkung der Salzionen auf die Diastasetätigkeit bei der Verflüssigung der Stärke im Reagenzglase unterscheidet sich von derjenigen in lebenden Samenkörnern dadurch, dass hier die Salze nur eine kolloidchemische Wirkung auf die leblose Stärke ausüben und im Zusammenhang damit die Diastasetätigkeit noch bei etwas höheren Konzentrationen als in lebenden Zellen fördern können.

Wie die Neutralsalze die Tätigkeit der anderen Enzyme bewirken, darüber sind die Literaturangaben ziemlich sparsam. Nach Schütz (1904) und Levites (1906) wirken die Chloride, nach Pfleiderer (1906) die Alkalisulfate hemmend auf die Pepsintätigkeit. Die Kaseinverdauung durch Trypsin wird von KBr stark aktiviert (Falk-Wisslow 1917).

Ca- und Mg-Salze aktivieren ebenfalls nach Delazenne u. Zunz (1906) Die Trypsintätigkeit, $CaCl_2$ - die Tätigkeit der Pankreaslipase. (Zitiert nach Euler)

Besonders wichtig sind aber die Resultate der neueren Untersuchungen von Rona, Abderhalden und ihrer Mitarbeiter. So haben Rona u. Mislowitzer (1924) festgestellt, dass die Wirkung der Neutralsalze auf die Tätigkeit der Leberpeptidase von der H'-Jonenkonzentration abhängt: bei pH 3.6 haben die Chloride, Sulfate und Citrate eine hemmende, bei pH 5-5 - eine fördernde Wirkung auf die Eiweissspaltung gehabt. Diese Forscher haben ebenfalls gezeigt, wie Salzkonzentrationen die Enzymtätigkeit beeinflussen: bei grösseren Konzentrationen von NaCl, KCl und $CaCl_2$ wird die Tätigkeit der Leberpeptidase gehemmt, bei kleineren dagegen gefördert.

Rona und Kleinmann (1924) haben gefunden, dass die Chloride, Nitrate und Sulfate von K u. Ca in 0.02 n. Konz. in stark saurer Lösung die Pepsintätigkeit hemmen, in 0.5 n. bis 0.005 n. Konz. bei pH.4.0 jedoch fördern, und bei höheren Konzentr. als 0,5 n. - wieder hemmen. Auch Abderhalden u. Fodor (1921) haben ebenfalls eine fördernde Wirkung von Chloriden, Bromiden und Sulfaten in kleineren Konzentrationen und eine hemmende bei grösseren Konzentrationen auf die Tätigkeit der Hefepeptidase beobachtet.

Ob die H'- und Salzkonzentrationen auch bei der Keimung der proteinhaltigen Samen eine ähnliche Wirkung auf die Tätigkeit der proteolytischen Fermente ausüben, konnte ich experimentel nicht feststellen.

An die fermentativen Prozesse schliessen sich noch beim Pflanzenwachstum die energetischen Prozesse - Atmung und Gärung an, die man ebenfalls beim Keimen und Keimlingswachstum berücksichtigen muss. Welche Fermente bei diesen Prozessen in jedem einzelnen Falle tätig sind, darüber wissen wir, leider, mit Bestimmtheit sehr wenig. Wie die Jonenkonzentrationen die Atmung der Pflanzen in verschiedenen Wachstumsperioden bewirken, ist bisher sehr wenig untersucht worden. O.Kellner (1874) hat gefunden, dass die mit 0,5% KNO_3-Lösung behandelten Erbsenkeimlinge mehr CO_2 produzierten als diejenigen, die mit destill. Wasser angefeuchtet wurden.

Jacobi (1899) hat festgestellt, dass Elodea Canadensis in den

Salzlösungen, die der 0.5% KNO_3 -Lösung isotonisch waren, mehr CO_2 produzieren, resp. stärker atmen, als in destilliertem Wasser; nämlich war die Produktion von CO_2 in ersten 6 Versuchstunden im Durchschnitt in KNO_3 Lösung um 39%, im NaCl -L.um 37.3% und in KCl-L. um 10% höher als in destill. Wasser. Auch hat er die Atmung der Erbsenkeimlinge in 0.5% KNO_3-Lösung intensiver und die CO_2 - Produktion höher als in destill. Wasser gefunden. Jacobi ist der Meinung, dass die starke CO_2-Produktion bei Vorhandensein von Nitraten mit der Eiweisssyntese aus Reservekohlenhydraten in Zusammenhang steht. Wie die H- und Salzionen die Gärung beeinflussen, ist ebenfalls ziemlich vielseitig durchforscht worden. Ich verweise nur auf die Arbeiten von Abderhalden, Fodor und Boas (1926). Besonders interessant sind die Befunde von Boas, aus welchen hervorgeht, dass die Wirkung der Neutralsalze auf die Gärung sehr stark von der Konz. abhängt und die Jonenreihe sich in n/5 und n/50 - Lösungen umkehren.

Weiter nach Bach, Chodat, Wieland, Warburg u.a. wird die Gärung von allen Stoffen und Salzionen, welche die H - Jonen akzeptieren können, beschleunigt, so z.B. von Nitraten (Bach),Phosphaten (Warburg), organischen Ca-Salzen (Euler, Bolin), Methylenblau (Wieland, Palladin) und besonders von Schwermetallsalzen (Warburg).

Auf Grund dieser Vorversuche konnten die weiteren Spezialversuche auf experimentel festgestellten Grundlagen aufgebaut und ihre Ergebnisse von vielen Ungewissheiten befreit werden. Aus den neusten Untersuchungen auf diesem Gebiete möchte ich noch diejenigen von Lundegårdh (1924) erwähnen. Lundegårdh hat an den Pilzkulturen von Gibbarella Saubinettii die Wachstumsintensität nach der CO_2 - Produktion in verschiedenen H-Jonenkonzentrationen in Vorhandensein von einigen Salzen beobachtet und gefunden, dass die CO_2-Produktion von Gibbarella in Pepsinlösung von pH 2.7-6.8 ständig wächst und dass besonders KH_2PO_4 die Wachstumsintensität im Bereich von pH 5.5 bis zum Neutralpunkt fördert. Ca-Jonen wirken zu den H-Jonen antagonistisch (entgiftend), so dass beim Vorhandensein von $CaCl_2$ die optimale Produktion von CO_2 schon zwischen pH 4.4-5.5 erreicht wird. Das Wachstum der chlorophyllfreien Keimlinge hat eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Wachstum der Pilze, dadurch können die Befunde von Lundegårdh auch bei dem Keimlingswachstum von Bedeutung sein.

II Spezialversuche.

Versuche mit Avena sativa. (R.L. 0269 - Jôgeva)

Die Versuchsresultate mit Avena sind in den Tabellen 14-16 zu sammengefasst.

Bevor ich zur Analyse dieser Versuchsergebnisse übergehe, möchte ich noch einige methodische Bemerkungen vorausschicken.

1. Um die Samen und Keimlingswurzeln mit Salzlösungen anzufeuchten und die Wurzeln leichter vom Keimbett lösen zu können, wurde statt 10 ccm. - 15 ccm. Salzlösungen für jede Versuchsschale genommen.
2. Die Versuche wurden in jeder Salzlösung 2 bis 3 mal wiederholt und in den Tabellen die Mittelwerte aus den parallel ausgeführten Versuchsserien angegeben.

Alle Grössen der Tabellen sind auf die Durchschnittswerte der aller Kontrollversuche in destill. Wasser (Coleoptillänge 8.4 cm.=100.0% Gesammte Wurzellänge 22.5 cm.=100.0%, Mittlere Wurzellänge 5.6 cm. = 100.0%, das Gesammtwachstum - Col. + Mittl.Wurzell. 14.0 cm.=100.0%) umgerechnet. Nach diesen Angaben kann man die wirklichen Werte immer wieder berechnen.

3. Alle Berechnungen wurden mit Rechenschieber ausgeführt, wobei ein Schätzungsfehler ± 0.02% anzunehmen ist. Der mittlere Varationsfehler beträgt bei Coleoptilwachstum ± 3.72%, bei Wurzelwachstum ± 5.98%.
4. Die Angaben der Tabellen sind in Kurvenform dargestellt: auf die Vertikalachse die Werte des Längswachstums in %%, auf die Horizontalachse - die logarythmischen Werte der negativ. Exponente der Bruchzahlen von Salzkonzentrationen.
5. Die Reaktion der Versuchslösungen abgesehen von Monophosphate und eing.NH_4-Salze war schon am dritten Tage über pH 7.0 gestiegen und nach 7 Tagen zwischen pH-Werten 7.3 und 7.5 stehen geblieben. Bei Monophosphaten und einigen NH_4-Salzlösungen wurden die pH-Werte in stärkeren Konz. etwas niedriger gefunden. (Darüber näheres auf Seite -).

Tabelle 14.

In der Tabelle 14 sind die Versuchsresultate des Wachstums der Haferkeimlinge in Chlorid-lösungen und diejenige der Kontrollversuche in destill. Wasser, Leitungswasser und in der Knopschen Nährlösung angegeben.

Kontrollversuche.

Was die Kontrollversuche anbetrifft, so sehen wir, dass das Cole-

Tabelle 14.

Keimlinge von Avena sativa (R.L. 0269 Jõgeva)

Temp. 18.5°C. Ernte 1927.

Versuchsdauer 7x24St.

Salze	Konz. norm.	Coleoptil %	Coleoptil ± %	Wurzel %	Wurzel ± %	C+W %	√=G.W./C.	Bemerkungen.
Aq.dest.		100.0	3.23	100.0	5.32	100.0	2.68	
Leitungsw.		107.1	3.83	92.4	4.38	101.4	2.31	
Knop.N.L.		123.8	4.03	111.1	5.26	118.9	2.40	
LiCl	0.1	-	-	-	-	-	-	Keimen nicht ganz auf.
	0.01	89.0	1.76	68.6	5.22	81.5	2.05	
	0.001	104.8	3.50	86.1	6.43	98.1	2.18	
	0.0001	106.1	3.44	101.0	4.29	104.2	2.64	
NH_4Cl	0.1	45.8	8.33	-	-	-	-	x Die Wurzeln sterben vom 3 Tage ab.
	0.01	94.5	3.64	111.8	5.83	101.8	3.17	
	0.001	96.1	2.89	104.5	5.97	99.0	2.95	
	0.0001	97.0	2.93	102.8	5.52	98.9	2.88	
NaCl	0.1	78.7	3.85	57.1	4.84	74.0	2.14	
	0.01	106.7	3.90	91.7	4.66	100.2	2.53	
	0.001	104.9	3.27	96.3	5.40	100.6	2.48	
	0.0001	104.7	1.88	95.9	5.87	100.2	2.47	
KCl	0.1	83.2	3.73	72.7	7.41	79.0	2.31	
	0.01	110.0	3.86	97.7	5.25	105.1	2.42	
	0.001	104.4	2.02	113.0	4.41	107.7	2.73	
	0.0001	103.4	3.44	98.1	5.73	101.3	2.58	
$MgCl_2$	0.1	95.0	4.47	71.3	3.72	85.5	2.01	
	0.01	98.2	3.54	112.7	4.36	104.0	3.08	
	0.001	103.4	4.31	101.2	5.51	102.3	2.68	
	0.0001	103.2	3.72	92.4	4.64	99.0	2.39	
$BaCl_2$	0.1	34.9	7.16	34.1	6.20	34.6	2.56	
	0.01	92.7	3.46	97.9	5.02	95.0	2.77	
	0.001	98.7	3.45	108.5	6.94	102.9	2.87	
	0.0001	100.0	2.67	108.5	4.12	103.6	2.84	
$CaCl_2$	0.1	75.2	3.94	42.3	8.11	61.3	1.51	
	0.01	98.7	3.30	93.6	5.05	96.6	2.53	
	0.001	99.7	4.86	100.9	6.19	100.2	2.73	
	0.0001	100.0	2.70	99.6	4.45	99.9	2.66	

optilwachstum im Leitungswasser und in Knopscher N.L. besser vor sich geht als in destilliertem Wasser. Das Wurzelwachstum ist aber im Leitungswasser schwächer als in reinem Wasser. Wenn wir die Wachstumswerte in destill. Wasser auf 100.0% schätzen, dann ist das Coleoptilwachstum in Knopscher Nährlösung um 20-24%, im Leitungswasser um 3-7% grösser als in dest. Wasser - je nachdem, ob wir die Variationsfehler berücksichtigen oder nicht. Das gesammte Wurzelwachstum ist in Knopsch. NL. um 6-11% stärker, im Leitungswasser aber um 4-8% schwächer als in Aq.destill. Das günstigere Wachstum der Keimlingselemente in Knopsch. NL. kann man auf die Wirkung der verschiedenen Salzionen in dieser Lösung zurückführen. Das schwächere Wurzelwachstum im Leitungswasser als in destill. Wasser ist schwerer zu erklären. Vielleicht haben $Ca(HCO_3)_2$ - Salze hier hemmend auf das Wurzelwachstum gewirkt.

Gehen wir jetzt an die Betrachtung der einzelnen Salzwirkungen in Abhängigkeit von ihren Konzentrationen auf das Wachstum der Haferkeimlinge.

Chloride.

In 0.1 norm. LiCl - Lösung geht das Quellen der Samenkörner gut vor sich; nach 48 Stunden sind die ersten Keimlingswurzeln ähnlich wie in den Kontroll-lösungen zu sehen. Ein weiterwachsen der Wurzeln kommt aber nicht mehr zu stande und diese nehmen eine gelblich-braune Färbung an. Unter dem Mikroskope können wir sehen, dass das Plasma der Wurzelzellen erstarrt ist. Die Zellen sind also tot. Auch das Coleoptil hat sich schon in die Länge von 3-4 mm. erstreckt. Aber die weitere Entwicklung des Coleoptils bleibt stehen. Eine 0.1 n. LiCl-Lösung tötet also die Keimzellen der Haferkeimlinge.

In 0.01n. LiCl-Lösung wachsen die Haferkeimlinge etwas schwächer als in den Kontrolllösungen weiter; das Wurzelwachstum ist hier aber relativ schwächer als das Coleoptilwachstum, so dass das Verhältnis - Gesammtwurzellänge : Coleoptillänge nur 2.05 (in dest. Wasser 2.68) beträgt.

In 0.001 n. LiCl - Lösung hat die Coleoptillänge den Kontrollwert überstiegen, das Wurzelwachstum ist aber hier noch bedeutend schwächer als in destill. Wasser; das Verhältnis GWL:CL.=2.18 zeigt, dass die Wachstumsbedingungen in dieser Lösung für die Wurzeln viel ungünstiger sind als in destill. Wasser. Das Gesammtwachstum der Keimlinge (C.+M.W.L.) -98.1% - nähert sich schon dem Kontrollwert.

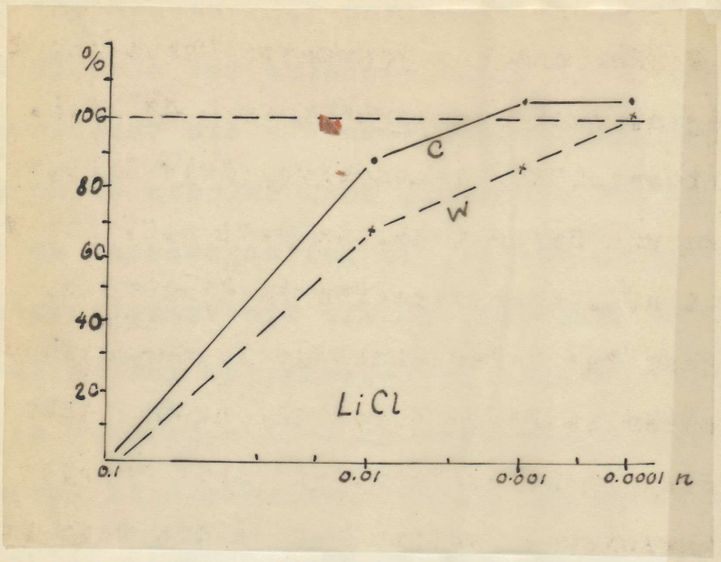


Fig. 14

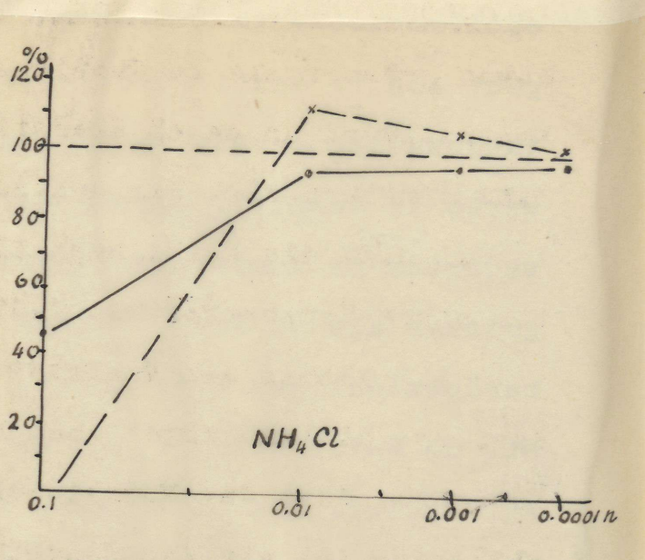


Fig. 15

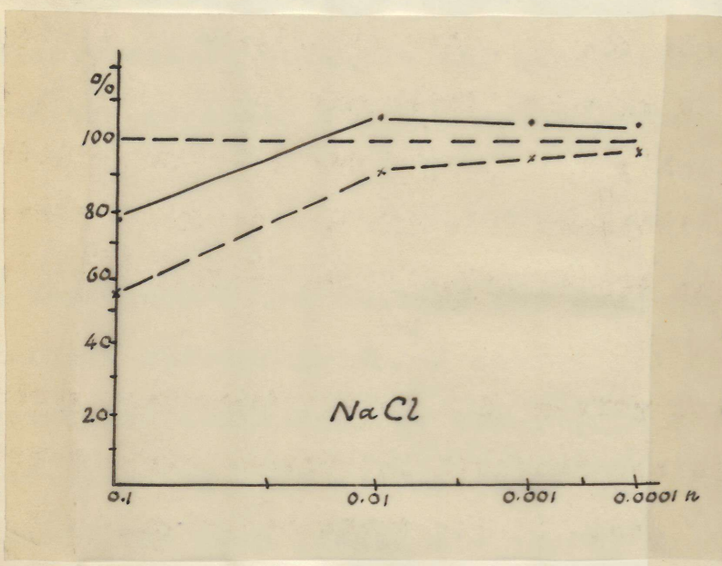


Fig. 16

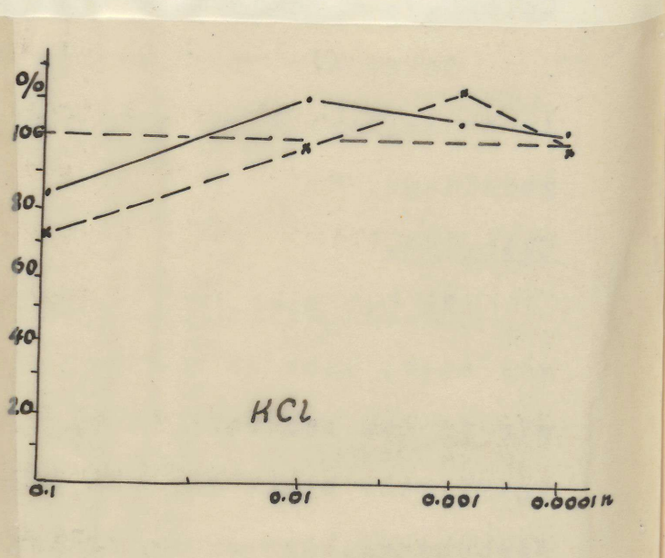


Fig. 17

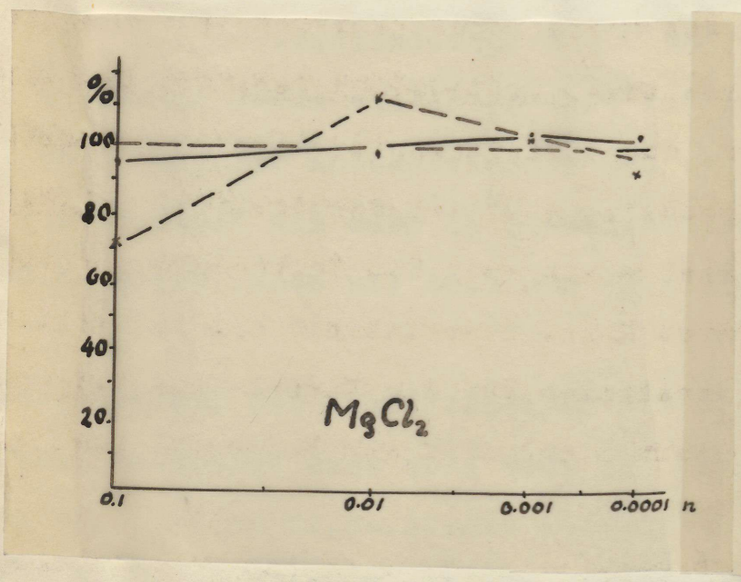


Fig. 18

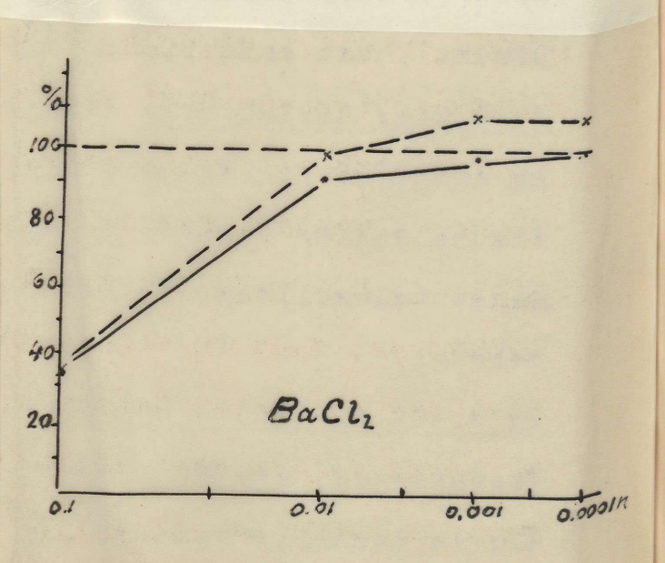


Fig. 19

In 0.0001 norm. Konz. von LiCl sind die Coleoptil- und Wurzel-längen etwas grösser als in destill. Wasser und das Gesammtwachstum hat den Kontrollwert um ca 4% überstiegen. Auch das Verhältnis - GWL:C.L. - 2.68 - nähert sich dem Kontrollwerte. Wir sehen also, dass LiCl, welches in 0.1 n.K. die Keimlingszellen von Hafer tötet, in 0.01 n.K. ihr Wachstum stark herabsetzt, in 0.0001 n.K. aber dasselbe fördern kann.

Wir können den Wachstumsgang der Haferkeimlinge in verschiedenen Konz. von LiCl-Lösungen noch besser in Fig.-14 verfolgen. Es fällt dort ins Auge, dass das Wurzelwachstum in allen Konz. von LiCl relativ schwächer ist als das Coleoptilwachstum, weiter - dass die Wachstumslinien der Coleoptile durch die verschiedenen Konzentrationen kurvenförmig, diejenigen der Wurzeln aber ± geradlinig gehen, was alles auf eine ungleiche Wirkung des LiCl auf das Coleoptil- u. Wurzelwachstum deutet.

Den Gang das Keimlingswachstums in jeder Salzlösung in analoger Weise zu analysieren, wurde uns zu weit führen und den Anlass zu Wiederholungen geben. Darum wird weiterhin die Analyse der Tabellen möglichst kurz zusammengefasst und zu leichterer Orientierung dort in Figuren veranschaulicht, wo die Angaben der Tabellen in Kurvenform dargestellt sind.

NH_4Cl. In 0.1 n.K. wirkt NH_4Cl giftig: die Keimlingswurzeln werden getötet, die Coleoptile aber bleiben lebensfähig, obwohl sie nur schwach weiter wachsen. In 0.01 n.K. jedoch ist das Wurzelwachstum stark gefördert, das Coleoptilwachstum dagegen etwas gehemmt. In 0.001-0.0001 n.K. geht das Wurzelwachstum etwas zurück, bleibt aber doch einige %% über dem Kontrollwerte; das Coleoptilwachstum nähert sich der Kontrolle. Fig.15.

NaCl. In 0.1 norm.Konz. wird das Wurzelwachstum etwas mehr als das Coleoptilwachstum vom NaCl herabgesetzt. In 0.01-0.0001 n.K. ist das Coleoptilwachstum ein wenig stärker, das Wurzelwachstum dagegen schwächer als in dest. Wasser; das Gesammtwachstum ± gleich der Kontrolle Fig.16.

KCl. In 0.1 n.K. ist das Wurzel - wie auch das Coleoptilwachstum etwas schwächer, fast in allen anderen Konz. aber stärker als in destill. Wasser. Die optimalen Salzkonzentrationen für das Wurzel- und Coleoptilwachstum fallen aber nicht zusammen und sind für Coleoptile 0.01 n., für Wurzeln 0.001 n. Fig. 17.

$MgCl_2$. In 0.1 n.K. wird das Coleoptil - wie auch das Wurzelwachstum von $MgCl_2$ herabgesetzt, in 0.01 n. wird das Wurzelwachstum stark, in 0.001 n.K. wird es schwach gefördert. Das Coleoptilwachstum schwach begünsti-

gend wirken 0.001 n.-0.0001 n.K. des $MgCl_2$, wobei die Mehrwerte des Wachstums die Variationsgrenzen aber nicht übersteigen können. Fig. 18. $BaCl_2$ setzt in 0.1 n.K. das Coleoptil und Wurzelwachstum sehr stark herab. In anderen Konz. nähert sich das Coleoptilwachstum allmählich mit dem Fallen der Konzentration der Salzlösung der Kontrolle. Das Wurzelwachstum wird vom $BaCl_2$ in niederen Konz. gefördert. Fig. 19. $CaCl_2$ setzt in 0.1 n.K. das Coleoptilwachstum weniger, das Wurzelwachstum aber sehr stark herab. In anderen niederen Konz. nähert sich das Keimlingswachstum nach und nach mit dem Fallen der Konz. der Kontrolle, zeigt aber keine Förderung. Fig. 20.

Einen zusammenfassenden Überblick über die Wirkung der Chloride auf das Wachstum der Haferkeimlinge können uns die folgenden Jonenreihen geben.

Das Coleoptilwachstum wird von Kationen folgendermassen beeinflusst:

In 0.1 norm. K. gehemmt: Li > Ba > NH_4 > Ca > Na > K > Mg

In 0.01 " " hemmen: Li > Ba > NH_4 > Mg, Ca

fördern: K > Na.

In 0.001 " " hemmen: Ca > Ba > NH_4

fördern: K, Na, Li, Mg ± gleich stark.

In 0.0001 n.K. fördern: Li, K, Na, Mg verhältnismässig gleich stark

hemmt - nur NH_4; Ca u. Ba bleiben fast ohne Wirkung.

Auf das Wurzelwachstum wirken:

in 0.1 n.K. hemmen: Li, NH_4 (tötend) > Ca > Ba > Na > K, Mg.

in 0.01 n.K. hemmen: Li > Na > Ca > K, Ba

fördern: Mg > NH_4

in 0.001 n.K. hemmen: Li > Na.

fördern: K > Ba > NH_4 > Mg, Ca.

in 0.0001 n.K. fördern schwach: Ba > Li, NH_4 - also unr diejenigen Kationen, welche in stärkeren Konz. giftig wirken. Alle anderen Jonen jedoch setzten das Wurzelwachstum schwach herab oder bleiben ohne Wirkung.

Daraus folgt, dass auf das Coleoptilwachstum Li, NH_4 u.Ba-Jonen am stärksten hemmend wirken, NH_4 u.Ba- sogar bis zu den niedrigsten Konzentrationen. Es ist sehr eigenartig, dass in 0.1 n. NH_4Cl-Lösung die Wurzelzellen abgetötet werden, das Coleoptilwachstum dagegen nur gehemmt wird. Daraus geht hervor, dass die Wurzelzellen gegen die "giftig wirkenden Salze" empfindlicher sind als die Coleoptilzellen. Bei der Förderung des Coleoptilwachstums spielen K u.Na-Jonen in mässigen Konz. die Hauptrolle.

Das Wurzelwachstum wird in 0.1 n. Salzkonzentration von Li u. NH_4-

Tabelle 15. Keimlinge von Avena sativa (RL.0269 Jõgeva)

Temp. 18.5°C. Versuchsdauer 7x24 St.

Salze	Konz	Coleoptil %	Coleoptil $\sigma \pm$%	Wurzel %	Wurzel $\sigma \pm$%	C+W. %	W/C	Bemerkungen.
KBr	0.1	78.3	5.48	50.9	11.03	67.7	1.76	
	0.01	102.4	4.36	77.5	7.94	92.7	2.03	
	0.001	110.4	2.76	93.5	4.30	103.9	2.27	
	0.0001	103.2	4.59	99.5	6.92	101.8	2.59	
$MgBr_2$	0.1	65.0	3.50	30.8	11.13	58.3	1.28	
	0.01	85.5	4.10	76.2	3.81	81.9	2.37	
	0.001	100.6	5.67	103.4	4.68	101.7	2.76	
	0.0001	98.7	2.52	102.5	5.06	100.1	2.78	
$CaBr_2$	0.1	46.4	8.04	27.7	11.20	39.2	1.60	
	0.01	83.6	4.95	60.1	5.44	74.6	1.93	
	0.001	99.1	2.65	99.1	4.58	99.1	2.62	
	0.0001	102.1	2.94	108.9	4.88	104.7	2.86	
$LiNO_3$	0.1	-	-	-	-	-	-	Keimen nicht auf
	0.01	98.7	2.54	45.5	7.10	79.5	1.24	
	0.001	106.4	3.67	74.8	6.82	95.1	1.89	
	0.0001	104.6	2.87	106.1	5.28	105.5	2.73	
NH_4NO_3	0.1	58.8	6.24	-	-	-	-	Am 3 Tage sterben die Wurzeln ab.
	0.01	115.4	2.21	46.2	4.10	87.9	1.07	
	0.001	109.7	2.24	78.8	6.16	99.1	1.95	
	0.0001	97.0	2.64	107.1	7.35	100.2	3.00	
$NaNO_3$	0.1	97.5	2.42	28.4	2.27	68.1	0.75	
	0.01	112.9	1.95	52.9	5.50	87.3	1.27	
	0.001	103.2	1.96	92.1	4.54	98.5	2.39	
	0.0001	100.1	1.68	101.0	3.66	100.3	2.72	
KNO_3	0.1	101.5	3.41	31.1	7.18	73.5	0.81	
	0.01	121.8	4.60	60.6	6.69	97.7	1.31	
	0.001	105.9	3.80	79.1	3.09	95.2	1.98	
	0.0001	103.3	5.10	104.7	2.43	103.8	2.69	
$Mg(NO_3)_2$	0.1	99.8	3.53	31.1	12.50	72.2	0.84	
	0.01	112.2	3.51	75.3	5.10	97.4	1.79	
	0.001	102.9	2.93	96.1	4.78	100.2	2.41	
	0.0001	103.1	2.42	103.0	5.34	103.1	2.69	
$Ba(NO_3)_2$	0.1	29.8	5.90	14.1	8.15	23.0	1.22	
	0.01	97.8	6.53	58.1	7.38	80.4	1.55	
	0.001	99.9	4.52	108.5	5.45	103.6	2.83	
	0.0001	100.7	4.24	113.6	4.59	106.3	2.9	
$Ca(NO_3)_2$	0.1	93.6	5.45	19.8	11.07	62.7	0.60	
	0.01	108.7	4.10	47.2	9.18	82.9	1.16	
	0.001	103.9	3.53	89.2	7.10	97.8	2.30	
	0.0001	102.8	2.68	98.9	5.47	101.2	2.58	

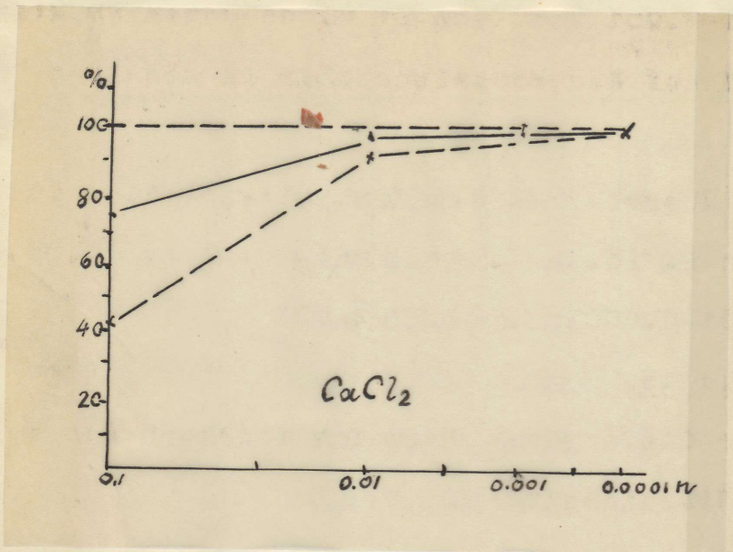


Fig. 20

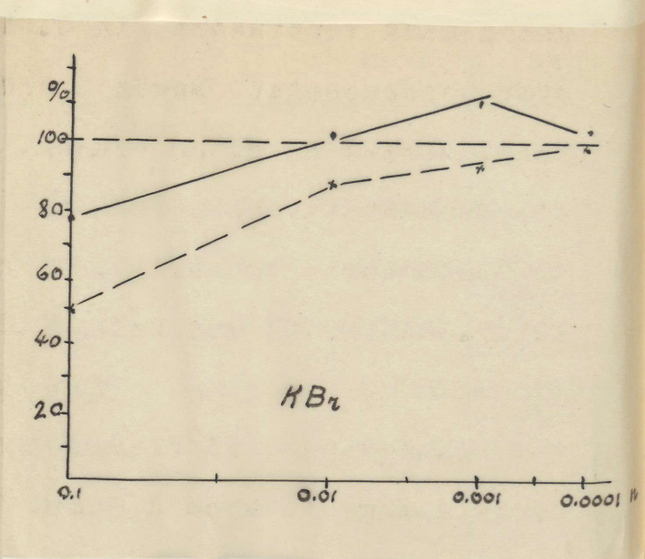


Fig. 21.

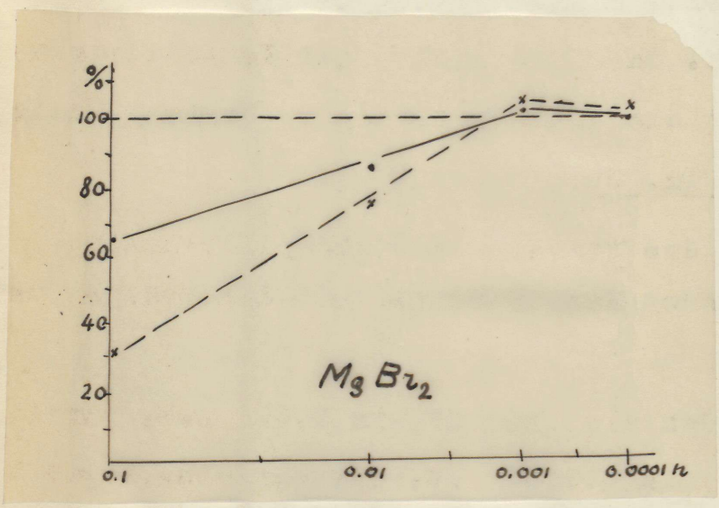


Fig. 22.

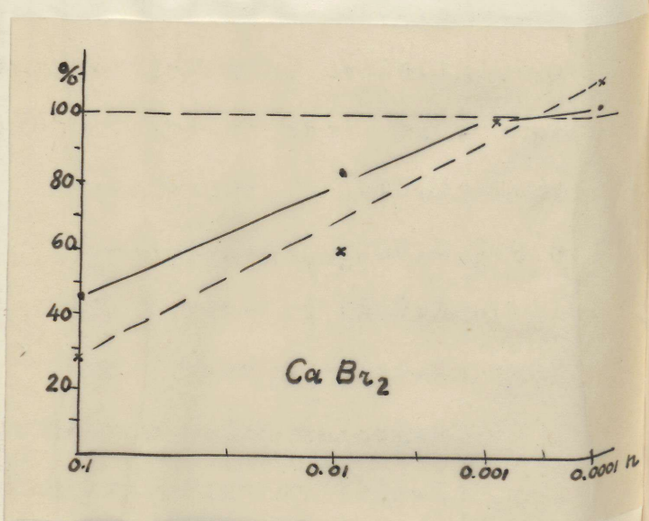


Fig. 23.

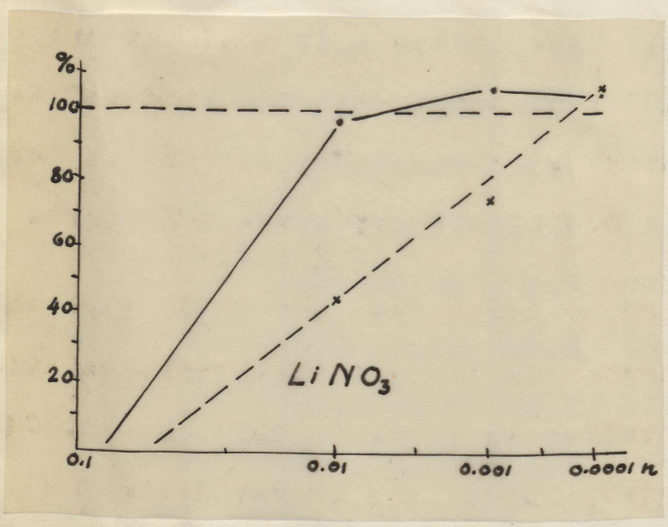


Fig. 24

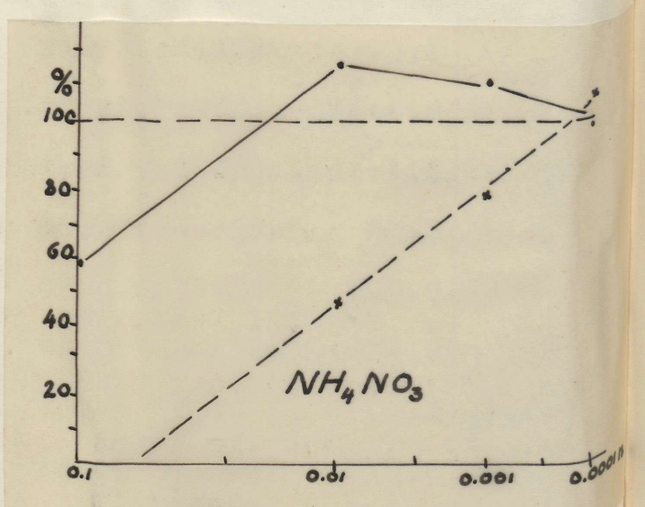


Fig. 25.

Jonen ganz verhindert, in 0.01-0.001 n.K. von Li u. Na-Jonen am stärksten herabgesetzt. Begünstigend auf das Wurzelwachstum in mässigen Konz. wirken Mg u. NH_4-Jonen.

Die Verhältniszahlen (GWL:CL) übersteigen den Kontrollwert 2.68 in NH_4Cl-Lösungen von 0.1-0.001 n.K. (3.17-2.88), $MgCl_2$ 0.01 n. (3.08), KCl 0.001 (2.73) und $BaCl_2$ 0.01-0.0001 n. (2.77-2.87)

Tabelle 15.

In der Tab. 15 finden wir die Angaben über das Wachstum der Haferkeimlinge in Bromid - und Nitratlösungen.

Bromide.

KBr. Das Coleoptilwachstum wird in 0.1 n.K. gehemmt, in anderen aber gefördert; ein maximales Wachstum wird in 0.001 n.K. erreicht. Das Wurzelwachstum wird in allen Konz. herabgesetzt. Fig. 21.

$MgBr_2$ - setzt in stärkeren Konz. das Coleoptil - und Wurzelwachstum herab. In niederen Konz. steigt die schwach fördernde Wirkung nicht über die Variationsgrenzen. Fig. 22.

$CaBr_2$ fördert in 0.0001 n.K. das Wurzel- und Coleoptilwachstum (schwach) setzt es aber in anderen Konz. parallel mit dem Steigen der Konzentration herab. Fig. 23.

Im ganzen haben von Bromiden also nur KBr in 0.001 n.K. merklich das Coleoptilwachstum und $CaBr_2$ in 0.0001 n.K. das Wurzelwachstum begünstigt.

Nitrate.

$LiNO_3$. In 0.1 n.Konz. wirkt $LiNO_3$ - ebenso wie LiCl - tötend auf die Keimlingszellen, in 0.001 n. - 0.0001 n. Konz. aber fördernd auf das Coleoptilwachstum. Das Wurzelwachstum wird von $LiNO_3$ in höheren Konz. sehr stark herabgesetzt und nur in 0.0001 n.Konz. etwas gefördert. Fig.24.

NH_4NO_3. In 0.1.n.Konz. ist die Wirkung derjenigen von NH_4Cl ähnlich: die Wurzelzellen der Keimlinge sterben in folge der Plasmakoagulation ab, die Coleoptile können jedoch weiter wachsen. In 0.01 n. - 0.001 n. Konz. ist das Coleoptilwachstum viel stärker als in destilliertem Wasser und nähert sich in 0.0001 n. Konz. wieder dem Kontrollwerte. Das Wurzelwachstum steigt in 0.0001 n. K. etwas über den Kontrollwert und nach dem Gang der Kurve können wir erwarten, das es in niederen Konz. vielleicht noch etwas steigen wird. Fig. 25.

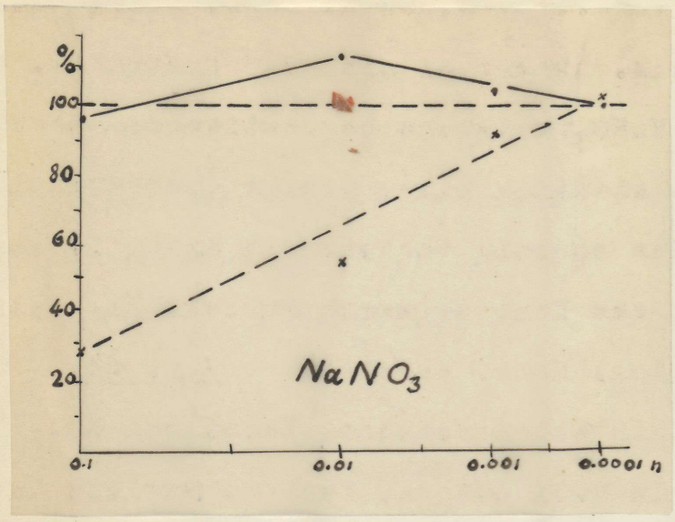


Fig. 26.

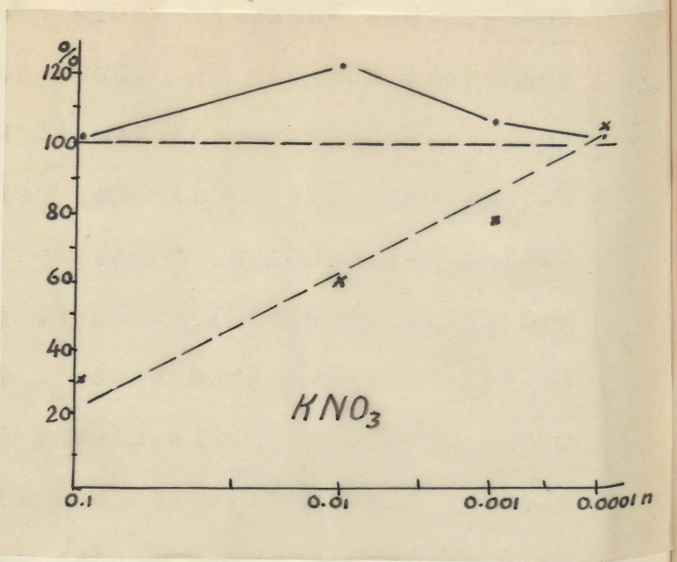


Fig. 27

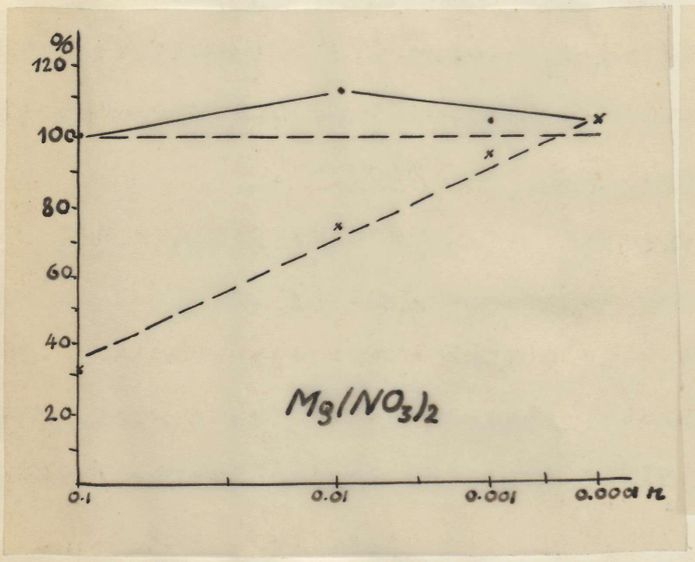


Fig. 28

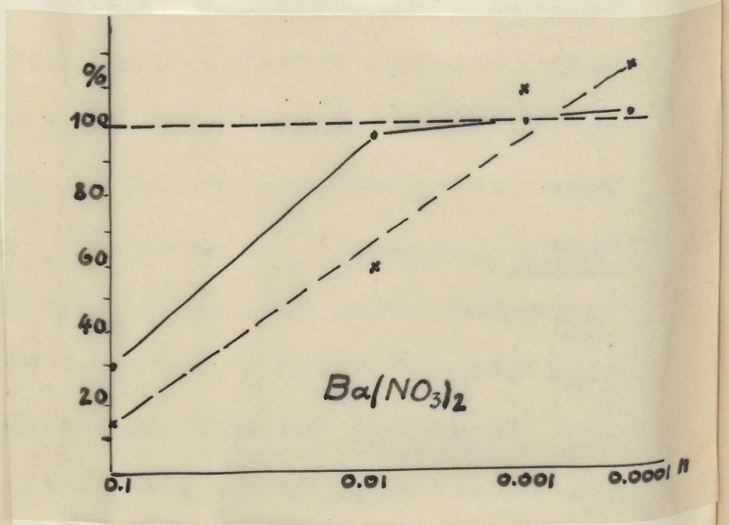


Fig. 29.

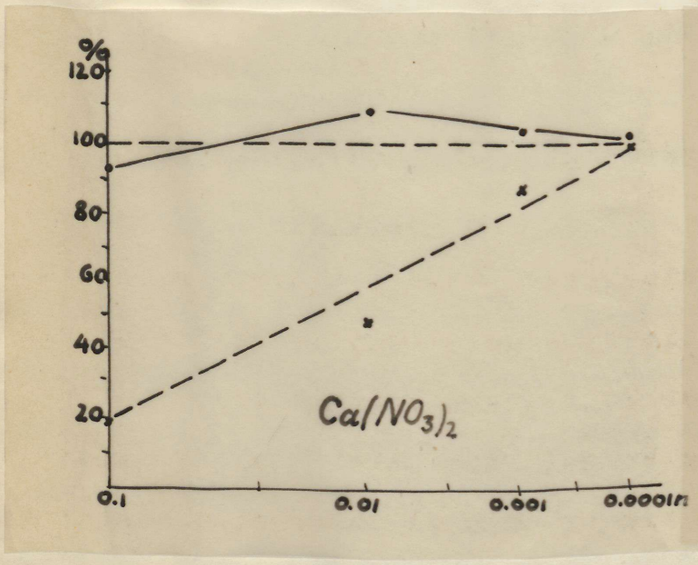


Fig. 30

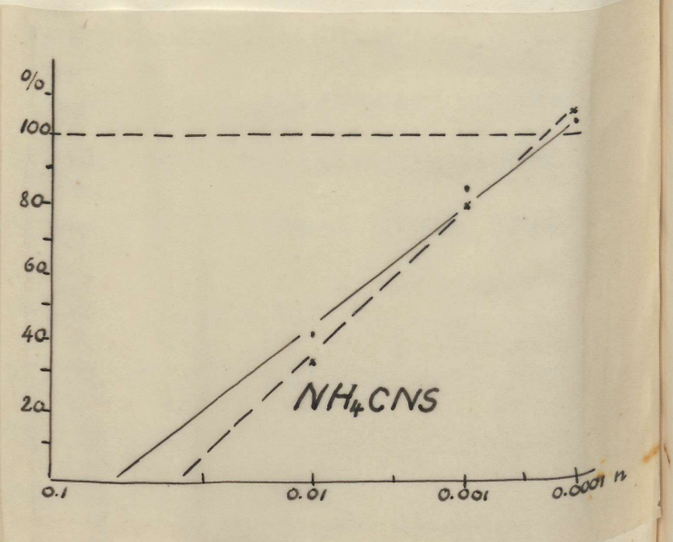


Fig. 31.

$NaNO_3$. Das Wurzelwachstum wird in 0.1 n.-0.001 n. Konz. stark herabgesetzt und nur in 0.0001 n.Konz. nähert es sich der Kontrolle. Auf das Coleoptilwachstum wirkt $NaNO_3$ meistens begünstigend; schon in 0.1 n.Konz. ist es der Kontrolle ziemlich nahe, steigt dann aber in 0.01 n. u. 0.001 n. Konz. über das normale Wachstum in destill.Wasser und fällt in 0.0001 n. Konz. bis zum Kontrollwerte zurück. Das optimale Coleoptilwachstum wird in 0.01 n. Konz. erreicht. Fig. 26.

KNO_3 Das Coleoptilwachstum ist in allen verwend. Konz. von KNO_3 stärker als in destill. Wasser. In 0.01 n.Konz., wo das Maximum des Coleoptilwachstums erreicht wird, steigt die Coleoptillänge ca 20% über die Kontrolle und nähert sich dem Wachstumswerte in der Knopschen Nährlösung. In dieser Konzentr. hat KNO_3 von anderen Neutralsalzen die stärkste fördernde Wirkung auf das Wachstum der Hafercoleoptile ausgeübt. In stärkeren Konz. setzt KNO_3 ebenso wie die anderen Nitrate das Wurzelwachstum stark herab und nur in 0.0001 n. Konz. steigt die Wurzellänge etwas über den Kontrollwert. Fig. 27.

$Mg(NO_3)_2$ Die Wirkung des $Mg(NO_3)_2$ ist im ganzen derjenigen des $NaNO_3$ sehr ähnlich. Fig. 28.

$Ba(NO_3)_2$ Seine Wirkung ist vom Nitrattypus etwas abweichend. In 0.1 n.Konz.ist das Coleoptilwachstum stark herabgesetzt, aber auch in anderen kleineren Konz. steigt es nicht über den Kontrollwert. $Ba(NO_3)_2$ fördert nicht das Coleoptilwachstum der Haferkeimlinge, wie die anderen Nitrate es tun.

Das Wurzelwachstum ist in 0.1 n.-0.01 n.Konz. sehr stark gehemmt, in 0.001 n. - 0.0001 n. Konz. aber mehr gefördert als in anderen Nitrat-lösungen. Fig. 29.

$Ca(NO_3)_2$ wirkt auf das Keimlingswachstum ähnlich wie $NaNO_3$ u. $Mg(NO_3)_2$. Fig. 30.

Bei Nitraten fällt es sehr stark auf, dass sie das Wurzelwachstum - besonders bei höheren Konzentrationen - gewaltsam zurückhalten und das Coleoptilwachstum zu gleicher Zeit stark begünstigen. ($Ba(NO_3)_2$ bildet hier eine Ausnahme!). Die Wurzeln der Haferkeimlinge sehen in Nitrat-Lösungen ganz anders aus als in anderen Lösungen. In höheren Konz. der Nitrat-Lösungen sind die Wurzelspitzen etwas angeschwollen und kugelförmig, die Wurzeln selbst ein wenig dicker und von gelblichbrauner Farbe. Sehr auffallend ist hier das Verhalten der Wurzelhaare.

In grösseren Konz. treten sie sehr dicht auf und sind viel länger (etwa 3-4 mm. lang) als in anderen Lösungen. In kleineren Konz., wo die Wurzeln sich mehr ausstrecken, geht die Länge der Wurzelhaare allmählich zurück und sie nehmen wieder ein normales Aussehen und ihre normale Länge an. In höheren Konzentrationen, wo die Nitrate das Wurzelwachstum stark herabsetzen, sind die Verhältniszahlen (Wurzellänge: Coleoptillänge = %) sehr klein und bei 0.1 n.K. < 1.0; das deutet nur darauf hin, dass hier die Gesammtlänge der 4 Wurzeln (meistens haben sich nur 3 Wurzeln gebildet!) kleiner ist als die Coleoptillänge allein. Nur in 0.0001 n.K. von Nitratlösungen steigen die Verhältniszahlen der W.:C meistens über den Kontrollwert - 2.68.

Dass NO_3' - Jonen günstig auf die Wurzelhaarbildung bei Hafer wirken, ist auch von Micheels (1916) beobachtet worden. Ebenfalls ist eine starke Hemmung von 0.1 n. Nitartlösungen auf das Wurzelwachstum bei Gerste, Erbsen und Kresse von Boykorny (1913) festgestellt.

In allen Fällen aber, wo das Coleoptilwachstum von Nitraten gefördert und das Wurzelwachstum in derselben Zeit herabgesetzt ist, bleibt das Gesammtwachstum (C.+ m.Wurzellänge) dem Kontrollwerte sehr nahe, was uns gewissermassen zwingt anzunehmen, als wäre hier das bessere Wachstum eines Keimlingselementes (Col.) auf Kosten des anderen (Wurzel) hervorgebracht.

Es ist noch eine Eigenart der Nitratwirkung, dass die Wurzelwachstumskurven ± geradlinig durch die verschiedenen Konzentrationen laufen. Dieser Verlauf zeigt uns, dass die Nitrate auch in 0.0001 n. Konz., über welche die Wachstumskurven geradlinig aufwärts gehen, noch in voller Wirkung stehen und dass sie in Konz. < 0.0001 n. noch mehr fördernd auf das Wurzelwachstum wirken. Das beweist wiederum, dass die optimalen Konzentrationen bei Nitraten für das Coleoptil- und Wurzelwachstum sehr verschieden sind und sehr weit von einander stehen.

Nach der Hemmungstärke beim Wurzelwachstum kann man die Kationen der Nitrate folgendermassen ordnen:

in 0.1 n. K.: Mg, K < Na < Ca < Ba < NH_4 < Li

" 0.01 " " : Mg < K < Ba < Na < Ca < NH_4 < Li

" 0.001 " " : Mg < Na < Ca < K < NH_4 < Li

Daraus erkennen wir, dass Mg u. K-Nitrate am schwächsten, NH_4 u. Li-Nitrate am stärksten das Wurzelwachstum herabsetzen.

Keimlinge von Avena sativa (RL. 0269 Jôgeva)

Temp. 18.5°C Versuchsdauer 7x24 St.

Salze	Konz. norm.	Coleoptil %	Coleoptil $\delta \pm$%	Wurzel %	Wurzel $\delta \pm$%	C+W %	W/C	Bemerkungen
NH_4CNS	0.1	-	-	-	-	-	-	Keimen auf, vom 3 Tage an aber sterben die Keimlinge ab.
	0.01	42.2	6.66	31.8	6.25	37.5	2.03	
	0.001	85.3	3.34	80.2	4.96	83.1	2.52	
	0.0001	102.9	3.56	105.1	4.57	103.9	2.73	
KCNS	0.1	-	-	-	-	-	-	Ebenso wie bei NH_4CNS
	0.01	49.1	3.81	29.5	10.55	40.2	1.63	
	0.001	96.1	2.91	80.7	6.18	88.2	2.23	
	0.0001	104.7	2.97	105.1	5.38	104.9	2.70	
NaCNS	0.1	21.1	3.62	-	-	-	-	Vom 3 Tage an sterben die Wurzeln ab.
	0.01	57.9	4.83	41.4	8.39	57.1	1.91	
	0.001	90.3	4.61	84.4	6.14	87.1	2.50	
	0.0001	105.8	3.67	101.1	4.75	102.8	2.61	
$Ca(CNS)_2$	0.1	-	-	-	-	-	-	Keimen auf; die Keimlinge sterben aber vom 3 Tage ab.
	0.01	49.5	5.88	55.8	5.66	51.8	3.02	
	0.001	96.4	3.15	91.5	7.65	94.7	2.54	
	0.0001	102.9	2.26	100.0	8.03	101.7	2.61	
Li_2SO_4	0.1	-	-	-	-	-	-	Keimen nicht
	0.01	84.6	3.60	62.5	7.62	76.9	2.03	
	0.001	105.8	2.35	104.9	7.58	105.4	2.67	
	0.0001	100.9	2.25	109.2	7.20	103.9	2.90	
$(NH_4)_2SO_4$	0.1	60.0	5.49	20.2	9.13	47.7	0.92	
	0.01	107.2	3.92	109.0	6.67	108.0	2.72	
	0.001	105.5	2.05	117.5	6.56	111.1	2.98	
	0.0001	99.0	2.45	110.9	8.77	105.6	2.98	
K_2SO_4	0.1	89.1	3.83	71.6	5.96	80.9	2.16	
	0.01	104.9	2.73	108.5	3.07	106.1	2.77	
	0.001	103.2	2.07	105.3	5.61	104.2	2.73	
	0.0001	103.0	3.01	105.0	4.73	104.0	2.73	
$MgSO_4$	0.1	95.5	2.36	65.5	6.13	81.5	1.85	
	0.01	98.7	3.47	106.3	4.27	102.3	3.00	
	0.001	100.6	3.35	105.2	4.63	102.6	2.81	
	0.0001	100.0	3.17	105.2	4.69	102.4	2.82	
KH_2PO_4	0.1	103.0	6.08	76.3	4.59	93.5	1.97	
	0.01	107.4	2.28	102.5	4.02	105.7	2.56	
	0.001	100.8	4.02	106.9	4.10	103.0	2.85	
	0.0001	100.1	5.05	100.0	6.29	100.0	2.68	
$Ca(H_2PO_4)_2$	0.1	85.3	1.85	74.6	6.18	81.5	2.33	
	0.01	96.7	1.25	95.0	4.94	96.1	2.63	
	0.001	102.2	4.71	95.8	3.50	100.0	2.51	
	0.0001	96.4	3.82	98.1	3,70	97.0	2.72	

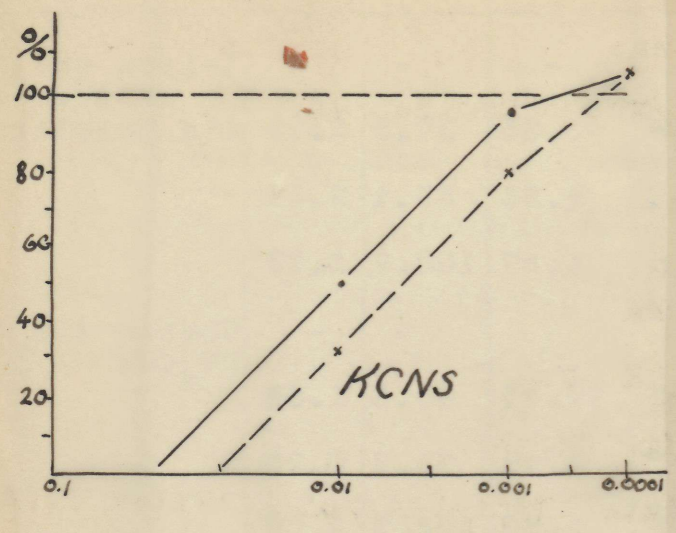


Fig. 32

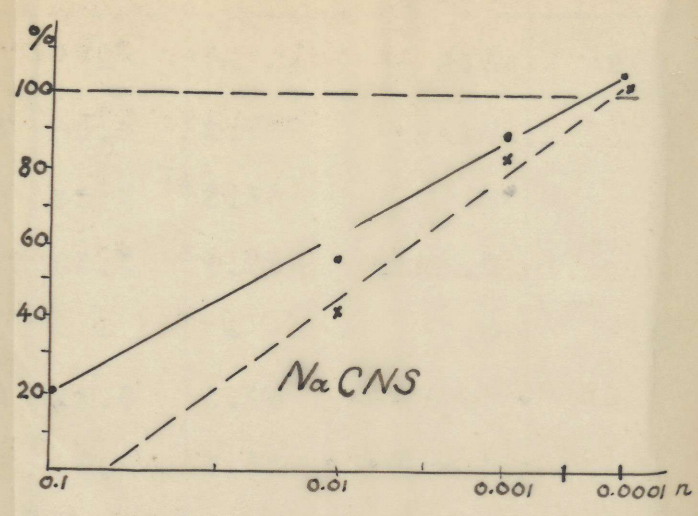


Fig. 33.

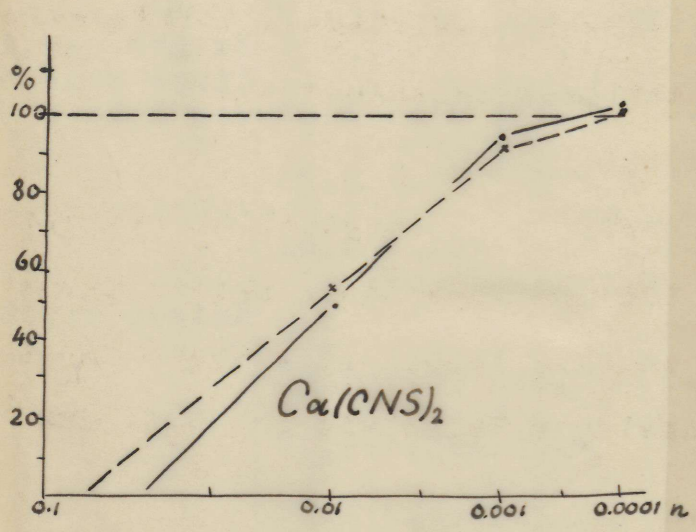


Fig. 34.

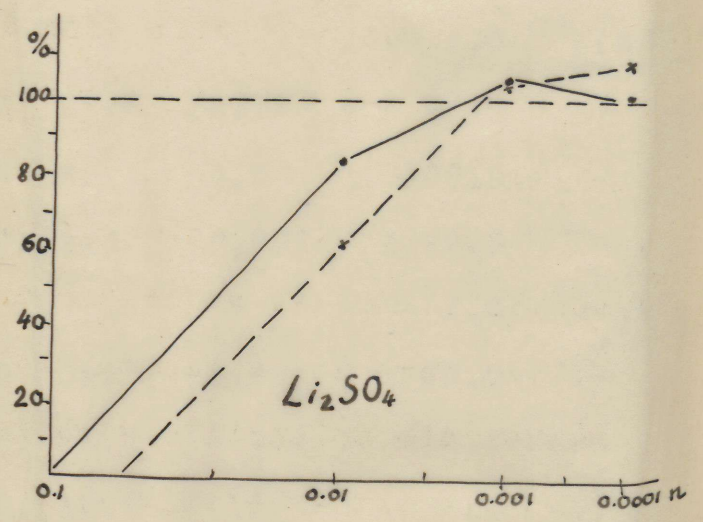


Fig. 35

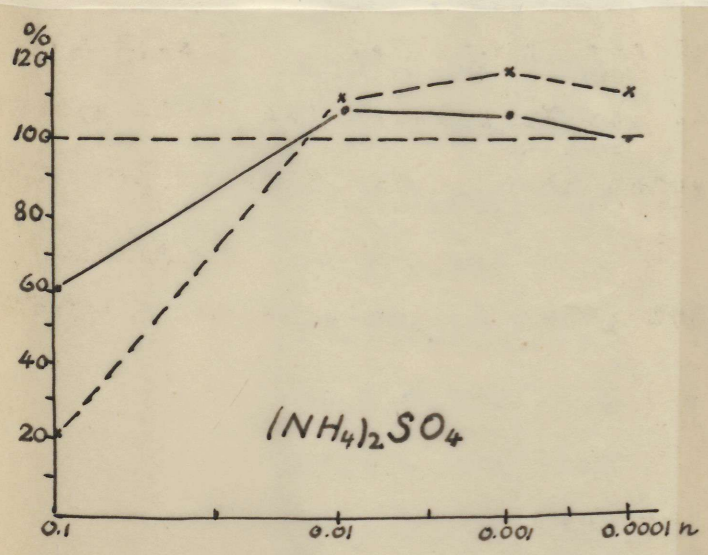


Fig. 36.

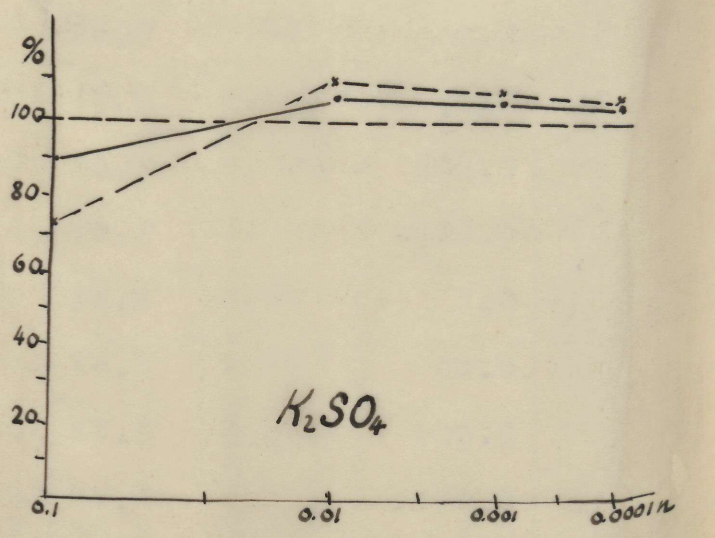


Fig. 37.

Die Wirkung der Kationen bei Nitraten auf das Coleoptilwachstum äussert sich in folgenden Jonenreihen:

In 0.1 n.K.: hemmen: Li $\gg$ Ba $\gg$ NH_4 $\gg$ Ca > Na > Mg.

fördert: K.

In 0.01 n.K. hemmen: Ba > Li

fördern: K > NH_4 > Na, Mg > Ca

In 0.001 n.K. fördern: NH_4 > Li > K > Na > Ca > Mg.

In 0.0001 n.K. fördern: Li > K, Mg, Ca, Ba

Daraus geht hervor, dass die meisten Kationen bei Nitraten fördernd auf das Coleoptilwachstum wirken, am stärksten doch - K u. NH_4-Jonen. in mässigen Konz., und dass von Li u. Ba-Jonen in stärkeren Konz. das Coleoptilwachstum am meisten zurückgehalten wird:

Tabelle 16.

In dieser Tabelle sind die Versuchsresultate mit Haferkeimlingen in Rhodanid-, Sulfat- und Phosphatlösungen angegeben.

Rhodanide.

Alle Rhodanide in 0.1 n.K. rufen eine Koagulation des Plasmas in den Keimlingszellen hervor und töten alle Wurzeln und in den meisten Fällen auch die Coleoptil-anlagen. Nur in 0.1 n.K. von NaCNS-Lösung können die Coleoptile sich in analoger Weise wie in NH_4Cl und NH_4NO_3-Lösungen weiter entwickeln.

NH_4CNS hemmt noch stark in 0.01-0.001 n.K. das Keimlingswachstum und zeigt nur in 0.0001 n.K. eine schwache Förderung. Fig. 31.

KCNS u. NaCNS haben fast die gleiche Wirkung wie NH_4CNS. Nur NaCNS verhindert in 0.1 n.K. das Coleoptilwachstum nicht und ist in diesem Sinne weniger giftig als die anderen Rhodanide. Fig.32 u.33.

$Ca(CNS)_2$ setzt in höheren Konz. das Wurzelwachstum etwas weniger herab als die anderen Rhodanide, sonst aber ist es in der Wirkung den vorigen Rhodaniden sehr ähnlich. Fig. 34.

Die Kationenwirkung kann bei Rhodaniden folgendermassen ausgedrückt werden:

Das Coleoptilwachstum.

in 0.01 n.K. hemmen: NH_4 > K, Ca > Na

in 0.001 n.K. " : NH_4 > Na > K, Ca

in 0.0001 n.K. fördern: Na > K > NH_4, Ca

Das Wurzelwachstum

in 0.01 n.K. hemmen: K > NH_4 > Na > Ca

in 0.001 n.K. " : K, NH_4 > Na > Ca

in 0.0001 n.K. fördern: K > NH_4 > Na.

Wir sehen also, dass NH_4-Jon hier das Coleoptilwachs. am meisten hemmt, die Reihenfolge der anderen Kationen aber von der Konzentration beeinflusst wird. Das Wurzelwachstum dagegen wird in 0.1-0.001 n.K. am stärksten von K u. NH_4-Jonen herabgesetzt und von denselben Jonen in 0.0001 n.K. auch gefördert.

Ebenfalls ist charakteristisch für Rhodanide der ± geradlinige Verlauf der Wirkungslinien, besonders beim Wurzelwachstum.

Sulfate.

Li_2SO_4. In 0.1 n.K. wird das Zellplasma von Li_2SO_4 zur Koagulation gebracht und dadurch das Keimlingswachstum ganz verhindert. In 0.01 n.K. wirkt es nur hemmend und mehr auf das Wurzel als auf das Coleoptilwachstum. In 0.001 - 0.0001 n.K. wird das Keimlingswachstum vom Li_2SO_4 schwach gefördert. Es wirkt im ganzen ziemlich kontrastreich und analog mit Rhodaniden. Fig. 35.

$(NH_4)_2SO_4$ setzt in 0.1 n.K. das Wachstum der Keimlingselemente, besonders aber der Wurzeln, stark herab. In 0.01 n.K. fördert es ± gleich stark das Wurzel- und Coleoptilwachstum. In 0.001 n.K. übersteigt das Wurzelwachstum um 11-17% den Kontrollwert. Das ist das maximale Wurzelwachstum der Haferkeimlinge überhaupt, welches auch die Wurzellänge in Knopscher Nährlösung überstiegen hat. In 0.0001 n.K. nähert das Coleoptilwachstum sich der Kontrolle, das Wurzelwachstum ist aber noch stark gefördert. In 0.001 n.- u. 0.0001 n.K. von $(NH_4)_2SO_4$ erreichen die Verhältniszahlen (GWL:CL) einen sehr hohen Wert - 2.98, welcher nur selten in Lösungen von anderen Salzen überholt wird und zwar nur dadurch, dass die betreffenden Salzlösungen in derselben Zeit, in der sie das Wurzelwachstum fördern, das Coleoptilwachstum zurückhalten, so z.B. NH_4Cl 0.01 n., $MgCl_2$ 0.001n, NH_4NO_3 0.0001 n. Fig. 36.

K_2SO_4 und $MgSO_4$ hemmen in 0.1 n.K. schwach das Coleoptil- und etwas stärker das Wurzelwachstum. In 0.01n. - 0.0001 n.K. wirken sie fördernd auf das Keimlingswachstum. Fig. 37-38.

Beachtenswert bei der Sulfatwirkung auf das Wachstum der Haferkeimlinge ist der Umstand, dass sie in schwächeren Konz. stark fördernd

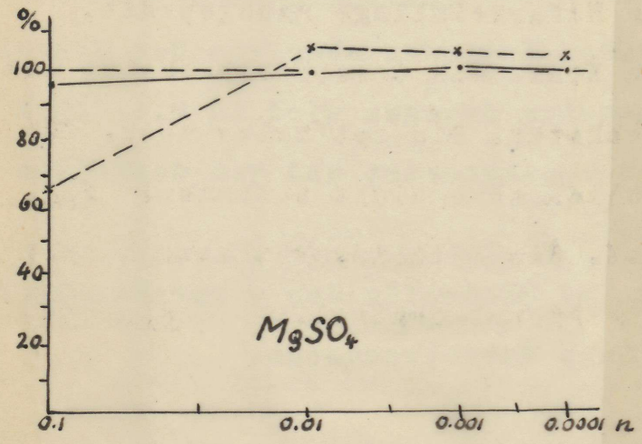


Fig. 38

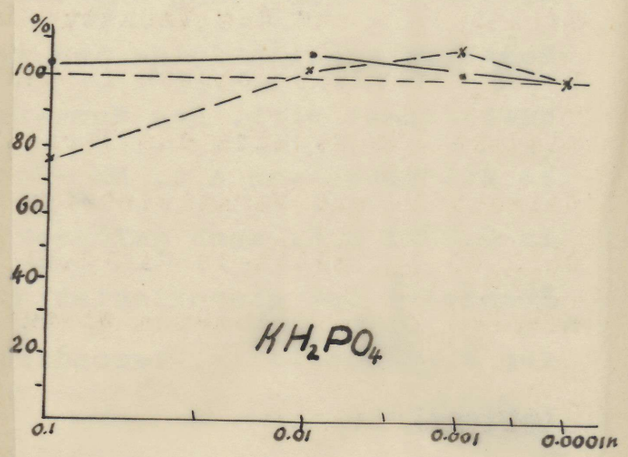


Fig. 39.

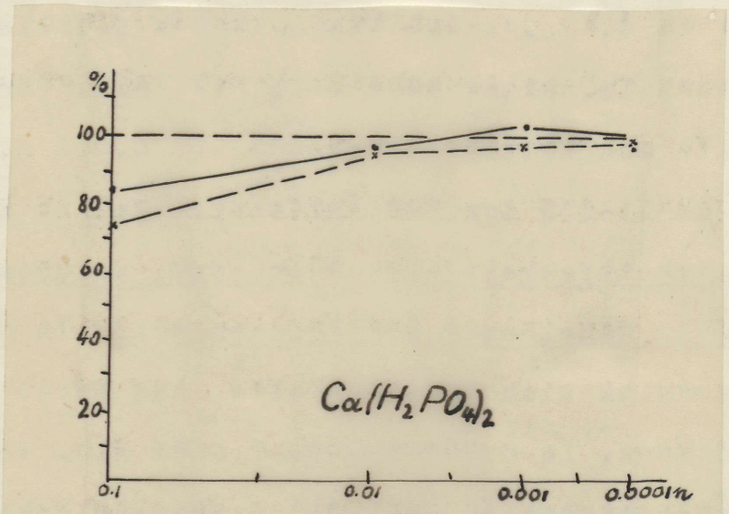


Fig. 40.

auf das Wurzelwachstum wirken. In 0.001 n.K. ist ihre Wirkung nach den Kationen: $NH_4 > K, Mg > Li$, in 0.0001 n.K. $NH_4 > Li > K, Mg$.

Phosphate

Es wurde nur die Wirkung von zwei Monophosphaten - KH_2PO_4 u. $Ca(H_2PO_4)_2$ - auf das Wachstum der Haferkeimlinge nachgeprüft. KH_2PO_4 fördert schwach in allen Konz. das Coleoptilwachstum und in niederen Konz. auch das Wurzelwachstum. Die optimalen Konz. für das Coleoptil- und Wurzelwachstum fallen aber nicht zusammen. Fig. 39. $Ca(H_2PO_4)_2$ setzt in 0.1-0.01 n.K. das Keimlingswachstum herab; in niederen Konz. ist seine Wirkung sehr unbedeutend. Fig. 40.

Zusammenfassung.

1. Die Neutralsalzionen bewirken das Coleoptil- und Wurzelwachstum der Haferkeimlinge nicht in gleicher Weise. So wird das Coleoptilwachstum von den meisten Nitraten in Konz. 0.01-0.001 n. stark gefördert, das Wurzelwachstum aber herabgesetzt; dagegen das Wurzelwachstum in entsprechenden Konz. von Sulfaten mehr als das Coleoptilwachstum gefördert; NH_4Cl, NH_4NO_3 und NaCNS in 0.1 n.K. verhindern das Wurzelwachstum und setzen das Coleoptilwachstum nur herab; NH_4Cl setzt in 0.1-0.0001 n.K. das Coleoptilwachstum herab und begünstigt in 0.01 - 0.0001 n.K. das Wurzelwachstum u.s.w.

2. Die Salzwirkung hängt von der Konz. der Salzlösungen ab. So bringen LiCl, $LiNO_3$, Li_2SO_4, NH_4CNS u. KCNS in 0.1 n.K. das Zellplasma der Haferkeimlinge zur Koagulation und verhindern das Keimlingswachstum; in 0.0001 n.K. wird aber das Keimlingswachstum von den erwähnten Salzen begünstigt. Auch bei allen anderen Salzen ist das optimale Wachstum stets mit einer bestimmten Konzentration verbunden.

3. Die optimalen Salzkonzentrationen sind für das Coleoptil- und Wurzelwachstum nicht immer die gleichen. Bei Nitraten liegen die optimalen Konz.für das Coleoptilwachstum in 0.01-0.001 n. Lösungen, für das Wurzelwachstum aber in bedeutend niederen (0.0001 n. u. < 0.0001 n.). In Chloridlösungen wird ein optimales Coleoptilwachstum z.B. erreicht in 0.01 n. KCL- und 0.001 n. $MgCl_2$ - Lös. - optimales Wurzelwachstum in 0.001 n. KCl-L., 0.01 n. $MgCl_2$ - Lösung u.s.w.

4. Da die Jonenreihen sich mit der Veränderung der Salzkonzentration verändert haben, in jedem einzelnen Falle das Wachstum der Keimlingselemente aber von der Wirkung der An- und Kationen bestimmt wird, so

müssen wir annehmen, dass das Gleichgewicht zwischen An- und Kationenwirkung in verschiedenen Konzentrationen der Lösungen nicht eine konstante ist, sondern sich in verschiedenen Konz. verändert.

Die vorigen Versuche haben uns gezeigt, wie die Neutralsalze in Abhängigkeit von Konzentrationen auf das Wachstum der Haferkeimlinge wirken. Es blieb nur weiter festzustellen, ob die Wirkung dieser Salze auf das Wachstum der Keimlinge von anderen Getreidearten dieselbe ist oder nicht.

Die weiteren Versuche sind mit einer reinen Linien von Triticum vulgare "Rubin" - Jögeva - ausgeführt worden. Nun habe ich hier die Versuchsbedingungen in einigen Punkten etwas verändert, nämlich:

1) statt 15 ccm. von Versuchslösungen auf 5 Filterscheiben nur 10 ccm. genommen, was mehr den optimalen Bedingungen des Keimbettes entspricht;

2) die Temperatur in Versuchsthermostaten auf 27.5°C, also bis auf die optimale Wachstumstemperatur, erhöht und

3) die Konzentrationsintervalle der Salzlösungen verkleinert, die Zahl der Versuchskonzentrationen aber vermehrt.

Sonst wurden die Versuche und die Berechnungen ähnlich wie bei Avena sativa ausgeführt.

Es sei nur darauf hingewiesen, dass die Weizenkeimlinge in 7 Tagen normal stets 6 Wurzeln entwickelt haben, die Haferkeimlinge aber nur 4.

Die Versuchsresultate mit Triticum vulgare sind in den Tabellen 17-22 angegeben.

Der mittlere Variationsfehler beträgt bei Wurzeln = 5.61% bei Coleoptile = 5.65%

Tabelle 17.

Rhodanide.

Die Wirkung der Rhodanide auf das Wachstum der Weizenkeimlinge ist in den Hauptzügen, wie man aus der Tabelle 17 und der Fig. 41-43 ersehen kann, derjenigen der Haferkeimlinge sehr ähnlich. In 0,1 n.Konzentration wirken sie - besonders auf das Wurzelwachstum giftig. In den ersten Tagen, da die jungen Wurzeln noch am Leben sind, zeigen sie starkenegative chemotropische Krümmungen an. Das Plasma der Epidermis- und Parenchymzellen der Wurzeln ist von der unteren Seite meistens erstarrt und hat sich ringe um den Zellkern zusammengezogen. Die Zellen der oberen Seite der Wurzel sind von normalen Aussehen, - lebensfähig

Die Wirkung der Neutralsalze auf das Keimlingswachstum von Triticum vulgare.

Die vorigen Versuche haben uns gezeigt, wie die Neutralsalze in Abhängigkeit von Konzentrationen auf das Wachstum der Haferkeimlinge wirken. Es blieb nur weiter festzustellen, ob die Wirkung dieser Salze auf das Wachstum der Keimlinge von anderen Getreidearten dieselbe ist oder nicht.

Die weiteren Versuche sind mit einer reinen Linie von Triticum vulgare "Rubin" - Jôgeva - ausgeführt worden. Nun habe ich hier die Versuchsbedingungen in einigen Punkten etwas verändert, nämlich:

1) statt 15 ccm. von Versuchslösungen auf 5 Filterscheiben nur 10 ccm. genommen, was mehr den optimalen Bedingungen des Keimbettes entspricht;

2) die Temperatur in Versuchsthermostaten auf 27.5°C, also bis auf die optimale Wachstumstemperatur, erhöht und

3) die Konzentrationsintervalle der Salzlösungen verkleinert, die Zahl der Versuchskonzentrationen aber vermehrt.

Sonst wurden die Versuche und die Berechnungen ähnlich wie bei Avena sativa ausgeführt.

Es sei nur darauf hingewiesen, dass die Weizenkeimlinge in 7 Tagen normal stets 6 Wurzeln entwickelt haben, die Haferkeimlinge aber nur 4.

Die Versuchsresultate mit Triticum vulgare sind in den Tabellen 17-22 angegeben.

Der mittlere Variationsfehler beträgt bei Wurzeln = 5.51% bei Coleoptile = 5.65%

Tabelle 17.

Rhodanide.

Die Wirkung der Rhodanide auf das Wachstum der Weizenkeimlinge ist in den Hauptzügen, wie man aus der Tabelle 17 und der Fig. 41-43 ersehen kann, derjenigen der Haferkeimlinge sehr ähnlich. In 0.1 n.Konzentration wirken sie - besonders auf das Wurzelwachstum giftig. In den ertsen Tagen, da die jungen Wurzeln noch am Leben sind, zeigen sie starkenegative chemotropische Krümmungen an. Das Plasma der Epidermis- und Parenchymzellen der Wurzeln ist von der unteren Seite meistens erstarrt und hat sich rings um den Zellkern zusammengezogen. Die Zellen der oberen Seite der Wurzel sind von normalen Aussehen, - lebensfähig

Tabelle 17 Die Wirkung der Neutralsalzkonzentrationen auf das Keimlingswachstum von Triticum vulgare

Temp. 27.5°C

Salze	Konz. norm.	Coleoptil %	Coleoptil s±%	Wurzel %	Wurzel s±%	Col.+ MWL. %	V	Bemerkungen
Aq.dest.		100.0	5.80	100.0	4.92	100.0	4.5	Col. 6.5cm.=100.0% MWL. 4.9 " =100.0"
Leitungsw.		98.2	6.13	96.0	4.62	97.3	4.4	C+MWL 11.4 " =100.0"
Knop.NL.		123.1	4.65	108.2	4.90	116.6	4.0	
NH_4CNS	0.1	12.3	8.82	-	-	-	-	3 Wurzeln,-Chemotr.; tot.
"	0.025	51.5	9.36	34.3	5.25	44.1	3.0	
"	0.005	87.2	6.33	70.0	6.52	79.6	3.6	
"	0.001	97.2	5.2	86.4	5.81	92.7	4.0	
"	0.0005	102.4	4.70	98.1	4.12	100.2	4.3	
"	0.0001	99.6	5.32	99.8	4.73	99.7	4.5	
KCNS	0.1	7.6	6.82	-	-	-	-	3 Wurzeln,-Chemotr., tot.
"	0.025	60.3	8.10	40.2	6.22	52.7	3.0	
"	0.005	80.6	6.73	73.7	5.50	77.6	4.2	
"	0.001	106.2	6.30	101.5	5.86	104.2	4.3	
"	0.0005	112.5	7.42	112.5	4.92	112.5	4.5	
"	0.0001	102.1	6.30	102.2	3.83	102.1	4.5	
NaCNS	0.1	21.5	8.34	14.3	8.84	18.4	2.0	3-5 W.; - Chem.
"	0.025	66.2	7.23	53.0	6.64	60.5	3.6	
"	0.005	97.4	6.21	90.9	5.35	94.6	4.2	
"	0.001	105.3	5.36	102.3	5.43	103.5	4.4	
"	0.0005	108.6	5.50	107.8	6.27	107.9	4.4	
"	0.0001	104.5	4.83	104.6	5.77	104.5	4.5	
KBr	0.1	71.5	7.16	33.6	5.92	54.4	2.1	3-5 Wurzeln
"	0.025	100.0	6.76	73.1	6.31	87.5	3.8	
"	0.005	105.1	4.34	84.6	5.06	96.1	3.9	
"	0.001	110.6	5.40	105.8	4.07	108.0	4.3	
"	0.0005	106.4	4.31	103.7	3.82	105.3	4.4	
"	0.0001	103.2	6.33	105.5	4.37	104.2	4.6	

Tabelle 18 Die Wirkung der Neutralsalzkonzentrationen auf das Keimlingswachstum von Triticum vulgare (RL.)

Temp. 27.5°C

Salze	Konz. norm.	Coleoptil %	Coleoptil ± %	Wurzel %	Wurzel ± %	Col.+ MWL. %	V	Bemerkungen.
NaBr	0.1	8.3	6.2	18.4	8.4	11.7	5.0	3-5 Wurzeln
"	0.025	77.9	8.2	88.2	8.0	82.4	5.3	
"	0.005	102.5	4.6	109.1	3.2	105.3	4.8	
"	0.001	108.4	5.3	110.6	4.8	108.8	4.6	
"	0.0005	103.7	4.7	106.1	5.3	104.7	4.6	
"	0.0001	101.1	3.8	101.6	5.7	101.3	4.5	
$MgBr_2$	0.1	61.5	8.2	42.6	7.3	52.6	3.0	Wurzel normal
"	0.025	82.7	6.3	79.0	6.8	81.1	4.3	
"	0.005	103.5	5.5	106.2	6.2	104.3	4.8	
"	0.001	108.7	5.6	109.6	5.6	108.7	4.6	
"	0.0005	103.7	5.3	106.0	5.8	104.7	4.6	
"	0.0001	100.6	4.9	102.1	4.7	100.8	4.6	
$CaBr_2$	0.1	72.0	6.6	51.0	7.3	62.4	3.6	Wurzel normal.
"	0.025	86.2	6.5	66.6	5.8	77.9	3.5	
"	0.005	97.3	5.8	81.3	3.2	90.0	3.9	
"	0.001	100.1	5.2	91.1	5.4	96.2	4.1	
"	0.0005	104.4	6.8	98.2	6.2	102.4	4.3	
"	0.0001	100.2	5.1	100.3	5.3	100.2	4.5	
NH_4Cl	0.1	16.4	9.3	18.4	5.1	17.3	5.1	Coleopt. schwächlich
"	0.025	70.6	7.3	50.2	4.6	61.8	3.2	
"	0.005	85.4	6.1	81.9	4.3	83.9	4.3	
"	0.001	103.4	5.6	99.1	5.2	101.6	4.3	
"	0.0005	107.3	6.4	102.5	3.3	105.2	4.3	
"	0.0001	102.5	5.8	106.6	4.6	104.2	4.6	
KCl	0.1	45.3	6.7	41.7	6.8	43.7	4.1	
"	0.025	96.6	6.3	68.6	5.3	83.6	3.7	
"	0.005	126.0	5.9	109.7	6.3	119.0	4.0	
"	0.001	126.8	6.7	129.7	5.8	125.5	4.4	
"	0.0005	115.4	5.3	110.9	5.9	113.4	4.4	
"	0.0001	107.3	6.4	106.8	6.6	107.0	4.5	

Tabelle 19 Die Wirkung der Neutralsalzkonzentrationen auf das Keimlingswachstum von Triticum vulgare (RL.)
Temp.27.5°C

Salze	Konz. norm.	Coleoptil %	Coleoptil $\delta\pm\%$	Wurzel %	Wurzel $\delta\pm\%$	Col.+ MWL. %	ν	Bemerkungen.
NaCl	0.1	15.3	6.5	24.7	6.6	20.1	7.2	
"	0.025	83.8	7.2	82.0	5.1	83.0	4.4	
"	0.005	97.4	5.0	97.0	6.2	97.2	4.5	
"	0.001	103.7	5.7	106.7	6.3	105.4	4.6	
"	0.0005	100.5	5.2	102.8	5.6	101.5	4.6	
"	0.0001	99.0	6.2	103.3	5.5	101.2	4.7	
LiCL	0.1	5.6	5.3	18.2	6.2	11.0	6.9	3-4 Wurzeln,-Chemotr.
"	0.025	86.1	6.1	78.4	7.0	83.0	4.1	Wurzelnspitzen-tot.
"	0.005	104.5	5.5	97.4	6.3	101.4	4.3	
"	0.001	105.0	4.2	98.8	5.4	101.7	4.2	
"	0.0005	101.2	5.2	99.5	6.8	100.3	4.4	
"	0.0001	100.6	4.6	100.5	5.0	100.5	4.5	
$MgCl_2$	0.1	63.0	5.2	82.0	6.3	71.3	6.0	
"	0.025	81.0	4.7	89.6	5.6	84.7	5.0	
"	0.005	96.8	4.7	98.0	5.1	97.3	4.6	
"	0.001	104.3	5.3	109.0	6.3	106.3	4.7	
"	0.0005	104.5	4.8	106.9	4.0	105.5	4.6	
"	0.0001	101.6	5.8	103.8	4.2	102.5	4.6	
$BaCl_2$	0.1	19.5	6.7	19.4	9.8	19.5	4.5	Keimlinge schwach
"	0.025	73.6	5.5	69.8	6.7	71.9	4.3	
"	0.005	92.0	4.8	83.3	6.1	88.2	4.2	
"	0.001	97.7	4.6	93.4	4.4	95.6	4.3	
"	0.0005	107.4	5.0	103.1	5.0	105.5	4.3	
"	0.0001	110.6	5.1	108.4	4.4	109.6	4.4	
$SrCl_2$	0.1	61.5	6.2	55.2	7.3	58.8	4.0	
"	0.025	80.3	5.4	74.2	7.2	77.7	4.2	
"	0.005	96.9	4.5	85.4	6.7	92.1	4.0	
"	0.001	99.6	5.1	95.7	4.1	97.9	4.3	
"	0.0005	102.0	4.7	103.6	4.6	102.7	4.4	
"	0.0001	100.6	4.7	100.4	5.0	100.5	4.5	

Tabelle 20. Die Wirkung der Neutralsalzkonzentrationen auf das Keimlingswachstum von Triticum vulgare

Temp.27.5°C

Salze	Konz. norm.	Coleoptil %	Coleoptil δ±%	Wurzel %	Wurzel δ±%	Col.+ MWL. %	V	Bemerkungen.
$CaCl_2$	0.1	65.6	5.2	45.3	6.3	56.2	3.5	
"	0.025	88.0	4.7	72.1	4.7	81.1	3.7	
"	0.005	98.3	4.6	85.4	5.1	93.0	4.0	
"	0.001	101.1	5.1	96.6	5.4	99.1	4.3	
"	0.0005	98.9	4.4	97.8	4.6	98.2	4.4	
"	0.0001	99.2	4.6	99.3	4.8	99.2	4.5	
NH_4NO_3	0.1	13.1	6.3	6.2	2.4	9.9	2.2	3-6 Wurzeln, tot.
"	0.025	63.2	6.0	44.5	4.8	55.2	3.2	
"	0.005	82.0	4.7	65.4	3.6	74.9	3.6	
"	0.001	102.0	4.3	90.7	5.4	97.1	4.0	
"	0.0005	104.0	4.7	101.7	4.3	103.0	4.4	
"	0.0001	102.5	5.1	100.4	6.2	101.5	4.4	
KNO_3	0.1	18.4	6.0	16.0	6.3	17.5	4.0	Wurzelspitzen - gelblich - Chemotropism
"	0.025	124.2	8.0	58.6	4.8	97.4	2.1	
"	0.005	127.3	4.8	84.8	4.9	108.7	2.9	
"	0.001	114.6	4.3	97.3	6.1	106.7	3.8	
"	0.0005	110.4	3.9	102.9	5.7	107.1	4.2	
"	0.0001	104.5	5.7	103.7	4.8	104.4	4.5	
$NaNO_3$	0.1	-	-	-	-	-	-	± tot.
"	0.025	72.0	5.8	51.2	6.1	63.1	3.2	
"	0.005	106.3	5.2	77.7	7.2	94.4	3.3	
"	0.001	113.2	3.6	96.2	5.3	105.2	3.8	
"	0.0005	108.9	4.9	102.4	5.7	106.1	4.2	
"	0.0001	104.8	5.1	103.3	4.0	103.5	4.4	
$LiNO_3$	0.1	-	-	-	-	-	-	Keimlinge sind tot
"	0.025	59.0	6.6	40.0	5.8	51.2	3.0	
"	0.005	111.4	6.8	76.4	6.3	95.6	3.1	
"	0.001	107.2	6.0	98.3	4.9	103.4	4.1	
"	0.0005	104.1	4.2	100.2	4.6	102.3	4.3	
"	0.0001	100.3	5.4	102.5	5.5	101.4	4.6	

Tabelle 21. Die Wirkung der Neutralsalzkonzentrationen auf das Keimlingswachstum von Triticum vulgare.

Temp.27.5°C

Salze	Konz. norm.	Coleoptil %	Coleoptil ± %	Wurzel %	Wurzel ± %	Col.+ MWL. %	V	Bemerkungen.
$Mg(NO_3)_2$	0.1	83.0	6.6	60.0	4.1	72.8	3.2	
"	0.025	93.6	7.1	76.8	4.9	86.8	3.7	
"	0.005	102.7	5.7	86.5	5.0	95.6	3.8	
"	0.001	111.8	6.2	99.1	4.7	106.5	4.0	
"	0.0005	108.6	4.4	103.5	5.7	106.7	4.3	
"	0.0001	105.1	4.6	104.8	5.8	105.0	4.5	
$Ba(NO_3)_2$	0.1	43.1	4.4	32.6	5.3	38.5	3.5	
"	0.025	75.3	6.3	60.4	6.2	68.9	3.6	
"	0.005	101.6	3.8	70.8	5.8	87.7	3.6	
"	0.001	104.5	4.1	91.1	5.7	98.2	3.9	
"	0.0005	103.0	4.0	101.2	6.0	102.1	4.4	
"	0.0001	100.7	5.5	102.6	5.2	101.5	4.6	
$Sr(NO_3)_2$	0.1	70.4	5.6	38.7	4.7	55.8	2.8	
"	0.025	93.1	5.3	70.3	5.4	83.3	3.4	
"	0.005	102.7	4.5	85.8	5.0	95.2	3.9	
"	0.001	103.2	4.7	94.5	4.4	99.4	4.1	
"	0.0005	104.2	4.0	101.2	5.4	102.4	4.3	
"	0.0001	102.0	5.5	103.6	4.8	102.8	4.5	
$Ca(NO_3)_2$	0.1	65.6	7.2	31.0	6.7	50.0	2.4	
"	0.025	93.3	6.7	56.0	6.3	77.3	2.7	
"	0.005	97.7	4.7	63.5	4.0	82.4	3.0	
"	0.001	100.9	5.1	75.6	4.7	90.0	3.5	
"	0.0005	106.6	5.4	94.8	5.1	101.6	4.0	
"	0.0001	103.3	4.0	98.4	4.8	100.1	4.3	
$(NH_4)_2SO_4$	0.1	24.6	5.4	45.0	6.1	33.4	8.0	
"	0.025	64.7	4.8	94.9	7.0	77.6	6.6	
"	0.005	78.6	5.5	100.9	6.6	87.7	5.7	
"	0.001	101.4	4.0	119.5	4.8	108.7	5.3	
"	0.0005	105.3	4.3	116.5	5.3	110.3	5.0	
"	0.0001	101.7	5.2	108.0	6.3	104.6	4.8	

Tabelle 22. Die Wirkung der Neutralsalzkonzentrationen auf das Keimlingswachstum von Triticum vulgare

Temp.27.5°C

Salze	Konz. norm.	Coleoptil		Wurzel		Col.+ MWL.	γ	Bemerkungen.
		%	$\delta\pm$%	%	$\delta\pm$%	%		
K_2SO_4	0.1	35.4	7.1	55.0	6.8	43.9	7.1	
"	0.025	105.0	7.6	116.6	5.0	110.0	5.0	
"	0.005	122.4	8.4	125.1	4.8	123.6	4.7	
"	0.001	116.4	5.8	121.3	4.5	120.4	4.8	
"	0.0005	109.5	4.4	115.0	5.1	111.7	4.7	
"	0.0001	102.3	4.5	104.8	5.5	103.3	4.6	
Na_2SO_4	0.1	83.3	7.1	100.0	6.5	90.5	5.4	
"	0.025	95.6	6.6	106.0	4.8	100.0	5.0	
"	0.005	107.7	7.5	114.5	5.3	110.6	4.8	
"	0.001	115.1	6.4	120.1	4.8	117.2	4.8	
"	0.0005	102.5	6.0	103.7	3.8	103.0	4.6	
"	0.0001	100.2	4.8	102.3	4.7	101.7	4.6	
Li_2SO_4	0.1	4.7	4.5	11.5	6.3	7.7	5.6	3 Wurzeln,-Chemotr. Die Keimlinge kaum lebendig.
"	0.025	71.6	6.4	83.3	4.7	76.6	5.2	
"	0.005	105.2	6.6	111.1	6.2	108.2	4.7	
"	0.001	104.1	6.2	107.8	5.6	105.7	4.7	
"	0.0005	100.6	5.6	100.5	6.4	100.5	4.5	
"	0.0001	100.3	4.4	100.9	5.6	100.6	4.5	
$MgSO_4$	0.1	77.6	6.9	115.0	7.8	94.0	6.0	
"	0.025	98.2	6.3	120.0	8.3	107.5	5.5	
"	0.005	103.2	5.5	113.3	6.8	107.6	5.1	
"	0.001	111.2	5.3	110.4	6.0	110.5	4.5	
"	0.0005	105.0	5.4	106.3	4.6	105.6	4.6	
"	0.0001	100.4	4.1	100.7	5.1	100.5	4.5	
KH_2PO_4	0.1	93.1	6.5	99.2	7.8	95.8	4.8	
"	0.025	108.2	6.8	106.4	5.1	107.0	4.4	
"	0.005	105.8	7.6	112.3	4.9	113.1	4.4	
"	0.001	110.2	5.8	110.3	5.1	110.2	4.5	
"	0.0005	105.8	6.3	105.8	6.3	110.8	4.5	
"	0.0001	99.1	5.2	103.4	4.6	100.2	4.7	

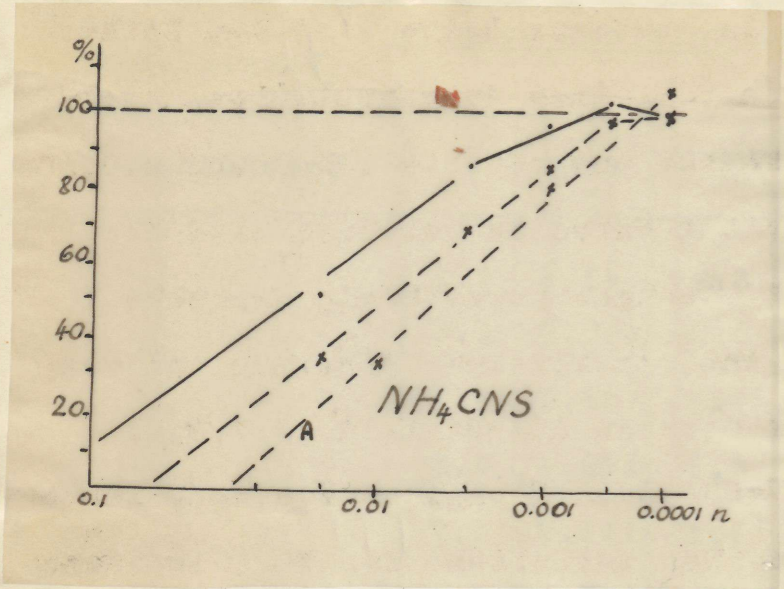


Fig. 41

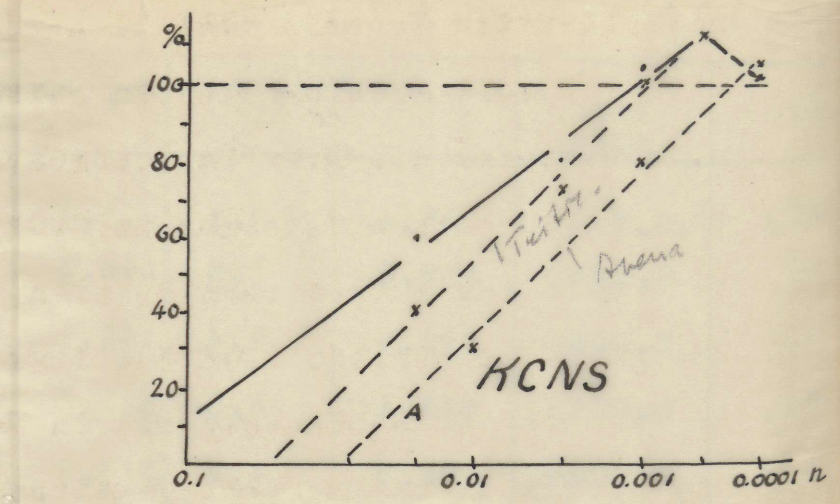


Fig. 42

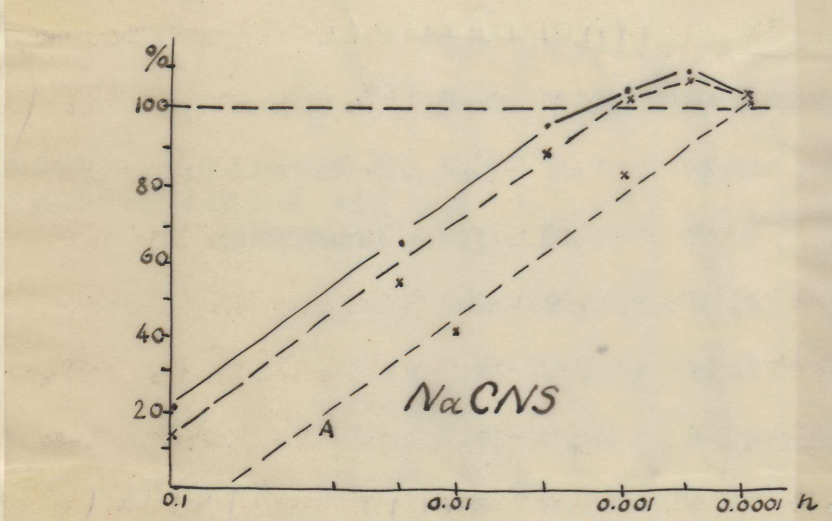


Fig. 43.

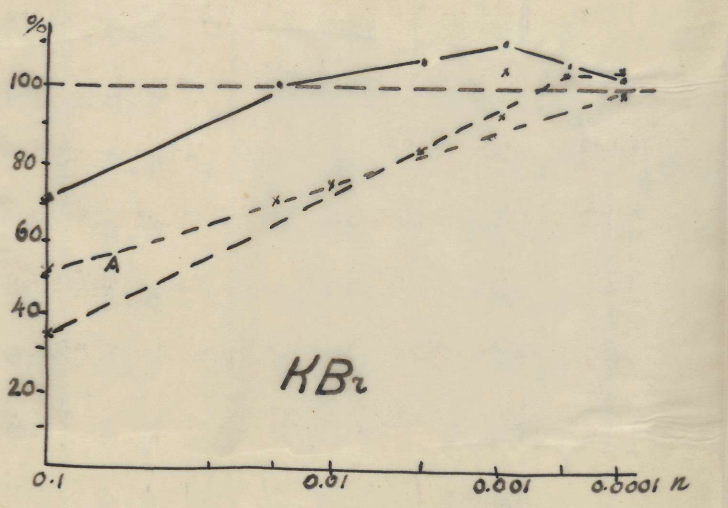


Fig. 44.

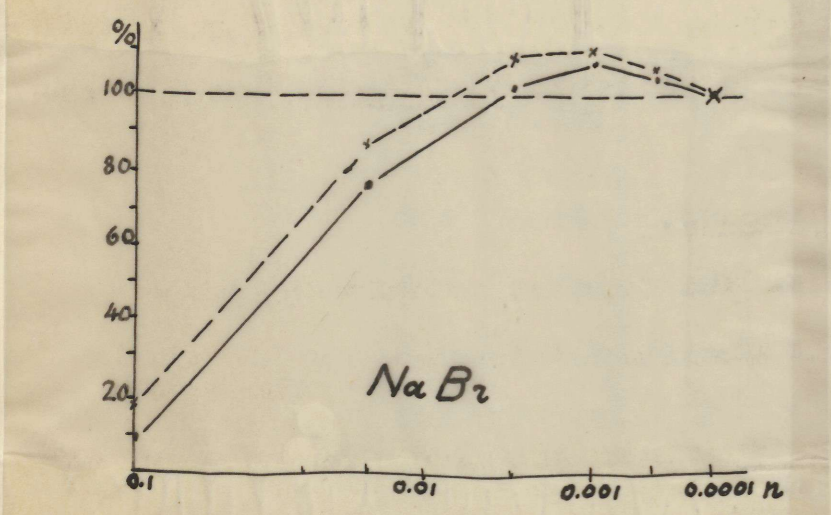


Fig. 45

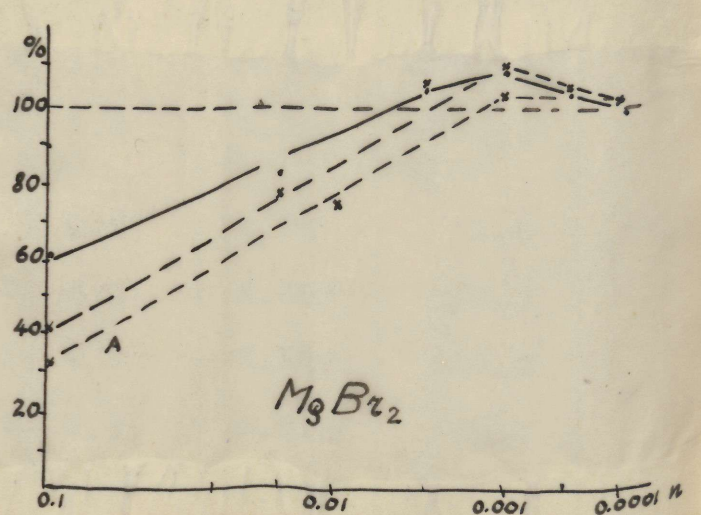


Fig. 46.

und mit Wurzelhaaren versehen. An der unteren Seite sind die Epidermiszellen der Wurzeln überall nur mit kleinen Ausbauchtungen, nicht aber mit voll entwickelten Wurzelhaaren ausgestattet. In 0.01 u.0.001 n.K. bekommen die Wurzeln schon allseitig Wurzelhaare. Doch sind die Wurzelhaarspitzen meistens in 0.01-Lösungen kugelförmig angeschwollen; das Plasma in diesen Spitzen ist von körniger Struktur und von der Zellwand abgelöst. Am 3-4 Tage sterben die Wurzeln in 0.1 n. NH_4CNS und KCNS-Lösungen ab; in NaCNS-Lösung bleiben sie noch lebensfähig, wachsen aber nur wenig weiter. Das Zellplasma der Wurzelspitzen wird zu dieser Zeit glasig und gerinnt. Nach der Stärke der Giftigkeit der Salze auf das Wurzelwachstum kann man die 0.1 norm. Rhodanid - Lösungen folgendermassen einordnen: $NH_4CNS > KCNS > NaCNS$.

Die Coleoptile der Weizenkeimlinge blieben in 0.1 norm. Konz. von allen verwendeten Rhodanid-Lösungen lebensfähig; ihre weitere Entwicklung jedoch war ziemlich schwach. Bei dieser Konzentr. wird das Coleoptilwachstum der Weizenkeimlinge von Rhodaniden folgendermassen gehemmt: $KCNS > NH_4CNS > NaCNS$. Hier ist die Wirkung des KCNS etwas stärker als die der anderen Rhodanide und in dieser Beziehung stimmen die Reihen bei Triticum und Avena nicht überein. Die hemmende Wirkung der Rhodanide auf das Wachstum der Weizenkeimlinge hört bei ca 0.001 n.K. auf.

Zum Vergleich sind in Fig. 41-69 mit Kurzstrichen die Kurven des Wurzelwachstums der Haferkeimlinge neben denjenigen von Triticum ausgeführt. Beide Kurven gehen bei Rhodaniden mehr oder weniger parallel neben einander, nur diejenigen von Avena (A) gehen stets unter und rechts von den Weizenkurven an. Das beweist nun, dass die Weizenkeimlinge weniger empfindlich gegen die entsprechenden Salzkonzentrationen sind als die Haferkeimlinge. In 0.001 - 0.0001 n.K. wird das Keimlingswachstum von KCNS u. NaCNS schwach gefördert. Fig.41-43 (Vergleiche Fig. 31-34)

Bromide. Tabellen 17 u. 18.

Sie hemmen in stärkeren Konz. und fördern in schwächeren das Keimlingswachstum von Weizen ± in gleicher Weise wie von Hafer. Fig.44-47.

In der Hemmung des Coleoptilwachstums nimmt NaBr die erste Stelle ein; in der Förderung sind KBr, NaBr u. $MgBr_2$ fast gleich stark.
Das Wurzelwachstum wird vom $CaBr_2$ in allen verwendeten Konzentrationen, von anderen Bromiden aber nur in stärkeren Konz. herabgesetzt.

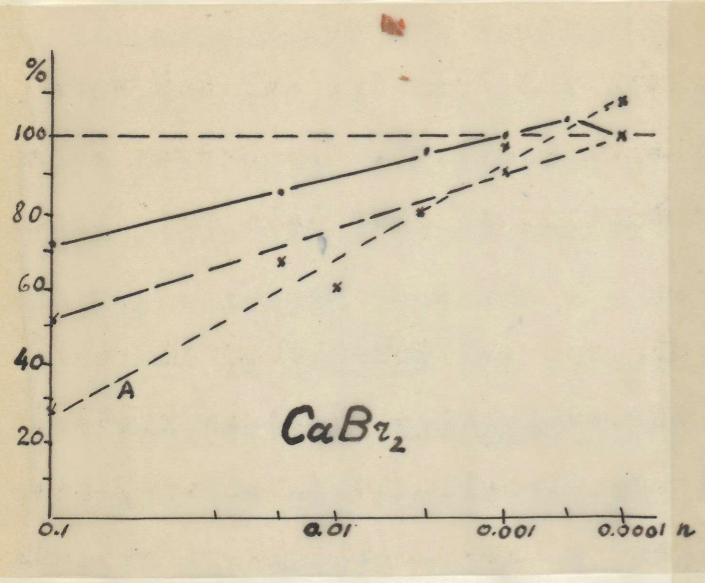


Fig. 47

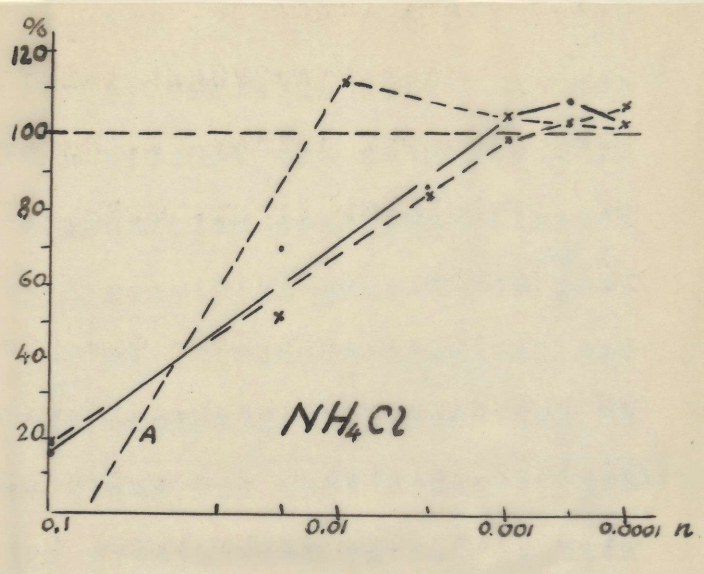


Fig. 48

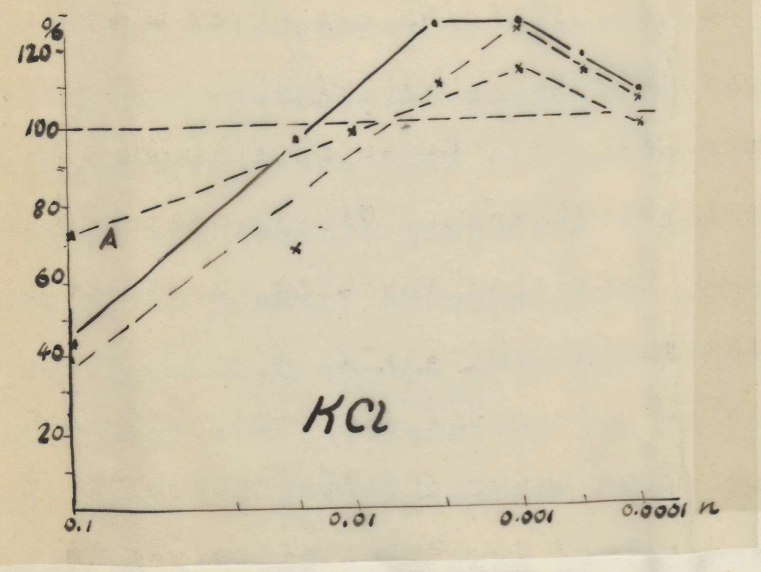


Fig. 49

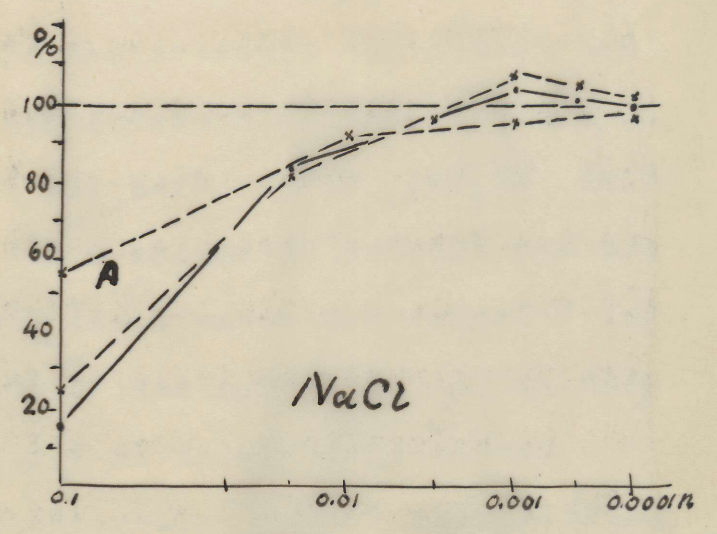


Fig. 50.

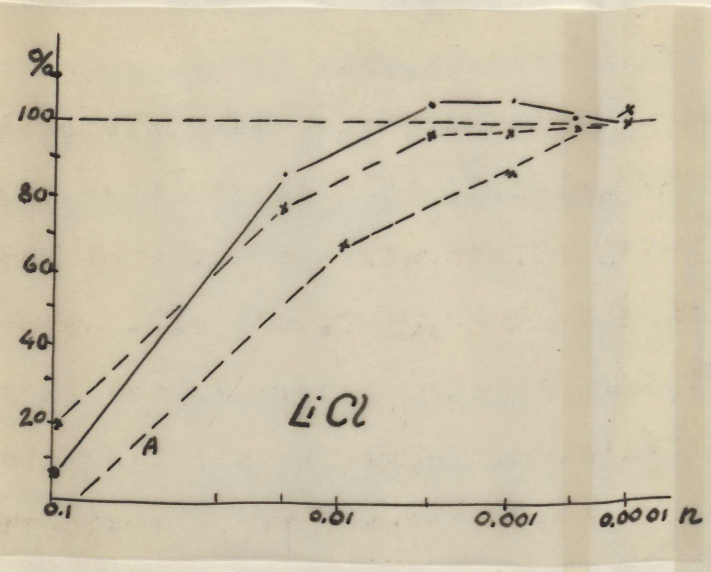


Fig. 51

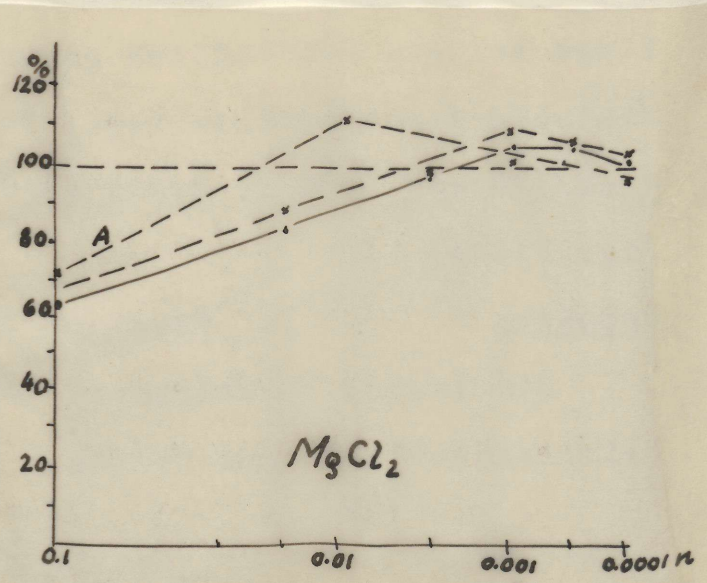


Fig. 52.

NaBr u. $MgBr_2$ wirken auf das Wurzelwachstum der Weizenkeimlinge ziemlich stark fördernd.

In den Hauptzügen ist die Wirkung von Bromiden auf das Wurzelwachstum bei Weizen- u. Haferkeimlingen - gleich. Die Kurven kreuzen sich wohl bei KBr u. $CaBr_2$, laufen aber sonst sehr nahe bei einander.

Chloride.

Die Angaben über die Wirkung der verschiedenen Chloride auf das Wachstum der Weizenkeimlinge sind in den Tabellen 18-20 zu finden. Beim Vergleichen dieser Tabellen mit der Tabelle 14 sehen wir, dass die Chloride das Wachstum der Weizen- u. Haferkeimlinge verschieden beeinflussen. So hat NH_4Cl in mässigen und niederen Konz. das Wurzelwachstum der Haferkeimlinge stark gefördert; hier setzt es aber das Wurzelwachstum der Weizenkeimlinge fast in allen verwendeten Konz. herab. Das Coleoptilwachstum der Haferkeimlinge wurde von NH_4Cl in allen Konz. gehemmt, hier - bei Weizenkeimlingen - wird es aber in niederen - 0.001-0.0001 n.Konz. gefördert (Fig.48 u. 15.)

KCl ruft in mässigen und niederen Konz. bei Weizenkeimlingen ein sehr starkes Wachstum der Coleoptile und Wurzeln hervor, welches die Kontrolle um 24-26%% übersteigt. Die optimalen Konz. für das Coleoptil- und Wurzelwachstum fallen ± zusammen. Fig. 49. u.17

Bei Haferkeimlingen fördert KCl ebenfalls stark das Coleoptil- und Wurzelwachstum, dort sind die optimalen Konz. für das Coleoptil- und Wurzelwachstum aber verschieden. Der Lauf der Wachstumskurven ist bei Triticum konkordant, bei Avena - gekreuzt. In 0.1 n.K. setzt KCl das Wachstum der Weizenkeimlinge mehr als der Haferkeimlinge herab.

NaCl In stärkeren Konz. von NaCl wird das Wurzel und Coleoptilwachstum der Weizenkeimlinge stark gehemmt, in niederen aber schwach gefördert; bei Haferkeimlingen ruft NaCl in allen Konz. eine Hemmung des Wurzelwachstums hervor und fördert in 0.01-0.0001 n.K. schwach das Coleoptilwachstum. Weiter ist die Wirkung dieses Salzes in allen Konz. auf das Wachstum der Keimlingselemente von Weizen fast gleich stark, so dass die Verhältniszahlen (GWL:CL) sehr wenig (zwischen 4.4-4.7) schwanken; bei Haferkeimlingen sind die Schwankungen der Verhältniszahlen bedeutend grösser. Fig.50 u. 16.

LiCl ist seiner Wirkung nach NaCl u. NH_4Cl sehr ähnlich, auch stimmt seine Wirkung bei Hafer- und Weizenkeimlingen überein und die Kurven

laufen ± gleich Fig.51 u. 14.

$MgCl_2$ setzt in höheren Konz. verhältnismässig weniger als die anderen Chloride das Keimlingswachstum von Weizen herab. Auf das Wurzelwachstum wirkt es günstiger als auf das Coleoptilwachstum (V.=6.0-4.6). Im ganzen ist seine Wirkung bei Weizen aber eine andere als bei Hafer. In den Fig. 52 u. 18 sehen wir, dass die Wachstumskurven von Weizen ± konkordant, von Hafer aber discordant gehen. Auch fallen die optimalen Konz. des Wurzelmachstums bei Triticum und Avena nicht zusammen und sind 0.001 n.für Triticum und 0.01 n. für Avena.

$BaCl_2$. In 0.1 n.K. hemmt es sehr stark das Wachstum der Weizenkeimlinge. Mit dem Fallen der Konz. hört seine hemmende Wirkung allmählich auf; in niederen Konz. wirkt es schon fördernd. Die Wachstumskurven laufen in $BaCl_2$-Lösungen bei Weizen und Hafer - konkordant, nun gehen aber bei Weizen die Coleoptilkurven etwas höher, bei Hafer aber niedriger als die Wurzelkurve. Es wirkt also auf das Coleoptil- und Wurzelwachstum bei Weizen und Hafer verschieden. Fig. 53 u.19.

$SrCl_2$ u $CaCl_2$ wirken auf das Wachstum der Weizenkeimlinge mehr oder weniger gleich und hemmen es: $CaCl_2$ in allen verwendeten Konz., $SrCl_2$ bis 0.001 n.K. Die Wirkung des $CaCl_2$ ist bei Weizen- und Haferkeimlingen fast eine gleiche. Fig. 54,55 u.20.

Die Kationenwirkung der Chloride in einzelnen Konzentrationen ist bei Weizenkeimlingen folgendermassen ausgeprägt:

in 0.1 n.K. hemmen das Coleoptilwachstum: $Li > Na, NH_4 > Ba > K > Sr > Mg > Ca$

in 0.025 n.K. hemmen: $NH_4 > Ba > Sr > Mg > Na > Li > Ca > K$

in 0.001 n.K. hemmen nur Ba u. Sr. und

fördern: $K \ggg Li > Mg > Na > NH_4$, Ca.

in 0.0001 n.K. fördern: $Ba > K > NH_4 > Mg$.

Das Wurzelwachstum:

in o.1 n.K. hemmen: $Li, NH_4 > Ba > Na > K > Ca > Sr > Mg$.

in 0.025 n.K. hemmen: $NH_4 > K > Ba > Ca > Sr > Li > Na > Mg$.

in 0.001 n.K. hemmen: $Ba > Sr > Ca > Li > NH_4$

fördern: $K \ggg Mg > Na$.

in 0.0001 n.K. fördern: $Ba > NH_4, K > Na, Mg > Li$.

Wenn wir jetzt diese Kationenreihen mit denjenigen bei Hafer (Seite 71) vergleichen, dann sehen wir, dass sie in 0.1 n.Konz. bei Wurzel- und Coleoptilwachstum in den Hauptzügen noch stimmen, in niederen Konz. aber stark abweichen.

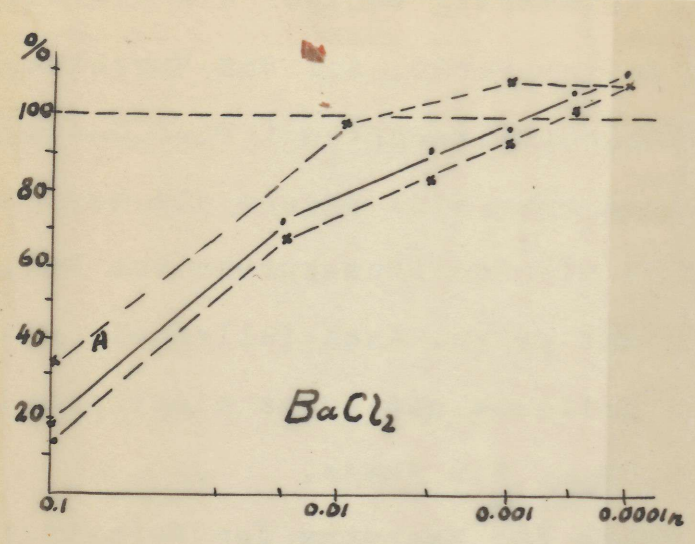


Fig. 53.

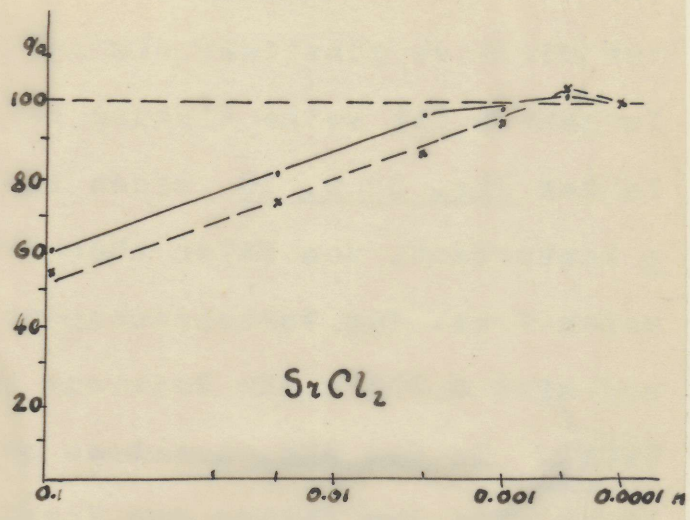


Fig. 54.

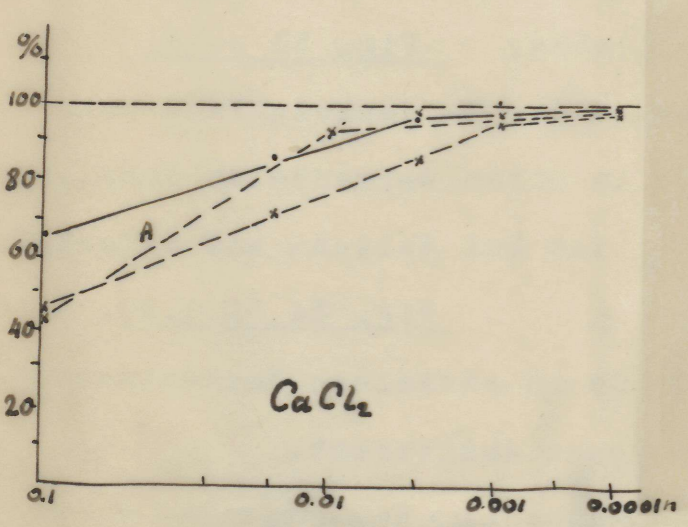


Fig. 55

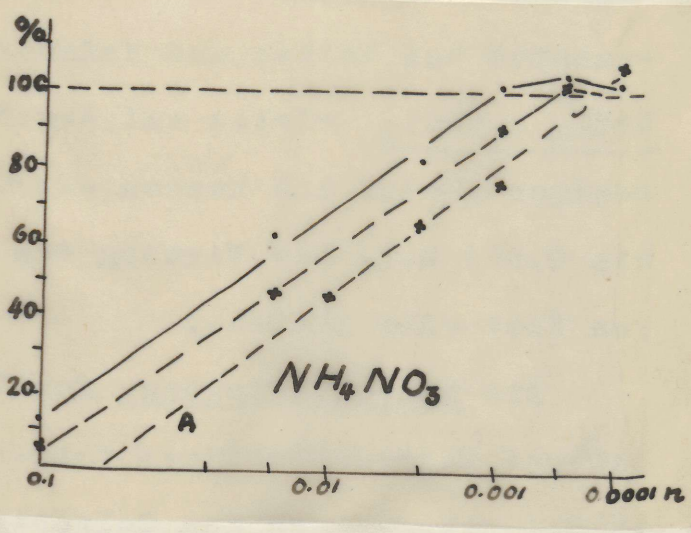


Fig. 56.

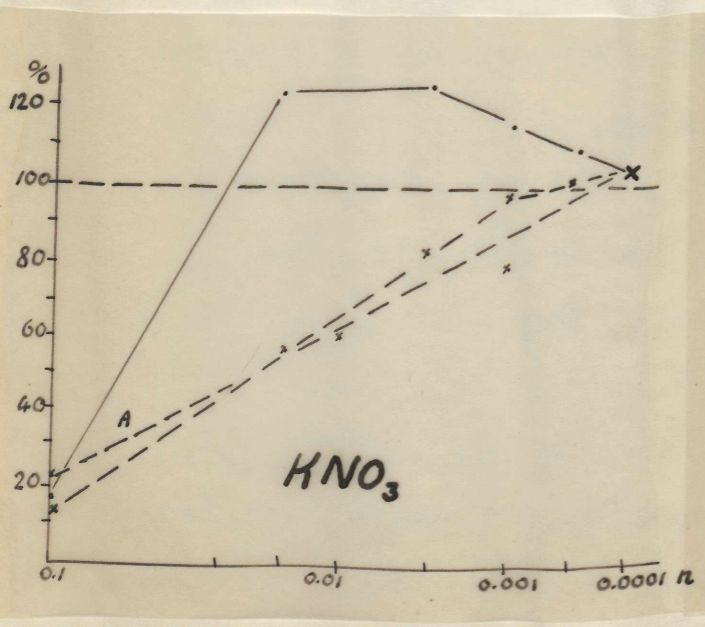


Fig. 57

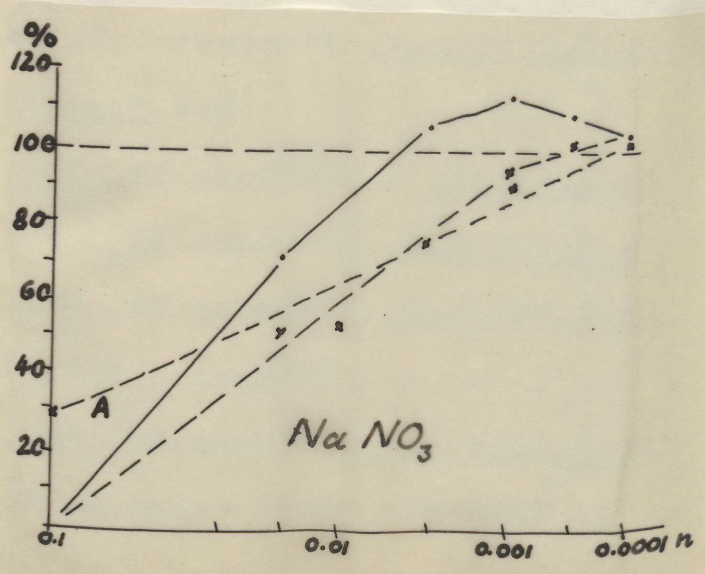


Fig. 58.

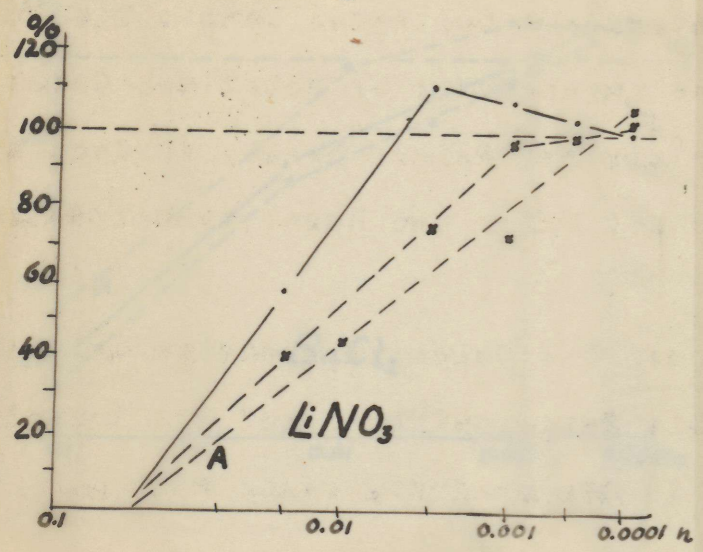


Fig. 59.

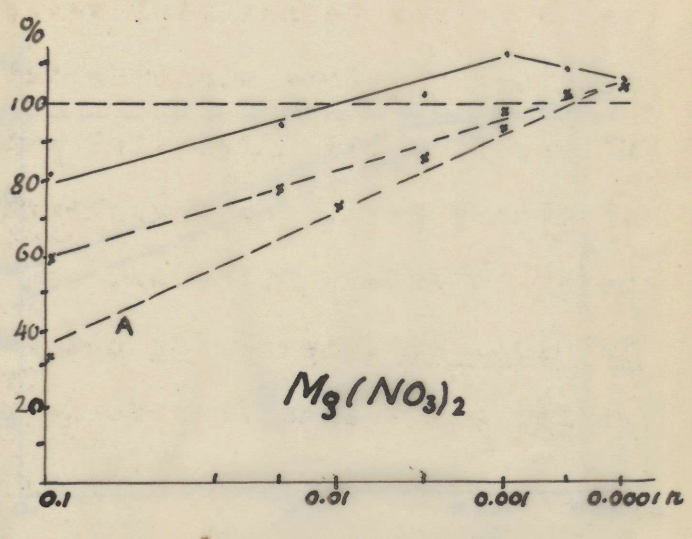


Fig. 60

Fig. 61

Fig. 62

Fig. 63.

Die wichtigsten Unterschiede sind in 0.01 n. (Hafer) und 0.025 n. (Weizen) K. in der Wirkung von Li, welches das Coleoptil- und Wurzelwachstum von Weizen viel weniger stark als bei Hafer hemmt. Die Stellung des NH_4-Jons wiederum ist eine umgekehrte: es setzt das Coleoptilwachstum bei Hafer viel stärker als bei Weizen herab, fördert aber in dieser Konz. das Wurzelwachstum bei Hafer und hemmt es bei Weizen mehr als andere Chloride.

In 0.001 n.K. hemmen Ca und NH_4-Jonen das Coleoptilwachstum bei Hafer, wirken bei Weizen aber fördernd. Die Kationewirkung auf das Wurzelwachstum bei Hafer und Weizen ist in dieser Konz. schon eine ganz verschiedene.

In 0.0001 n.K. sind in der Kationenwirkung bei Hafer- und Weizenkeimlingen die Unterschiede beim Wachstum sehr unbedeutend, so dass die Jonenreihen nicht mehr exakt diese Unterschiede beweisen können.

Nitrate.

Ihre Wirkung auf das Wachstum der Weizenkeimlinge können wir in den Tabellen 20 u. 21 und Fig. 56 - 63 verfolgen.

Wenn die einzelnen Nitrate in ihrer Wirkung auf das Wachstum der Weizen- und Haferkeimlinge auch nicht ganz übereinstimmen, sehen wir hier doch eine grosse Ähnlichkeit in dem Sinne, dass sie alle das Längswachstum der Wurzeln von Weizen- und Haferkeimlingen in stärkeren Konz. sehr stark herabsetzen. In niederen Konz. rufen nur $Ba(NO_3)_2$ u. NH_4NO_3 bei Haferwurzeln eine merkbare und die Variationsgrenze übersteigende Förderung hervor. Sonst wird aber in Nitratlösungen bei Weizen- ebenso wie Haferwurzeln eine starke Bildung von Wurzelhaaren hervorgerufen: sie bilden sich hauptsächlich an der oberen Seite der Wurzeln und strecken sich in die feuchte Luft.

Was die Wirkung der Nitrate auf das Coleoptile anbetrifft, so wird es von mittleren und auch schwächeren Konzentrationen gefördert. Diese Förderung ist in den meisten Nitratlösungen bei Weizen viel schwächer als bei Hafer und kommt in stärkeren Konz. überhaupt nicht vor: in 0.1 n.K. setzen alle Nitrate das Coleoptilwachstum von Weizenkeimlingen ziemlich stark herab wobei $LiNO_3$ u. $NaNO_3$ das Keimlingsw. sogar verhindern. Bei Haferkeimlingen sehen wir eine starke Hemmung des Coleoptilwachstums nur in 0.1 n.K. $LiNO_3$, NH_4NO_3 u. $Ba(NO_3)_2$; $NaNO_3$ u. $Ca(NO_3)_2$ hemmen schwach, $Mg(NO_3)_2$ weist keine Hemmung auf und KNO_3 zeigt sogar eine schwache Förderung des Coleoptilwachstums.

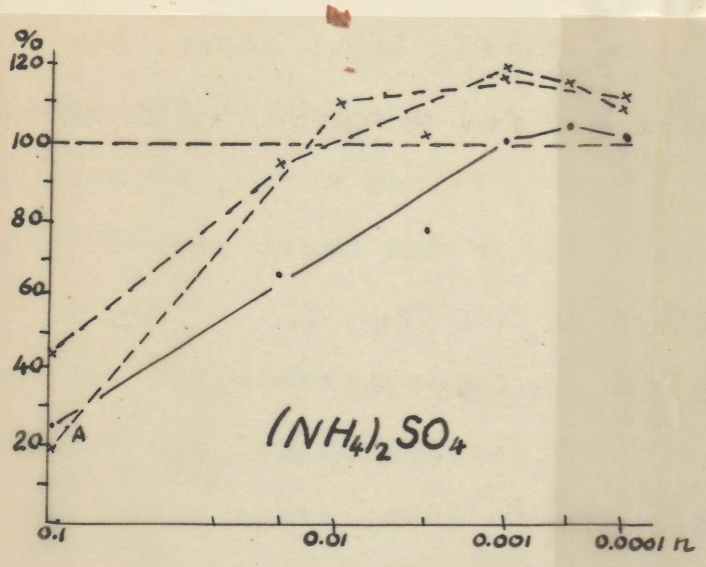


Fig. 64

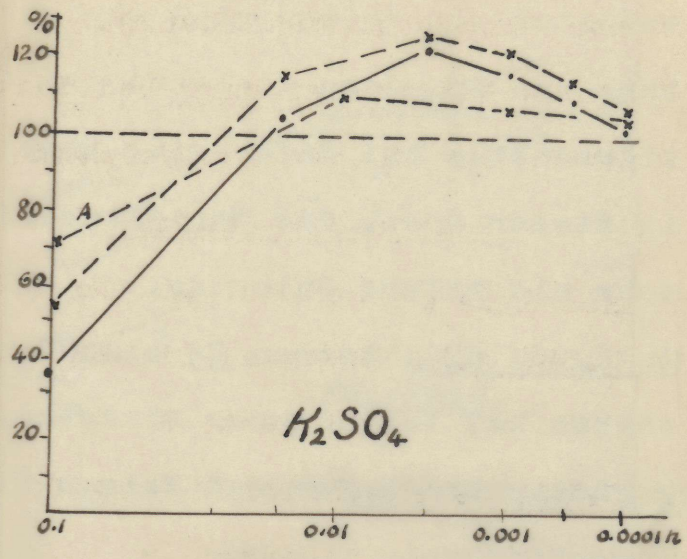


Fig. 65

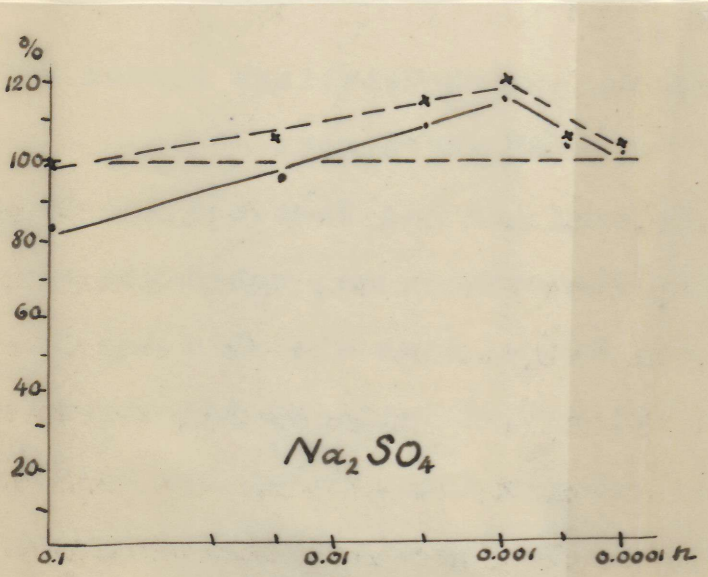


Fig. 66

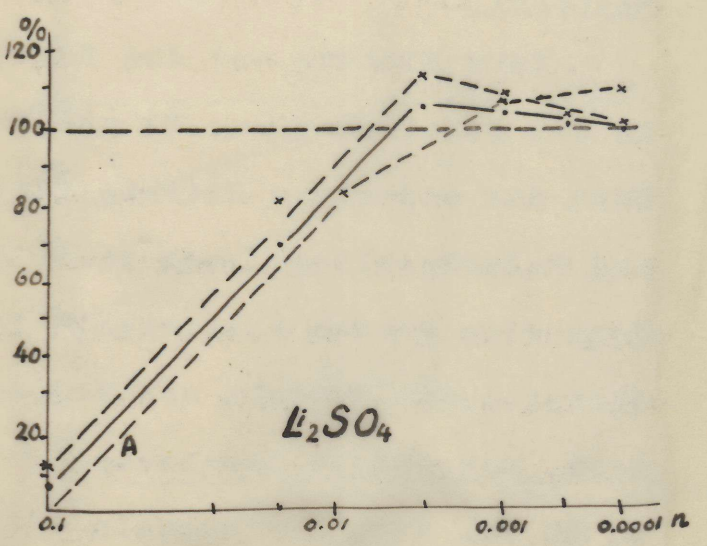


Fig. 67

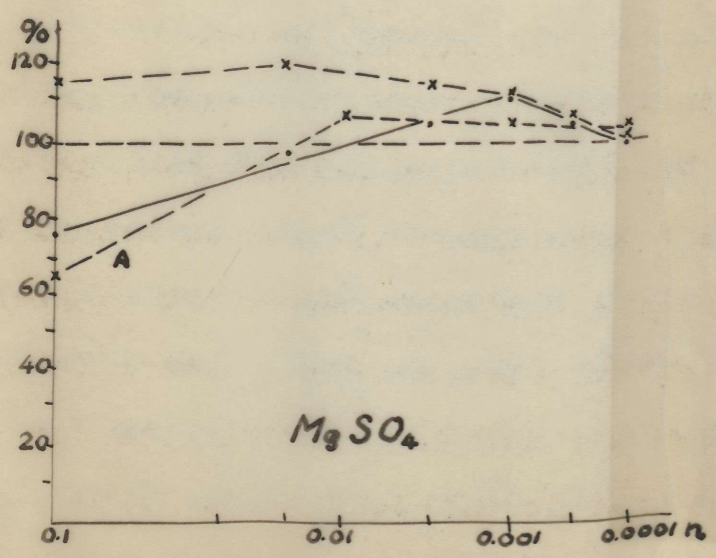


Fig. 68

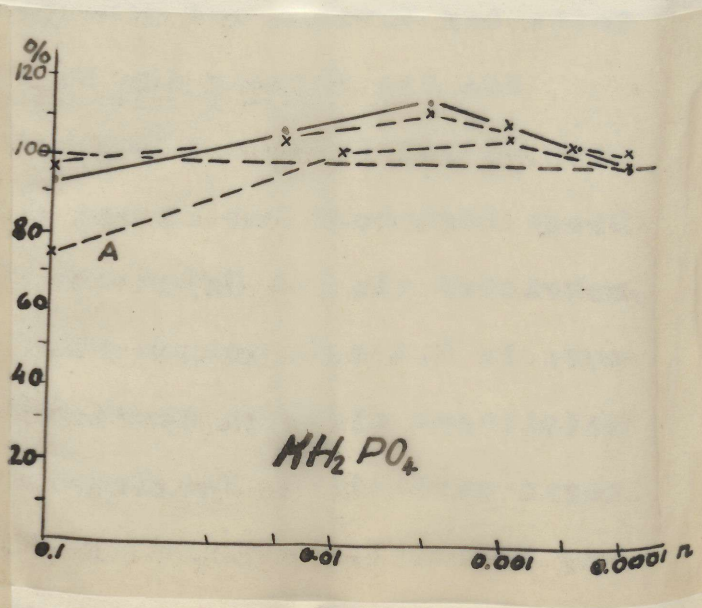


Fig. 69

Eine starke Begünstigung des Coleoptilwachstums wird durch KNO_3 in 0.005 n.K. hervorgerufen; hier ist das Coleoptilwachstum stärker als in der Knopschen Nährlösung. (Fig. 57)

Die Kationenwirkung bei Nitraten auf das Wachstum der Keimlingselemente von Weizen ist folgende:

Coleoptilwachstum:

in 0.1 n.K. hemmen: Li, Na (tötend) $\gg NH_4 >$ K > Ba > Ca > Sr > Mg,

in 0.025 n.K. hemmen: Li > NH_4 > Na > Ba > Sr >, Ca >, Mg,
fördert: K,

in 0.001 n.K. fördern: K > Na > Mg > Li > Ba > Sr > NH_4 // Ca.

in 0.0001 n.K. fördern: Mg > K, Na > Ca > Sr, NH_4 > Ba, Li.

Wurzelwachstum:

in 0.1 n.K. hemmen: Li, Na (tötend) >> NH_4 > K > Ca > Ba > Sr > Mg,

in 0.025 n.K. hemmen: Li > NH_4 > Na > Ca > K > Ba > Sr > Mg,

in 0.001 n.K. hemmen: Ca > Ba > NH_4 > Sr > Na > K > Li > Mg,

in 0.0001 n.K. fördern: Mg > K, Sr, Na > Ba, Li, NH_4,
hemmt: Ca.

Diese Kationenreihen sind in 0.1 u. 0.025 n. Konz. bei Coleoptil- und Wurzelwachstum (abgesehen von K, welches das Coleoptilwachstum in 0.025 n.K. fördert) fast identisch: Li, Na, NH_4 u. Ba-Nitrate setzen in diesen Konz. am stärksten, Ca, Sr u. Mg-Nitrate am wenigsten das Wachstum der Keimlingselemente herab. In niederen Konz. stimmen die Kationenreihen bei Coleoptil- und Wurzelwachstum nicht mehr überein. Diese Kationenreihen sind von denjenigen bei Chloriden verschieden. Sie stimmen ebenfalls nicht mit denjenigen von Nitraten bei Haferkeimlingen überein.

Sulfate.

Wie die Sulfate das Wachstum der Weizenkeimlinge bewirken, können wir in den Tabellen 21-22 und in den Fig. 64-68 sehen.

Es fällt zuerst ins Auge, dass die Sulfate in mässigen und niederen Konz. besonders stark das Wurzelwachstum begünstigen, welche Erscheinung wir ebenfalls bei Haferkeimlingen beobachtet haben. Darum sind die V-Zahlen stets grösser als 4.5. Bemerkenswert ist es ebenfalls, dass diese begünstigende Wirkung der meisten Sulfate in ziemlich breiten Konzentrationsinterwallen von 0.05-0.0001 n.K. zur Geltung kommt, bei $MgSO_4$ u. Na_2SO_4 sogar in 0.1-0.001 n.K. Weiter sehen wir, dass die Wachstumskurven der Wurzeln und Coleoptile bei Weizenkeimlingen konkordant laufen und die optimalen Konz. bei Wurzel- und

Coleoptilwachstum ± zusammengefallen; bei Haferkeimlingen sich aber stets kreuzen. Besonders stark wird das Keimlingswachstum bei Weizen durch K_2SO_4 gefördert, jedenfalls viel stärker als bei Hafer. (Fig.65 u.37). Auch $MgSO_4$ wirkt auf das Wurzelwachstum bei Weizen viel mehr fördernd als bei Hafer (Fig. 68 u. 38).

Nur Li_2SO_4 setzt in 0.1 n.K. das Wurzel- und Coleoptilwachstum bei Weizen fast bis auf 0 herab. In 0.1 n. Li_2SO_4-Lösung haben Weizenkeimlinge nur 3 Wurzeln gebildet, welche sich zur Lösung negativ Chemotropisch stellen. In mässigen und niederen Konz. wirkt Li_2SO_4 auf das Wurzelwachstum aber schon fördernd.

Kationenwirkung mit SO_4-Jon ist:

bei Coleoptilwachstum

in 0.1 n.K. hemmen: $Li \gg NH_4 > K > Mg > Na$.

in 0.025 n.K. hemmen: $NH_4 > Li > Na > Mg$,
fördern: K;

in 0.001 n.K. fördern: $K > Na > Mg > Li > NH_4$,

in 0.0001 n.K. fördern: $K > Na, Mg, Li, NH_4$;

bei Wurzelwachstum

in 0.1 n.K. hemmen: $Li > NH_4 > K$,
fördern: Mg.

in 0.025 n.K. fördern: $Mg > K > Na$,
hemmen: $Li > NH_4$

in 0.001 n.K. fördern: $K > Na > NH_4 > Mg > Li$,

in 0.0001 n.K. fördern: $NH_4 > K > Na > Li > Mg$.

Auch hier verändern sich die Stellungen der Kationen in den Reihen mit den Konz. der Salzlösungen. Ebenfalls stimmt sie mit der Kationewirkung an Sulfaten bei Hafer nicht überein.

Von Phosphaten habe ich in die Tabelle 22 nur die Angaben über die Wirkung des KH_2PO_4 angeführt. Dieses Salz fördert das Wachstum der Weizenkeimlinge fast in allen verwendeten Konzentrationen; seine optimale Wirkung kommt jedoch in 0.005 n.K. zustande. In den Hauptzügen stimmt die Wirkung des KH_2PO_4 bei Weizen- und Hafer überein Fig. 69 u. 39.

NaH_2PO_4 hat eine ähnliche nur etwas schwächere als KH_2PO_4 Wirkung auf das Wachstum der Weizenkeimlinge.

Zusammenfassung.

Aus diesen vergleichenden Beobachtungen der Salzwirkung haben wir gesehen, dass Neutralsalze in Abhängigkeit von Konzentrationen auf das Wachstum der Hafer- und Weizenkeimlinge in den meisten Gruppen - wie Rhodaniden, Bromiden, Nitraten, Sulfaten und Phosphaten - verhältnismässig gleich wirken, obwohl bei einzelnen Salzen auch Abweichungen vorkommen. Am wenigsten stimmen die Wirkungsresultate aber bei Hafer u. Weizen in Chloridlösungen überein. In manchen Fällen kann man die Abweichungen durch die Verschiedenheit der Versuchsbedingungen, z.B. durch die höhere Temperatur bei Weizen#erklären. So fördern K-Salze (KCNS, KCl, KNO_3, und K_2SO_4) viel stärker das Wachstum der Weizen - (27.5°C) als der Haferkeimlinge (18.5°C). Hier kann die höhere Temperatur, welche die Zellteilung und das Wachstum beschleunigt und bei welchem Prozesse der K-Jon, wie bekannt, eine wichtige Rolle spielt - als Grundbedingung angenommen werden. In anderen Fällen aber muss man den Verschiedenen Gang der Salzwirkung auf die spezifischen Eigenschaften des Plasmas bei Hafer- und Weizenkeimlingen zurückführen, so z.B. die höhere Resistenz der Wurzeln von Weizenkeimlingen gegen die höhere Konz. von NH_4Cl, $LiCl_2$, Li_2SO_4 und verschiedener Rhodanide. Daraus geht hervor, dass wir zu den am Ende des vorigen Kapitels genannten wichtigsten Keimungsfaktoren bei der Salzwirkung (Konzentr. der Salzlösungen, Wirkung der An- und Kationen, Spezifische Eigenschaften des Plasmas bei Wurzel und Coleoptile) noch einen Faktor hinzurechnen müssen, nämlich die Verschiedenheit des Plasmas der Verschiedenen Pflanzengattungen und Sorten.

Weiter haben wir gesehen, dass Neutralsalze das Wurzelwachstum der Keimlinge bei Hafer und Weizen mehr gleichartig als das Coleoptilwachstum beeinflussen.

Versuche mit Secale cereale.

Die vorigen Versuche mit Avena und Triticum haben uns gezeigt, dass die Neutralsalze und ihre Konzentrationen gleichmässiger und mehr oder weniger in gleicher Richtung das Wurzelwachstum der Keimlinge bewirken und dass beim Coleoptilwachstum stärkere Abweichungen und Verschiedenheiten vorkommen.

Um die Salzwirkung auf das Coleoptilwachstum noch eingehender kennen zu lernen, habe ich meine Versuche noch mit einer dritten Getreideart - Secale cereale - fortgesetzt und hier nur die Wirkung der Salze auf das Coleoptilwachstum in Betracht gezogen, weil die Anzahl der Keimlingswurzeln hier eine unkonstante ist.

Für die Versuche wurden die Samen einer reinen Linie von Secale cereale -019 - Jõgeva - verwendet und die Versuche analog den vorigen in Thermostaten bei 18.5°C in Doppelschalen, wo auf 5 Filtrierpapierscheiben je 10 ccm. von Salzlösungen genommen wurde, ausgeführt. Die Dauer der Versuche betrug 7x24 Stunden. Der mittlere Variat.fehler: ± 4.3%. Die Versuchsresultate sind in der Tabelle 23 zusammengefasst.

Um die Ergebnisse der Secale mit denjenigen von Avena und Triticum besser vergleichen zu können, habe ich die Angaben über die Wirkung der verschiedenen Salzkonzentrationen auf das Coleoptilwachstum von Avena, Triticum und Secale bei einzelnen Salzen in Kurvenform nebeneinander gezeichnet. Diese Kurven sind bei verschiedenen Getreidearten mit verschiedenen Stricharten ausgeführt und mit Buchstaben versehen, wobei A - Avena, T - Triticum und S - Secale bedeuten.

Die Wirkung von NH_4-Salzen auf das Coleoptilwachstum der Getreidearten. Fig.70-72.

Zuerst sehen wir, dass alle NH_4-Salze in höheren Konz. das Coleoptilwachstum der Getreidekeimlinge stark herabsetzen, in niederen Konz. aber fördern. (Eine Ausnahme bildet NH_4Cl - bei Avena, welches in verwendeten Konz. keine Förderung des Coleoptilwachstums zeigt.).

Die Herabsetzung des Coleoptilwachstums in höheren Salzkonzentrationen ist bei verschiedenen Getreidearten ungleich stark; am stärksten wird sie bei Triticum, am schwächsten bei Avena von NH-Salzen herabgesetzt. In 0.1 n. Konz. ist die Wirkung der Anionen bei der Herabsetzung des Coleoptilwachstums: bei Avena : $Cl > NO_3, SO_4$, bei Triticum: $NO_3 > Cl > SO_4$, bei Secale - $Cl > NO_3, SO_4$ also in den meisten Fällen wird das Coleoptilwachstum von Chloriden am stärksten und von Sulfaten am schwächsten herabgesetzt.

Tabelle 23-a Die Wirkung der Neutralsalzkonzentrationen auf das Coleoptilwachstum von Secale cereale

R.L. 0X19 - Jõgeva Temp. 18.5°C Dauer der Versuche 7 Tage.

Konz. / Salze	0.1 n.		0.05 n.		0.01 n.		0.005 n.		0.001 n.		0.0005 n.		0.0001 n.		Bemerkungen
	%	$\delta \pm$%	%	$\delta \pm$%	%	$\delta \pm$%	%	$\delta \pm$%	%	$\delta \pm$%	%	$\delta \pm$%	%	$\delta \pm$%	
NH_4Cl	11.6	8.0	50.6	4.5	82.9	4.1	104.2	5.5	108.8	2.7	113.1	5.6	103.9	2.3	
NH_4NO_3	56.7	6.2	75.2	6.3	95.8	4.8	100.2	5.2	107.5	4.6	109.5	5.4	100.7	5.3	
$(NH_4)_2SO_4$	53.6	7.2	79.1	5.5	98.1	3.6	100.6	4.8	101.6	4.3	103.5	3.9	100.1	4.9	
$NH_4H_2PO_4$	27.9	4.6	45.9	4.7	75.4	4.8	94.8	3.6	109.5	3.0	115.9	2.7	102.8	5.1	
KCNS	23.5	2.4	43.7	4.7	58.7	4.5	70.2	3.3	83.1	4.8	92.1	5.4	98.8	4.4	
KBr	86.1	3.9	108.4	4.3	120.4	2.8	117.5	3.9	110.6	2.9	106.6	3.9	102.9	4.7	
KCl	85.7	6.3	104.5	4.3	118.7	3.4	123.6	6.0	117.3	6.1	100.7	4.4	104.6	1.7	
KNO_3	97.4	6.8	134.0	3.8	128.7	4.5	120.9	3.5	113.1	4.9	105.0	4.9	100.7	6.6	
K_2SO_4	93.6	4.6	111.3	4.9	113.3	4.3	107.7	4.2	106.5	3.6	104.5	4.9	99.8	4.2	
KH_2PO_4	113.6	4.2	123.2	4.6	117.1	3.9	109.0	3.1	106.7	4.8	101.9	4.7	100.3	4.7	

Tabelle 23-b. Die Wirkung der Neutralsalzkonzentrationen auf das Coleoptilwachstum von Secale cereale

R.L. 019 - Jôgeva. Temp. 18.5°C Dauer der Versuche 7 Tage.

Konz. →	0.1 n.		0.05 n.		0.01 n.		0.005 n.		0.001 n.		0.0005 n.		0.0001 n.		
Salze	%	$\delta\pm$%	%	$\delta\pm$%	%	$\delta\pm$%	%	$\delta\pm$%	%	$\delta\pm$%	%	$\delta\pm$%	%	$\delta\pm$%	Bemerkungen.
Aq.dest.	100.0 =	9.6	cm.												
Leitungsw.	96.7														
Knop.(-Fe)	120.7														
NaCl	58.3	4.1	78.0	5.0	93.8	4.8	96.2	4.9	97.2	2.6	98.6	4.4	100.2	3.6	
$NaNO_3$	73.8	7.0	94.9	5.7	105.0	4.2	103.2	2.8	101.9	2.6	101.1	3.6	98.0	6.1	
LiCl	39.4	8.2	70.5	6.2	93.1	5.5	99.5	3.6	105.7	4.3	109.9	4.1	105.9	4.2	
$LiNO_3$	15.0	4.7	99.6	5.0	114.7	2.8	111.5	5.1	107.9	3.1	104.2	5.4	101.3	4.7	
Li_2SO_4	54.4	4.9	82.4	4.0	101.9	3.3	113.6	4.7	115.8	3.2	108.2	3.9	105.3	3.5	
$MgCl_2$	97.3	3.8	105.7	4.0	106.3	4.3	106.8	4.4	107.3	4.1	109.4	4.8	105.8	3.0	
$Mg(NO_3)_2$	112.5	4.7	110.8	3.1	109.3	5.1	107.8	5.2	105.6	6.1	103.0	3.1	102.2	5.3	
$MgSO_4$	89.1	3.1	104.0	2.7	105.9	2.5	108.6	2.6	113.0	3.4	109.5	3.7	106.7	3.0	
$BaCl_2$	20.7	7.0	49.1	3.9	78.2	2.9	93.4	3.3	106.2	3.4	103.9	5.1	99.4	5.5	
$Ba(NO_3)_2$	42.9	6.1	75.8	5.2	100.0	6.1	105.2	3.1	106.4	4.4	104.6	4.3	103.5	4.6	
$CaCl_2$	75.4	5.0	86.4	3.8	92.0	3.7	98.6	3.7	100.4	3.3	98.0	3.1	99.2	3.8	
$Ca(NO_3)_2$	89.8	5.2	98.2	5.0	100.6	2.7	102.9	2.5	101.8	4.2	100.9	5.8	98.2	2.0	

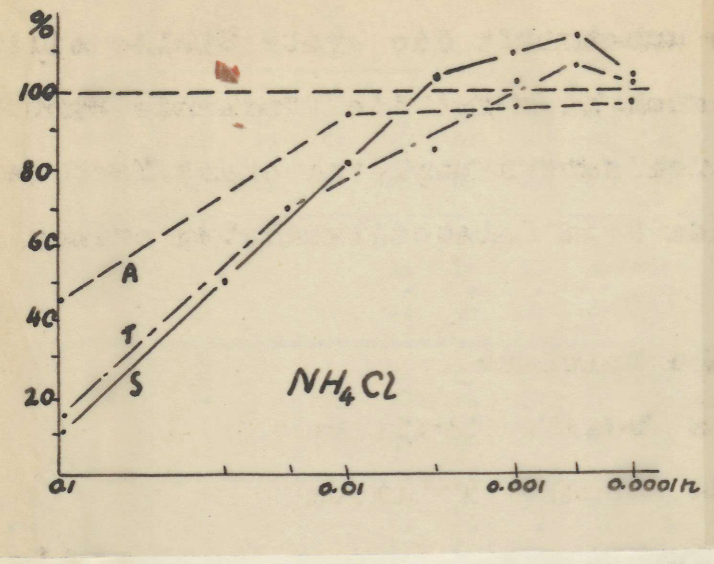


Fig. 70

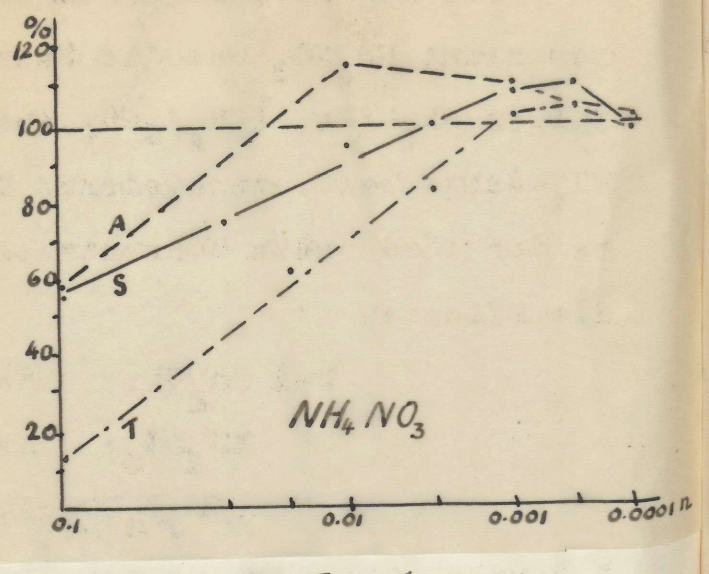


Fig. 71

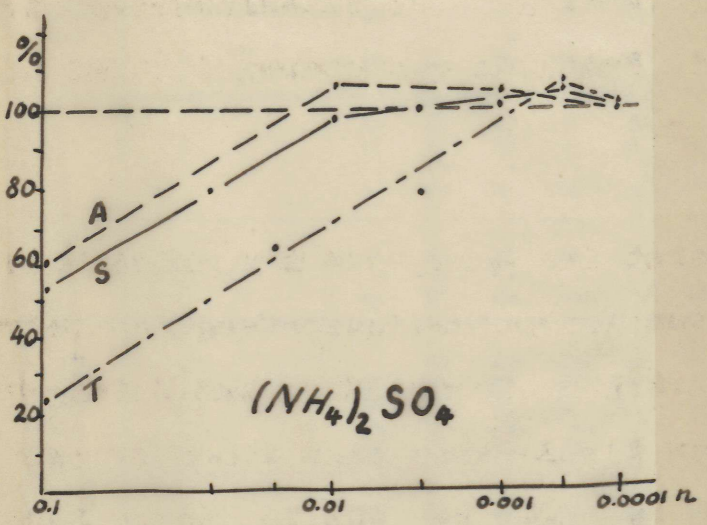


Fig. 72

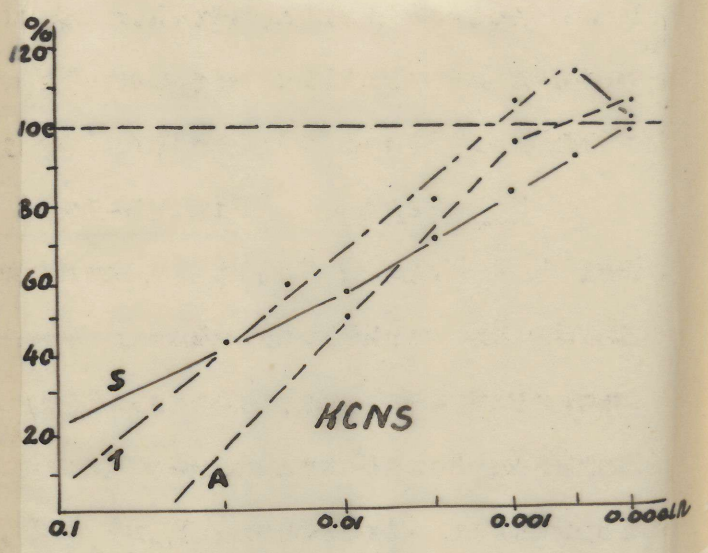


Fig. 73.

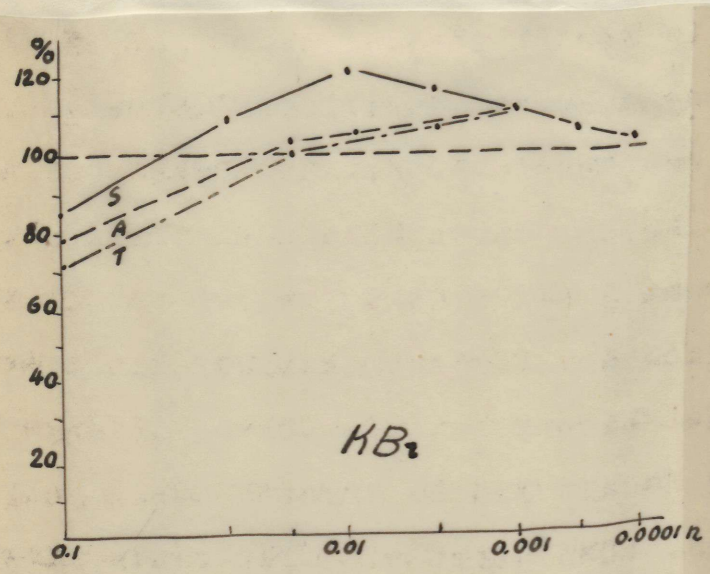


Fig. 74

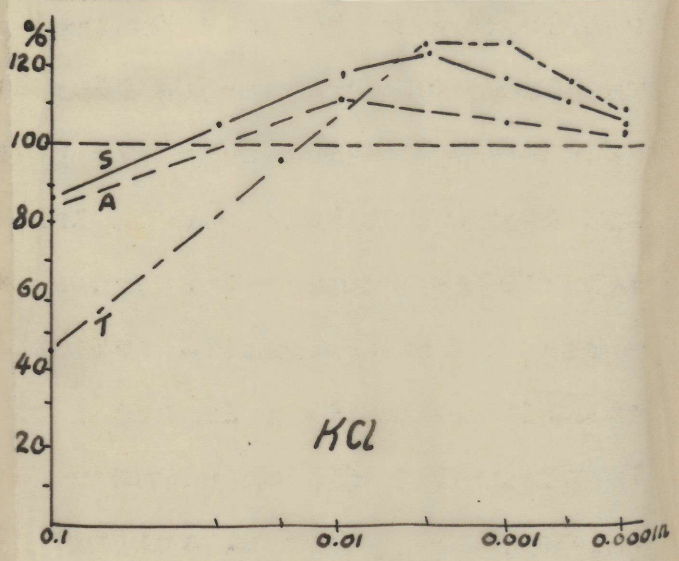


Fig. 75.

Bei der Förderung des Coleoptilwachstums in niederen Konzentrationen nimmt NH_4NO_3, was die Stärke anbetrifft, die erste Stelle ein; dann folgen NH_4Cl u. $(NH_4)_2SO_4$. Aber auch hier ist die fördernde Wirkung der NH_4-Salze bei verschiedenen Getreidearten ungleich stark. Nach der Breite der fördernden Konzentrationen beim Coleoptilwachstum ordnen sich die Pflanzen

bei NH_4Cl: Secale > Triticum

" NH_4NO_3: Avena > Secale > Triticum

" $(NH_4)_2SO_4$: Avena > Secale > Triticum

Wir sehen daraus, dass die Ammoniumsalze in mässigen Konz. am günstigsten auf das Coleoptilwachstum von Avena, dann von Secale und am wenigsten günstig von Triticum wirken. Die optimalen Ammonium Salzkonzentrationen sind beim Keimlingswachstum der verschiedenen Getreidearten nicht dieselben; sie fallen bei Secale und Triticum ± zusammen (0.0005 n.) und sind bei Avena viel höher (0.01 n.).

K - Salze. Fig. 73-78.

Bei K - Salzen fällt es uns zuerst ins Auge, dass sie alle (abgesehen von KCNS) in verhältnismässig breitem Konzentrationsumfang das Coleoptilwachstum der Getreidekeimlinge fördern können. Nach dem Umfang der fördernden Konzentrationen kann man die K-Salze nach ihren Anionen folgendermassen einordnen: $H_2PO_4, NO_3 > SO_4 > Cl > Br > CNS$. In dieser Reihenfolge nehmen die bekannten Düngungssalze (KH_2PO_4, KNO_3 u. K_2SO_4) die ersten Stellen ein. Nach der Förderungsstärke übertrifft jedoch KNO_3 alle anderen Salze. In 0.05 n. Konz. von KNO_3 übersteigt das Coleoptilwachstum von Secale um 34% die Kontrolle in destill. Wasser und um 13.3% die Kontrolle in der Knopschen Nährlösung. Auch der Variationsfehler ± 3.8% - kann dieses Verhältnis wenig ändern. Ebenfalls hat die Coleoptillänge von Avena und Triticum in KNO_3 - Lösung ihren Höhepunkt erreicht, jedoch bei niederen Konzentrationen: Avena - bei 0.01 n. 121.8% und Triticum - bei 0.005 n. Konz. - 127.8%. Nach der Förderungsstärke steht dem KNO_3 ziemlich nahe KCl; in 0.001 n. KCl-Lösung hat die Coleoptillänge bei Triticum 126.8%, in 0.005 n. bei Secale 123.6% erreicht. Dann folgen KH_2PO_4, K_2SO_4, KBr u. zuletzt KCNS. KCNS zeigt eine fördernde Wirkung auf das Coleoptilwachstum jedoch nur in sehr engen Konzentrationsgrenzen, (zwischen 0.001 n. - 0.0001 n.), und auch hier nur bei Triticum; bei

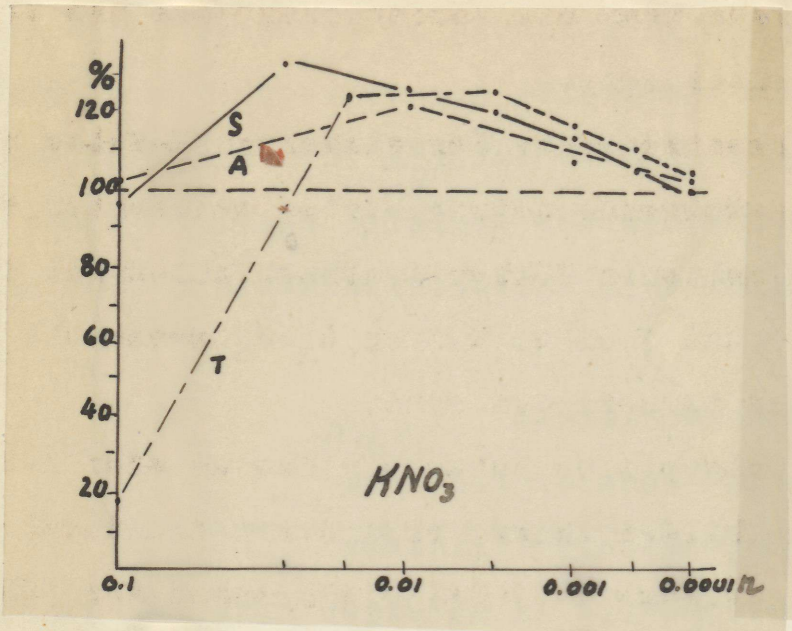


Fig. 76

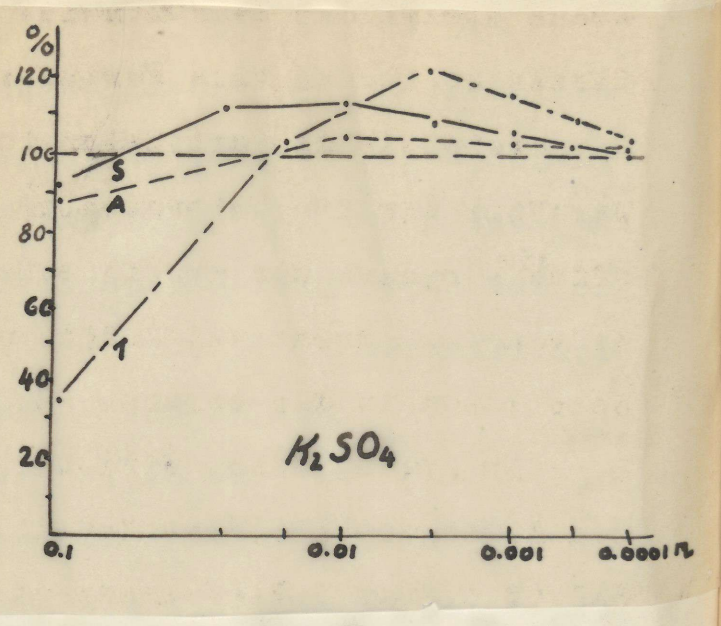


Fig. 77

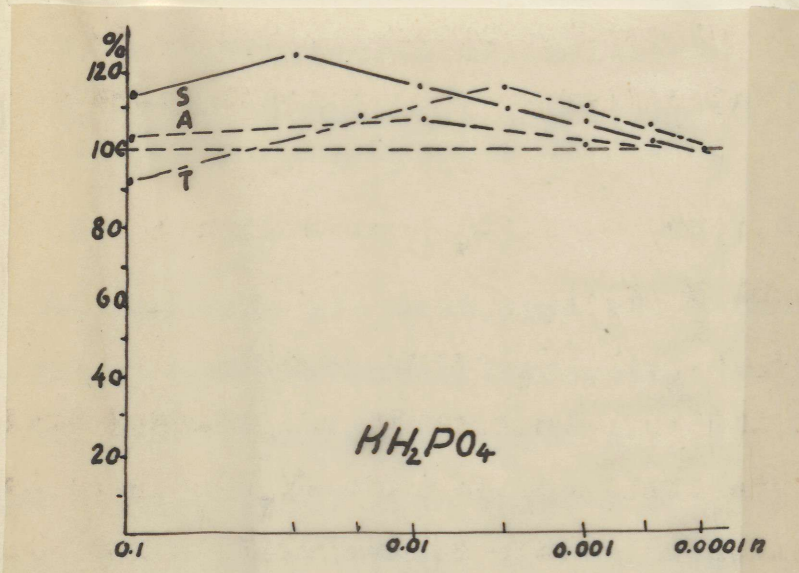


Fig. 78

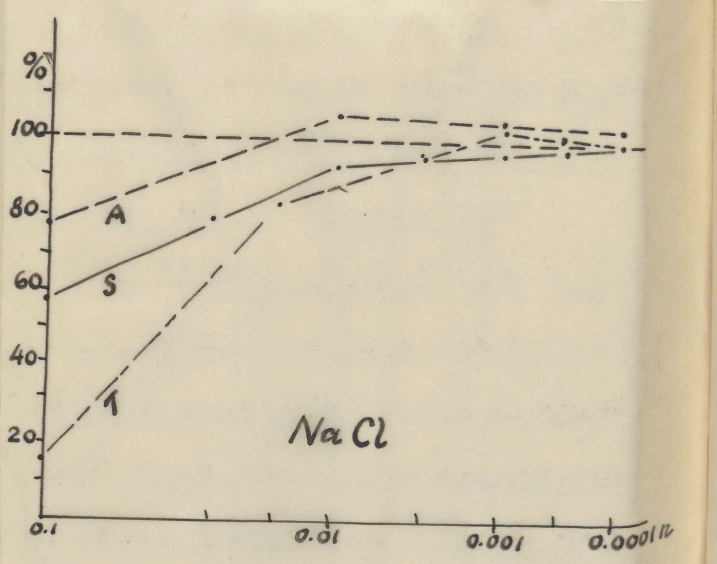


Fig. 79.

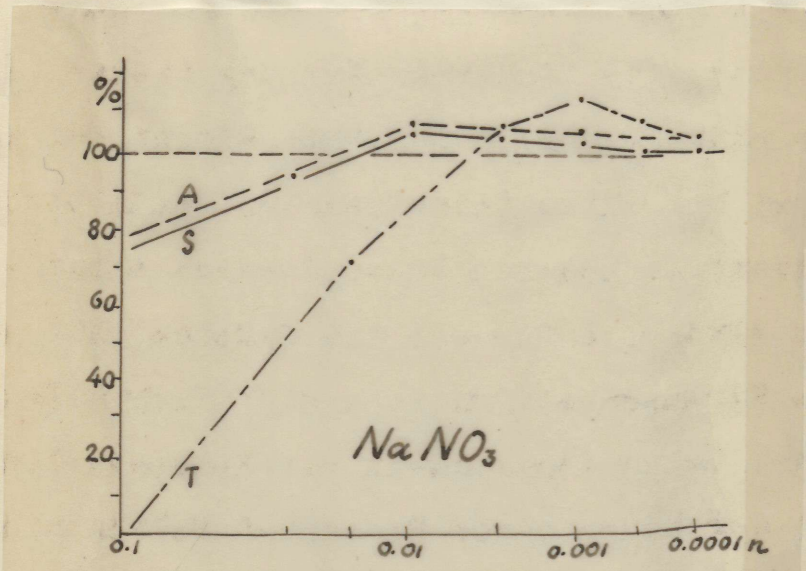


Fig. 80

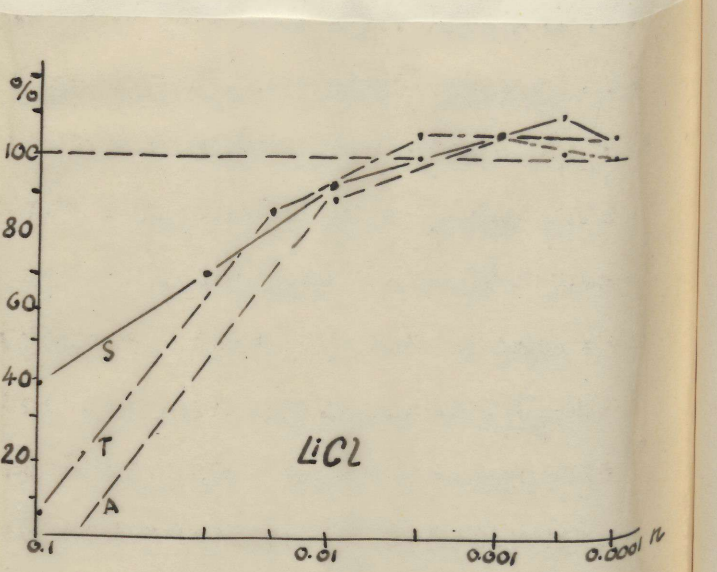


Fig. 81.

Avena steigt das Mehrwachstum kaum über die Variationsgrenze und bei Secale merkt man kein Fortschreiten mehr.

Wenn wir die optimalen Konzentrationen der einzelnen K-Salze beim Wachstum der zur Untersuchung genommenen Getreidearten betrachten, dann sehen wir, dass sie nur in sehr seltenen Fällen zusammenfallen (bei 0.001 n. K. von KBr (Avena und Triticum) und 0.01 n. K. von K_2SO_4 (Avena und Secale) und in den meisten Fällen verschieden sind.

In 0.1 n. Konz. wird das Coleoptilwachstum von den meisten K-Salzen herabgesetzt. (Eine Ausnahme bilden KH_2PO_4 (bei Avena und Secale) und KNO_3 (bei Avena). Bemerkenswert ist, dass alle Salze (abgesehen von KCNS) in dieser und auch in etwas schwächeren Konz. das Wachstum der Weizencoleoptile viel stärker als das der anderen Getreidearten herabsetzen. Nach der Stärke der Hemmung des Coleoptilwachstums in 0.1 n. Konz. ordnen sich K-Salze bei einzelnen Getreidearten nach Anionen folgenderweise:

bei Avena: $CNS>Br>Cl>SO_4$; (NO_3 u. H_2PO_4 hemmen nicht)

bei Triticum: $CNS>NO_3>SO_4>Cl>Br>H_2PO_4$

bei Secale: $CNS>Cl,Br>SO_4>NO_3$; (H_2PO_4 hemmt nicht).

Daraus sehen wir, dass nur KCNS in der Herabsetzung bei allen Getreidearten ihrer Stärke nach die erste Stelle behält und KH_2PO_4 die an letzter Stelle steht, bei anderen Anionen ist die Hemmungsstärke bei verschiedenen Getreidearten aber veränderlich und unkonstant.

Na - Salze. Fig.79-80.

Bei Na-Salzen wurde nur die Wirkung der Salzkonzentrationen bei NaCl u. $NaNO_3$ nachgeprüft. Aus den tabellarischen Angaben und Figuren sehen wir, dass in mässigen und niederen Konz. die fördernde Wirkung dieser Salze viel schwächer ist als bei den entsprechenden K-Salzen. Eigentlich zeigt nur $NaNO_3$ eine fördernde Wirkung bei allen Getreidearten; NaCl wirkt schwach begünstigend nur bei Avena. In höheren Konz. dagegen setzen die Na-Salze das Coleoptilwachstum etwas stärker als die K-Salze (KCl u. KNO_3) herab, wobei die hemmende Wirkung bei Triticum sich viel stärker als bei Avena und Secale äussert (eine Ähnlichkeit mit K-Salzen!). Auch stimmen die Pflanzenreihen bei der Hemmung von Na- und K-Salzen nicht überein. In 0.1-0.01 n. K. setzen die Na-Salze das Coleoptilwachstum herab: Triticum>Secale>Avena ; bei K-Salzen ist diese Reihenfolge aber Triticum>Avena>Secale.

Li - Salze. Fig.81-83.

In 0.1 n. Konz. wirken alle Li-Salze auf das Coleoptilwachstum von Avena

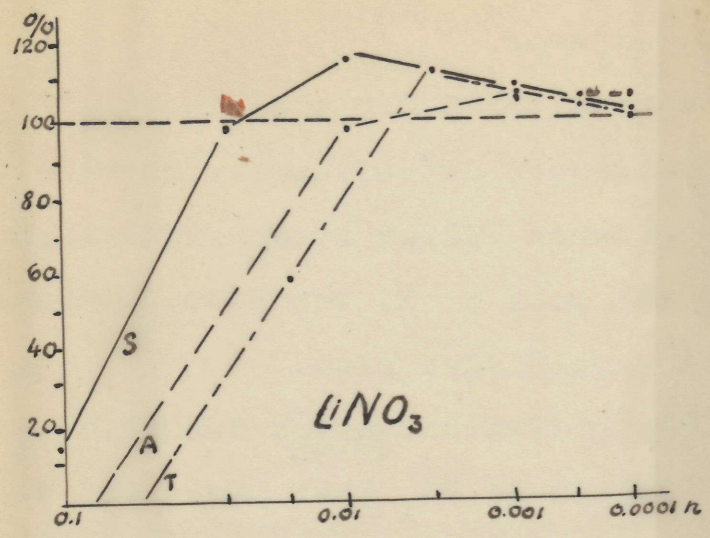


Fig. 82

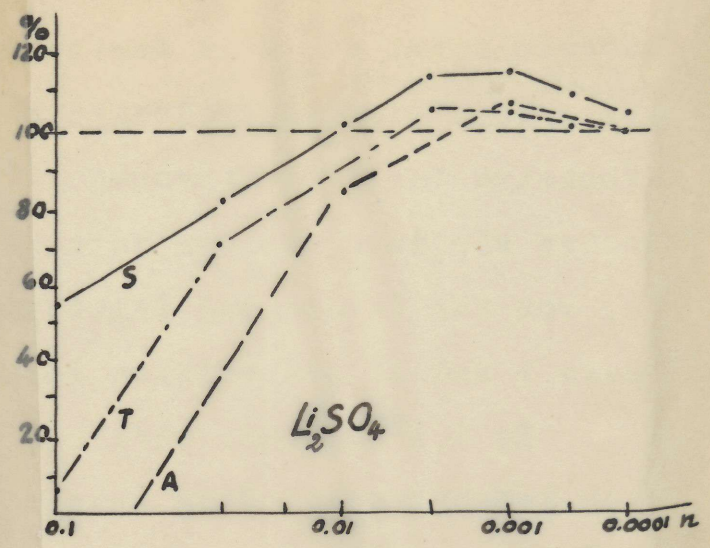


Fig. 83.

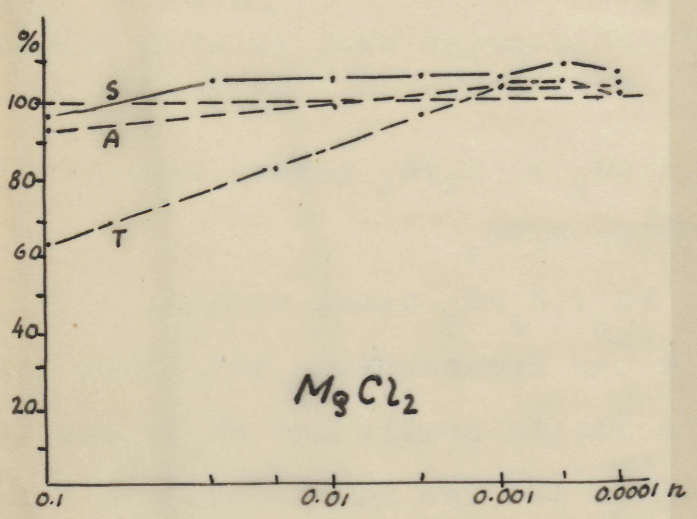


Fig. 84.

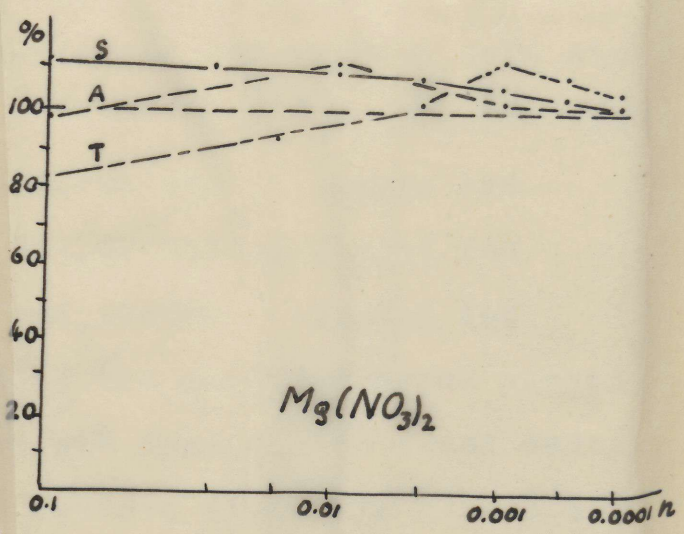


Fig. 85.

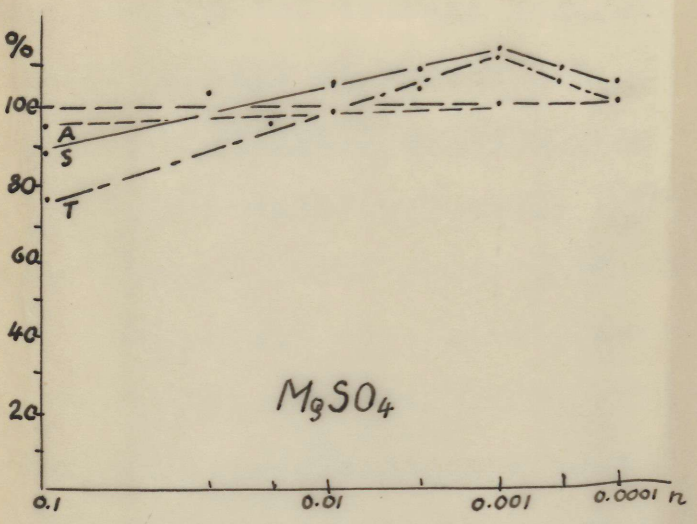


Fig. 86

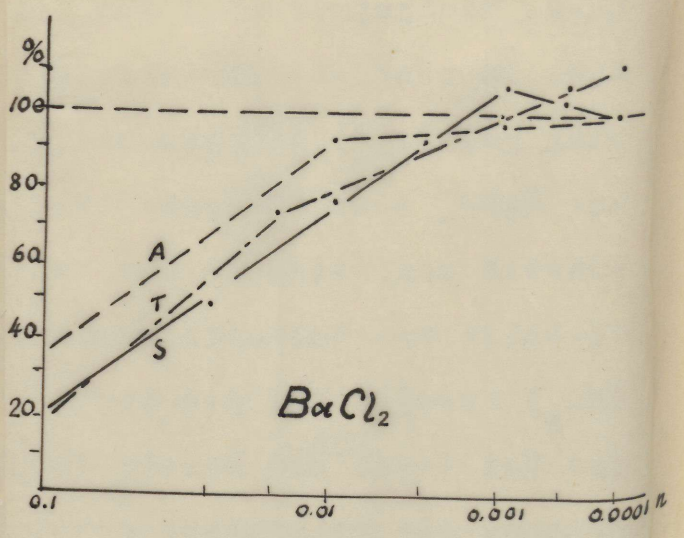


Fig. 87.

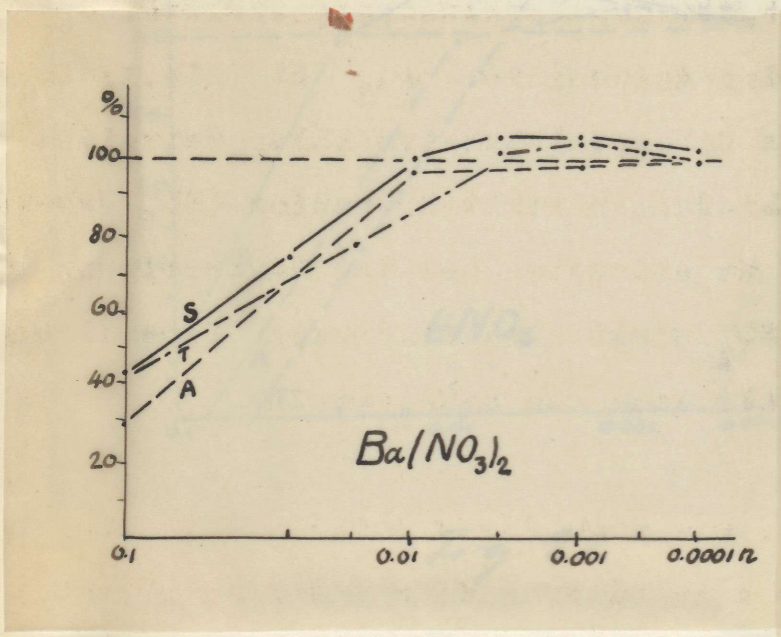


Fig. 88

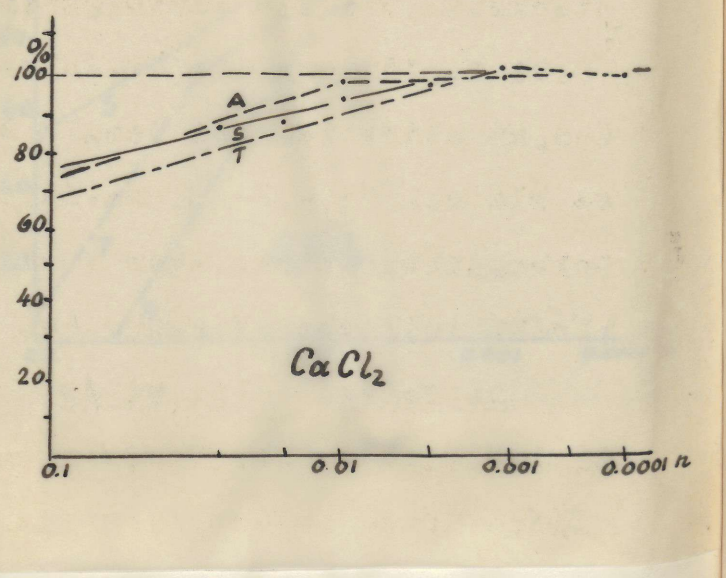


Fig. 89.

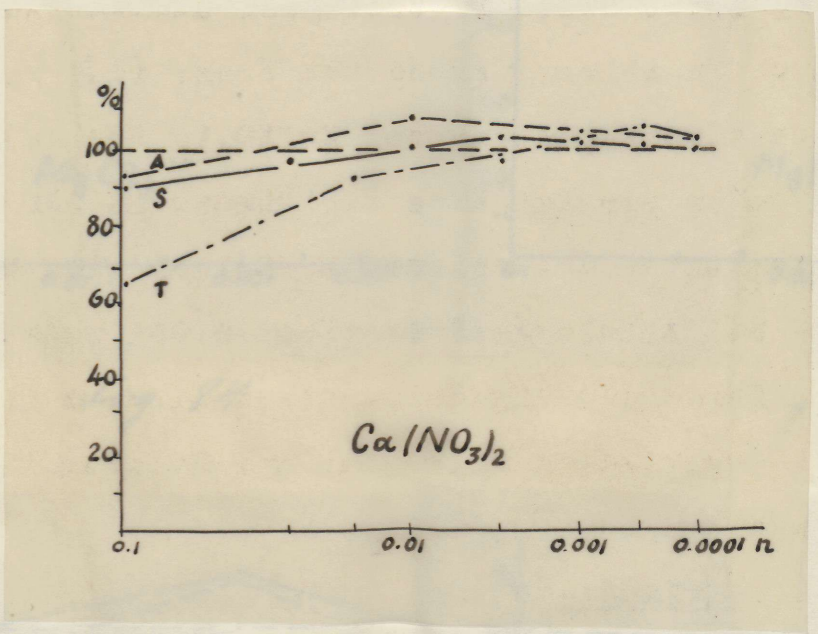


Fig. 90.

und Triticum stark giftig und setzen es bis auf 0 herab.Dagegen sind die Keimlinge von Secale viel resistenter gegen die Li-Salze;hier wird das Coleoptilwachstum nur gehemmt.Bei der Herabsetzung wirkt $LiNO_3$ am stärksten,und die Wirkungsreihe der Anionen ist: $NO_3 > Cl > SO4$.In Konz. <0.01 n. fördern die Li-Salze das Coleoptilwachstum aller Getreidearten,am stärksten bei Secale.Bei Li-Salzen wirkt Nitration (NO_3) ebenso wie bei NH_4-,K- u. Na-Salzen- am stärksten bei der Begünstigung des Coleoptilwachstums.Aber auch Li_2SO_4 wirkt ziemlich stark fördernd und bleibt in dieser Wirkung bei Secale kaum vom $LiNO_3$ zurück.

Mg-Salze. Fig.84-86.

In der Wirkung der Mg-Salze sehen wir eine Verschiedenheit von den vorigen Salzen in dem Sinne,dass sie in höheren Konz.das Coleoptilwachstum sehr wenig herabsetzen und keinesfalls mehr giftig wirken.Ungeachtet dessen kommt aber auch hier ebenso wie bei den vorigen Salzen die grössere Empfindlichkeit der Weizenkeimlinge gegen die höheren Salzkonzentrationen deutlich zum Ausdruck.In mässigen und niederen Konz. wirken Mg-Salze stets begünstigend auf das Coleoptilwachstum.Sie können aber auch in allen verwendeten Konz. (0.1 n.-0.0001 n.) das Coleoptilwachstum fördern,wie es bei $Mg(NO_3)_2$ (Secale) der Fall ist.Bei der Förderung sehen wir folgende Wirkungsreihe der Anionen: $NO_3 > SO_4 > Cl$.Am stärksten unter den anderen Mg-Salzen wird das Coleoptilwachstum von $MgSO_4$ bei Secale gefördert(bei 0.001 n.-auf 115.8%!). Auch der Umfang der fördernden Mg-Salzkonzentrationen ist bei einzelnen Pflanzenarten verschieden; bei Avena und Secale:$Mg(NO_3)_2 > MgCl_2 > MgSO_4$, bei Triticum aber: $MgSO_4 > Mg(NO_3)_2 > MgCl_2$.

Ba-Salze. Fig.87-88.

Ba-Salze setzen in 0.1 n. Konz. das Coleoptilwachstum der Getreidekeimlinge etwas stärker als Mg-Salze herab.Im ganzen ist ihre Wirkung bei allen Pflanzenarten mehr oder weniger gleichartig und die Abweichungen bei einzelnen Getreidearten,besonders bei $Ba(NO_3)_2$, sind ziemlich klein. In niederen Konz. fördern sie schwach das Coleoptilwachstum,bei Avena etwas weniger als bei Triticum und Secale.

Ca-Salze. Fig.89-90.

$CaCl_2$ in 0.1-0.005 n. K.hemmt ± gleich stark das Coleoptilwachstum aller Getreidearten.Bei niederen Konz. bleibt seine hemmende Wirkung fast aus,geht aber auch nicht in die fördernde über.Bei $Ca(NO_3)_2$ ist

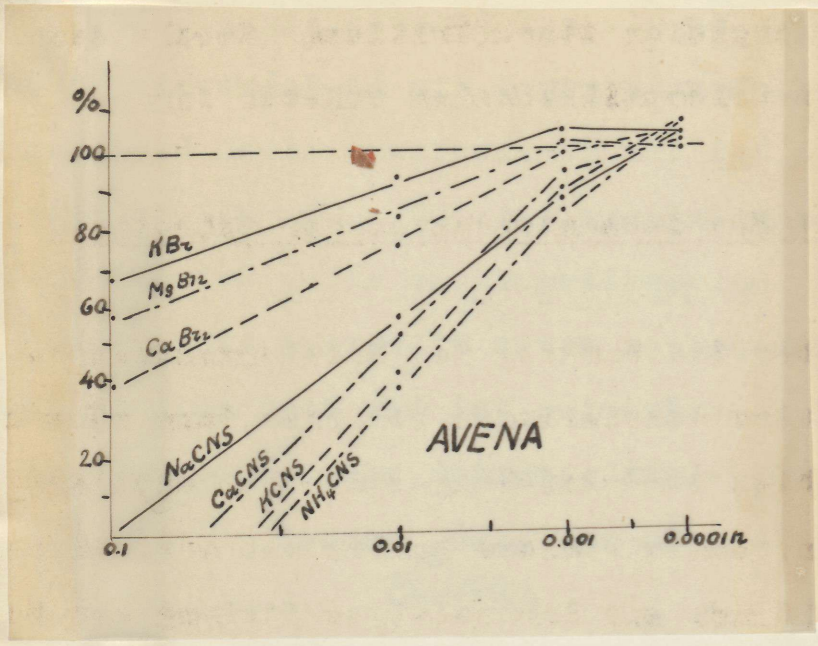


Fig. 91

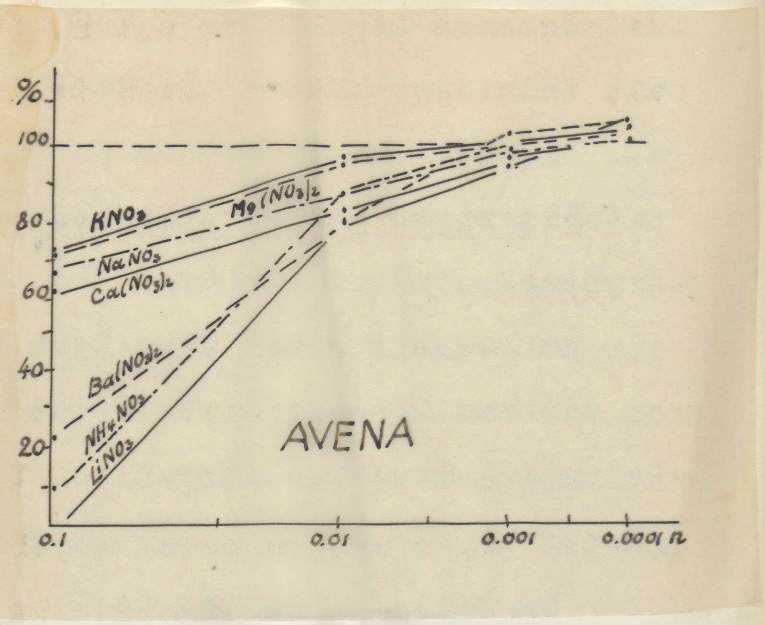


Fig. 92.

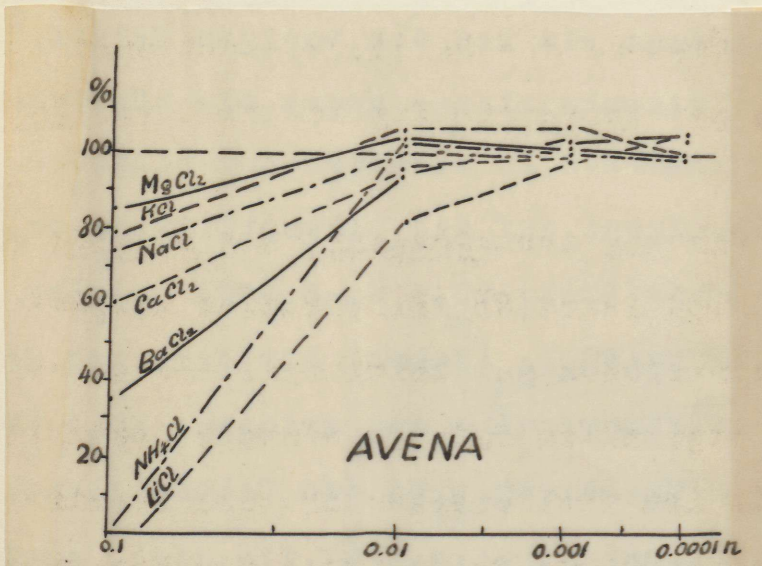


Fig. 93

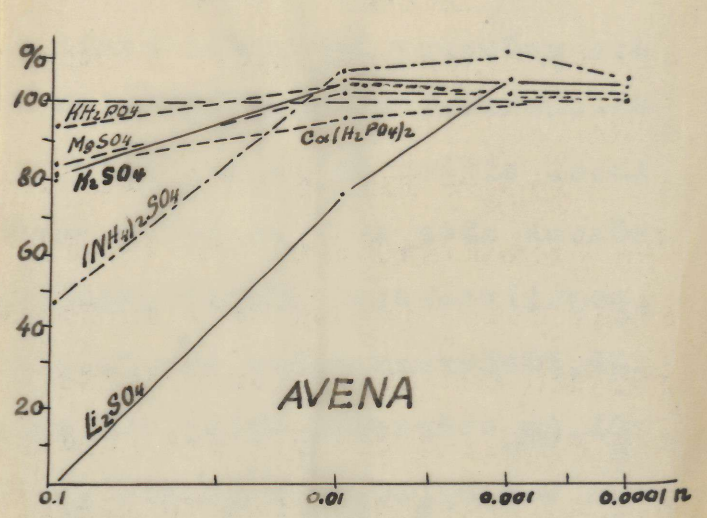


Fig. 94.

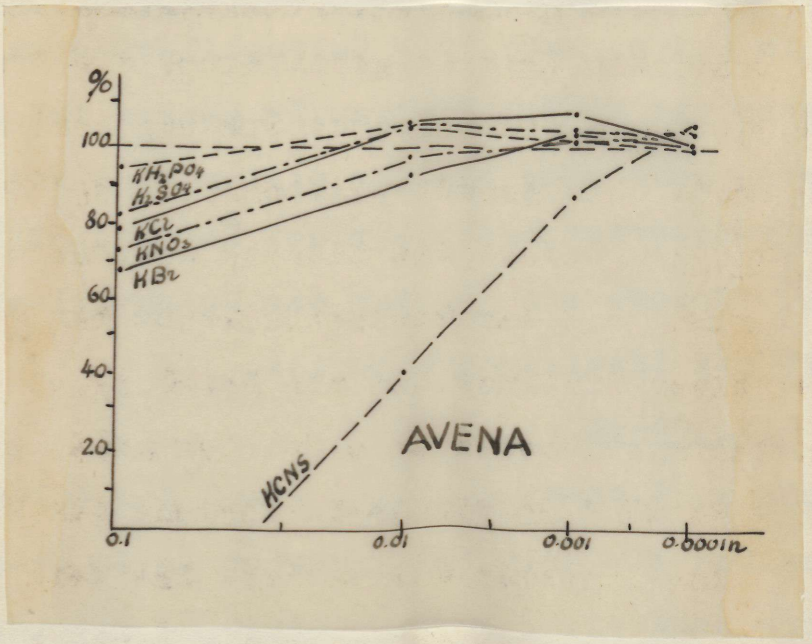


Fig. 95.

die hemmende Wirkung in 0.1 n. K. ungleich stark(Triticum > Secale>Avena); in niederen Konz. kann es das Coleoptilwachstum schwach fördern.

Die Wirkung der Salzionen auf das Gesammtwachstum der Getreidekeimlinge.

Wollen wir einen Überblick über die Wirkung der Salzkonzentrationen auf das Gesammtwachstum von Getreidekeimlingen bekommen,dann müssen wir in den Tabellen diejenigen Zahlen berücksichtigen,die das mittlere Coleoptil-+ Wurzelwachstum angeben.Wenn wir diese Zahlen mit denjenigen der Kontrollversuche vergleichen,können wir die relative Wirkung der Salzkonzentrationen auf das Gesammtwachstum der Getreidekeimlinge feststellen.Einen besseren Überblick über diese Verhältnisse können uns die Kurven,die nach den Angaben der Tabellen gezeichnet sind,geben.

Die Fig.91-95 zeigen uns die Wirkung der Salzkonzentrationen auf das Gesammtwachstum der Keimlinge bei Avena,die Fig.96-100 - bei Triticum.

In der Fig.91 sehen wir die Wirkung der Rhodanide und Bromide auf das Gesammtwachstum der Keimlinge von Avena.Es fällt zuerst auf,dass diese Salze in den meisten Konzentrationen das Keimlingswachstum hemmen und nur in niederen Konz. in begrenztem Umfange schwach begünstigen. Die hemmende Wirkung der Rhodanide ist viel stärker als der Bromide.In 0.1 n. Konz. wird das Keimlingswachstum von Avena durch die Rhodanide ganz verhindert,durch die Bromide dagegen aber nur ± stark herabgesetzt. In 0.1 n. - 0.01 n. Konz. ist die Kationenwirkung der Rhodanide: NH_4 > K > Ca > Na,in 0.001 n. K. - NH_4 > Na > K > Ca,also die Stellung der Kationen in Reihen wird hier von den Salzkonzentrationen beeinflusst.

Die Wirkungslinien der Bromide gehen durch die verschiedenen Konzentrationen konkordant,und die hemmende Wirkung der Kationen ist stets Ca > Mg > K,die fördernde aber gerade umgekehrt.K > Mg > Ca.

Nitrate. (Fig.92). Obwohl die Nitrate das Coleoptilwachstum stark fördern,ist ihre Wirkung auf das Gesammtwachstum der Hafer-Keimlinge fast ganz ohne positiven Einfluss.Und nur $Ba(NO_3)_2$ u. $LiNO_3$,die in höheren Konz. das Keimlingswachstum am stärksten herabsetzen,rufen in den niedrigsten Konz. eine schwach-fördernde Wirkung des Gesammtwachstums hervor.In stärkeren Konz. setzen die Nitrate das Keimlingswachstum von Avena ziemlich stark herab;dabei ist aber die Wirkung von Li-,NH_4- u. Ba-Nitrate viel stärker als die der anderen.Bei der Hemmung zeigen die

Kationen eine verschiedene Stärke; in 0.1 n. K. :Li > NH_4 > Ba ≫ Ca > Na > Mg, K, in 0.01 n. K. : Li, Ba > Ca > NH_4, Na > Mg, K.

Es ist bemerkenswert, dass hier zwischen ein- und zweiwertigen Kationen fast kein Unterschied in der Wirkungsstärke zu sehen ist und dass diese Ionen durcheinander in einer Reihe stehen.

Chloride. Fig.93. In grösseren Konz. setzen sie alle das Keimlingswachstum von Avena herab; in 0.1 n. K. ist die Reihenfolge der Kationen bei der Herabsetzung - Li > NH_4 ≫ Ba ≫ Ca > Na > K > Mg, welche mit der Kationenreihe bei Nitraten übereinstimmt. Auch hier wie bei Nitraten wird von LiCl und NH_4Cl ~~wird~~ das Keimlingswachstum zwischen 0.1-0.01 n. Konz. stärker als ~~die~~ von anderen Chloride herabgesetzt. Ebenfalls sehen wir bei Chloriden ähnlich wie bei Nitraten keinen besonders stark auftretenden Unterschied in der Wirkung der ein- und zweiwertigen Kationen.

Von 0.01 n. K. ab zu den niederen Konzentrationen üben die Chloride eine schwache positive Wirkung auf das Gesammtwachstum der Haferkeimlinge aus, wobei KCl und $MgCl_2$ in grösserem Konzentrationsumfange als die anderen Chloride das Keimlingswachstum fördern.

Sulfate und Phosphate. Fig.94.

In mittleren und schwächeren Konzentrationen wirken Sulfate, besonders aber $(NH_4)_2SO_4$ u. K_2SO_4, am stärksten von allen anderen Neutralsalzen auf das Gesammtwachstum der Haferkeimlinge. In stärkeren Konz. (0.1n.) setzen sie das Keimlingswachstum nach der Kationenreihe : Li ≫ NH_4 ≫ Mg, K herab. Auch hier ist Li_2SO_4 stark giftig und verhindert sogar das Keimlingswachstum. Von Phosphaten hat $Ca(H_2PO_4)_2$ keinen positiven Einfluss auf das Gesammtwachstum der Haferkeimlinge gehabt. KH_2PO_4 kann das Keimlingswachstum schwach fördern. Die hemmende Wirkung der höheren Konzentrationen von Phosphatlösungen auf das Gesammtwachstum der Haferkeimlinge ist sehr schwach.

Die Fig.95 gibt uns einen Überblick über die Anionenwirkung der K-Salze auf das Gesammtwachstum der Haferkeimlinge. Wir sehen, dass die K-Salze in höheren Konz. das Keimlingswachstum nach der lyotropen Reihe d/Anionen herabsetzen (CNS ≫ Br > NO_3 > Cl > SO_4 > H_2PO_4). Nur KCNS wirkt viel stärker hemmend als die anderen Salze, und seine Wirkungskurve steht weit entfernt von den anderen. In kleineren Konz. kreuzen sich die Kurven und wir können hier eine bleibende Reihenfolge bei der Anionenwirkung nicht mehr feststellen. Bei der Förderung hat jedoch KCl die höchste Stellung eingenommen; dann folgen KH_2PO_4 und K_2SO_4. Die positi-

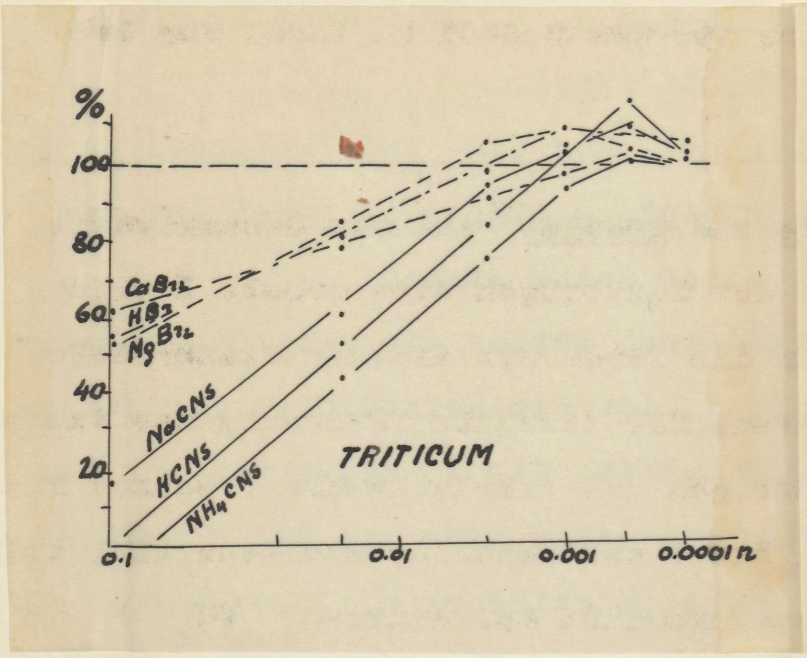


Fig. 96

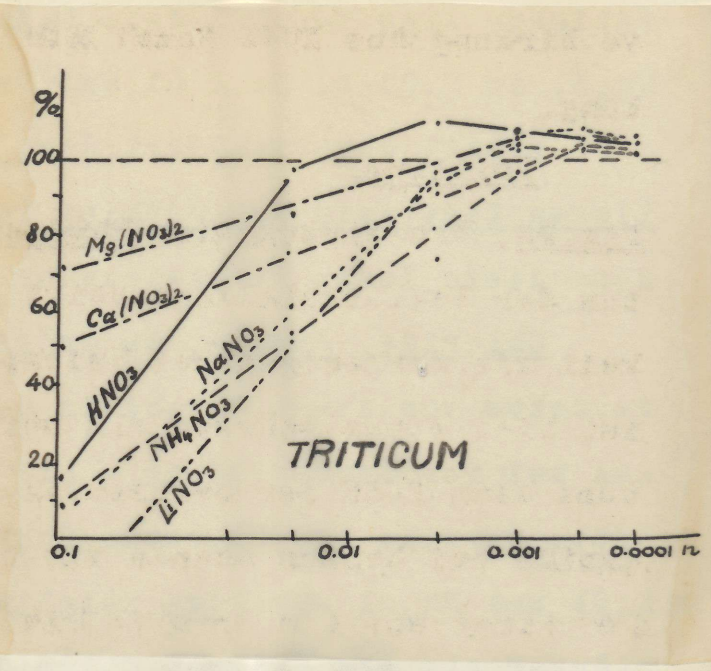


Fig. 97

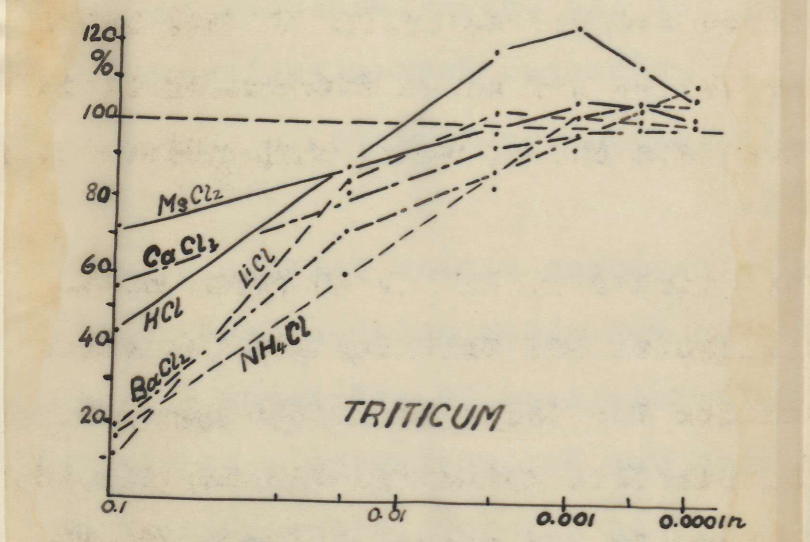


Fig. 98

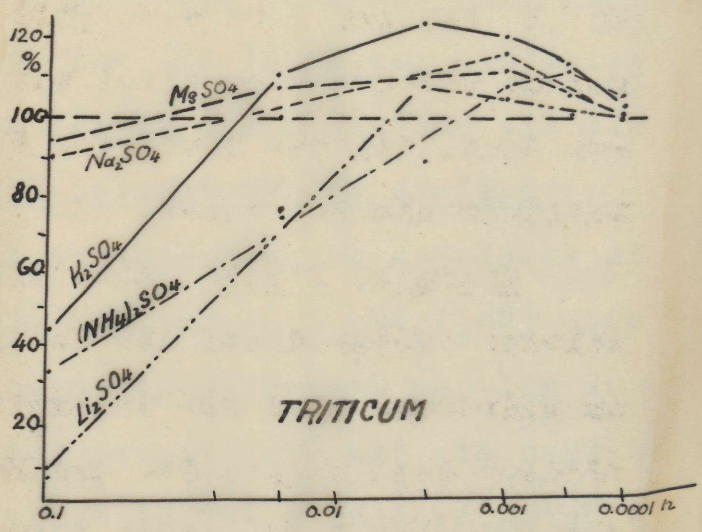


Fig. 99.

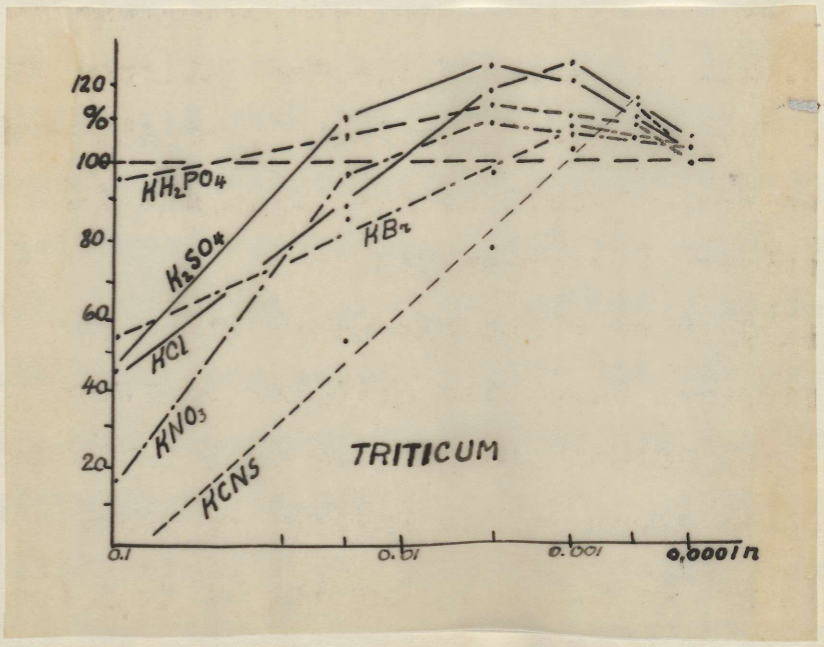


Fig. 100.

ve Wirkung des KCNS kommt nur kurz vor der 0.0001 n. Konz. zur Geltung.

Triticum.

Fig.96. Die Wirkung der Rhodanide und Bromide auf das Gesammtwachstum der Weizenkeimlinge zeigt in den Hauptzügen eine grosse Ähnlichkeit mit derjenigen bei Hafer;nur die fördernde Wirkung dieser Salze ist hier etwas stärker als bei Avena.Die stärkste Förderung des Wachstums kann KCNS hervorrufen.In mässigen und stärkeren Konz. setzen Rhodanide bei Weizen ebenso wie bei Hafer das Keimlingswachstum viel stärker herab als die Bromide.Die Hemmungsreihe der Kationen $NH_4 > K > Na$ - bleibt bei Rhodaniden zwischen 0.1 - 0.001 n. Konz. unverändert.

Bei Bromiden kreuzen sich die Wirkungslinien mehrmals und darum verändert sich auch die Reihe der Kationen.In 0.1 n. K. wird das Keimlingswachstum von Bromiden nach folgender Kationenreihe herabgesetzt: $Mg > K > Ca$; bei 0.01 n.K. gilt die umgekehrte Reihe:$Ca > K > Mg$; beide Reihen stimmen aber nicht mit derjenigen bei Avena überein.In kleineren Konz. ist die fördernde Wirkung von KBr u. $MgBr_2$ viel grösser bei Triticum als bei Avena.

Nitrate. Fig.97. Auch Nitrate wirken in kleineren Konz. etwas stärker fördernd auf das Gesammtwachstum bei Triticum als bei Avena. Am stärksten wird das Gesammtwachstum der Weizenkeimlinge von KNO_3 gefördert,dann folgen Na- und Mg-Nitrate.Die fördernde Wirkung des NH_4NO_3 ist aber bei Triticum viel schwächer als bei Avena. $LiNO_3$ u. NH_4NO_3 wirken in stärkeren Konz. giftig und setzen das Keimlingswachstum bis auf 0 herab.Bei der Herabsetzung in 0.1 n.K. kommt folgende Kationenreihe zur Geltung:$Li > NH_4, Na > K > Ca > Mg$.Hier setzen die einwertigen Kationen stärker als die zweiwertigen das Keimlingswachstum herab;aber schon in 0.01 n.K. hat die Reihenfolge der Kationen sich so weit verändert,dass dieser Unterschied nicht mehr besteht:$Li, NH_4 > Na > Ca > Mg > K$;also wieder eine Wechselstellung der Ionen,die durch die Veränderung der Salzkonzentrationen hervorgerufen ist.

Chloride.Fig.98. Hier tritt besonders stark zum Ausdruck ,dass KCl in mässigen und niederen Konz. das Keimlingswachstum bei Triticum viel stärker als bei Avena fördert.Sonst aber stimmt die Wirkung der Chloride bei Triticum und Avena in den Hauptzügen überein.

Sulfate. Fig.99. In 0.1 n.K. ist die Wirkung der Sulfate bei Tri-

ticum und Avena ziemlich gleich,nur die Giftwirkung des Li_2SO_4,die wir bei Avena gesehen haben,ist bei Triticum mehr oder weniger verschwunden.Sonst bleibt auch hier dieselbe Kationenreihe wie bei Avena: $Li > NH_4 > K > Mg$.

In mässigen und niederen Konz. ist die fördernde Wirkung der Sulfate bei Triticum viel stärker als bei Avena.Am stärksten wird das Keimlingswachstum bei Triticum von K_2SO_4 u. $MgSO_4$ gefördert;die Wirkung des $(NH_4)_2SO_4$,welche bei Avena in der Förderung den ersten Platz eingenommen hatte,ist bei Triticum aber viel schwächer als die der anderen Sulfate.Die Kationenreihen sind bei der Förderung ziemlich unkonstant; so z.B. bei 0.001 n.K.:$K > Na > Mg > NH_4 > Li$ bei der 0.0005 n.K. aber : $K > NH_4 > Na > Mg > Li$.

Die Wirkung der Anionen. Fig.100.

Zuerst sehen wir,dass die K-Salze in mässigen und niederen Konz. das Gesammtwachstum der Weizenkeimlinge viel stärker als das der Haferkeimlinge fördern können.Die Wirkung von K_2SO_4 und KCl in dieser Beziehung ist bei Triticum besonders auffallend.In 0.001 n.K. fördern die K-Salze nach folgender Reihe der Anionen:$Cl \quad SO_4 > H_2PO_4 > Br > NO_3 > CNS$, also abgesehen von Cl - nach der umgekehrten lyotropen Reihe.

In höheren Konz. gehen die Wirkungslinien bei Triticum weniger kokordant als bei Avena,darum sind die Ionenreihen bei Triticum viel mehr von den Konzentrationen abhängig als bei Avena.In 0.1 n.K. kommt jedoch die lyotrope Reihenfolge der Anionen in der Herabsetzung des Gesammtwachstums bei Triticum wieder zum Ausdruck:$CNS > NO_3 > Cl > Br > SO_4 > H_2PO_4$.

Zusammenfassung.

Aus den vorigen Versuchsanalysen geht hervor,dass

1)die Wirkung der Neutralsalzkonzentrationen auf das Coleoptil- und Wurzelwachstum der Getreidekeimlinge nicht die gleiche ist.Einige Salzgruppen,z.B. Nitrate,u.K-Salze begünstigen mehr das Coleoptilwachstum,andere - wie Sulfate u. Mg-Salze - wieder das Wurzelwachstum. Ausserdem fallen die optimalen Konzentrationen der einzelnen Salze beim Coleoptil- und Wurzelwachstum nicht immer zusammen.

2)Die Keimlinge der verschiedenen Getreidearten sind verschieden empfindlich gegen die einzelnen Salze und ihre Konzentrationen. Die Wurzeln von Avena sind in den meisten Fällen empfindlicher gegen die höheren Salzkonzentrationen als diejenigen von Triticum.Dagegen wird

das Coleoptilwachstum der Weizenkeimlinge von höheren Salzkonzentrationen mehr als bei Roggen und Hafer herabgesetzt.

3)Die Wirkung der einzelnen An- und Kationen ist von den Salzkonzentrationen abhängig.Die verschiedenen Ionenreihen haben ihre Geltung nur bei einer bestimmten Salzkonzentration. Die Wirkungsreihen der Salzionen können bei anderen Konzentrationen nur dann übereinstimmen,wenn die Wirkungslinien durch die verschiedenen Konzentrationen konkordant laufen.Das ist aber nicht immer der Fall,weil diese Wirkungslinien kurvenförmig gehen und darum sehr oft kreuzen.Ausserdem ist die Ionenwirkung von Eigenschaften des Plasmas abhängig und darum bei anderen Pflanzenarten wieder verschieden.

4)Bei der positiven Salzwirkung muss man bei optimaler Konzentration nicht nur die Höhe,sondern auch die Breite der Wirkung berücksichtigen. Einige Salze,wie Chloride,Sulfate,Phosphate(auch Nitrate beim Coleoptilwachstum) - können eine positive Wirkung in grösserem Konzentrationsumfang ausüben; dagegen ist das positive Wirkungsfeld bei anderen s.g. "giftigen" Salzen (Rhodanide,NH_4 - u. Ba-Salze) sehr begrenzt und nur in den niedrigsten Konzentrationen ausgeprägt.

5)Viele Salzionen haben eine spezifische Wirkung auf das Wachstum der Coleoptile oder auf die Wurzeln der Getreidekeimlinge.So wird das Coleoptilwachstum,wie schon gesagt,von K u. NO_3 - Ionen stark gefördert und von Li,NH_4 und CNS-Ionen herabgesetzt;das Wurzelwachstum aber von SO_4,auch von Cl u. NH_4-Ionen begünstigt und von NO_3-Ionen stark gehemmt. Auf die Bildung von Wurzelhaaren wirken begünstigend SO_4 u. NO_3-Ionen.

6)Die maximalen Grössen des Wachstums wurden in folgenden Salzlösungen erzielt:

Hafer:a)Coleoptilwachstum :0.01 n.KNO_3 - 121.8%, 0.01 n.$NH_4NO_3$115.4%.

b)Wurzelwachstum:0.001 n.$(NH_4)_2SO_4$ 117.5%.

c)Gesammtwachstum:0.001 n.$(NH_4)_2SO_4$ 111.1%.

Weizen:a)Coleoptilw.:0.005 n.KNO_3 127.3%,0.001 KCl 126.8%.

b)Wurzelw.:0.005 n. K_2SO_4 125.1%,0.001 n. KCl 123.7%.

0.001 n.$(NH_4)_2SO_4$ 119.5%.

c)Gesammtw: 0.001 n. KCl 125.5%,0.005 n. K_2SO_4 123.6%.

Roggen:Coleoptilw.:0.05 n. KNO_3 134.0%.

0.005 n. KCl 123.6%,0.05 n. KH_2PO_4 123.2%.

Versuche mit Lens esculenta.

Es wäre weiter von Interesse zu wissen, wie die Neutralsalze in Abhängigkeit von Konzentration auf das Keimlingswachstum bei eiweisshaltigen Leguminosensamen wirken und ob dort Verschiedenheiten vorkommen, durch welche man die Frage der Salzwirkung event. lösen kann. In diesem Sinne habe ich meine Untersuchungen mit Linsenkeimlingen fortgesetzt. Diese Versuche wurden analog mit den vorigen ausgeführt, und über die Versuchstechnik ist in einem der vorigen Abschnitte gesprochen worden. Hier möchte ich nur auf folgende Punkte hinweisen: 1) Es wurde gewöhnliches, aus einer Berliner Samenhandlung gekauftes Saatgut (keine reine Linie!) gebraucht; dadurch könnte man sich die etwas grösseren Variationsschwankungen (Stengel!) bei diesen Versuchen erklären. Der mittlere Variationsfehler (δ) betrug beim Stengelwachstum hier $\pm$ 6.18%, bei Wurzel - $\pm$ 4.03%.

2) In den ersten 7 Tagen bei 18.0°C hat sich bei Linsenkeimlingen nur eine einzige Wurzel ohne Verzweigung (Nebenwurzel) entwickelt (siehe die Foto-Aufnahme!); dadurch wurden die Messungen und Berechnungen bedeutend vereinfacht. 3) Die Stengellänge wurde bei Linsenkeimlingen von der Ansatzstelle der Cotyledonen bis zu der Anlage der ersten zwei Blätter, die Wurzellänge von der Ansatzstelle - bis zur Spitze - gemessen.

Die Versuchsresultate sind in den Tabellen 24-29 angegeben. Die Mittelwerte aus den bei verschiedenen Serien angestellten Kontrollversuchen sind in der letzten Tabelle 27 zu finden.

Wir sehen, dass die Linsenkeimlinge in Leitungswasser und in der Knopschen Nährlösung schwächer als in destilliertem Wasser wachsen, und dass hier das Stengelwachstum besonders stark (Leitungswasser) herabgesetzt wird. In verdünnter (1:5) Knopscher Nährlösung ist das Keimlingswachstum aber viel stärker als in destill. Wasser, welche Erscheinung darauf hindeutet, dass die Salzkonzentration in der normalen Knopschen Nährlösung für das Wachstum der Linsenkeimlinge zu hoch ist; deshalb konnte man erwarten, dass die Linsenkeimlinge ebenfalls gegen die höheren Salzkonzentrationen überhaupt empfindlicher sein sollten als die Getreidekeimlinge ; letzteres ist auch in der Tat der Fall.

NH_4-Salze. Tabelle 24. Fig. 101-105.

Die Wirkung der NH_4-Salze auf das Wachstum der Linsenkeimlinge unterscheidet sich von derjenigen bei den Getreidekeimlingen dadurch, dass

Tabelle 24.

Die Wirkung der NH_4-Salzkonzentrationen auf das Keimlingswachstum von Lens esculenta.

Temp. 18.0°C
24 St.*7.

Salze	Konz. norm.	Stengel %	Stengel +%	Wurzel %	Wurzel +%	S+W %	V W:S	Bemerkungen
NH_4CNS	0.1	-	-	-	-	-	-	Keimlinge sind tot.
	0.05	7.2	0.97	14.4	0.86	12.5	5.85	
	0.01	83.5	5.35	79.4	5.80	80.4	2.70	
	0.005	88.0	6.28	94.2	3.08	92.6	3.00	
	0.001	94.7	4.57	95.2	3.44	95.6	2.93	
	0.0005	98.2	6.06	96.1	3.33	96.1	2.80	
	0.0001	100.0	5.07	96.4	3.45	97.4	2.73	
NH_4NO_3	0.1	15.3	2.85	32.9	2.72	28.2	6.22	
	0.05	52.6	5.13	58.9	2.95	57.3	3.12	
	0.01	82.0	4.65	80.7	5.21	80.1	2.77	
	0.005	90.3	6.03	85.5	5.88	87.0	2.70	
	0.001	100.7	6.23	90.6	3.87	93.5	2.52	
	0.0005	106.6	5.62	92.0	3.82	95.6	2.44	
	0.0001	100.0	5.15	95.0	3.21	96.5	2.70	
NH_4Cl	0.1	50.7	5.42	36.6	2.98	40.0	2.06	
	0.05	63.5	6.33	60.3	3.22	60.8	2.70	
	0.01	75.8	6.90	74.9	4.32	75.1	2.83	
	0.005	84.2	7.25	86.8	4.53	85.3	2.92	
	0.001	94.6	7.40	95.5	3.55	95.0	2.84	
	0.0005	99.1	6.28	103.9	3.84	101.7	3.03	
	0.0001	100.0	6.04	111.7	4.68	109.5	3.10	
$(NH_4)_2SO_4$	0.1	49.0	5.08	45.7	3.07	46.5	2.60	
	0.05	72.5	6.36	70.9	3.76	71.0	2.77	
	0.01	90.0	4.41	86.4	2.78	87.3	2.72	
	0.005	98.5	6.70	98.5	4.56	98.5	2.83	
	0.001	107.9	6.13	109.2	2.92	109.0	2.87	
	0.0005	107.9	5.70	114.1	3.88	112.5	3.00	
	0.0001	100.1	6.18	105.2	3.23	103.4	2.97	
$(NH_4)H_2PO_4$	0.1	39.5	3.86	36.7	2.50	37.5	2.60	
	0.05	59.4	6.53	68.8	4.47	65.4	3.28	
	0.01	87.5	7.12	94.3	4.05	92.5	3.07	
	0.005	96.5	6.89	98.4	3.36	97.8	2.89	
	0.001	101.9	6.53	101.6	3.72	101.7	2.82	
	0.0005	115.6	5.16	102.9	3.27	107.2	2.52	
	0.0001	99.5	6.12	100.9	3.87	100.8	2.88	

Tabelle 25.

Die Wirkung der K-Salzkonzentrationen auf das Keimlingswachstum von Lens esculenta.

Temp.18.0°C
24 St.x7.

Salze	Konz. norm.	Stengel %	Stengel δ ±%	Wurzel %	Wurzel δ ±%	S+W %	V W:S	Bemerkung
KCNS	0.1	11.0	1.15	18.0	1.48	16.9	4.91	
	0.05	45.2	1.00	39.6	1.56	41.0	2.48	
	0.01	76.0	7.90	65.6	2.17	68.5	2.50	
	0.005	91.8	9.32	78.0	2.58	81.9	2.41	
	0.001	112.7	6.20	99.3	6.10	102.6	2.49	
	0.0005	107.3	8.70	100.8	2.49	102.6	2.69	
	0.0001	99.5	4.47	102.8	4.33	101.5	2.92	
KBr	0.1	45.7	7.24	46.8	3.08	46.5	3.00	
	0.05	75.3	8.23	69.6	4.98	71.0	2.64	
	0.01	102.8	8.20	88.5	4.00	92.0	2.49	
	0.005	113.4	6.50	100.3	5.61	104.0	2.55	
	0.001	109.7	5.20	102.6	5.34	104.2	2.66	
	0.0005	106.5	6.11	100.0	3.42	101.6	2.68	
	0.0001	100.2	4.52	98.5	3.90	98.8	2.78	
KCl	0.1	15.2	2.37	59.7	2.90	48.2	11.29	
	0.05	46.4	1.83	88.2	4.21	77.3	5.45	
	0.01	69.4	4.95	104.0	3.30	94.5	4.23	
	0.005	89.4	5.35	113.1	3.16	106.7	3.58	
	0.001	100.0	6.20	108.6	3.96	105.8	3.07	
	0.0005	98.8	6.36	107.1	4.36	104.4	3.10	
	0.0001	98.8	5.30	105.7	3.85	104.2	3.05	
KNO_3	0.1	24.3	5.21	45.3	3.63	39.8	5.27	
	0.05	52.6	8.38	68.4	4.32	64.2	3.72	
	0.01	70.0	6.90	83.5	3.63	79.5	3.38	
	0.005	88.2	6.95	95.3	4.05	93.5	3.08	
	0.001	100.2	5.30	105.3	3.76	102.6	2.93	
	0.0005	101.8	5.96	107.5	4.38	105.6	2.98	
	0.0001	98.4	5.61	100.0	3.87	99.5	2.88	
K_2SO_4	0.1	18.2	2.78	51.4	6.00	42.6	8.05	
	0.05	65.0	4.15	87.3	6.98	81.2	3.81	
	0.01	101.4	5.40	115.7	5.10	111.5	3.23	
	0.005	112.1	9.40	118.6	5.50	117.4	3.03	
	0.001	106.0	6.45	110.2	4.48	108.9	2.96	
	0.0005	102.1	5.36	104.6	4.75	104.0	2.84	
	0.0001	100.0	5.28	100.1	5.05	100.1	2.84	

Tabelle 26.

Die Wirkung der K- und Na-Salzkonzentrationen auf das Keimlingswachstum von Lens esculenta.

Temp. 18.0°C
24 Si. x 7.

Salze	Konz. norm.	Stengel %	Stengel δ ±%	Wurzel %	Wurzel δ ±%	S+W %	V W:S	Bemerkung.
KH_2PO_4	0.1	50.1	5.65	66.7	6.73	62.2	3.77	
	0.05	88.9	6.72	84.2	5.46	85.2	2.68	
	0.01	113.5	6.96	97.5	4.78	101.2	2.42	
	0.005	125.6	7.50	108.2	5.22	112.6	2.48	
	0.001	120.1	7.62	105.3	4.20	109.1	2.49	
	0.0005	114.0	7.00	103.8	4.31	106.1	2.58	
	0.0001	112.3	5.63	101.7	4.24	103.0	2.50	
K_2HPO_4	0.1	69.1	5.60	70.4	4.95	70.0	2.90	
	0.05	83.9	9.41	86.0	5.50	85.2	2.94	
	0.01	91.2	7.79	90.2	4.90	90.4	2.82	
	0.005	96.9	8.75	93.8	5.25	94.8	2.74	
	0.001	98.7	6.60	97.9	4.10	98.3	2.78	
	0.0005	100.0	7.37	99.4	4.27	99.5	2.82	
	0.0001	101.2	4.20	100.2	3.30	100.6	2.78	
$NaNO_3$	0.1	48.4	6.54	43.4	2.68	44.4	2.60	
	0.05	68.1	3.92	62.6	3.08	64.0	2.62	
	0.01	86.2	7.42	75.4	4.74	78.0	2.48	
	0.005	92.7	4.90	87.1	4.75	88.4	2.67	
	0.001	101.9	6.60	95.8	5.03	97.0	2.68	
	0.0005	102.0	8.50	98.7	4.50	99.5	2.75	
	0.0001	98.2	7.07	101.5	5.21	100.3	2.92	
NaCl	0.1	29.8	3.03	63.6	2.42	54.6	6.06	
	0.05	58.3	4.81	80.1	3.80	74.1	3.95	
	0.01	78.2	8.12	92.4	3.84	88.5	3.36	
	0.005	90.0	5.60	98.3	3.31	95.8	3.07	
	0.001	102.7	7.42	105.8	3.81	104.4	2.92	
	0.0005	100.1	4.88	103.9	3.37	102.6	2.94	
	0.0001	96.0	7.70	103.0	3.55	101.0	3.06	
NaH_2PO_4	0.1	69.2	7.08	71.8	4.04	71.3	2.97	
	0.05	91.2	8.72	90.5	4.55	90.7	2.82	
	0.01	108.0	6.20	97.3	4.71	100.8	2.57	
	0.005	121.1	7.66	103.2	3.26	107.1	2.43	
	0.001	126.6	7.91	110.8	4.43	114.4	2.51	
	0.0005	120.0	6.36	107.2	4.60	110.2	2.55	
	0.0001	119.8	5.98	104.3	3.32	108.1	2.49	

Tabelle 27.

Die Wirkung der Li- und Mg-Salzkonzentrationen auf das Wachstum von Lens esculenta.

Temp. 18.0°C
24 St. x7

Salze	Konz. norm.	Stengel		Wurzel		S+W	V	Bemerkungen
		%	δ ±%	%	δ ±%	%	W:S	
$LiNO_3$	0.1	-	-	-	-	-	-	Keimlinge sind tot.
	0.05	-	-	-	-	-	-	
	0.01	40.0	6.83	28.5	2.48	31.6	2.03	
	0.005	75.3	7.00	65.4	4.27	68.3	2.45	
	0.001	105.5	7.60	97.0	5.20	98.7	2.62	
	0.0005	104.4	8.71	100.0	6.05	101.1	2.72	
	0.0001	102.2	8.34	101.2	3.23	101.4	2.81	
LiCl	0.1	-	-	-	-	-	-	Keimlinge sind tot.
	0.05	-	-	-	-	-	-	
	0.01	61.3	8.80	26.5	1.83	35.5	1.21	
	0.005	70.9	8.02	58.3	3.62	61.6	2.34	
	0.001	85.2	5.56	84.5	3.58	85.0	2.82	
	0.0005	88.7	8.60	110.9	5.20	104.9	3.56	
	0.0001	98.4	6.26	107.1	3.30	104.8	3.09	
Li_2SO_4	0.1	-	-	-	-	-	-	Keimlinge sind tot.
	0.05	-	-	-	-	-	-	
	0.01	29.6	6.10	17.9	1.97	20.8	2.67	
	0.005	57.5	4.62	44.1	2.84	47.6	1.73	
	0.001	80.6	6.54	74.1	3.54	76.0	2.18	
	0.0005	100.6	5.21	90.0	4.33	92.9	2.61	
	0.0001	103.1	5.42	96.9	5.13	98.4	2.53	
$Mg(NO_3)_2$	0.1	73.3	6.55	38.8	2.65	47.8	1.50	
	0.05	105.2	5.38	58.6	3.38	70.8	1.58	
	0.01	109.1	6.80	78.6	4.42	86.6	2.05	
	0.005	115.0	6.41	90.4	3.85	96.0	2.23	
	0.001	108.9	6.22	98.8	4.65	101.0	2.58	
	0.0005	105.2	5.68	108.8	3.73	107.5	2.93	
	0.0001	100.0	7.50	109.3	5.00	106.8	3.09	
$MgCl_2$	0.1	75.6	8.50	61.2	4.43	64.8	2.31	
	0.05	105.9	6.63	83.8	4.46	89.4	2.25	
	0.01	110.8	6.98	94.2	5.08	98.4	2.42	
	0.005	116.5	5.32	103.3	3.83	106.8	2.53	
	0.001	121.8	7.16	101.8	3.40	106.3	2.37	
	0.0005	126.8	6.26	100.2	3.58	107.8	2.26	
	0.0001	119.8	6.14	98.3	3.86	103.9	2.17	

Tabelle 28.

Die Wirkung der Mg-, Ba- u. Ca-Salzkonzentrationen auf das Keimlingswachstum von Lens esculenta.

Temp. 18.0°
24 St. x 7

Salze	Konz. norm.	Stengel %	Stengel δ ±%	Wurzel %	Wurzel δ ±%	S+W %	V W:S	Bemerkungen
$MgSO_4$	0.1	77.4	7.80	53.8	3.67	60.0	1.97	
	0.05	98.1	7.63	77.4	4.20	82.9	2.25	
	0.01	116.7	6.02	96.5	5.41	101.6	2.36	
	0.005	126.3	6.12	102.8	5.58	108.6	2.31	
	0.001	128.7	4.04	104.0	3.78	110.2	2.28	
	0.0005	124.5	5.62	106.0	3.41	110.7	2.42	
	0.0001	105.2	5.49	107.1	4.30	106.5	2.89	
$BaCl_2$	0.1	36.4	6.80	-	-	-	-	Wurzeln sind sehr schwach; Spitzen - tot.
	0.05	61.7	7.26	19.1	2.00	30.2	0.88	
	0.01	85.7	6.72	50.3	3.62	59.5	1.67	
	0.005	90.0	8.05	70.0	5.18	75.3	2.21	
	0.001	95.7	7.32	96.7	3.48	96.2	2.87	
	0.0005	100.0	6.40	111.6	3.99	108.3	3.15	
	0.0001	103.5	6.23	104.2	4.16	104.1	2.87	
$Ba(NO_3)_2$	0.1	28.6	3.30	-	-	-	-	Wurzeln ± tot.
	0.05	61.2	6.71	28.6	1.96	36.7	1.22	
	0.01	90.8	6.09	59.8	3.77	68.0	1.87	
	0.005	105.6	5.72	81.6	3.43	87.6	2.17	
	0.001	102.8	7.63	97.1	3.64	98.5	2.69	
	0.0005	100.8	7.00	98.0	3.22	98.5	2.75	
	0.0001	98.7	6.86	99.4	4.20	98.8	2.87	
$Ca(CNS)_2$	0.1	11.0	3.36	18.8	2.44	16.7	4.85	Stengel sehr schwach.
	0.05	29.8	3.43	58.3	3.15	50.8	5.56	
	0.01	65.7	7.88	85.2	5.05	80.1	3.70	
	0.005	98.9	7.42	109.4	4.18	106.1	3.13	
	0.001	119.0	5.81	112.3	2.96	113.7	2.67	
	0.0005	110.0	6.82	111.6	3.85	110.4	2.88	
	0.0001	102.0	6.22	104.8	3.62	103.9	2.92	
$CaBr_2$	0.1	76.7	4.32	66.3	5.45	69.0	2.44	
	0.05	92.7	6.40	81.9	5.00	84.3	2.52	
	0.01	104.7	6.94	98.0	4.24	99.3	2.64	
	0.005	111.0	5.88	101.7	3.93	103.4	2.63	
	0.001	113.8	7.00	103.5	3.78	105.7	2.58	
	0.0005	104.7	3.55	99.1	4.72	100.4	2.67	
	0.0001	103.0	6.93	97.8	5.20	99.0	2.69	

Tabelle 29.

Die Wirkung der Ca-Salzkonzentrationen und Kontroll-lösungen auf das Keimlingswachstum von Lens esculenta. Temp. 18.0°C 24 St. x7

Lösungen	Konz. norm.	Stengel %	Stengel $\delta \pm$%	Wurzel %	Wurzel $\delta \pm$%	S+W	V W:S	Bemerkungen
$CaCl_2$	0.1	49.0	4.12	38.1	3.72	40.6	2.27	
	0.05	73.6	7.69	60.3	4.61	65.6	2.43	
	0.01	93.2	7.22	78.1	6.38	81.8	2.48	
	0.005	97.6	5.45	92.5	3.82	93.6	2.69	
	0.001	99.1	6.50	98.5	3.52	98.7	2.82	
	0.0005	102.2	6.20	103.2	4.50	102.9	2.87	
	0.0001	100.0	5.15	106.4	5.26	104.5	3.02	
$Ca(NO_3)_2$	0.1	50.9	6.35	56.4	3.91	55.1	3.17	
	0.05	69.4	5.82	73.1	4.75	72.2	2.98	
	0.01	74.7	6.75	84.0	4.76	81.4	3.20	
	0.005	85.2	7.28	93.2	5.21	90.9	3.12	
	0.001	94.5	6.10	100.7	4.55	99.1	3.03	
	0.0005	102.2	7.50	108.3	3.96	106.6	3.02	
	0.0001	104.8	6.12	102.1	3.26	102.5	2.77	
$Ca(H_2PO_4)_2$	0.1	52.8	5.92	84.6	4.84	75.5	4.71	
	0.05	78.1	8.42	95.4	4.80	90.8	3.50	
	0.01	93.5	6.00	101.7	4.43	99.1	3.08	
	0.005	102.8	6.21	104.4	3.45	103.8	2.87	
	0.001	101.7	7.03	107.1	5.62	105.5	3.00	
	0.0005	100.0	6.41	109.4	4.03	106.6	3.09	
	0.0001	99.3	5.60	103.3	3.52	102.0	2.95	

Lösungen		Stengel cm.	Stengel %	Stengel $\delta \pm$%	Wurzel cm.	Wurzel %	Wurzel $\delta \pm$%	S+W cm.	S+W %	V
Aq. dest.		3.00	100.0	5.63	8.5	100.0	4.26	11.5	100.0	2.83
Leit.-w.		2.60	86.6	5.86	7.8	91.7	4.36	10.4	90.4	3.0
Knopsche N.L.	1/1 n.K.	2.70	90.0	6.31	8.0	94.1	4.20	10.7	93.0	2.96
Knop.N.L.	1/5 n.K.	3.30	113.3	5.74	8.7	102.3	3.62	12.0	104.3	2.64

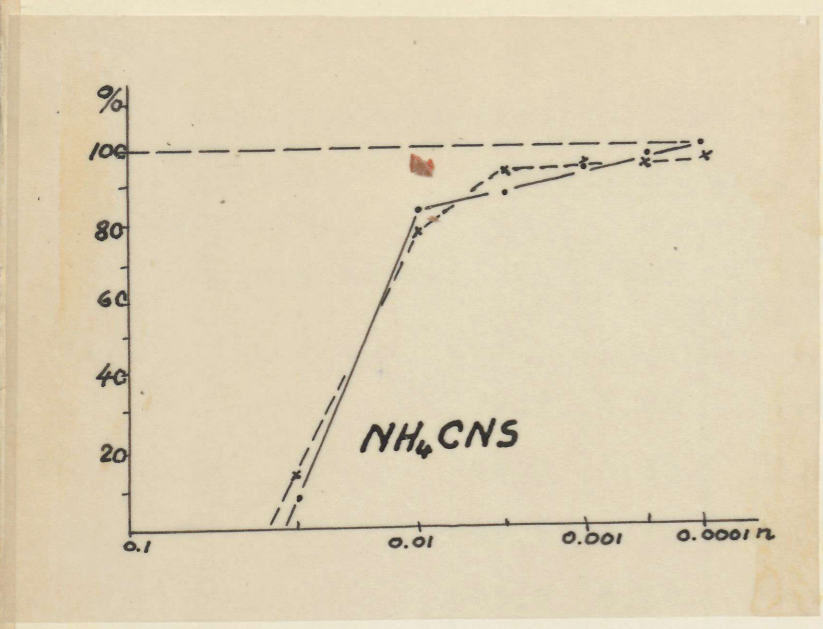


Fig. 101

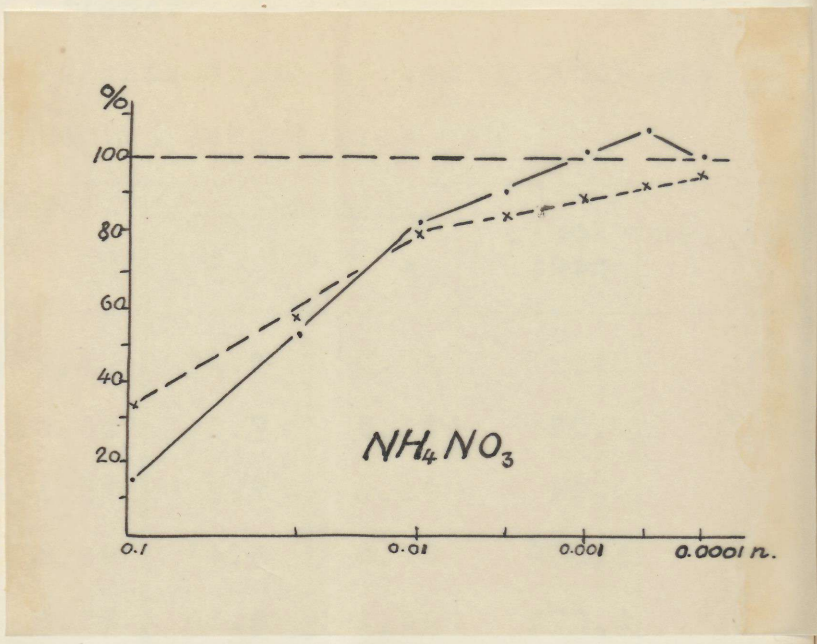


Fig. 102

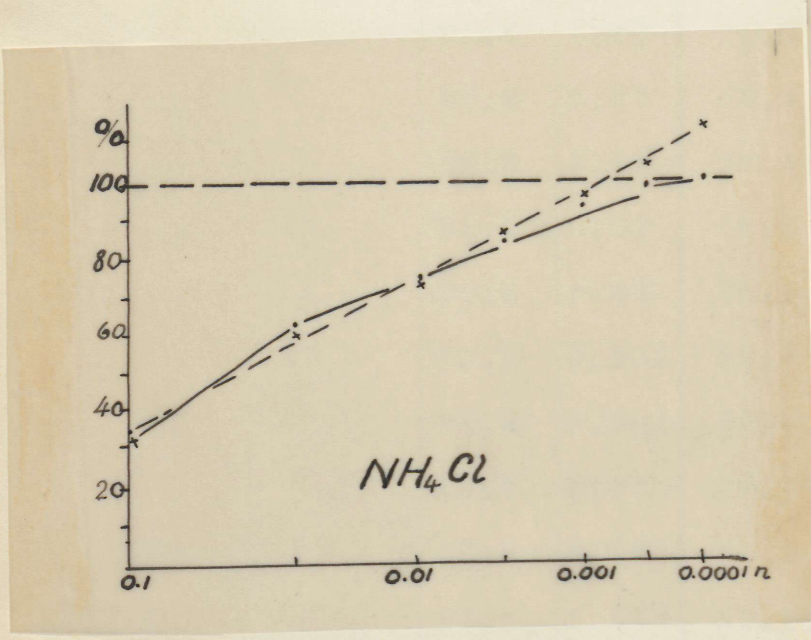


Fig. 103.

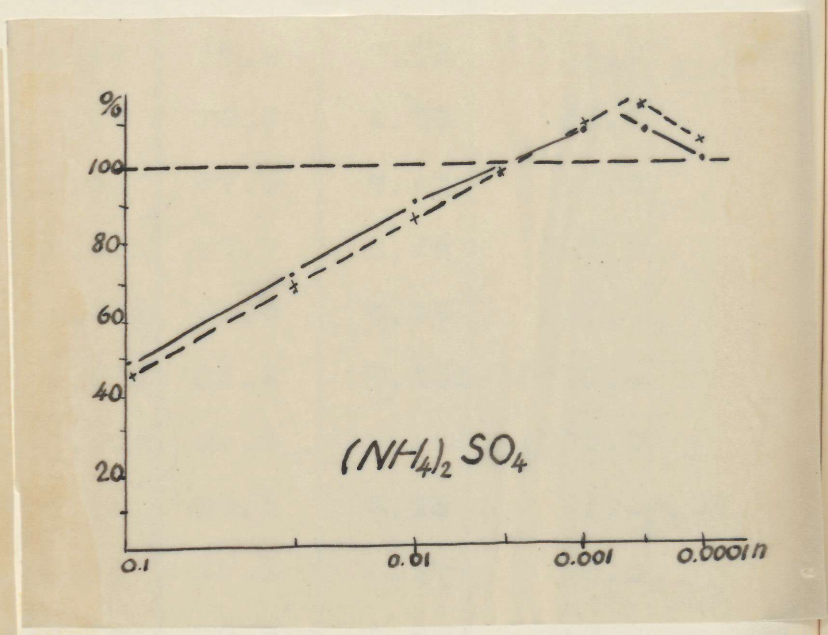


Fig. 104.

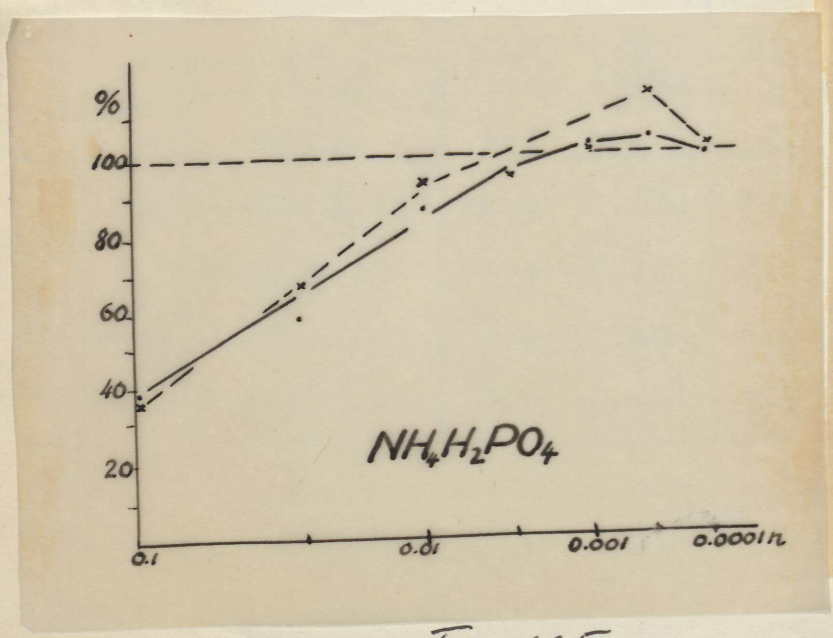


Fig. 105

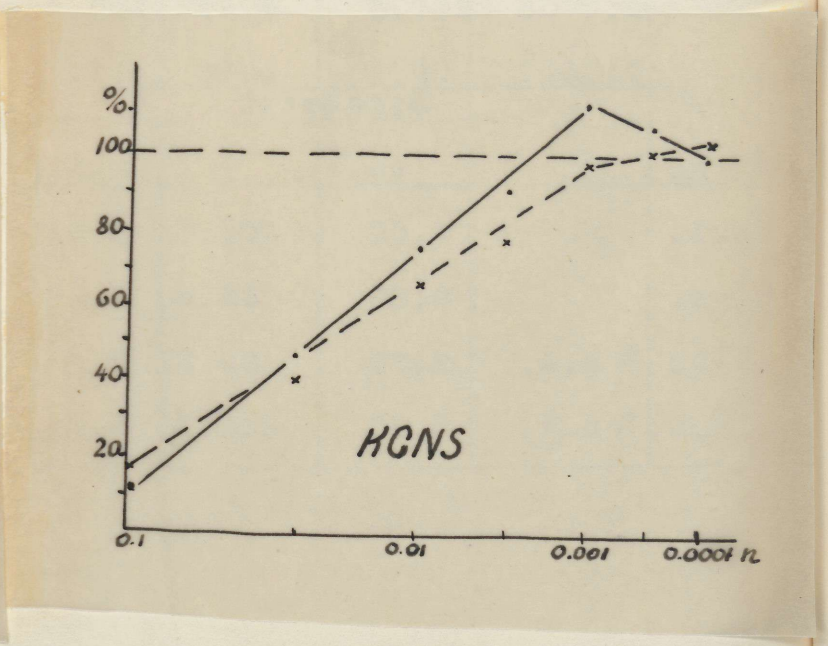


Fig. 106.

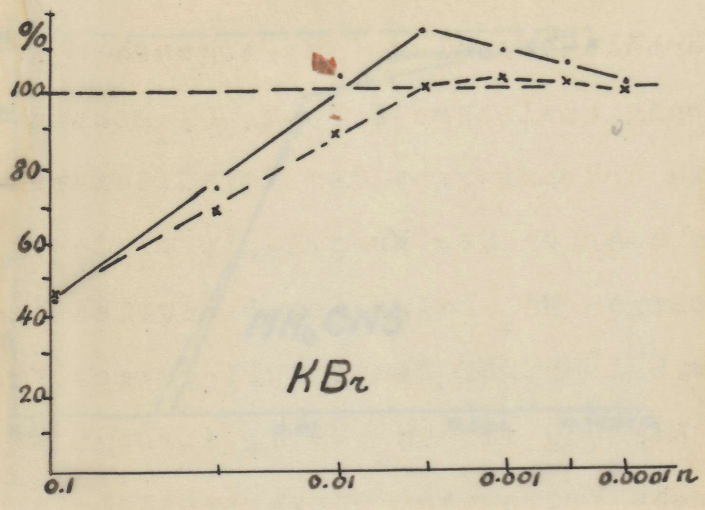


Fig. 107

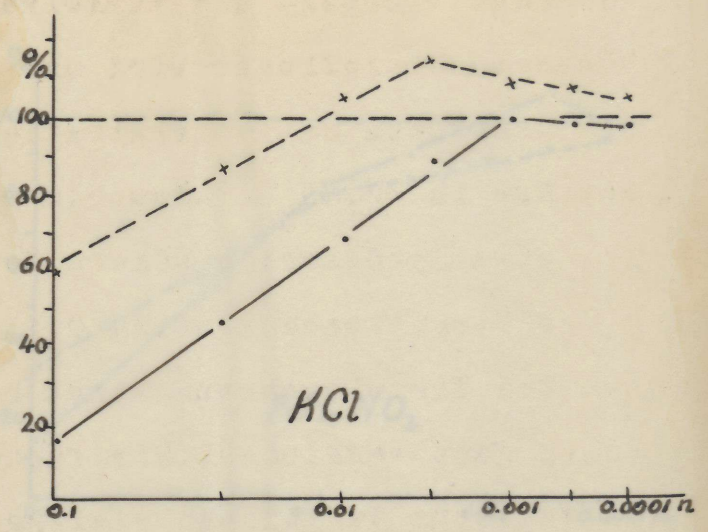


Fig. 108

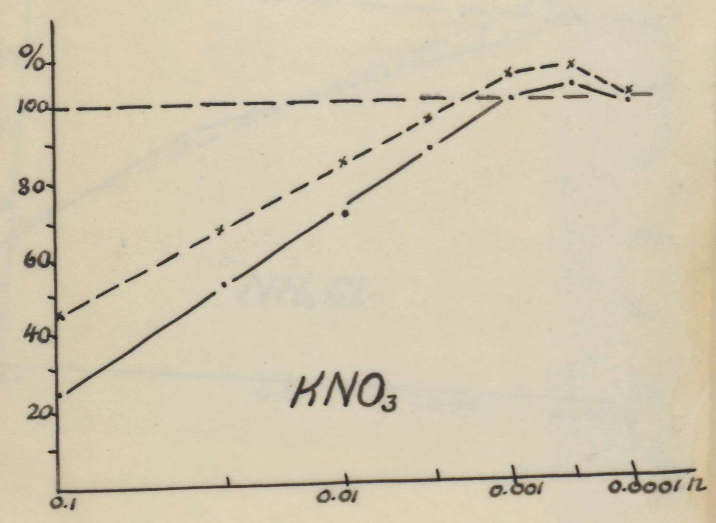


Fig. 109

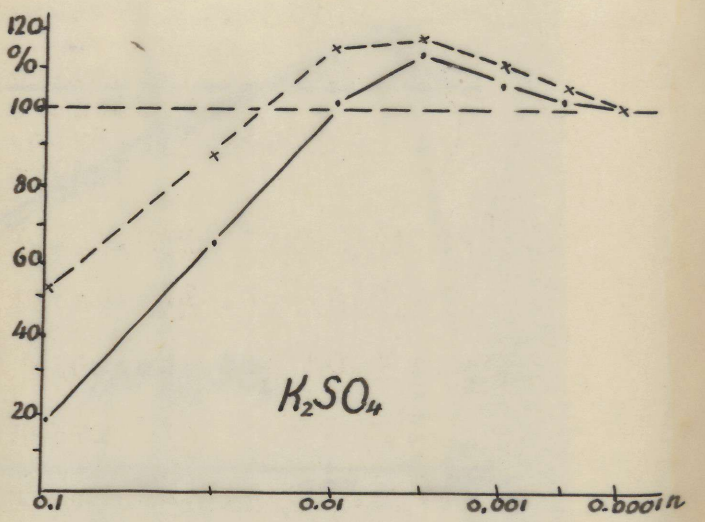


Fig. 110

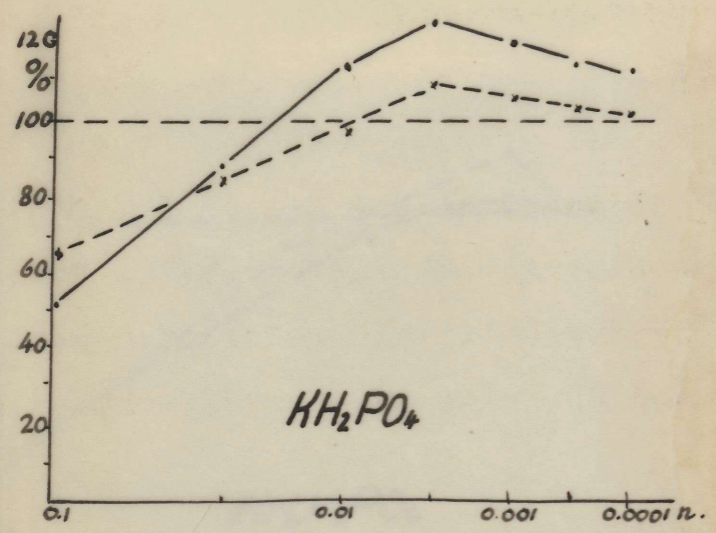


Fig. 111

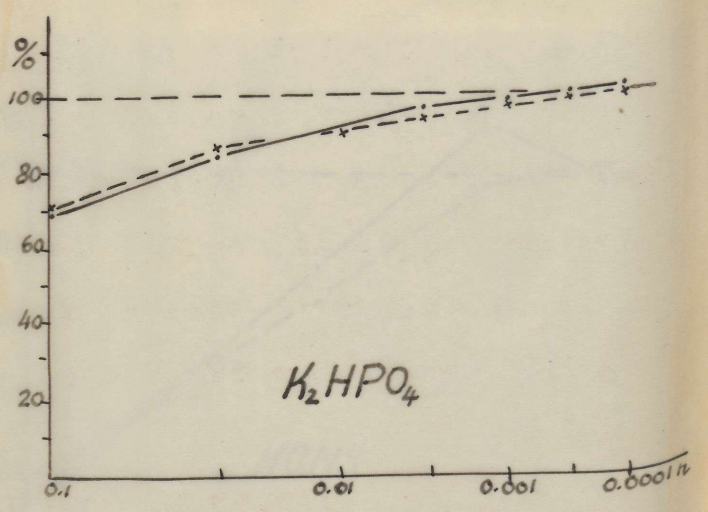


Fig. 112.

hier das Stengel- und Wurzelwachstum gleichmässiger von verschiedenen Lösungen beeinflusst wird und die Verhältniszahlen (V), abgesehen von den stärksten Salzkonzentrationen, wenig (zwischen 2.50-3.00) schwanken. Nur in NH_4NO_3 - Lösungen sind die Schwankungen der Verhältniszahlen etwas grösser: in höhern Konz. zu Gunsten des Wurzel-, in niederen - des Stengelwachstums. In 0.1 n.K. setzen NH_4-Salze das Stengelwachstum und Wurzelwachstum stark herab, wobei NH_4CNS das Keimlingswachstum sogar ganz verhindert. Die fördernde Wirkung der NH_4-Salze äussert sich im Wachstum der Linsenkeimlinge in sehr begrenzten Konzentrationsintervallen und kommt stärker zur Geltung bei Wurzeln- als bei Stengeln. Nach den Anionen ist die NH_4-Salzwirkung folgende:

Stengelwachstum: in 0.1 n.K. hemmen: $CNS > NO_3 > H_2PO_4 > SO_4 > Cl$

in 0.01 n.K. hemmen: $Cl > NO_3 > CNS > H_2PO_4 > SO_4$

in 0.001n.K. hemmen: CNS u. Cl
fördern: $SO_4 > H_2PO_4 > NO_3$

in 0.0005n.K. hemmen: $CNS > Cl$
fördern: $H_2PO_4 > SO_4 > NO_3$

Wurzelwachstum: in 0.1 n.K. hemmen: $CNS > NO_3 > Cl, H_2PO_4 > SO_4$

in 0.01n.K. hemmen: $Cl > CNS > NO_3 > SO_4 > H_2PO_4$

in 0.001n.K. hemmen: $NO_3 > CNS, Cl$
fördern: $SO_4 > H_2PO_4$

in 0.0001n.K. hemmen: $NO_3 > CNS$
fördern: $Cl > SO_4 > H_2PO_4$

Daraus sehen wir, 1) dass die Anionenreihen bei NH_4-Salzen von den Salzkonzentrationen abhängen und 2) dass die Ionen auf das Stengel- und Wurzelwachstum spezifisch wirken. Das Wurzelwachstum wird in stärkeren Konz. nach der lyotropen Reihenfolge der Anionen, resp. nach der Geschwindigkeit des Eindringens der Ionen ins Zellplasma, herabgesetzt, das Stengelwachstum aber nicht (Abweichungen in der Stellung von Cl und CNS). In niederen Konz. setzen CNS und Cl, das Stengelwachstum herab, das Wurzelwachstum aber wird von CNS und NO_3 herabgesetzt: hierbei ist charakteristisch, dass Cl-Ion das Stengel-~~Ion~~ und NO_3- Ion das Wurzelwachstum hemmen.

K-Salze. Tab.25 u. 26. Fig.106-112.

Der Unterschied in der Wirkung auf das Stengel- und Wurzelwachstum ist bei K-Salzen noch stärker ausgeprägt als bei NH_4-Salzen. Die Verhältniszahlen sind stets $>$2.83 in allen Konz. von KNO_3, KCl u. K_2SO_4 und zeigen ein mehr günstiges Wurzelwachstum als Stengelwachstum in diesen Lösungen an. Ein relativ stärkeres Stengelwachstum (V. $<$ 2.83) sehen wir in den meisten Konz. von KCNS, KBr und KH_2PO_4 - Lösungen . Nur K_2HPO_4 wirkt

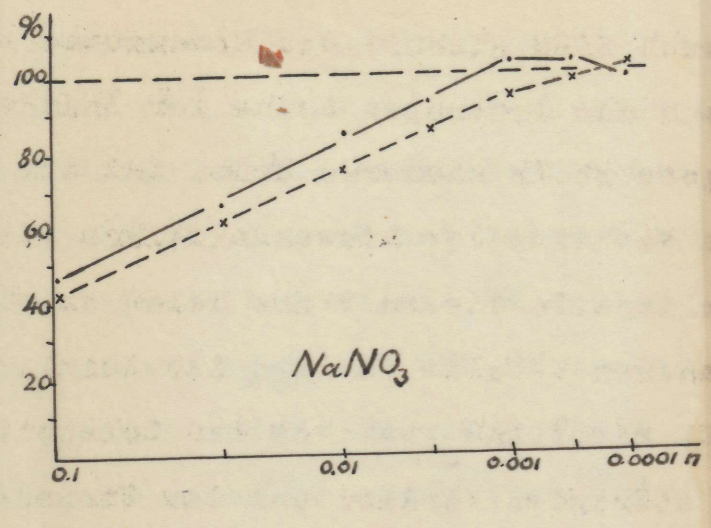


Fig. 113.

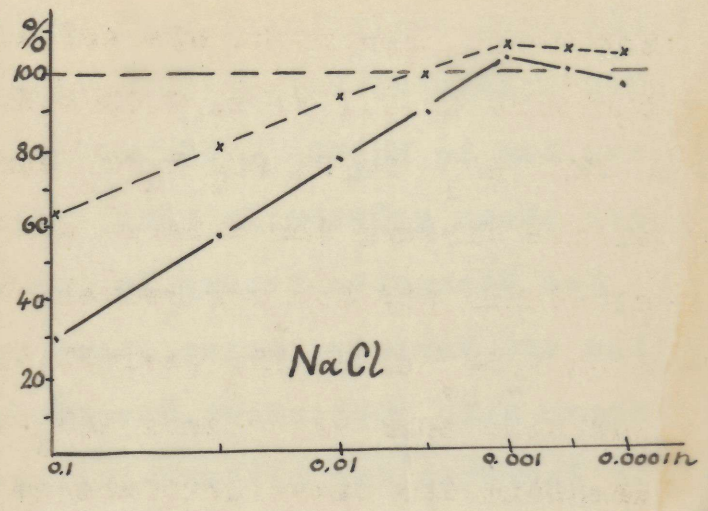


Fig. 114.

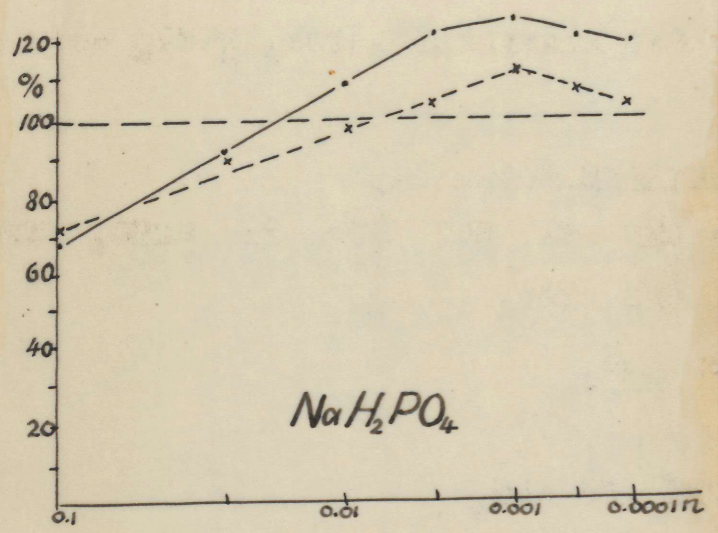


Fig. 115.

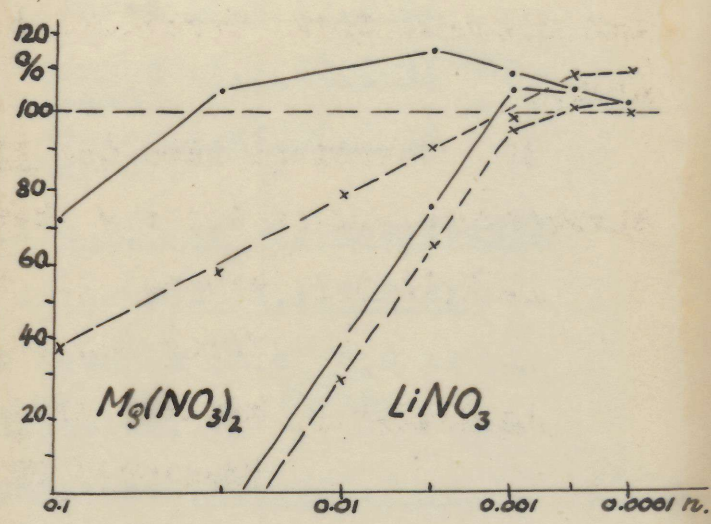


Fig. 116.

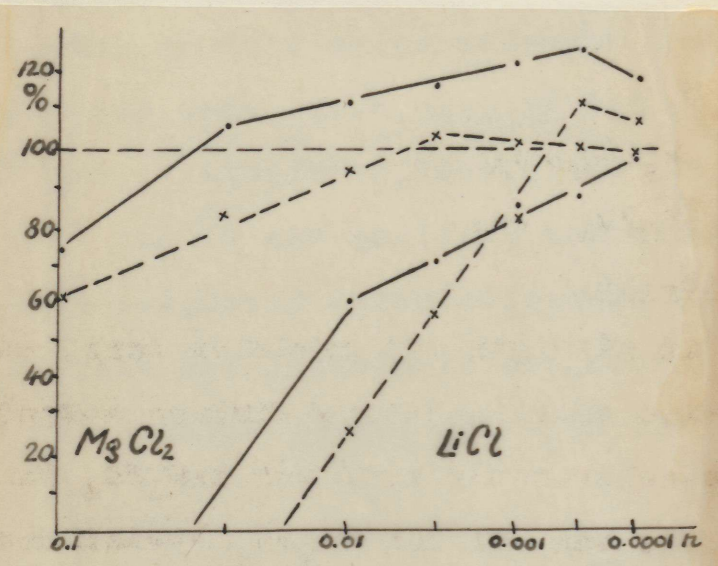


Fig. 117.

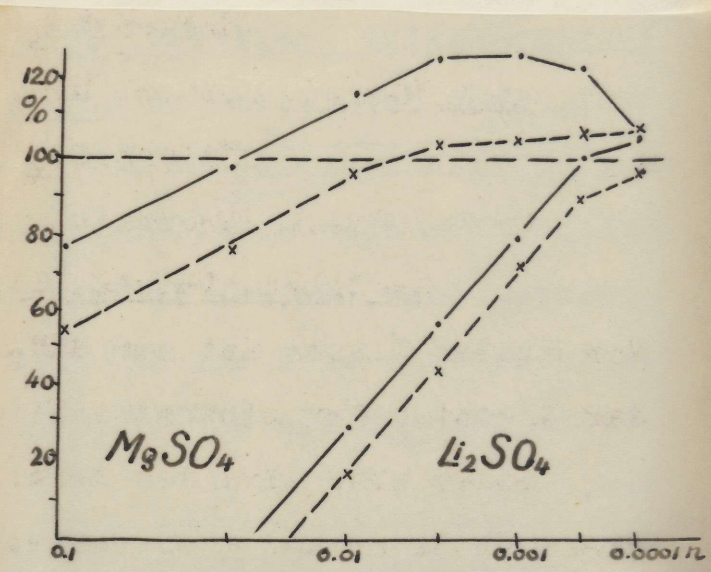


Fig. 118.

in allen Konz. ± gleich stark auf das Stengel- und Wurzelwachstum der Linsenkeimlinge.In 0.1 n.K. setzen K-Salze stark das Keimlingswachstum herab,aber nicht bis auf 0. (auch KCNS nicht!).Das Gesammtwachstum wird in 0.1 n. u. 0.05 n.K. nach der lyotropen Reihe der Anionen - $CNS > NO_3 > Br, Cl > SO_4 > H_2PO_4$ herabgesetzt.In niederen Konz. ist die positive Wirkung der K-Salze auf das Wachstum der Linsenkeimlinge viel schwächer als das der Getreidekeimlinge.In diesem Sinne haben am stärksten K_2SO_4 u. KH_2PO_4 gewirkt;die anderen K-Salze fördern das Keimlingswachstum sehr wenig,auch KNO_3 u.KCl nicht.KNO_3,welches das Coleoptilwachstum der Getreidekeimlinge am stärksten fördert und das Wurzelwachstum herabgesetzt hat,wirkt hier gerade umgekehrt,und KCl setzt das Stengelwachstum ebenfalls in allen Konz.herab.Auch die Wirkung von KH_2PO_4 u. K_2HPO_4 ist eine stark abweichende:KH_2PO_4 fördert in mässigen und niederen Konz. besonders stark das Stengelwachstum,K_2HPO_4 aber gar nicht.

Eine Übersicht nach der Wirkung der Anionen:

Stengelwachstum in 0.1 n.K. hemmen: $CNS > Cl > SO_4 > NO_3 > Br > H_2PO_4 > HPO_4$

in 0.01 n.K. hemmen: $Cl > NO_3 > CNS > HPO_4$

fördern: $H_2PO_4 > Br > SO_4$

in 0.001n.K. hemmt: HPO_4

fördern: $H_2PO_4 > CNS > Br > SO_4$

in 0.0001n.K. fördern: $H_2PO_4 > HPO_4 > Br$

Wurzelwachstum in 0.1 n.K. hemmen: $CNS > NO_3 > Br > SO_4 > Cl > H_2PO_4 > HPO_4$

in 0.01 n.K. hemmen: $CNS > NO_3 > Br > HPO_4 > H_2PO_4$

fördern: $SO_4 > Cl$

in 0.001n.K. hemmen: $HPO_4 > CNS$

fördern: $SO_4 > Cl > H_2PO_4, NO_3 > Br$

in 0.0001n.K. fördern: $Cl > CNS > H_2PO_4 > SO_4$

Na-Salze. Tab.26. Fig.113-115.

Von diesen Salzen hat nur NaH_2PO_4 in mässigen und niederen Konz. auf das Wachstum der Linsenkeimlinge eine stark positive Wirkung ausgeübt.

Sonst aber wird das Keimlingswachstum von NaCl und NaH_2PO_4 in gleichem Sinne und ± ebenso stark wie von KCl und KH_2PO_4 beeinflusst. $NaNO_3$ setzt mehr das Wurzel- als das Stengelwachstum herab,wodurch seine Wirkung sich von KNO_3 unterscheidet.

Li- und Mg-Salze. Tab.27 u. 28. Fig.116-118.

Von den zur Untersuchung verwendeten Neutralsalzen haben Li-Salze die

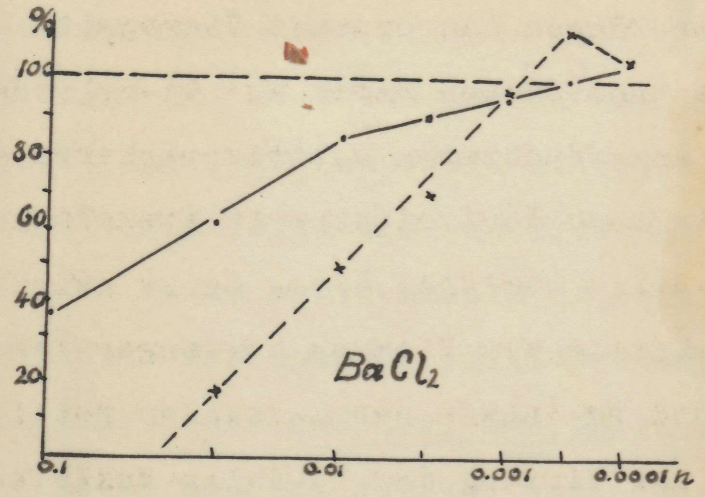


Fig. 119.

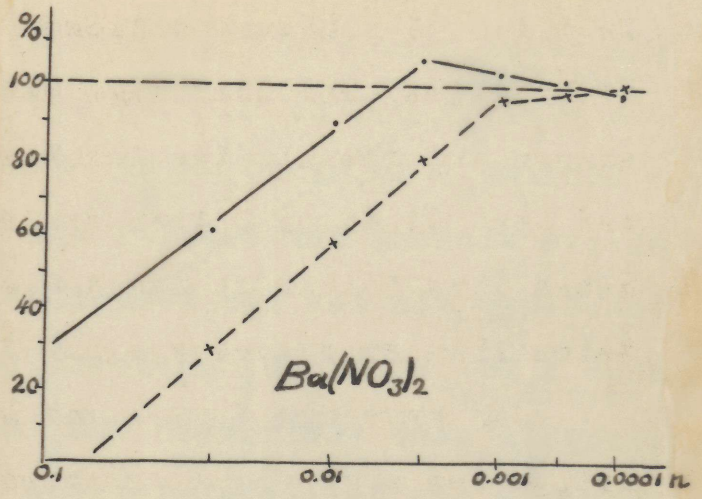


Fig. 120.

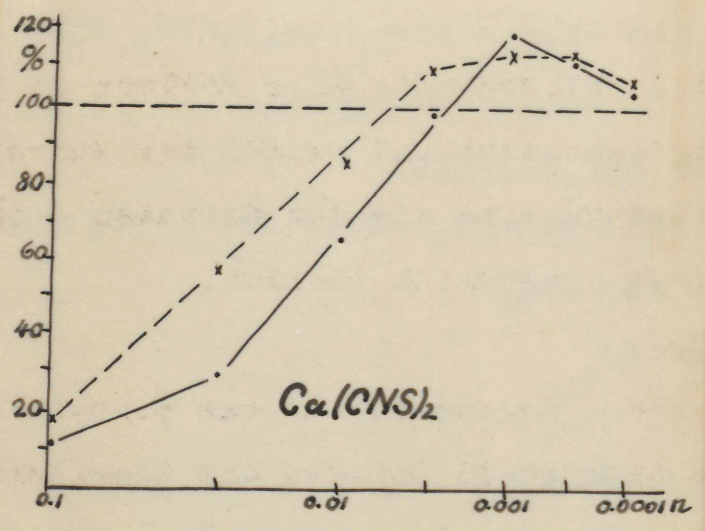


Fig. 121.

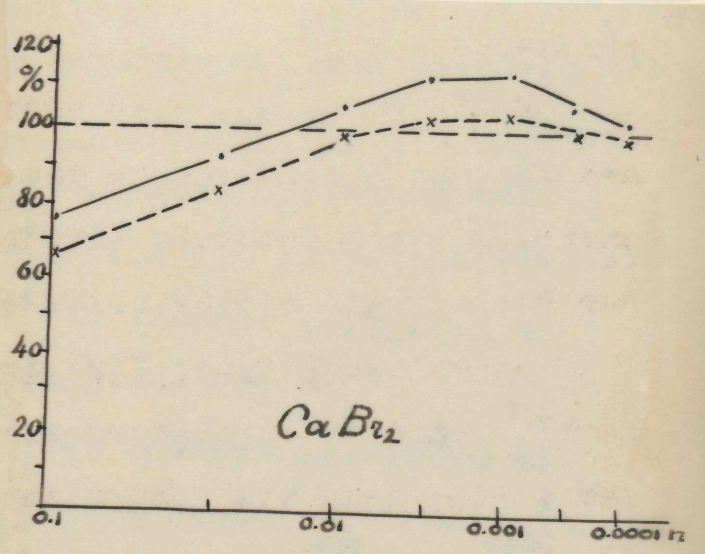


Fig. 122.

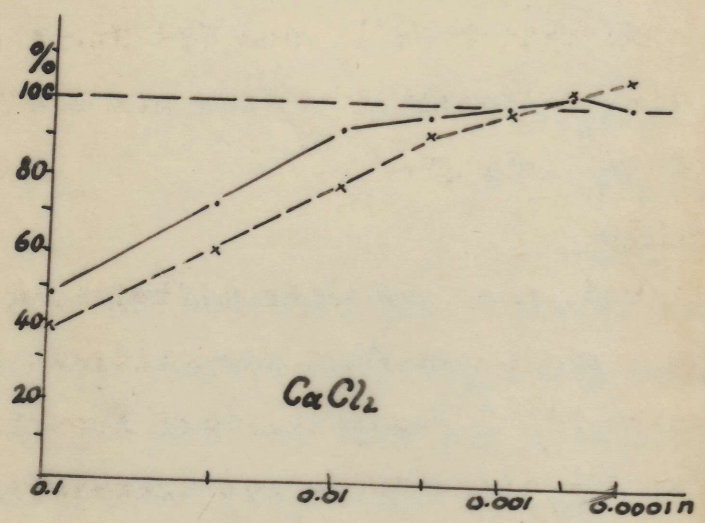


Fig. 123

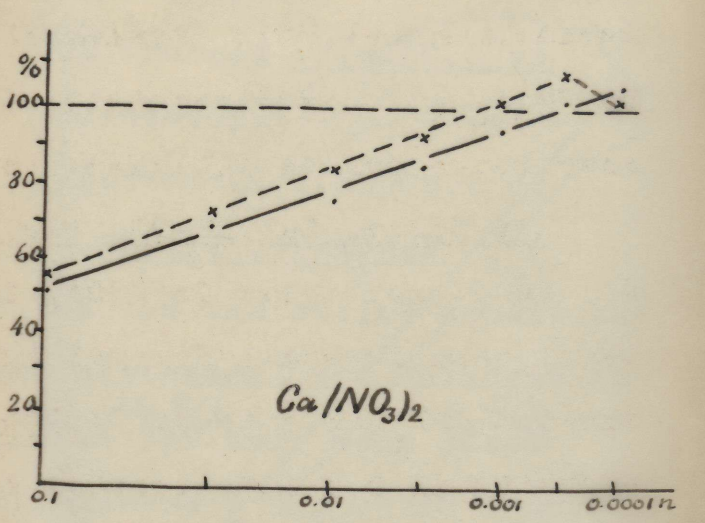


Fig. 124.

stärkste Giftwirkung auf das Wachstum der Linsenkeimlinge ausgeübt. In 0.1-0.05 n.Lösungen dieser Salze können Linsensamen überhaupt nicht keimen,und überträgt man die ungekeimten Samen aus Li-Salzlösungen auf die mit destill.Wasser angefeuchteten Filtrierpapierscheiben nach 24 St. x 3,dann werden sie auch dort nicht mehr auskeimen.Sie haben ihre Keimkraft durch die Li-Salze verloren.Diese Salze haben in Keimzellen eine irreversible Koagulation des Plasmas hervorgerufen.

Ich habe die Kurven von Li- und Mg-Salzen nebeneinander gezeichnet,um den grossen Unterschied in der Wirkung der Li-Salze schärfer zum Ausdruck zu bringen.In schwächsten Konz. können $LiNO_3$ und Li_2SO_4 das Stengelwachstum, LiCl - das Wurzelwachstum schwach begünstigen.Im ganzen wird aber mehr das Wurzel- als das Stengelwachstum von Li-Salzen herabgesetzt.

Mg-Salze zeigen eine ganz andere Wirkung.Sie alle fördern in grossem Konzentrationsumfange das Stengelwachstum und setzen das Wurzelwachstum stark herab.In dieser Beziehung sind sie den Nitraten - in ihrer Wirkung auf die Getreidekeimlinge - ziemlich ähnlich.

Ba-Salze. Tab.28. Fig.119-120.

In höheren Konzentrationen wirken sie - besonders auf das Wurzelwachstum giftig.Wenn die jungen Wurzeln nach 36-48 Stunden die Samenschale durchbrechen,krümmen sie sich bald nach oben (negativer Chemotropismus); die Wurzelspitzen nehmen dabei eine gelblich-braune Färbung an; die Zellen sind abgestorben,weil das Plasma unter der Salzwirkung erstarrt ist.Ba-Salze setzen im ganzen mehr das Wurzel- als das Stengelwachstum herab.Eine schwache Förderung zeigen $BaCl_2$ auf das Wurzel- und $Ba(NO_3)_2$ auf das Stengelwachstum; dieser Zuwachs des Stengels bleibt aber unter der Variationsgrenze und ist belanglos.

Ca-Salze. Tab.28-29. Fig.121-125.

Von Ca-Salzen zeigt $Ca(CNS)_2$ in 0.1 n.K. eine schwache Giftwirkung und setzt besonders das Stengelwachstum stark herab.Dass die giftigen Rhodanide (NH_4CNS,KCNS u. $Ca(CNS)_2$) mehr das Stengel- als das Wurzelwachstum in 0.1 n.K. herabsetzen,ist für diese Salze charakteristisch; dagegen äussert sich die Giftwirkung bei Li-Salzen mehr in der Herabsetzung des Wurzelwachstums.Von 0.005 n.K. an fördert $Ca(CNS)_2$ aber das Stengel- wie auch das Wurzelwachstum.

$CaBr_2$ und $CaCl_2$ setzen in stärkeren Konz. mehr das Wurzel- als das Stengelwachstum herab.Von 0.01 n.K. ruft $CaBr_2$ ein stärkeres Stengel-

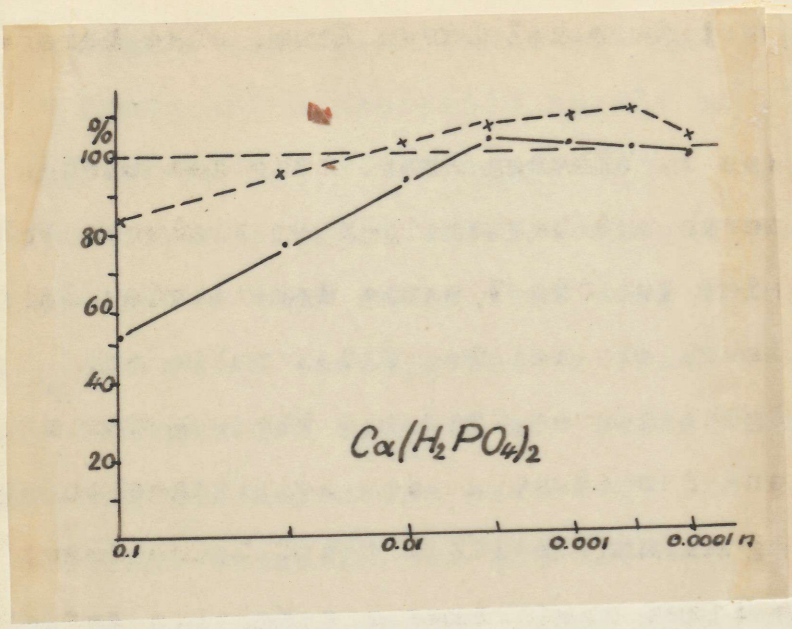


Fig. 125.

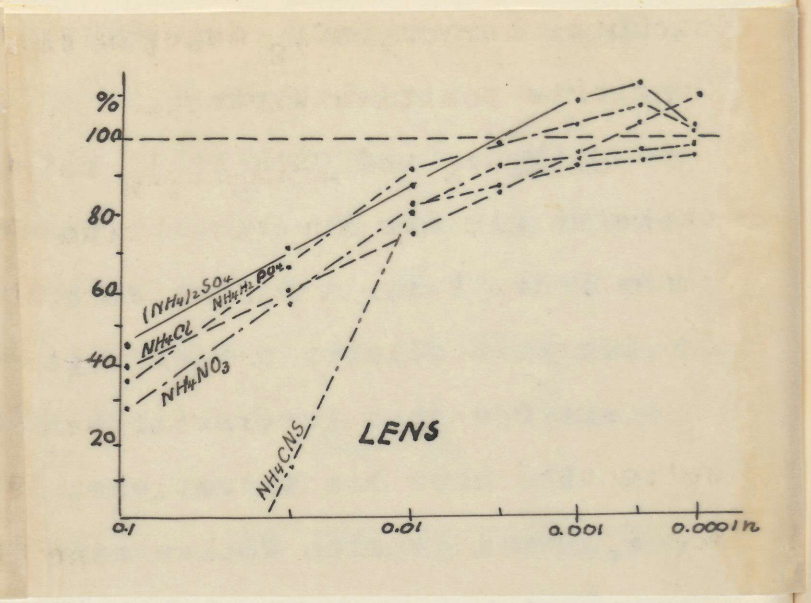


Fig. 126.

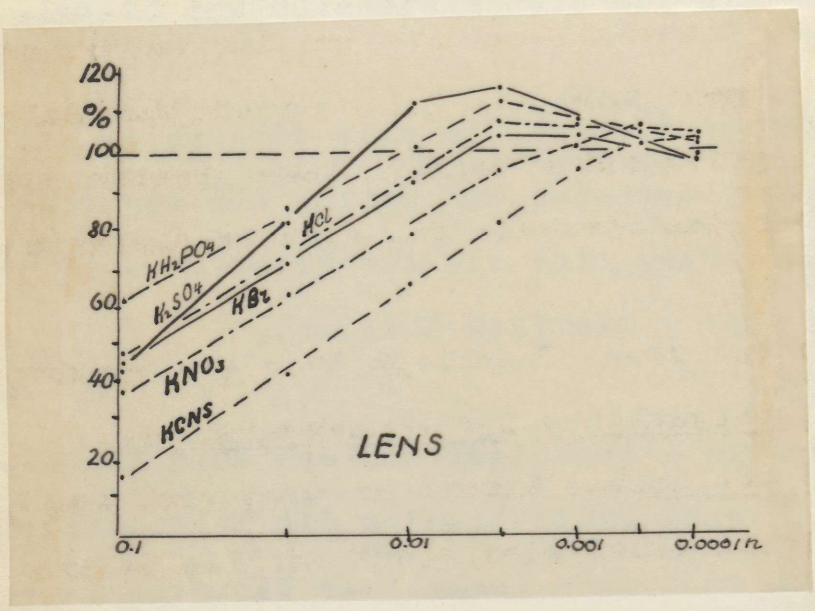


Fig. 127

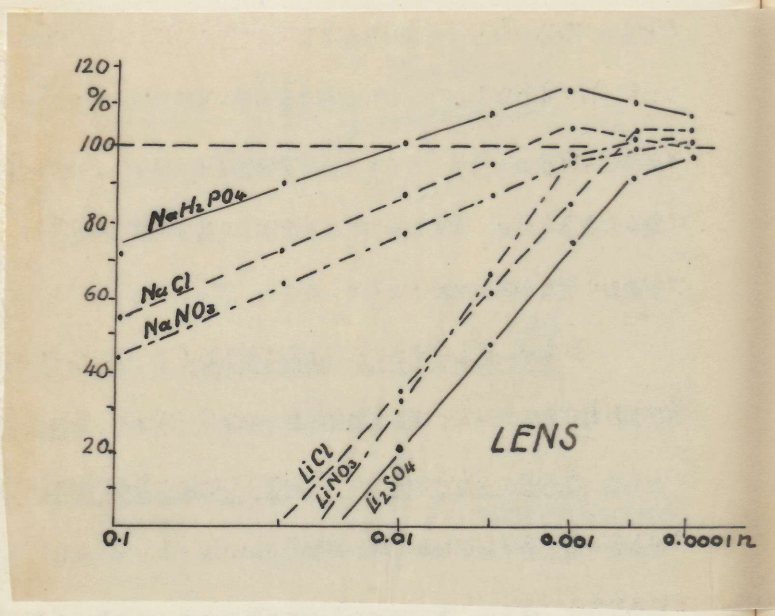


Fig. 128

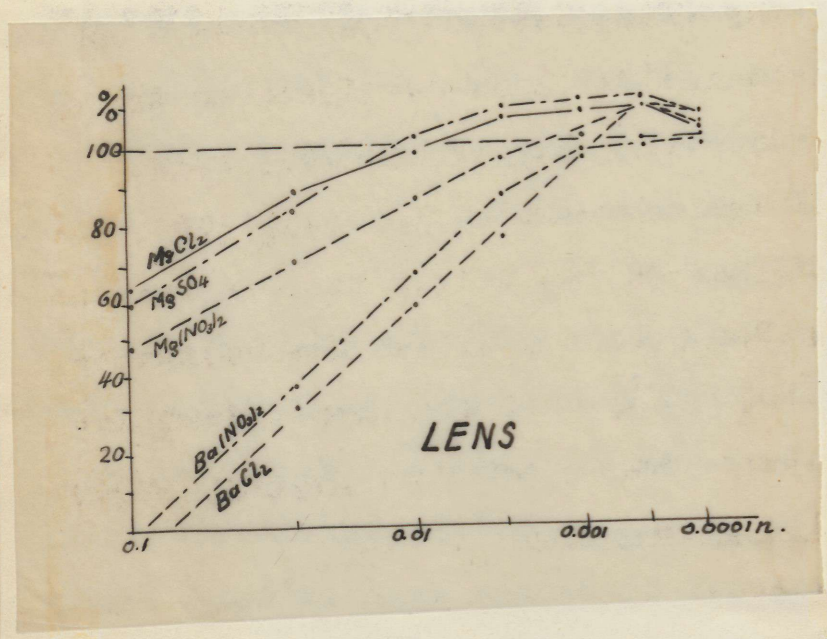


Fig. 129.

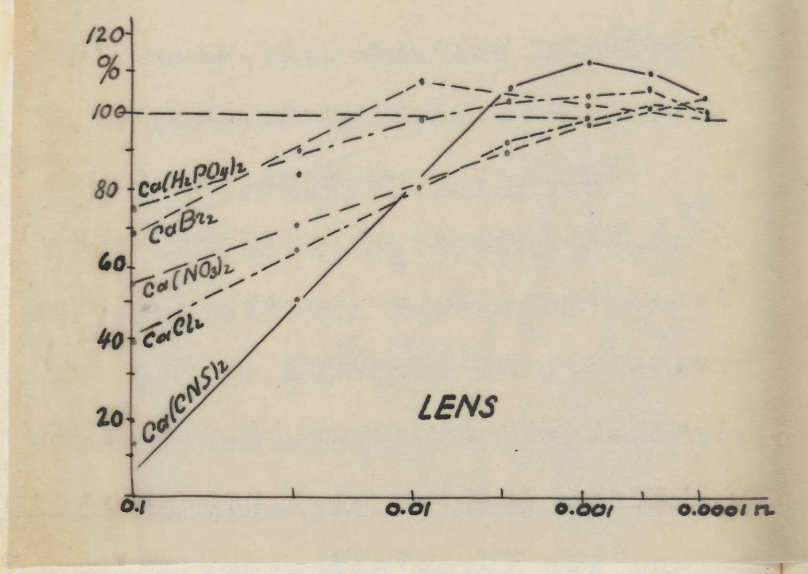


Fig. 130.

wachstum hervor, $CaCl_2$ dagegen bleibt in schwächeren Konz. ohne bemerkenswerte positive Wirkung.

$Ca(NO_3)_2$ und $Ca(H_2PO_4)_2$ setzen in höheren Konz. mehr das Stengelwachstum als das Wurzelwachstum herab und begünstigen in niederen Konz. schwach das Wurzelwachstum. Auch hier ist die Wirkung der letzten Salze bei Linsenkeimlingen gerade umgekehrt als bei Getreidekeimlingen.

Aus diesen Versuchsanalysen geht hervor, dass die Wirkung der Neutralsalze und ihrer Konzentrationen auf das Wachstum der Keimlingselemente von Linsen in vielen Fällen eine ganz andere ist als auf Getreidekeimlinge. Der Hauptunterschied jedoch liegt darin, dass die K-Salze und Nitrate auf das Stengelwachstum bei Linsen kaum eine positive Wirkung ausüben können. Sonst wird aber das Wachstum der Keimlingselemente bei Linsen von Salzkonzentrationen viel einheitlicher als bei den Getreidearten beeinflusst, was daraus hervorgeht, dass die Unterschiede der Salzwirkung auf das Wurzel- und Stengelwachstum weniger hervortreten und die optimalen Salzkonzentrationen für das Stengel- und Wurzelwachstum meistens zusammenfallen.

Die Figuren 126-133 geben uns einen Überblick über die Wirkung der Salzkonzentrationen auf das Gesammtwachstum der Linsenkeimlinge.

Fig.126. Die Wirkung der NH_4-Salze. Die Kurven kreuzen sich bei NH_4-Salzen mehrmals, wodurch die Anionenreihen hier stark von den Salzkonzentrationen beeinflusst werden. In 0.1 n.K. wird das Keimlingswachstum nach den Anionen - $CNS \gg NO_3 > Cl > H_2PO_4 > SO_4$ - herabgesetzt; in 0.01 n.K. aber nach der Reihenfolge : $Cl > CNS, NO_3 > SO_4 > H_2PO_4$. Die erste Reihe ist eine lyotrope Reihe und eine typische Hemmungsreihe, die zweite - eine Übergangsreihe zur Förderung. Weshalb die Stellung der Ionen in den Übergangsreihen sich verändert hat, darüber wird später die Rede sein.

In kleineren Konz. wird das Keimlingswachstum von $(NH_4)_2SO_4$, $NH_4H_2PO_4$ und NH_4Cl gefördert; NH_4CNS und NH_4NO_3 zeigen aber in verwendeten Konz. keine positive Wirkung. Bei 0.0005 n.K. ist die Wirkungsreihe der Anionen: $SO_4 > H_2PO_4 > Cl > NO_3 > CNS$, wobei die ersten drei Ionen das Keimlingswachstum fördern. Diese Reihe ist eine umgekehrte Hemmungsreihe, also eine umgekehrte lyotrope Reihe.

Fig.127. Die Wirkung der K-Salze.

Abgesehen von K_2SO_4 - gehen die Kurven hier konkordant, deshalb bleibt die Reihenfolge der Anionen bis zu den schwächsten Konz. konstant. Die

Hemmungsreihe der Anionen in 0.05 n.K. ist eine reine lyotrope : $CNS > NO_3 > Br > Cl > SO_4, H_2PO_4$, die Förderungsreihe - in 0.005 n. aber eine umgekehrte Hemmungsreihe : $SO_4 > H_2PO_4 > Cl > Br > NO_3 > CNS$, bei welcher nur die zwei letzten Ionen hemmend wirken. Im ganzen ist die Wirkung der NH_4 u. K-Salze ziemlich ähnlich. Im speziellen aber ist die positive Wirkung der K-Salze viel grösser und in breiterem Konzentrationsumfange als bei NH_4-Salzen ausgeprägt.

Fig.128. Die Wirkung von Na- und Li-Salzen.

Man kann hier den grossen Unterschied in der Wirkung der beiden Salze sehen: alle Li-Salze sind in stärkeren Konzentrationen giftig und setzen das Keimlingswachstum mehr herab als die Na-Salze.

Die Wirkungslinien von Na-Salzen gehen konkordant; bei der Hemmung (0.1-0.01 n.) ist die Stärke der Anionen - $NO_3 > Cl > H_2PO_4$, bei der Förderung - eine umgekehrte. ($NaNO_3$ zeigt hier keine fördernde Wirkung.).

Li-Salze. Ausser der starken Giftigkeit ist bei Li-Salzen noch bemerkenswert, dass die Folge der Ionen in der Reihe hier eine ganz andere ist als bei NH_4-, K- und bei Na-Salzen. Hier wird das Keimlingswachstum am stärksten von Li_2SO_4 herabgesetzt und die typische Hemmungsreihe der Anionen ist: $SO_4 > NO_3 > Cl$ (0.05-0.01 n.). Dass Sulfation das Keimlingswachstum mehr als die anderen Anionen herabsetzt, haben wir bei anderen Salzen nicht beobachtet. Wohl kommt aber diese Erscheinung bei Li-Salzen auch bei Avena und Triticum vor, so dass man sie bei Linsen nicht als einen Zufall ansehen kann. So sind die Anionenreihen nach der Herabsetzungsstärke : für Avena - Coleoptile. $SO_4 > Cl > NO_3$ und Wurzel - $NO_3 > SO_4 > Cl$; bei Triticum - für Coleoptile und Wurzel - $NO_3 > SO_4 > Cl$. Jedenfalls wenn die Hemmungsstärke des SO_4-Ions hier auch nicht immer die stärkste ist, dann stets stärker als die des Cl-Jons.

Fig.129. Die Wirkung von Mg u. Ba-Salzen auf das Gesammtwachstum der Linsenkeimlinge. Aus dem Kurvenverlauf sehen wir, dass Ba-Salze viel stärker als Mg-Salze das Keimlingswachstum in höheren Konzentrationen herabsetzen, also viel giftiger wirken. In schwächeren Konz. ruft $BaCl_2$ eine leichte Förderung des Wachstums hervor, $Ba(NO_3)_2$ - aber nicht. Mg-Salze setzen in 0.1-0.05 n.K. das Keimlingswachstum nach der Anionenreihe - $NO_3 > SO_4 > Cl$ herab; auch hier wirkt SO_4-Ion stärker als

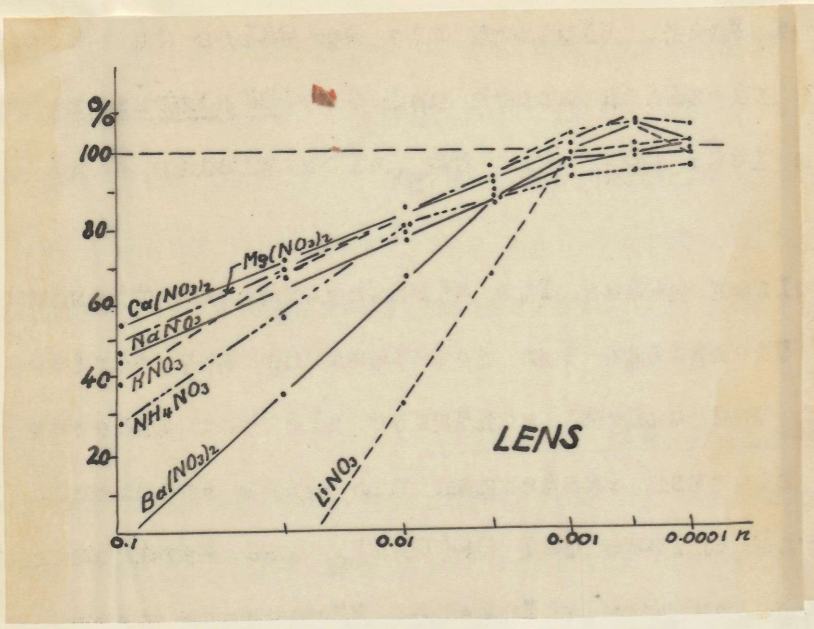


Fig. 131

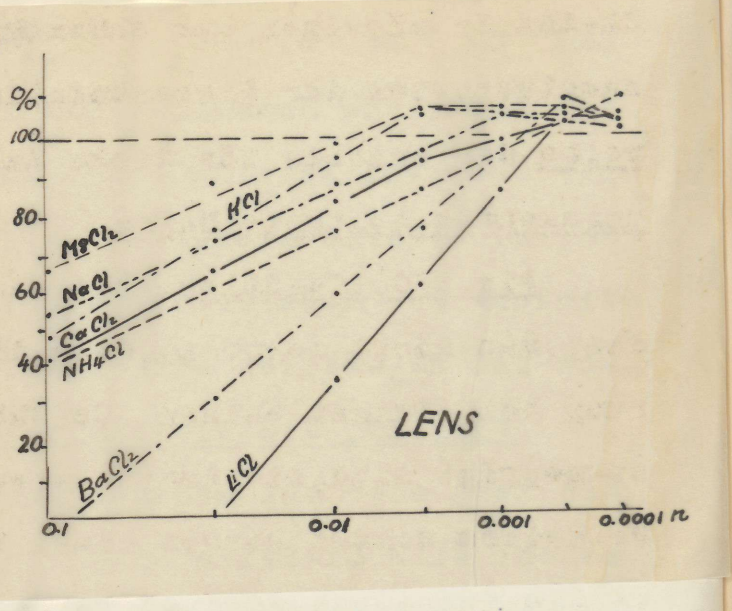


Fig. 132.

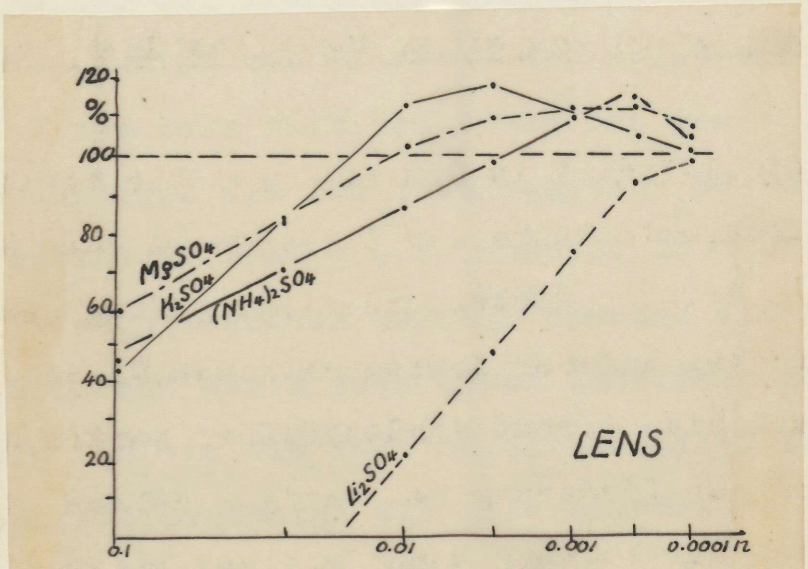


Fig. 133.

Cl-Ion.In mässigen und schwacheren Konz. fördern die Mg-Salze das Gesammtwachstum der Linsenkeimlinge ziemlich stark und die Förderungsreihe der Anionen für diese Salze ist: $SO_4 > Cl > NO_3$, also wieder eine umgekehrte lyotrope Reihe.

Fig.130. Ca-Salze. Bei Ca-Salzen gehen die Wirkungsreihen diskordant.Das hängt davon ab,dass die Übergänge von der Hemmung zur Förderung bei einigen Salzen ($Ca(CNS)_2$ und CaBr2) schärfer als bei anderen ausgeprägt sind,die Kurven etwas stärker ansteigen und sich kreuzen. Besonders scharf kommen diese Verhältnisse bei $Ca(CNS)_2$ zum Ausdruck, wo die Kurve von der stärksten Hemmung zur stärksten Förderung quer über die anderen läuft.Die Hemmungsreihe der Anionen für die Ca-Salze (0.1 n.) ist:$CNS \gg Cl > NO_3 > Br > H_2PO_4$.In kleineren Konz. rufen Ca-Salze (abgesehen von $CaCl_2$) eine schwache Förderung des Keimlingswachstums hervor,wobei $Ca(CNS)_2$ am stärksten wirkt.

Die Fig.131-133. geben uns einen Überblick über die Wirkung der Kationen.

Für Nitrate (Fig.131)gilt in 0.1 n.K. bei der Herabsetzung des Keimlingswachstums folgende Reihe der Kationen:$Li \gg Ba \gg NH_4 > K > Na > Mg > Ca$, wo Li u. Ba am stärksten wirken und stark giftig sind.Diese Ionenreihe verändert sich bei anderen Konzentrationen.Diese Veränderung der Ionenreihen kann auch hier darauf zurückgeführt werden,dass der Übergang von der Hemmung zur Förderung bei einigen Salzen (KNO_3 und $Ba(NO_3)_2$) etwas kontrastreicher zur Geltung kommt als bei anderen.In niederen Konzentrationen wird von KNO_3,$Mg(NO_3)_2$ u. $Ca(NO_3)_2$ eine schwache Förderung des Wachstums hervorgerufen.

Kationenwirkung bei Chloriden.Fig.132.

Die Wirkung der Chloride ist sehr einheitlich in dem Sinne,dass sie alle in stärkeren Konzentrationen das Gesammtwachstum von Linsenkeimlingen hemmen und in schwächeren fördern.Auch gehen die Kurven hier,besonders an der Hemmungsseite,ziemlich konkordant;hier kreuzen sich nur die Wirkungslinien von KCl mit NaCl und NH_4Cl mit $BaCl_2$.Das Keimlingswachstum wird von Chloriden in höheren Konz. im allgemeinen nach folgender Kationenreihe herabgesetzt:$Li \gg Ba \gg NH_4 > Ca > K, Na\ Mg$. In dieser Reihe stehen die ein- und zweiwertigen Ionen durcheinander.

In niederen Konz. wird das Wachstum von $MgCl_2$ und KCl in ziemlich breitem,von anderen Chloriden in engerem Konzentrationsumfange,gefördert.

Die Wirkungsreihe von Kationen ist hier keine konstante.

Bei Sulfaten (Fig.133) ist die starke Giftigkeit des Li_2SO_4 auffallend.Die Wirkung der anderen Sulfate ist mehr gleichartig mit Chloriden:in stärkeren Konz. setzen sie das Wachstum herab,in kleineren - wirken sie fördernd. Charakteristisch ist der Kurvenverlauf von K_2SO_4 von einer ziemlich tiefen Lage der Hemmung zur stärksten Förderung. Bei diesem hohen Anstieg schreitet die K_2SO_4-Kurve quer über die Kurven von $(NH_4)_2SO_4$ und $MgSO_4$.Dieser verhältnismässig rasche Übergang von der Hemmung zur Förderung kann mit der ernährungsphysiologischen Wirkung des K-Ions in Zusammenhang gebracht werden.Für Sulfate ist die Hemmungsreihe der Kationen $Li \ggg K > NH_4 > Mg$(0.1 n.) oder $Li \ggg NH_4 > K, Mg$ (0.05 n.);bei der Förderung aber:$K > Mg > NH_4$.

Zusammenfassung.

Bei der Wirkung der Neutralsalze auf das Gesammtwachstum von Linsenkeimlingen könnten wir einige bei Getreidekeimlingen beobachteten Tatsachen wiederfinden und zu mehreren neuen Gesichtspunkten kommen.Wir haben hier die typische Hemmungsreihe (lyotrope Reihe) und Förderungsreihe (umgekehrte lyotrope Reihe) der Anionen kennen gelernt und die Übergangsreihen zwischen diesen beiden beobachtet.Wir haben gesehen, wie die Veränderung der Ionenreihen von den Ionenkonzentrationen abhängt,wie die Übergangsreihen entstehen können und welche Faktoren dazu beitragen,dass die Wirkungskurven nicht immer konkordant laufen.Wir haben noch die eigenartige Anionenwirkung bei Li-Salzen beobachtet,wo Li_2SO_4 am stärksten das Keimlingswachstum herabsetzt.Und zuletzt konnten wir beobachten,dass in den Wirkungsreihen von Kationen bei Linsenkeimlingen ebenso wie bei Getreidekeimlingen die ein- und zweiwertigen Ionen der Alkali- und Erdalkalimetalle durcheinander und nicht getrennt nacheinander stehen,wenn man die Wirkung der Salze in normalen und nicht in molaren Konzentrationen betrachtet.

Die Wirkung der Salzkombinationen auf das Keimlingswachstum von Triticum vulgare.

Die Wirkung eines einzigen Salzes auf das Plasma und auf seine Lebenstätigkeit ist einseitig und eine so ausgesprochene Förderung kann nur in einer mehr oder weniger kurzen Zeitfrist ihre positive Wirkung behalten. In gegebenem Falle, wo es sich hauptsächlich um die Benutzung und Verteilung der Reservestoffe unter den Keimlingselementen handelt und wo diese Stoffe in geringem Masse auch andere Salze enthalten, wird diese Förderung gewissermassen von den letzten Salzionen ins Gleichgewicht gebracht; dadurch kann sich diese Förderung so weit ausdehnen, bis die Reservestoffe ausgenutzt werden. Auf Grund dieser Feststellungen kann man annehmen, dass wenn statt eines Salzes zwei oder mehrere von den auf das Keimlingswachstum fördernd wirkenden Salzen genommen werden, ihre positive Wirkung dann mehr gesteigert und das Gleichgewicht des Keimlingswachstumsbesser hergestellt wird.

Um diese Voraussetzung nachzuprüfen, habe ich einige Versuchsserien mit Salzkombinationen ausgeführt. Es wurden zuerst nur die ernährungsphysiologisch wichtigsten Salze in der ± optimalen Konzentration (0.005 n.) mit einander parweise vereinigt. Die Versuche mit anderen Konzentrationen wurden vorläufig weggelassen, weil das Samenmaterial fast ganz erschöpft war und ein neues ähnliches zur Zeit nicht mehr zur Verfügung stand.

Die Versuchsresultate mit Triticum sind in der Tabelle 30 angegeben. Diese Versuche wurden sonst ganz analog mit den vorigen ausgeführt, nur die Versuchsdauer musste ~~auf Grund von mir nicht abhängiger Umstände~~ aus von mir nicht abhängigen Gründen bis auf 8 Tage verlängert werden.

Die Kontrollversuche in Leitungswasser, destilliertem Wasser und in Knopscher Nährlösung zeigen hier kleinere Abweichungen von denjenigen der vorigen 7 - tägigen Versuche. Das Coleoptilwachstum nämlich ist hier relativ schwächer und die Verhältniszahlen sind dadurch etwas gestiegen. Aber alle diese Veränderungen sind ziemlich unbedeutend und liegen unter den Variationsgrenzen, so dass sie keine besondere Beachtung verdienen.

Sonst sehen wir aus der Tabelle 30, dass KCl in Kombinationen mit $CaCl_2$, $Ca(NO_3)_2$ und $MgSO_4$ in gegebener Konzentration am stärksten das Keimlingswachstum fördert, viel stärker als die einzelnen Salze zusam-

Tabelle 30

Die Wirkung der einigen Salzionenkombinationen auf das Keimlingswachstum von Triticum vulgare.

Salzkonz. 0.005 norm. Temp. ~~28~~ 18.0°C. Dauer 24St.x8.

Lösungen	Coleoptil			Wurzel Gesammtlänge			Mittl. Wurzell.	Coleop.+ Wurzell.		V.	Bemerk.
	cm.	%	δ±%	cm.	%	δ±%	cm.	cm.	%		
Aq. dest.	8.70	100.0	4.62	40.2	100.0	5.30	8.04	16.74	100.0	4.6	
Leitungsw.	8.38	95.5	4.81	37.7	93.7	5.54	7.54	15.92	95.1	4.5	
Knopsche N.L. (-Fe).	10.50	120.7	5.02	44.1	109.7	4.76	8.82	19.32	115.4	4.2	
$CaCl_2$+KCl	11.50	132.2	5.13	51.78	128.8	5.79	10.35	21.85	130.2	4.5	
$CaCl_2$+KNO_3	11.35	130.4	4.72	43.1	107.2	4.83	8.62	19.97	119.2	3.8	
$CaCl_2$+KH_2PO_4	9.86	113.4	3.20	39.4	98.0	4.17	7.88	17.74	106.0	4.0	
$CaCl_2$+$MgSO_4$	8.35	96.0	4.06	42.58	105.9	3.36	8.51	16.86	100.7	5.1	
a$(NO_3)_2$+KNO_3	10.30	118.2	3.83	37.08	92.2	4.28	7.41	17.71	105.8	3.6	
a$(NO_3)_2$+KCl	12.55	144.3	5.30	43.92	109.2	5.11	8.78	21.33	127.4	3.5	
a$(NO_3)_2$+KH_2PO_4	9.70	111.3	4.07	47.53	118.2	3.96	9.50	19.20	114.6	4.9	
a$(NO_3)_2$+$MgSO_4$	8.14	93.6	5.35	34.2	85.1	4.83	6.85	14.99	89.5	4.2	
Cl+KNO_3	10.92	125.5	4.33	33.85	84.2	5.46	6.77	17.69	105.6	3.1	
NO_3+KH_2PO_4	10.50	120.6	3.62	39.90	99.2	4.75	7.98	18.48	110.2	3.8	
Cl+$MgSO_4$	12.32	141.7	4.87	51.74	128.6	5.44	10.34	22.66	135.3	4.2	
H_2PO_4+$MgSO_4$	10.17	116.9	4.83	42.71	106.2	4.61	8.54	18.71	111.7	4.2	

men. Charakteristisch bei der Wirkung der genannten Salzkombinationen ist, dass $KCl+CaCl_2$ das Wurzel- und Coleoptilwachstum ± gleich stark beeinflussen (V = 4.5), $KCl + MgSO_4$ - etwas mehr das Coleoptilwachstum begünstigen (V = 4.2) und $KCl + Ca(NO_3)_2$ besonders stark das Coleoptilwachstum und weniger das Wurzelwachstum fördern (V = 3.5). Aus diesen Salzkombinationen folgen Wirkungsreihen: a) für das Coleoptilwachstum nach der Förderungsstärke - $(KCl+Ca(NO_3)_2 > (KCl+MgSO_4) > (KCL+CaCl_2)$, b) für das Wurzelwachstum - $(KCl+CaCl_2)=(KCl+MgSO_4) > (KCl+Ca(NO_3)_2$ und c) für das Gesammtwachstum - $/KCl+MgSO_4$ (135,3%)/> $/KCl+CaCl_2$ (130.2%)/ > $/KCl+Ca(NO_3)_2$ (127.4%)/.

Bei diesen Salzkombinationen, welche besonders stark das Coleoptilwachstum fördern, sind die Anionen Cl', NO_3' und SO_4'' mit den Kationen $K^{\cdot}$, $Ca^{\cdot\cdot}$ und $Mg^{\cdot\cdot}$ wirksam.

Eine sehr günstige Kombination bilden auch KNO_3+CaCl_2, welche das Coleoptilwachstum um 30.4% und das Gesammtwachstum um 19.2% steigern. Hier finden sich Cl' und NO_3' mit $K^{\cdot}$ und $Ca^{\cdot\cdot}$ in Wechselwirkung. Diese Salzkombination fördert stark das Coleoptilwachstum und weniger das Wurzelwachstum (V = 3.8).

Die folgenden Salzkombinationen erhöhen den Mehrwert des Gesammtwachstums um 10-15%, diese sind: $KH_2PO_4+Ca(NO_3)_2$, $KH_2PO_4+KNO_3$ und $KH_2PO_4+MgSO_4$. Hier verbinden sich die Anionen H_2PO_4', NO_3' und SO_4'' mit den Kationen $K^{\cdot}$, $Ca^{\cdot\cdot}$ u. $Mg^{\cdot\cdot}$. Das Coleoptilwachstum wird hier nach der Kombinationsreihe - $(KH_2PO_4+KNO_3) > (KH_2PO_4+MgSO_4) > (KH_2PO_4+Ca(NO_3)_2$ und das Wurzelwachstum nach d. Kombinationsreihe - $(KH_2PO_4+Ca(NO_3)_2) > (KH_2PO_4+MgSO_4)$ begünstigt; $(KH_2PO_4+KNO_3)$-bleibt auf das Wurzelwachstum ohne positive. Wirkung. Merkwürdigerweise sind die Kombinationsreihen bei Coleoptil-und Wurzelwachstum hier gerade umgekehrt. Daraus sehen wir, dass die Anionen H_2PO_4' und NO_3' im Zusammenhang mit monovalenten Kationen (K) besonders stark das Coleoptilwachstum mit ein- und zweiwertigen Kationen (K und Ca) aber das Wurzelwachstum begünstigen.

Von anderen Salzkombinationen ist von Interesse die $(KCl+KNO_3)$ - Kombination, welche das Coleoptilwachstum stark fördert, das Wurzelwachstum aber herabsetzt. Auch hier wirken monovalentes K mit Anionen Cl' und NO_3' begünstigend auf das Coleoptilwachstum. In analoger Weise, nur etwas schwächer, wirken $KNO_3+Ca(NO_3)_2$ auf das Keimlingswachstum.

Die Kombinationen der Ca-Salze mit $MgSO_4$ ($CaCl_2+MgSO_4$) und

Tabelle 31.

Die Wirkung der einigen Salzkombinationen auf das Keimlingswachstum von Lens esculenta

Temp.18.0°C.

Dauer der Versuche 24 St.x7. Konz.0.005 norm.

Lösungen	Stengel			Wurzel			S + W		V	Bemerkungen.
	cm.	%	± %	cm.	%	± %	cm.	%		
Aqua destill.	3.1	100.0	5.28	8.50	100.0	3.83	11.60	100.0	2.74	
Leitungswass.	2.7	87.1	4.16	7.90	92.9	3.65	10.60	91.4	2.92	
Knopsche N.L	2.9	93.5	3.92	8.30	97.6	4.15	11.20	96.5	2.86	
$KCl+CaCl_2$	3.6	116.1	4.10	8.90	104.5	4.62	12.50	107.7	2.47	Verzweigung der Wurzeln
KNO_3+CaCl_2	3.0	96.7	6.15	8.20	96.2	3.86	11.20	96.5	2.73	
$KH_2PO_4+CaCl_2$	2.8	90.3	5.32	8.80	103.5	2.97	11.60	100.0	3.14	Kräftige Wurzeln
$MgSO_4+CaCl_2$	3.2	103.2	4.66	9.31	109.4	4.18	12.51	107.8	2.91	
$KCl+Ca(NO_3)_2$	3.2	103.2	3.86	8.82	103.7	5.12	12.02	103.6	2.75	
$KNO_3+Ca(NO_3)_2$	3.0	96.7	5.40	8.50	100.0	4.68	11.50	99.1	2.74	
$KH_2PO_4+Ca(NO_3)_2$	3.0	96.7	4.91	7.78	91.5	5.75	10.78	92.7	2.59	
$MgSO_4+Ca(NO_3)_2$	3.2	103.2	5.57	9.15	107.7	4.42	12.55	106.4	2.85	Kräftige Wurzeln
$KCl+MgSO_4$	3.7	119.3	6.13	9.40	110.6	4.88	13.10	112.9	2.54	Verzweigung der Wurzeln
KNO_3+MgSO_4	3.3	106.4	4.12	8.86	104.3	4.25	12.16	104.8	2.68	
$KCl+KNO_3$	3.3	106.4	5.63	9.45	111.2	4.43	12.75	109.9	2.86	Verzweigung der Wurzeln
$KCl+KH_2PO_4$	3.8	122.6	5.30	9.53	112.1	3.65	13.33	114.9	2.51	

($Ca(NO_3)_2+MgSO_4$) können keine positive Wirkung auf das Gesammtwachstum ausüben; die erste Kombination fördert nur schwach das Wurzelwachstum, die zweite setzt das Coleoptil wie auch das Wurzelwachstum herab. Die ungünstige Wirkung dieser Salzkombinationen kann vielleicht dadurch erklärt werden, dass hier ein praktisch unlösliches Salz ($CaSO_4$) gebildet wird, wodurch nur $Mg^{"}$, Cl' und NO_3' - Jonen frei werden, welche das Wachstum der Keimlinge bei Vorhandensein von wenigen $Ca^{"}$ und $SO_4^{"}$ - Jonen beeinflussen.

Zum Schluss muss man noch die letzte Kombination - ($CaCl_2+KH_2PO_4$) - berücksichtigen, welche das Coleoptilwachstum fördert, das Wurzelwachstum hemmt und das Gesammtwachstum schwach begünstigt.

Zur Gesammtwirkung der Salzkombinationen muss man bemerken, dass die Keimlinge in den meisten Lösungen, besonders aber in denjenigen, in welchen die ein- und zweiwertigen Kationen zusammen wirken, etwas dicker (Coleoptile) und kräftiger (Wurzel) als in destill. Wasser und in Lösungen von einem einzigen Salze - sind.

Damit haben diese Versuche unsere Voraussetzung in vielen Fällen bestätigt. Eine Fortsetzung dieser Versuche mit anderen Salzen und Salzkonzentrationen ist vorgesehen.

Versuche mit Lens esculenta.

Weiter wurden die Salzkombinationsversuche mit Linsenkeimlingen fortgesetzt. Die Resultate dieser Versuche sind in der Tabellen 31 angegeben. Wenn wir die Angaben dieser Tabelle mit der vorigen (Tab.30) vergleichen, dann sehen wir, dass die Salzkombinationen auf das Wachstum der Linsenkeimlinge viel weniger positiv (also fördernd) gewirkt haben; denn es sind wenige Fälle in der Tab. 31 zu finden, wo das Gesammtwachstum bis auf + 10% über den Kontrollwert gestiegen ist ($KCl+MgSO_4$ und $KCl+KNO_3$). Anderseits ist aber aus den Bemerkungen zu sehen, dass das Wurzelwachstum in manchen Salzkombinationen viel stärker als in Kontrolllösungen und den Lösungen von einzelnen Salzen ist. In vielen Fällen haben die Hauptwurzeln der Keimlinge sich in Lösungen von Salzkombinationen verzweigt, welche Erscheinung bei den Kontrollversuchen und bei der Wirkung der einzelnen Salze in 7 Tagen bei den vorigen Versuchen nicht beobachtet worden ist. Daraus muss man schliessen, dass diese Salzkombinationen, in welchen die Verzweigung der Wurzeln beobachtet wurde, das Keimlingswachstum begünstigen.

Diese Widersprüche lassen sich dadurch erklären, dass die 0.005 norm.Konz. der Lösungen in allen Fällen der optimalen Wachstumskonzen-

Tabelle 32

Lösungen in 0.005 n.K.	Stengel %	Wurzel %	S+W. %	Bemerkungen.
$KCl+CaCl_2$				
KCl	89.4	113.1	106.7	
$CaCl_2$	97.6	92.5	93.6	
Mittelwert	93.5	103.8	100.1	
$(KCl+CaCl_2)$	116.1	104.5	107.7	Eine starke Förderung des Stengelwachstums.
KNO_3+CaCl_2				
KNO_3	88.2	95.3	93.5	
$CaCl_2$	97.6	92.5	93.6	
Mittelwert	92.9	93.9	93.5	
(KNO_3+CaCl_2)	96.7	96.2	96.5	Eine schwache allgemeine Förderung.
$KH_2PO_4+CaCl_2$				
KH_2PO_4	125.6	108.2	112.6	
$CaCl_2$	97.6	92.5	93.6	
Mittelwert	111.6	100.3	103.1	
$(KH_2PO_4+CaCl_2)$	90.3	103.5	100.0	Die positive Wirkung von KH_2PO_4 auf das Stengelwachstum wird durch $CaCl_2$ herabgesetzt.
$MgSO_4+CaCl_2$				
$MgSO_4$	126.3	102.8	108.6	
$CaCl_2$	97.6	92.5	93.6	
Mittelwert	111.9	97.6	101.1	
$(MgSO_4+CaCl_2)$	103.2	109.4	107.8	Hemmung des Stengelwachstums und Förderung des Wurzelwachstums.
$KCl+Ca(NO_3)_2$				
KCl	89.4	113.1	106.7	
$Ca(NO_3)_2$	85.2	93.2	90.9	
Mittelwert	87.3	103.1	98.8	
$(KCL+Ca(NO_3)_2$	103.2	103.7	103.6	Förderung des Stengelwachstums
$KNO_3+Ca(NO_3)_2$				
KNO_3	88.2	95.3	93.5	
$Ca(NO_3)_2$	85.2	93.2	90.9	
Mittelwert	86.7	94.2	92.2	
$(KNO_3+Ca(NO_3)_2$	96.7	100.0	99.1	Eine allgemeine Förderung.
$KH_2PO_4+Ca(NO_3)_2$				
KH_2PO_4	125.6	108.2	112.6	
$Ca(NO_3)_2$	85.2	93.2	90.9	
Mittelwert	105.4	100.7	101.7	Eine allgemeine Hemmung, ähnlich wie bei $KH_2PO_4+CaCl_2$
$(KH_2PO_4+Ca(NO_3)_2$	96.7	91.5	92.7	

Tabelle 33.

Lösungen in 0.005 n.K.	Stengel %	Wurzel %	S+W %	Bemerkungen.
$MgSO_4+Ca(NO_3)_2$				
$MgSO_4$	126.3	102.8	108.6	
$Ca(NO_3)_2$	85.2	93.2	90.9	
Mittelwert	105.7	98.0	99.7	
$(MgSO_4+Ca(NO_3)_2$	103.2	107.7	106.4	Förderung des Wurzelwachstums.
$KCl+MgSO_4$				
KCl	89.4	113.1	106.7	
$MgSO_4$	126.3	102.8	108.6	
Mittelwert	107.8	107.9	107.6	
$(KCl+MgSO_4)$	119.3	110.6	112.9	Eine allgemeine Förderung
KNO_3+MgSO_4				
KNO_3	88.2	95.3	93.5	
$MgSO_4$	126.3	102.8	108.6	
Mittelwert	107.2	99.0	101.0	
(KNO_3+MgSO_4)	106.4	104.3	104.8	Eine schwache Förderung des Wurzelwachstums.
$KCl+KNO_3$				
KCl	89.4	113.1	106.7	
KNO_3	88.2	95.3	93.5	
Mittelwert	88.8	104.2	100.1	
$(KCl+KNO_3)$	106.4	111.2	109.9	Eine allgemeine Förderung.
$KCl+KH_2PO_4$				
KCl	89.4	113.1	106.7	
KH_2PO_4	125.6	108.2	112.6	
Mittelwert	107.5	110.6	109.6	
$(KCl+KH_2PO_4)$	122.6	112.1	114.9	Eine allgemeine Förderung.

tration für Linsenkeimlingen nicht entspricht, sondern etwas zu hoch ist, weshalb auch die Begünstigung des Wachstums selten über 100% hinausgeht und man sie übersehen kann. Wollen wir die Wirkung der Salzkombinationen auf das Wachstum der Linsenkeimlinge feststellen so müssen wir die Angaben mit denjenigen bei 0.005 norm. Konz. der einzelnen Salze vergleichen. Das habe ich in Tabellenform getan. (Siehe die Tabellen 32 und 33). Hier sind unter den Bemerkungen die Wirkungsarten der einzelnen Salzkombinationen angegeben. Aus diesen Analysetabellen ist zu sehen, dass in den meisten Salzkonzentrationen in das Wachstum der Linsenkeimlinge bedeutend stärker ist, als in entsprechenden einzelnen Salzlösungen. Es sind nur einzelne Salzkombinationen hier angetroffen worden, die das Keimlingswachstum hemmen (KH_2PO_4 + $+CaCl_2$ und $KH_2PO_4+Ca(NO_3)_2$).

Die hemmende Wirkung der letzten Salzkombinationen kann vielleicht dadurch erklärt werden, dass hier durch den Jonenaustausch ein wenig dissoziierbares $CaHPO_4$ gebildet wird wo HPO_4'' ähnlich wie bei K_2HPO_4 (siehe Tabelle 26) keine Förderung des Wachstums in dem Masse als H_2PO_4' hervorrufen kann.

Am stärksten wird das Wachstum der Linsenkeimlinge durch folgende Salzkombinationen gefördert: ($KCl+KH_2PO_4$), ($KCl+MgSO_4$) und ($KCl+CaCl_2$). Wir treffen in diesen Kombinationen überall KCl resp. K' und Cl' Jonen - im Zusammenhang mit ziemlich stark fördernd wirkenden $K'+H_2PO_4''$ und $Mg''+SO_4''$, oder mit zweiwertigem Kation Ca''. In den ersten zwei Fällen ist das Stengelwachstum in den Lösungen von Salzkombinationen nicht stärker, sondern etwas schwächer, als in den reinen Lösungen von KH_2PO_4 oder $MgSO_4$, wohl ist aber das Wurzel- und das Gesammtwachstum in den Lösungen von Salzkombinationen besser, so dass man doch annehmen könnte, dass das Keimlingswachstum im Allgemeinen durch die genannten Salzkombinationen zweckmässiger als durch die einzelnen Salze reguliert und ins Gleichgewicht gebracht wird.

Wirkung der Salzionen auf das Roh- und Trockengewicht der Keimlinge von Triticum vulgare.

Wir haben in der Tabelle 1 gesehen, dass die Salzionen das Längs wachstum, Roh- und Trockengewicht der Keimlingselemente nicht in gleicher Weise beeinflussen. Die Beziehungen zwischen Längsmassen, Roh- und Trockengewicht (resp. Wassergehalt) der Keimlinge und die Veränderung dieser Grössen durch die Salzionen können ~~aber~~ uns als Anhaltspunkte beim Studium der Salzwirkung auf das Plasma dienen. Darum habe ich zum Schluss noch einige Versuchsserien mit Weizen ausgeführt und parallel mit den Längsmassen noch das Roh- und Trockengewicht der Keimlingselemente bestimmt.

Um die Wurzel leichter und möglichst unverletzt vom Keimbett Auspräparieren zu können, wurde von Versuchslösungen etwas mehr (15 ccm. statt 10ccm. auf jede 5 Filtrierpapierscheiben) genommen. Das Rohgewicht der Coleoptile wurde unmittelbar nach dem Aschneiden bestimmt; die Wurzeln aber wurden zuerst mit destilliertem Wasser abgespült, in trockenem Filtrierpapier sorgfältig getrocknet und dann erst gewogen.

Weiter wurden die Coleoptile und Wurzeln im Trockenschrank bei 100-110°C 2 Stunden lang getrocknet und dann das Trockengewicht bestimmt.

Die Versuchsresultate sind in den Tabellen 34 u. 35 zusammengefasst: in der Tab. 34 nach den Anionen, in der Tab. 35 nach den Kationen. /. Siehe Fig. 1 u. 134-137/.

Aus diesen Tabellen sehen wir:

I beim Coleoptilwachstum, dass

1) alle Grössen (Länge, Roh- und Trockengewicht) mit dem Steigen der Salzkonzentrationen herabgesetzt, in niederen Konz. aber meistens gesteigert werden. Die optimalen Salzkonzentrationen fallen, abgesehen von einem Falle bei K_2SO_4, bei allen Grössen zusammen.

2) Das Rohgewicht ist in stärkeren Konz. von Salzlösungen (0.1 n.) etwas kleiner, in mässigen Konz. aber meistens grösser, als die entsprechenden Längsmasse, - (eine Ausnahme bilden KBr u. KNO_3 in 0.1 n. K.). Daraus muss man schliessen, dass in stärkeren Salzkonzentrationen der Wassergehalt der Coleoptilzellen etwas mehr als das Wachstum herabgesetzt wird, in mässigen aber wird es gesteigert. In Zusammenhang

Tabelle 34. Die Wirkung der Anionen auf das Keimlingswachstum von *Triticum vulgare* R.L. „Rubin" Jôgeva, Ernte 1929.

Temp.19-20°C Versuchsdauer 144 Stunden.

Salze	Konz. norm.	Coleoptil Länge %	Rohg. %	Trock. %	Trock. x100 / Rohg. %	Wurzel Länge %	Rohg. %	Trock. %	T.100 / Rohg.	Bemerkungen.
KCNS	0.1	17.4	11.9	23.2	18.6	5.4	11.7	19.6	15.0	Wurzelwachstum nur in den ersten 3 Tagen.
	0.01	58.3	72.5	82.1	11.1	51.5	50.9	69.1	12.1	
	0.001	101.9	104.6	103.3	9.8	90.5	81.7	90.8	9.8	
	0.0001	100.5	94.2	91.2	9.5	98.7	103.0	102.2	8.9	
KCl	0.1	76.9	73.1	87.7	11.8	62.7	76.8	80.0	9.3	
	0.01	103.9	111.6	101.7	8.9	94.9	114.4	107.5	8.7	
	0.001	117.8	125.5	113.5	8.8	118.9	123.2	117.5	8.4	
	0.0001	98.2	98.3	96.5	9.6	106.9	114.3	105.0	8.2	
KBr	0.1	79.8	86.5	101.7	11.5	65.0	61.5	61.9	8.9	
	0.01	110.6	118.6	115.3	9.3	98.6	90.0	91.6	9.1	
	0.001	111.6	114.3	110.9	9.6	107.1	102.7	109.8	9.4	
	0.0001	109.5	105.8	105.4	9.7	100.0	90.2	92.4	9.1	
KNO_3	0.1	89.4	94.6	105.7	10.3	57.1	77.6	72.0	9.2	
	0.01	125.7	128.9	123.4	9.2	96.5	111.7	97.2	8.7	
	0.001	112.3	121.2	116.2	8.9	103.3	110.5	97.7	8.8	
	0.0001	102.5	112.3	112.2	9.2	104.9	104.7	98.1	9.3	
K_2SO_4	0.1	84.0	77.2	79.8	10.3	51.9	51.5	61.5	11.3	
	0.01	101.8	100.7	109.8	10.6	90.5	77.7	88.5	10.8	
	0.001	112.3	103.5	100.6	9.7	177.7	105.3	110.0	10.0	
	0.0001	104.9	97.6	97.9	9.8	101.4	100.7	103.8	10.1	
KH_2PO_4	0.1	99.1	99.8	102.4	10.1	70.7	80.7	90.3	10.0	
	0.01	112.7	108.9	104.5	9.4	93.1	90.0	97.6	8.9	
	0.001	109.2	106.3	100.0	9.2	104.1	113.2	114.3	9.0	
	0.0001	107.9	101.3	95.0	9.2	100.3	98.9	105.9	9.4	
Aq.dest.		100.0	100.0	100.0	9.8	100.0	100.0	100.0	8.9	
(Das Mittelwert aus allen Kontr.)		7.8cm.	908mgr.	89mg.		38.7 cm	685 mgr.	61.2 mgr.		
Leitungsw.		98.2	107.6	98.1	9.0	102.8	107.8	104.8	8.6	
Knop. $^1/_1$		118.9	127.2	109.1	8.6	78.4	91.2	85.7	8.3	
Knop. $^1/_2$		120.7	127.0	109.2	8.6	86.6	98.6	104.4	9.5	

Tabelle 35. Die Wirkung der Kationen auf das Keimlingswachstum von Triticum vulgare R.L.„Rubin" Jõgeva, Ernte 1929. Temp. 19-20°C. Versuchsdauer 144 Stunden.

Salze	Konz. norm.	Coleoptil Länge %	Coleoptil Rohg. %	Coleoptil Trock. %	Coleoptil T.100 R.	Wurzel Länge %	Wurzel Rohg. %	Wurzel Trock. %	Wurzel T.100 R.	Bemerkungen.
LiCl	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	Keine Keimung.
	0.01	87.2	83.4	87.9	10.3	35.5	35.4	55.9	14.1	
	0.001	103.8	112.0	100.0	8.7	97.6	102.5	110.1	9.6	
	0.0001	101.3	105.1	90.8	8.4	100.2	96.2	96.6	9.3	
NH_4Cl	0.1	67.7	54.5	63.5	11.4	40.4	44.2	70.1	14.0	
	0.01	95.8	97.3	98.3	11.1	58.9	63.9	86.0	11.9	
	0.001	103.4	108.5	106.9	9.7	107.0	96.0	116.6	10.8	
	0.0001	101.6	98.8	97.5	9.6	104.0	91.5	110.0	10.6	
KCl	0.1	76.9	73.1	87.7	11.8	62.7	76.8	80.0	9.3	
	0.01	103.9	111.6	101.7	8.9	94.9	114.4	107.5	8.7	
	0.001	117.8	125.5	113.5	8.8	118.9	123.2	117.5	8.4	
	0.0001	97.2	98.3	96.5	9.6	106.9	114.3	105.0	8.2	
$MgCl_2$	0.1	72.2	67.7	87.3	10.8	29.0	38.2	58.3	12.4	
	0.01	95.8	101.8	91.2	7.6	95.4	88.2	102.0	11.3	
	0.001	103.8	111.9	97.8	8.5	109.8	96.1	106.1	10.5	
	0.0001	99.8	98.9	97.8	9.7	105.4	98.7	104.4	9.3	
$CaCl_2$	0.1	66.6	65.5	72.4	10.8	52.7	67.1	71.2	9.5	
	0.01	96.1	100.5	91.4	8.8	92.7	99.3	108.4	9.8	
	0.001	102.5	106.7	98.8	9.0	105.1	102.7	103.4	9.0	
	0.0001	100.0	99.3	95.0	9.3	93.3	92.5	91.5	8.9	
$BaCl_2$	0.1	7.9	5.3	13.8	26.0	5.9	14.9	32.4	19.8	Keimlinge sehr schwach, doch am Leben.
	0.01	73.7	69.9	79.3	10.8	65.6	69.4	76.2	10.4	
	0.001	94.5	81.2	85.9	9.8	96.0	95.9	88.4	8.0	
	0.0001	98.9	96.9	95.3	9.6	101.7	106.3	94.5	7.9	
Aq. dest.		100.0	100.0	100.0	9.8	100.0	100.0	100.0	8.9.	

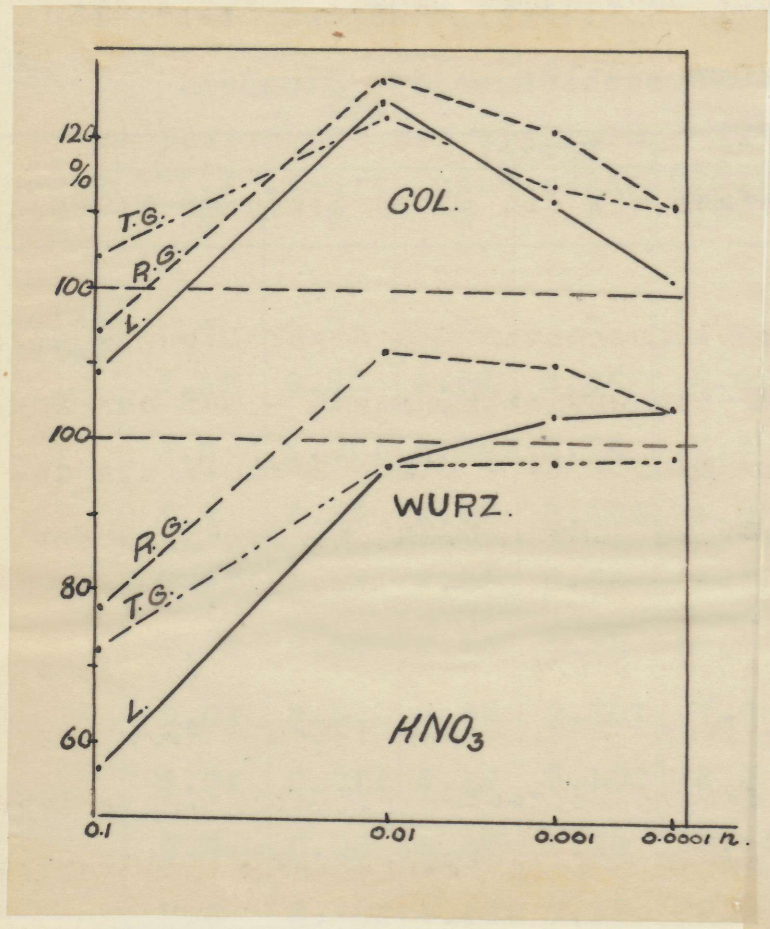


Fig. 134

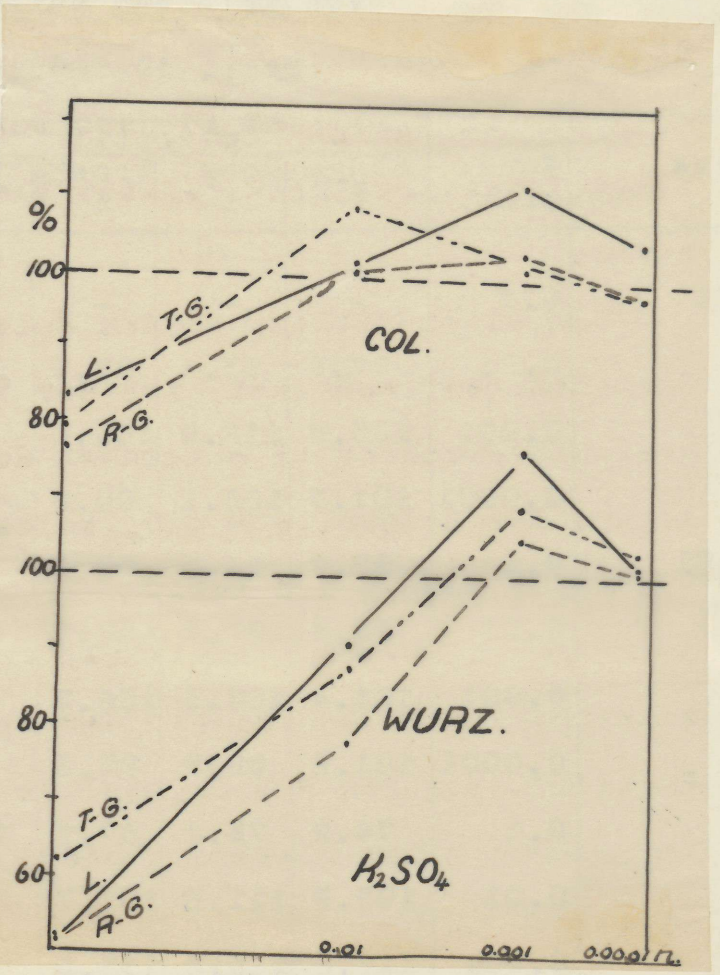


Fig. 135

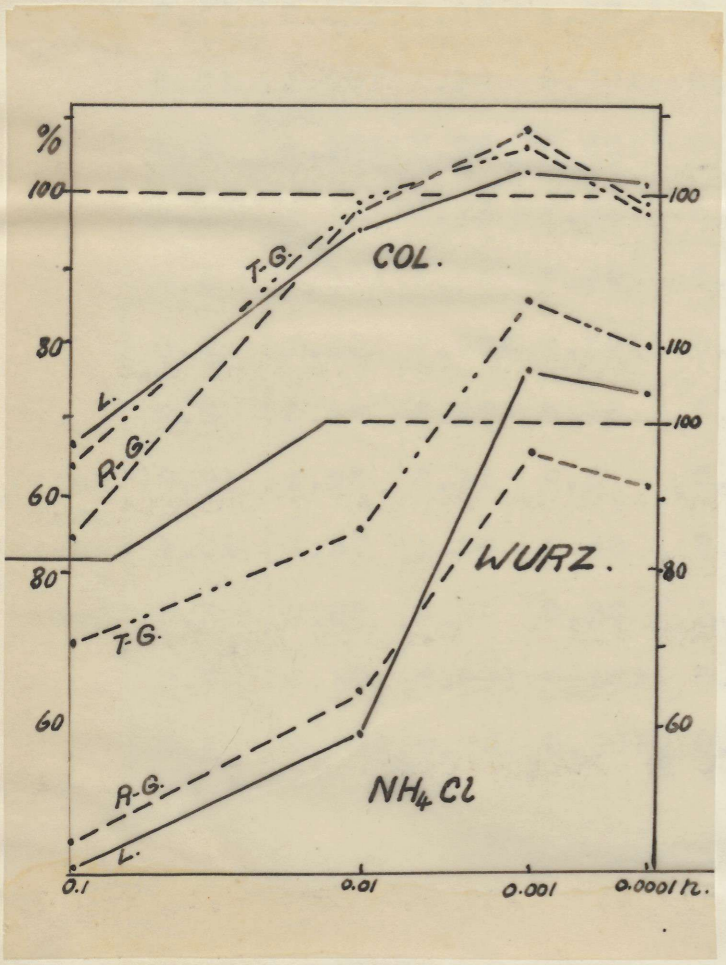


Fig. 136

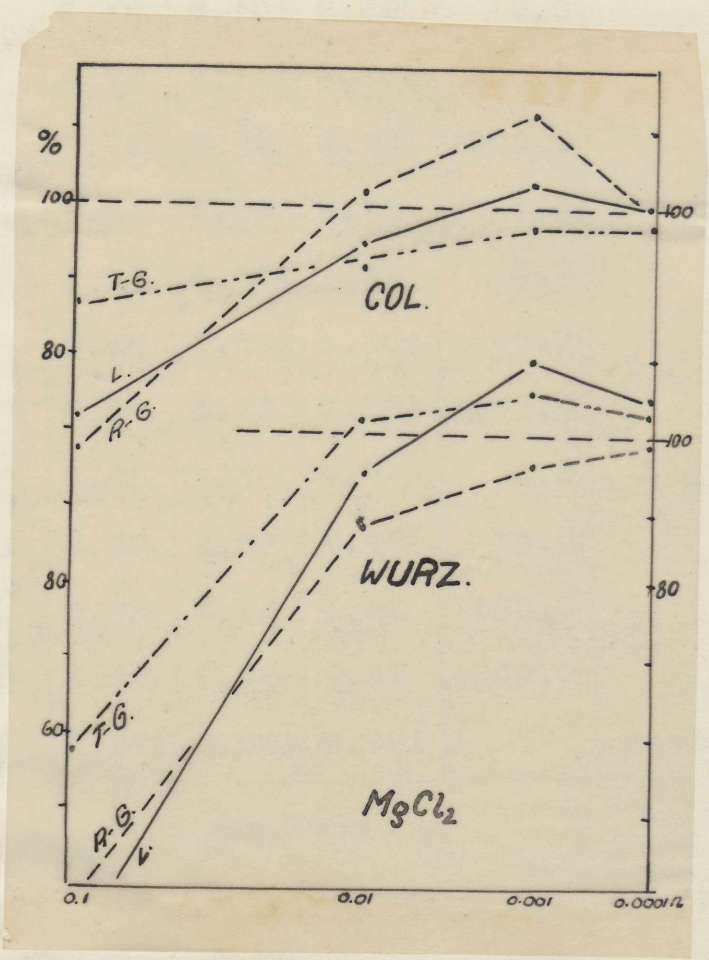


Fig. 137

damit ist das relative Trockengewicht im ersten Falle etwas grösser, im zweiten aber kleiner als die entsprechenden Längsmasse. In der Tat zeigen das auch die Zahlen der V Spalte.

Nur in K_2SO_4, KH_2PO_4 und $BaCl_2$ - Lösungen ist das Rohgewicht in allen Konzentrationen relativ kleiner als die entsprechenden Längsmasse.

3) In allen Fällen, wo das Coleoptilwachstum die Kontrollwerte merklich übergestiegen hat, ist der Trockengewichtsprozent - auf das Rohgewicht berechnet (die Angaben der Spalte 6) - etwas kleiner als dasjenige der Kontrolle - 9.8, so z.B. in 0.01 - 0.001 norm. Konz. von LiCl, KCl, $MgCl_2$ und KNO_3.

Nach diesen Prozentzahlen des Trockengewichtes können wir in Zusammenhang mit den Angaben der Spalten IV u. V der Tabelle über die Beeinflussung des Wassergehaltes der betreffenden Pflanzenorgane (resp. der Quellung der Plasmakolloide) durch die Salzkonzentrationen schliessen.

Nach den Trockengewichtsprozenten ist die Wirkung der Salzionen auf den Wassergehalt der Weizencoleoptile folgende.

I Anionenwirkung:

In 0.1 norm. Konz.: KCNS 18.6, KCL 11.8, KBr 11.5, KNO_3 10.3, K_2SO_4 10.3, KH_2PO_4 10.1

Folglich wird der Wassergehalt, resp. die Quellung der Zellkolloide nach folgender Anionenreihe gefördert:

$H_2PO_4 > SO_4$, $NO_3 > Br > Cl > CNS$.

In 0.01 norm. Konz.: KCNS 11.1, K_2SO_4 10.6, KH_2PO_4 9.4, KBr 9.3, KNO_3 9.2, KCl 8.9.

Davon die Wirkungsreihe der Anionen bei der Plasmaquellung:

$Cl > NO_3 > Br > H_2PO_4 > SO_4 > CNS$

In 0.001 norm. Konz.: K_2SO_4 10.6, KCNS 9.8, KBr 9.6, KH_2PO_4 9.2, KNO_3 8.9, KCl 8.8.

Die Anionen wirken auf die Plasmaquellung: $Cl > NO_3 > H_2PO_4 > Br > CNS > SO_4$

In 0.0001 norm. Konz.: K_2SO_4 9.8, KBr 9.7, KCl 9.6 KCNS 9.5, KH_2PO_4 9.2, KNO_3 9.2

Der Wassergehalt der Coleoptile wird nach der Anionenreihe NO_3, $H_2PO_4 > CNS > Cl > Br > SO_4$ gesteigert.

Wir sehen also, dass in 0.1 norm. Konz. die Neutralsalze den Wassergehalt in Coleoptilen der Weizenkeimlinge nach der umgekehrten lyotropen Reihe der Anionen steigern, resp. die Quellung der Plasmakolloide fördern. In anderen Konzentrationen wird diese Reihenfolge der Anionen aber nicht mehr beibehalten.

Daraus folgt, dass bei der Beeinflussung der Zellkolloide durch die Neutralsalze die Anionenwirkung von den Salzkonzentrationen abhängt.

II Kationenwirkung.

In 0.1 norm. Konz.: LiCl –, $BaCl_2$ 26.0, KCl 11.8, NH_4Cl 11.4, $MgCl_2$ 10.8, $CaCl_2$ 10.8.

Die Wirkungsreihe der Kationen auf den Wassergehalt der Coleoptile: Ca, Mg > NH_4 > K > Ba > Li

In 0.01 norm. Konz.: NH_4Cl 11.1, $BaCl_2$ 10.8, LiCl 10.3, KCl 8.9 $CaCl_2$ 8.8, $MgCl_2$ 7.6

Die Quellungswassermenge der Zellkolloide wird gesteigert nach der Kationenreihe: Mg > Ca > K > Li > Ba > NH_4

In 0.001 norm. Konz.: $BaCl_2$ 9.8, NH_4Cl 9.7, $CaCl_2$ 9.0, KCl 8.8 LiCl 8.7, $MgCl_2$ 8.5

Der Wassergehalt der Coleoptile steigt nach der Kationenreihe: Mg > Li > K > Ca > NH_4 > Ba

In 0.0001 norm. Konz. $MgCl_2$ 9.7, $BaCl_2$ 9.6, KCl 9.6, NH_4Cl 9.6 $CaCl_2$ 9.3, $LiCl_2$ 8.4

Hier sind die Unterschiede zu klein und können von Versuchsfehlern überholt werden.

Aus diesen Jonenreihen sehen wir, dass in höheren Konz. Mg, K u. Ca-Jonen den Wassergehalt der Coleoptilzellen der Weizenkeimlinge am wenigsten, Li, NH_4 u. Ba dagegen am stärksten herabsetzen. Wie aus den vorigen Versuchsanalysen hervorgegangen und besonders in Fig. 92-94, 97-99 zu sehen ist, setzen die ersten Jonen (Mg, K u. Ca) in höheren Konz. auch das Keimlingswachstum am wenigsten, die letzte Jonengruppe (Li, NH_4 u. Ba) aber am stärksten herab. Das alles beweist nur, dass die Salzwirkung mit der Wasserversorgung resp. mit der Quellung der Zellkolloide in Zusammenhang steht. Jn niederen Konz. verändern sich die Stellungen der Jonen in den Wirkungsreihen bei der Wachstums- und Wasserregulation auch ziemlich ähnlich: Li, NH_4 u. Ba-Jonen stehen in niederen Konz. nicht mehr am Ende der Quellungsreihe und ebenfalls haben sie in diesen Konz., wie wir aus den Tab.14-16, 18-20 u. 23

sehen können, das Coleoptilwachstum verhältnismässig stark gefördert.

Aus diesen Gegenüberstellungen geht hervor, wie stark die Kationenwirkung von der Konzentration der Salze beeinflusst wird.

4) Das Rohgewicht der Coleoptile ist im Leitungswasser etwas grösser, alle anderen Grössen aber kleiner als in destilliertem Wasser. Das beweist mir, dass die Coleoptilzellen hier wasserreicher sind als in destill. Wasser.

5) In Knopscher Nährlösung ist der Wassergehalt der Coleoptile bedeutend grösser als in destilliertem Wasser, was man aus dem Rohgewicht und Trockengewichtsprozent sehen kann. Bemerkenswert ist hier noch, dass die Konzentration der K.Nährlösung in Intervallen $^1/_1$ u. $^1/_2$ fast keinen Einfluss auf das Coleoptilwachstum ausübt.

II. Das Wurzelwachstum.

1) Auch bei Wurzeln wird das Längswachstum, Roh- und Trockengewicht von höheren Salzkonzentrationen herabgesetzt und von mässigen (optimalen) Konz. gesteigert, wobei die optimalen Salzkonzentrationen für alle Grössen dieselben sind. Die optimalen Konzentrationen für das Coleoptil- und Wurzelwachstum fallen bei KCNS, KBr, KNO_3, KH_2PO_4 aber nicht zusammen.

2) Das Rohgewicht der Wurzeln ist in mässigen und niederen Konzentrationen nur bei einzelnen Salzen grösser als die entsprechenden Längsmasse (KCl, KNO_3, KH_2PO_4 (0.001) $CaCl_2$ (0.1-0.01), $BaCl_2$) und in den meisten Fällen kleiner oder ± gleich gross mit den Längsmassen. In Zusammenhang damit sind die Trockengewichtsprozente (X Spalte) relativ grösser als diejenigen der Kontrolle.

3) Das Trockengewicht ist in den meisten Fällen in stärkeren Konzentrationen (0.1 - 0.001 n.) grösser, in niederen aber etwas kleiner als die entsprechenden Längsmasse (z.B. bei KCl, LiCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$, $BaCl_2$, KNO_3, K_2SO_4) und nur bei KCNS u. KH_2PO_4 in allen verwendeten Konzentrationen stets etwas grösser. Es wiederholt sich in diesem Falle bei den Wurzeln also alles das, was wir bei den Coleoptilen gesehen haben.

4) Die absoluten Prozentwerte des Trockengewichtes unterscheiden sich bei Wurzeln verhältnismässig wenig von denjenigen der Coleoptile; sie sind aber, abgesehen von ganz einzelnen Fällen (KCl 0.01-0.0001, KNO_3 0.001 - 0.0001 $BaCl_2$ 0.001-0.0001 n.) stets grösser als der Kontrollwert 8.9. Wenn wir den Kontrollwert aber bei Wurzeln etwas

höher nehmen, statt 8.9 z.B. 9.8 (=Trockengewichtsprozent der Coleoptile bei der Kontrolle) oder 9.5, dann würde alles das, was wir über die Trockengewichtsprozente bei Coleoptilen gesagt haben, auch bei den Wurzeln mehr oder weniger zur Geltung kommen. Sonst müssen wir aber konstatieren, dass der Wassergehalt der Wurzelzellen in destilliertem Wasser viel grösser ist als in den meisten verwendeten Salzlösungen oder richtiger dass Salzionen die Bildung der organischen Verbindungen in Wurzelzellen begünstigen, wodurch die Trockengewichtsprozente grösser sind als in destill. Wasser.

5) Die Wirkung der Jonen auf die Bildung der Trockensubstanz in Wurzelzellen nach den Angaben der Spalte 10 der Tabelle 34 u. 35

I Anionenwirkung.

In 0.1 n. Konz.: KCNS 15.0, K_2SO_4 11.3, KH_2PO_4 10.0, KCl 9.3, KNO_3 9.2, KBr 8.9.

Der Wassergehalt der Wurzelzellen nimmt nach der folgenden Anionenreihen zu: $Br > NO_3 > Cl > H_2PO_4 > SO_4 > CNS$.

In 0.01 n. Konz.: KCNS 12.1, K_2SO_4 10.8, KBr 9.1, KH_2PO_4 8.9, KNO_3 8.7, KCl 8.7.

Die Menge des Quellungswassers der Wurzelzellen nimmt zu: $Cl, NO_3 > H_2PO_4 > Br > SO_4 > CNS$.

In 0.001 n.Konz.: K_2SO_4 10.0, KCNS 9.8, KBr 9.4, KH_2PO_4 9.0, KNO_3 8.8, KCl 8.4.

Die Wirkungsreihe der Anionen beim Wassergehalt der Wurzeln: $Cl > NO_3 > H_2PO_4 > Br > CNS > SO_4$

In 0.0001 n. Konz. K_2SO_4 10.0, KH_2PO_4 9.4, KNO_3 9.3, KBr 9.1, KCNS 8.9, KCl 8.2; davon die Wirkungsreihe der Anionen nach dem Wassergehalt der Wurzeln: $Cl > CNS > Br > NO_3 > H_2PO_4 > SO_4$

Wir sehen aus diesen Angaben, dass der Wassergehalt der Wurzeln in allen Salzkonzentrationen von Cl und NO_3' - Jonen weniger als von H_2PO_4' und SO_4" - Jonen herabgesetzt wird und dass die Wirkungsreihe der Anionen in diesem Sinne in allen Konzentrationen der lyotropen Reihe ziemlich nahe kommt. Nur die Stellung des CNS - Jons in stärkeren Konz. ist eine stark abweichende; ebenfalls hat Br' - Jon keinen festen Platz in diesen Reihen.

II Kationenwirkung.

In 0.1 n. Konz.: LiCl ?, $BaCl_2$ 19.8, NH_4Cl 14.0, $MgCl_2$ (12.4), $CaCl_2$ 9.5, KCl 9.3.

Wirkungsreihe der Kationen nach dem Wassergehalt der Wurzeln:

K > Ca > Mg > NH_4 > Ba > Li.

In 0.01 n.Konz.: LiCl 14.1, NH_4Cl 11.9, $MgCl_2$ 11.3, $BaCl_2$ 10.4, $CaCl_2$ 9.8, KCl 8.7

Nach dem Wassergehalt der Wurzeln: K > Ca > Ba > Mg > NH_4 > Li

In 0.001 n.Konz.: NH_4Cl 10.8, $MgCl_2$ 10.5, LiCl 9.6, $CaCl_2$ 9.0, KCl 8.4 $BaCl_2$ 8.0; davon die Wirkungsreihe der Kationen nach der Beeinflussung des Wassergehaltes der Wurzeln: Ba > K > Ca > Li > > Mg > NH_4.

In 0.0001 n.Konz.: NH_4Cl 10.6, LiCl 9.3, $MgCl_2$ 9.3, $CaCl_2$ 8.9 KCl 8.2, $BaCl_2$ 7.9.

Nach dem Wassergehalt der Wurzeln ist die Wirkungsreihe von Kationen: Ba > K > Ca > Mg > Li > NH_4

Aus diesen Jonenreihen geht hervor, dass NH_4 u. Li - Jonen den Wassergehalt der Wurzel am meisten, K und Ca aber am wenigsten herabsetzen. Die Stellung von Ba" und Mg" - Jonen in Reihen hängt stark von der Konzentration der Salzlösungen ab.

6) In Leitungswasser ist das Rohgewicht und der Wassergehalt der Wurzel etwas grösser als in destilliertem Wasser.

In Knopscher Nährlösung $^1/_1$ sind alle Masse - die Länge, das Roh- und Trockengewicht - bedeutend kleiner als in destill.Wasser, welche Erscheinung mit der für das Weizenwurzelwachstum zu hohen Salzkonzentration in dieser Lösung in Zusammenhang steht; denn in der Knopschen N.L.$^1/_2$ übersteigt das Trockengewicht der Wurzel stark das Rohgewicht und das Längsmass. Aus diesem Falle geht deutlich hervor, wie die zu starken Salzkonzentrationen den Wassergehalt und in Zusammenhang damit das Längswachstum herabsetzen und dass die günstigen Salzkonzentrationen nicht nur eine Steigerung des Wassergehaltes, sondern auch eine der absoluten Menge der Trockensubstanz in der Wurzel hervorrufen.

Zusammenfassung:

1) Die Längsmasse, das Roh- und Trockengewicht der Keimlingselemente werden von Salzionen in stärkeren Konzentrationen (0.1-0.01 n.) vermindert, in schwächeren vergrössert. Die Veränderung dieser 3 Grössen durch die Salzkonzentrationen ist aber nicht gleich gross: in stärkere Salzkonzentrationen sind die Rohgewichte relativ kleiner, in niederen aber grösser, dagegen sind die Trockengewichtsmasse in stärkeren Konz. grösser und in mässigen und niederen Konz.kleiner, als die entsprechen-

den Längsmasse. Das steht in Zusammenhang mit dem Wassergehalt der Zell kolloide, welcher von stärkeren Salzkonzentrationen vermindert, von mässigen und schwächeren aber vergössert wird. Von dieser Regel kommen einzelne Abweichungen vor: in K_2SO_4, KH_2PO_4 und $BaCl_2$ Lösungen bei Coleoptile und KCNS und KH_2PO_4 - Lösungen bei Wurzeln.

2) Die Trockengewichtsprozente der Coleoptile und Wurzeln - auf Rohgewicht berechnet - sind in KCl, KBr, KNO_3, $BaCl_2$ - Lösungen, in destill. Wasser, Leitungswasser und in der Knopschen Nährlösung $^1/_1$ Konz. bei Coleoptilen grösser als bei Wurzeln, in NH_4Cl, $MgCl_2$ - Lös. und in Knopsch:N.L.$^1/_2$ K. umgekehrt - bei Wurzeln grösser als bei Coleoptilen; in anderen Salzlösungen aber abwechselnd mehr oder weniger gleich gross.

4) Bei der Wirkung der Salzionen auf den Wassergehalt und die Trockensubstanzmenge der Keimlingselemente spielen die Konzentrationen der Salze eine grosse Rolle; doch wird die Kationenwirkung mehr als die Anionenwirkung von den Konzentrationen beeinflusst. Jn höheren Konz. kommt bei Coleoptilen in der Wirkung der Anionen die lyotrope Reihenfolge zur Geltung, in niederen Konz. aber nicht mehr; bei Wurzeln wird der Wassergehalt in den Hauptzügen nach der lyotropen Reihenfolge der Anionen gesteigert, wobei die Stellung der CNS u. Br - Jonen in der Reihe stets von der Konzentration der Salze verändert wird.

4) Der Wassergehalt der Wurzel und Coleoptile wird in höheren Konz. von Li-, NH_4 und Ba - Jonen am meisten herabgesetzt.

Diskussion der Versuchsergebnisse.

Im Wachstum aller Lebewesen spielt das Wasser eine Hauptrolle. Unsere Versuche haben gezeigt (Tab.2 u.3), dass für ein optimales Wachstum der Keimlinge eine bestimmte Menge von Wasser im Keimbette erforderlich ist. Weiter haben wir gesehen, dass Neutralsalze stets die Quellungswassermenge in den Samen parallel mit dem Steigen der Salzkonzentration herabsetzen (Tab. 4 u.5) und in dieser Weise das Keimlingswachstum beeinflussen, denn die Menge des Quellungswassers geht mit dem Steigen der Salzkonzentrationen in Kolloiden allmählich zurück und wird in gesättigten Salzlösungen, wie Wolfe (1926) an Gerstesamen gezeigt hat, gleich 0. Daraus folgt, dass die Wirkung der Neutralsalze auf das Quellen der Samen und auf das Keimlingswachstum mit der Regulation des Quellungswassers in Reservestoffen und Plasmakolloiden in Zusammenhang steht. (1).

In gegebenem Falle, wo wir es mit dem Wachstum der Keimlinge im Dunkeln zu tun haben, wo die Assimilationsprozesse ausbleiben und die Keimlinge sich nur auf Kosten der Reservestoffe nähren, müssen alle diejenigen Faktoren, welche das Auflösen und die Mobilisation der Reservestoffe beeinflussen und dadurch auf das Keimlingswachstum wirken, in Betracht gezogen werden. Die Angaben der Tabellen 13-a.u.b haben uns gezeigt, wie die Neutralsalze in Abhängigkeit von ihrer Konzentration die Tätigkeit der Diastase bei der Auflösung der Reservestärke in Weizenkörnern bewirken. (2).
Ebenso müssen aber auch andere sich im Zellplasma abspielende enzymatische Prozesse bei Auf- und Abbau des Plasmas von Salzionen beeinflusst werden. (3)

Vom kolloidchemischen Standpunkte der Plasmaforschung wissen wir, dass die Permeationseigenschaften des Plasmas von Salzionen verändert werden: sie können zuerst in den obersten Schichten des Plasmas eine Verdichtung (Dehydrierung) oder Lockerung (Peptisierung) der Plasmakolloide hervorrufen und dadurch das Eindringen der Salzionen selbst und des Wassers bewirken. Durch die eingedrungenen Salzionen werden aber komplizierte kolloidchemische und physikalischchemische Veränderungen in den innersten Plasmabestandteilen hervorgerufen, welche auf die Zellteilung und auf das Wachstum von entscheidender Bedeutung sind. Bei allen erwähnten Veränderungen in kolloidem Zustande des Plasmas sind die

An- und Kationen tätig. Ausserden spielen hier die H'- und OH' - Jonen, welche die Jonisation der Plasmakolloide verursachen und welche ihrerseits von An- und Kationen der Salze beeinflusst werden, eine grosse Rolle.

Von der Menge der eingedrungenen Salzionen ist weiter, wie Kaho (1924) gezeigt hat, die Giftigkeit der Salze abhängig; eine bestimmte Menge von Salzionen kann das Plasma zur Koagulation bringen, resp. töten, ferner kann es seine Lebensprozesse nur hemmen, kann sie aber auch wiederum fördern. Bei allen erwähnten Lebensprozessen, welche von den kolloidchemischen Veränderungen des Plasmas abhängen, spielen, die An- und Kationen der Salze in Abhängigkeit von Konzentrationen eine ausschlaggebende Rolle (4).

Ausser der kolloidchemischen Wirkung der Salzionen auf das Plasma kommen noch die ernährungsphysiologischen Funktionen hinzu. (5) Einige Salzionen werden in synthetischen Prozessen der Plasmabildung verbrauchte, andere aber nicht. Die ersten können sich nicht in dem Masse in Protoplasten akkumulieren, als die zweiten, wodurch ein merklicher Unterschied in den Wirkungskonzentrationen beider Jonengruppen entstehen kann.

Es ist also erforderlich von allen oben erwähnten Gesichtspunkten aus die Wirkung der Salze auf das Keimen und das Keimlingswachstum zu betrachten.

I Die Wirkung der Salzionen auf das Keimen von Samen.

Die Quellung der Reservestoffe in Samen ist ein Wasserversorgungsakt und muss demnach für das Aufkeimen der Samen von Bedeutung sein. Unsere Quellungsversuche mit Linsensamen und Getreidekörnern haben gezeigt, dass alle Salze in verwendeten 0.1 - 0.0001 n. K. die Quellungswassermenge in den Samen herabsetzen und dass diese Wassermenge mit dem Steigen der Salzkonzentration stets abnimmt. Weiter haben wir gesehen, dass Neutralsalze die Menge des Quellungswassers in proteinhaltigen Linsensamen viel stärker als in stärkehaltigen Getreidekörnern vermindern. Darnach wäre zu erwarten, dass alle Salze in verwendeten Konzentrationen auch das Aufkeimen der Samen zurückhalten würden.

Unsere Spezialversuche jedoch haben in Bezug der Aufkeimung der Samen folgendes gezeigt (als Kriterium der Aufkeimung wurde der Moment des Durchbrechens der Samenschale durch die Coleorrhiza angenommen):

1) Das Aufkeimen der Samen wird in 0.1 n.K. meistens schwach ver-

langsamt; nur in einzelnen Salzlösungen (hauptsächlich der Li-Salze und in NH_4CNS bei Linsen) wurde das Zellplasma in Keimlingsanlagen abgetötet so dass ein Aufkeimen überhaupt nicht mehr zustande kam. In den meisten Fällen sind die Samen aber auch in solchen 0.1 n. Salzlösungen, wo die Keimlinge später umgekommen sind, so z.B. in den meisten Rhodanid-Lösungen und in LiCl bei Avena, fast ebenso schnell als in destill. Wasser aufgekeimt.

2) Die niederen Salzkonzentrationen haben kaum die Geschwindigkeit des Aufkeimens verändert und das Durchbrechen der Samenschale durch die Coleorrhiza wurde ebenso in destill. Wasser wie in Salzlösungen zu ± gleicher Zeit beobachtet. Eine Beschleunigung des Aufkeimens von Weizenkörnern wurde nur einmal in 0.1 n. Na_2HPO_4 - Lösung festgestellt. Diese schwache Wirkung der Neutralsalze auf die Keimung der Samen deutet darauf hin, dass das Aufkeimen der Samen nicht direkt von der Quellungswassermenge in den Samen abhängt.

Wie gezeigt, ist die Samenschale in der Nähe der Keimlingsanlage für das Wasser und die Salzionen leichter durchgänglich als an anderen Stellen der Samen. Wenn also die Salzionen und das Wasser die Samenschale in der Nähe der Keimlinge leicht passieren oder durch die Mikropyle unverhindert eindringen können, dann werden die Keimlingszellen direkt von diesen beeinflusst und das Quellungswässer der Reservestoffe haben in diesem Falle für die Aufkeimung kaum eine Bedeutung.

Es ist aber von verschiedenen Forschern gezeigt worden, dass Salzionen die Aufkeimung der Samen beschleunigen (stimulieren). Eine solche Salzwirkung ist ja möglich, kann aber bei schnellkeimenden Samen, wie es hier der Fall ist, kaum beobachtet werden. Andererseits ist gezeigt worden (Niethammer, Hassebrauk und and.), dass die stimulierende Wirkung der Salze und anderer Chemikalien bei solchen Samen, welche sich im Nachruhezustande befinden oder welche ihre Keimkraft schon teils verloren haben, deutlicher als bei normalkeimenden Samen zum Ausdruck kommt.

Daraus folgt: 1) Die Aufkeimung der Samen wird nicht von der Quellungswassermenge der Reservestoffe, sondern direkt durch die Samenschale und Mikropyle eingedrungenen Lösungen beeinflusst.

2) Die Aufkeimungsgeschwindigkeit der Getreide- und Linsensamen wird von stärkeren Konzentrationen der Neutralsalze herabgesetzt; von schwächeren Salzkonzentrationen werden diese schnellkeimneden Samen

nicht merklich beeinflusst. Eine Stimulation der Keimung wird durch Neutralsalze nicht hervorgerufen.

II. Die Regulation des Quellungswassers in Keimlingszellen durch die Salzionen in Abhängigkeit von Konzentrationen.

Nachdem die Samenschale von Coleorrhiza durchbrochen ist, tauchen sich die Keimlingswurzeln direkt in die Salzlösungen ein. Jetzt wird das Keimlingswachstum einerseits von der Wasserversorgung der lebenden Zellen, andererseits von der Mobilisation der Reservestoffe abhängen. Beide Prozesse werden von Salzionen in Abhängigkeit von ihrer Konzentration mehr oder weniger stark beeinflusst.

Aus den Tabellen 34 u. 35 haben wir gesehen, dass die Keimlinge in optimalen Wachstumszuständen in verschiedenen Salzlösungen stets wasserreicher, in gehemmtem Zustande aber wasserärmer sind als in destilliertem Wasser. Die lebhaft wachsenden Zellen brauchen mehr Wasser nicht nur zur Bildung der neuen Plasmamassen, sondern eine jede solche Zelle resp. Organ - ist an sich wasserreicher, wie wir aus den Beziehungen zwischen Roh- und Trockengewicht bei Coleoptilen und Wurzeln von Weizen gesehen haben. In optimalem Wachstumszustande sind also die Zellkolloide wasserreicher, resp. stärker angequollen, in gehemmtem Zustande - wasserärmer, resp. weniger angequollen. Demnach muss die Quellung der Plasmakolloide, wie auch der Zellwandkolloide, von stärkeren Salzkonzentrationen herabgesetzt, von niederen aber gesteigert worden. Eine solche Wirkung der Neutralsalze auf das Quellen der Gelatine ist neuerdings auch von Künzel (1928) festgestellt worden.

Die entquellende Wirkung der Salze ist aber nicht nur von der Konzentration, sondern ebenfalls - wie von verschiedenen Autoren (Hofmeister, Pauli, Porges u. Neubauer, Ruhland, Kaho) gezeigt worden ist - von spezifischen Eigenschaften der An- und Kationen abhängig, was auch von den Wirkungsreihen der An- und Kationen bei Weizenkeimlingen zu sehen ist. Der Wassergehalt, resp. die Quellung der Zellkolloide, wird in Weizenkeimlingen nach der lyotropen Reihenfolge der Anionen reguliert; nach der Stärke der Herabsetzung des Quellungswassers ordnen sich die Anionen nach der umgekehrten lyotropen Reihe, wobei die Stellung von CNS' u. Br' - Jonen von den Salzkonzentrationen stark beeinflusst wird. In 0.1 n. Konz. wird die Quellungswassermenge von Li, NH_4 u. Ba - am stärksten, vom K u. Mg am schwächsten herabge-

setzt. Hier tritt wieder ein Parallelismus in der Salzwirkung auf das Quellen der Linsensamen und Zellkolloide zum Ausdruck. Parallel mit der Herabsetzung des Wassergehaltes wird auch das Keimlingswachstum (Längswachstum) gehemmt.

In mässigen und niederen Konz. wird die Quellung der Zellkolloide von Salzionen begünstigt; am stärksten quellungsfördernd wirken - von Anionen Cl u. NO_3 auf das Coleoptil- und Wurzelzellen, von Kationen - K, Mg u. Li - bei Coleoptil-, K und Ba bei Wurzelzellen. Die Wirkung des Ca - Jons auf das Quellen der Linsensamen und Zellkolloide ist hier eine verschiedene.

Mit der Quellung der Plasmakolloide sind aber auch die Veränderungen der Viscosität, Dispersität, Permeabilität und des osmotischen Druckes des Plasmas verbunden. Alle diese Eigenschaften des Plasmas, ebenso wie die Jonisation, werden von Salzionen in Abhängigkeit von Konzentr. beeinflusst, so dass das Keimlingswachstum nicht nur von der Quellung und dem Wassergehalt der Plasmakolloide allein bedingt wird. Unsere Versuche sind aber nicht zur Erklärung dieser Fragen ausgeführt worden.

Kurz gefasst:

1. Der Wassergehalt der Keimlingselemente wird von höheren Salzkonzentrationen herabgesetzt, von mässigen und niederen Konz. gesteigert.
2. Die Förderung des Keimlingswachstums durch die Salzionen fällt mit dem grösseren Wassergehalt der Keimlingselemente, resp. mit der stärkeren Quellung, die Hemmung - mit der Entquellung der Zellkolloide zusammen.
3. Bei der Quellung und Entquellung der Zellkolloide spielen nicht nur die Salzkonzentrationen, scndern auch die An- und Kationen der Salze eine entschiedene Rolle.

III. Die Wirkung der Neutralsalze auf die H-Jonenkonzentration der Versuchslösungen.

Welche Rolle die H- und OH-Jonen im Pflanzenleben spielen, darüber ist in einem der vorigen Abschnitte schon gesprochen worden. Wir haben gesehen, dass alle die kleinen Veränderungen der pH-Werte, die von Salzionen in Lösungen verursacht wurden, recht bald (schon nach 3-4 Tagen) von den Ausscheidungen der Keimlingswurzel ausgeglichen worden waren und somit auf das Keimlingswachstum von keiner Bedeutung sind.

Mit der H - Jonenkonzentrationsfrage der Versuchslösungen muss man hier aber eine andere Erscheinung erwähnen, welche in unseren Versuchen aufgetreten ist und mit den Befunden der anderen Autoren nicht übereinstimmt. Es handelt sich hier nämlich um eine längst bekannte Tatsache, welche besonders von Prianischnikow und seiner Schüler, neuerdings von Mevius und Engel untersucht worden ist, nämlich - dass die NH_4 - Jonen schneller als die Anionen aus den Salzlösungen durch das Plasma in die Zellen eindringen und die Nährlösungen von zurückgebliebenen Anionen sauer werden. Als ich die physiologische Acidität der NH_4 - Salze in meinen Versuchen feststellen wollte, konnte ich stets finden, dass die Reaktion der NH_4-Salzlösungen in kleineren Konz. (von 0.01 n. an) ebenso wie in anderen Salzlösungen nach 3 Tagen neutral bis schwach alkalisch geworden waren, also keine Anhäufung von Anionen gezeigt hatten. Nur in 0.1 n. $(NH_4)_2SO_4$-Lösung konnte die Ansäuerung festgestellt werden.

Die folgende Tabelle 36 wird die Veränderung der pH-Werte der NH_4 - Salze zeigen.

Tabelle 36.

Veränderung der pH - Werte bei NH_4 - Salzen.

Salzlösungen	Konz.	pH-am Anfang der Versuch	pH - nach 7 Tage		Bemerkungen
			Triticum	Lens	
NH_4CNS	0.001	5.9	7.3	7.5	
NH_4NO_3	0.1	6.2	7.1[x]	7.2[x]	[x]Wurzelwachstum stark gehemmt.
	0.001	5.9	7.2	7.5	
NH_4Cl	0.1	6.2	6.8[xx]	7.1[xx]	[xx]Wurzelwachstum stark gehemmt.
	0.001	5.9	7.3	7.5	
$(NH_4)_2SO_4$	0.1	6.4	5.4[xxx]	7.0[xxx]	[xxx]Wurzelwachstum gehemmt.
	0.001	6.0	7.2	7.5	

Wir sehen aus dieser Tabelle, dass die H - Jonenkonzentration nur in 0.1 n. Lösung von $(NH_4)_2SO_4$ gestiegen, in anderen NH_4 - Salzlösungen aber gefallen ist. Bei Linsenkeimlingen stehen die pH - Werte in allen Fällen über 7.0

Daraus kann man jedoch nicht schliessen, dass eine ungleiche Jonenaufnahme bei NH_4 - Salzen überhaupt nicht stattfindet. Im Gegenteil - das Fallen der pH - Werte in 0.1 n. Konz. von $(NH_4)_2SO_4$ und die etwas kleineren pH - Werte in 01 n. Lösungen der anderen Salze deuten gerade darauf hin, dass eine schnellere Permeation

des NH_4 - Jons am Anfang der Versuche in die Wurzelzellen wohl möglich ist und dass diese Ungleichheit der Jonen in den Versuchslösungen erst später ausgeglichen wird. Man kann sich den Vorgang aber auch so vorstellen, dass in schwachen Salzkonzentrationen das Eindringen der NH_4-Jonen bald zum Stillstand kommt und nach einiger Zeit von den Anionen nachgeholt wird, wodurch die Reaktionen der Salzlösungen sich ausgleichen oder sogar alkalischer werden können. Zu dem gleichen Resultate konnte ebenfalls die "Extrapermeabilität" von anderen Kationen aus den Samen oder Wurzelzellen nach Janse, welche Erscheinung von Pantanelli bestätigt worden ist, führen. Es ist aber ebenfalls nicht ausgeschlossen, dass die kleinen Lösungsmengen und die gute Aeration in gegebenem Falle irgend wie den Vorgang beeinflusst hat.

Was die pH - Werte der Monophosphate (KH_2PO_4, NaH_2PO_4, $NH_4H_2PO_4$ u. $Ca(H_2PO_4)_2$) anbetrifft, so wurde eine Steigerung der H - Jonenkonzentrationen in diesen Salzlösungen auch niemals beobachtet; wohl sind aber die pH - Werte dieser Versuchslösungen nach 7 Tagen etwas niedriger (in 0.1 n. Konz. pH. 6.6 - 7.0, in 0.01 n. Konz. - 6.8 - 7.3) als in anderen Salzlösungen gefunden.

IV. Die Wirkung der Neutralsalze auf die Tätigkeit der Stärkespaltenden Enzyme.

Unsere Versuche im Reagenzglase haben gezeigt, dass die Neutralsalze die Diastasetätigkeit stark beeinflussen. Die Verflüssigung von Stärke durch die Diastase wird von Chloriden, Bromiden, Nitraten und Rhodaniden in 0.05 - 0.00005 n. Konz. begünstigt, von Sulfaten und Phosphaten aber meistens herabgesetzt. Die Salzkonzentrationen haben dabei eine grosse Rolle gespielt, denn die Wirkungslinien verlaufen kurvenförmig. Am stärksten wird die Wirkung von Sulfaten und Phosphaten von der Konzentration beeinflusst: in schwächeren Konz. wirken sie fördernd, in stärkeren aber hemmend. In der Förderung der Diastasetätigkeit wirken die Neutralsalze nach der Anionenreihe: Br, Cl > NO_3 > CNS > > H_2PO_4, SO_4. Diese Jonenreihe ist sehr eigenartig und entspricht einer gebrochenen lyotropen Reihe der Anionen: Br, Cl > NO_3 > CNS ←||→ H_2PO_4, SO_4, wo merkwürdiger Weise das am stärksten hydratisierend wirkende CNS' - Jon neben dehydratisierenden H_2PO_4' und SO_4" - Jonen steht. Es ist ziemlich schwer für diese eigenartige Jonenreihe eine befriedigende Erklärung zu finden. Nach Fodor sind die fermentativen Vorgänge als kolloidchemischen Prozesse, anzunehmen, welche vom Dispersitäts-

grade des Mediums und dem Hydrationsgrade der beteiligten Substanzen bestimmt werden. Damit ist für den günstigen Verlauf dieser Prozesse eine optimale Hydratation der Kolloide erforderlich. Einen solchen kolloidalen Zustand können die zu stark hydratisierend - (Rhodanide) oder dehydratisierend - (Phosphate und Sulfate) wirkenden Jonen kaum beschaffen. Diese Jonen können dadurch aber auch die Enzymtätigkeit nicht besonders günstig beeinflussen. Bei geeigneten Konzentrationen (niederen) können diese Jonen die Enzymtätigkeit wohl begünstigen. Die Anionen aus der Mitte der lyotropen Reihe - also Br' und Cl' - müssen in obenerwähntem Sinne bedeutend besser als die Endionen dieser Reihe - auf die Enzymtätigkeit wirken. Dass die Chloride am stärksten die Diastasetätigkeit begünstigen, ist ebenfalls von anderen Forschern festgestellt worden. In unseren Versuchen ist nur eine ebenso stärke, in einigen Konz. aber sogar eine etwas stärkere, Wirkung des Bromions gezeigt worden.

In der Wirkung der Neutralsalze auf den Verzuckerungsgang von Stärke kommt die lyotrope Reihe der Anionen gut zum Ausdruck. (Die angegebenen Zeitwerte entsprechen bei Rhodaniden, wie bei den Versuchsanalysen bemerkt wurde, nicht der Wirklichkeit, so dass die Stellung des Rhodanions in der Reihe beim Verzuckerungsgange unsicher bleibt.) Die Enzymtätigkeit in dieser Richtung wird ebenfalls von Sulfaten und Phosphaten der Alkalimetalle ausserdem von allen Erdalkalisalzen in 0.05 n. Konz. herabgesetzt und von Chloriden, Bromiden und Nitraten der Alkalisalze begünstigt.

Die Wirkung der Neutralsalze auf die Diastasetätigkeit beim Abbau von Amylum tritici im Reagenzglas und der Reservestärke in Weizenkörnern stimmt aber nicht ganz überein. Wir haben in der Tabelle 13 a u.b gesehen, dass alle Salze in 0.1 Konz. den Stärkeabbau in Weizenkörnern herabgesetzt haben und haben diese Erscheinung mit dem abgehemmten Zustande der Weizenkeimlinge in diesen zu hohen Salzkonzentrationen und mit einem beschränkten Verbrauch der Spaltungsprodukte von Endospermstärke in Zusammenhang gebracht. Auch die Hemmung der Diastasetätigkeit durch $BaCl_2$ (fast in allen Konzentrationen!) lässt sich ebenso erklären, weil $BaCl_2$ in höheren Konz. stark giftig wirkt und das Keimlingswachstum noch in niederen Konz. hemmt. Die fördernde Wirkung der Neutralsalze in mässigen und niederen Konz. im Reagenzglas wie in Weizenkörnern deutet auf eine allgemeine günstige Hydratation der Stärkekolloide hin,

welche hier durch diese Salze hervorgerufen wird, wodurch die Stärke leichter von Diastase angegriffen und abgebaut wird. Je schneller aber die Stärke in den Körnern aufgelöst und je mehr vom Abbauprodukte den Keimlingen zugeführt wird, um so schneller können diese weiterwachsen. Wir haben gesehen, dass Chloride und Nitrate am meisten die Stärkehydrolyse beschleunigt haben; von diesen Salzen wird aber auch in denselben Konzentrationen das Keimlingswachstum (besonders das Coleoptilwachstum) am stärksten gefördert. Damit kann in gegebenem Falle das Bestwachstum der Keimlinge durch die günstige Beeinflussung einerseits der Enzymtätigkeit und andererseits - der Plasmakolloide durch diese Salze in Zusammenhang gebracht werden.

Ausser der Enzymtätigkeit in dem Abbau der Reservestoffe in Samen haben wir es mit ähnlichen Prozessen im Innern der lebendigen Zellen zu tun. Es sind die enzymatischen und katalytischen Prozesse beim Auf- und Abbau des Plasmas, welche ebenfalls von Salzionen beschleunigt oder gehemmt werden (Siehe Seite 64-65) . Da wir aber über die Einzelheiten dieser Prozesse viel zu wenig wissen und unsere Untersuchungen in dieser Richtung nicht ausgeführt worden sind, werden wir uns dabei nicht weiter aufhalten.

Die Wirkung der Salzionen auf das Keimlingswachstum.

Wie wir gesehen haben, wirken Neutralsalze einerseits auf die Mobilisation der Reservestoffe in Samen und beeinflussen in dieser Weise ernährungsphysiologisch das Keimlingswachstum. Andererseits dringen die Salzionen aus den Lösungen in die Keimlingszellen hinein und wirken kolloidchemisch und chemisch auf das Plasma. Die letzte Wirkungsweise der Salzionen ist ein sehr komplizierter Vorgang, von welchem nur einige Etapen durch wissenschaftliche Untersuchungen beleuchtet sind; der grösste Teil davon aber noch unbekannt ist.

Zuerst wissen wir über das Plasma, seinen Aufbau, Struktur und Chemismus noch ziemlich wenig ausser Zweifel stehendes. Bei solchem begrenzten Zustande unserer Kenntnisse ist es unmöglich etwas endgültiges über die Salzwirkung auf das Plasma zu sagen. Ausserdem brauchen die im Reagenzglase festgestellten Gesetzmässigkeiten mit denjenigen in so beschränktem Raume - wie die Zelle ist - gar nicht übereinzustimmen.

In den Hauptzügen jedoch könnte der Gang der Salzwirkung auf das Plasma etwa folgender sein:

In unseren Versuchen, bei denen die Keimlinge in schwach alkalischen Salzlösungen bei pH 7.2 - 7.5 gewachsen sind, haben wir es mit negativ geladenen Plasmakolloiden zu tun. Wenn jetzt die An- und Kationen der Neutralsalze mit dem Plasma in einen Kontakt treten, muss die negative Ladung der Kolloidteilchen des Plasmas - zuerst gewiss in den oberen Schichten - von Anionen vergrössert, von Kationen aber vermindert werden. Durch die ersten Jonen wird also die Jonisation der negativen Plasmakolloide und im Zusammenhang damit auch die Dispersität und Quellung gesteigert, die Viskosität aber herabgesetzt. Kationen wirken dagegen auf die negativgeladenen Plasmateilchen neutralisierend, dadurch Quellungshemmend und Viskositätsteigernd.

Wenn die elektrischen Ladungen der An- und Kationen in Neutralsalzen in allen Fällen gleich stark wären, dann brauchte eigentlich keine Veränderung in der Jonisation des Plasmas durch die Salzwirkung einzutreten. In der Tat sind die Ladungen der An-und Kationen in Neutralsalzlösungen aber nicht konstant und werden noch mehr von den Konzentrationen der Salze verändert (Siehe Tab. 4). Ausserdem wird die Wirkung der Neutralsalze noch von der ungleich starken Adsorption der beiden Jonen und von der chemischen Ver-

bindung mit Plasmabestandteilen abhängen.

Beim jetzigen Zustande unserer Kenntnisse können wir alle diese komplizierten Vorgänge im Plasma leider nicht voraussehen. Jedenfalls aber werden die Plasmakolloide und in Zusammenhang damit die physiologischen Prozesse des Plasmas von Neutralsalzionen stark beeinflusst.

Aller Wahrscheinlichkeit nach besteht das lebendige Plasma aus einer Entmischung verschiedener Biokolloide (protein -, phosphatid-, lipoidhaltigen u.a.), welche je nach der Pflanzenart, sogar nach den Pflanzenorganen in Einzelheiten abweichen können. Aus diesen Entmischungen müssen die oberflächenaktiven Bestandteile sich an der Oberfläche des Plasmas ansammeln. Demnach sind die obersten Plasmaschichten anders als die inneren aufgebaut und bestehen aus Lipoiden (nach Overton), aus Phosphatiden (nach Hansteen - Cranner) oder aus einem hetirogenen System von verschiedenen Kolloiden, welches nach Ruhland aus Mizellen und Intramizellarräumen (Poren) aufgebaut ist. Selbstverständlich muss in diesem Falle die Wirkung der Salzionen auf die obersten Plasmaschichten eine andere sein als auf die inneren.

Auch das Eindringen der Salzionen ins Innere des Plasmas - durch die mit Semipermeablen Eigenschaften versehenen obersten Plasmaschichten (Plasmahaut nach Pfeffer) ist ein sehr komplizierter Vorgang. Wie aus den Untersuchungen von Kaho, ersichtlich ist, werden die Permeationseigenschaften des Plasmas (richtiger, die der obersten Schichten davon) von Salzionen stark beeinflusst. Alle Jonen, die dehydratisierend auf die obersten Plasmaschichten wirken, können auch selbst sehr schwer oder garnicht durch diese dringen (Kationen Mg, Ba, Sr, Ca) andere Jonen aber, welche auf die erwähnten Schichten peptisierend wirken (Anionen - CNS, J, Br, NO_3, Cl), können leicht ins Plasma gelangen. Das Eindringen der Jonen ist also von ihrer Kolloidaktivität abhängig. Es treten aber auch hier weitere Komplikationen hinzu, zuerst die Abhängigkeit der Jonen vom Donnan'schen Membrangleichgewichtes, nach welchem unter bestimmten Bedingungen, die sonst leicht diffundierenden Salzionen zurückgehalten werden, oder die Salzkonzentrationen, von welchen die Gleichgewichte zwischen An- und Kationen verschoben und die Kolloide anders als von den niederen Konz. angegriffen werden.

Die Salzionen, welche hydratisierend auf die Plasmakolloide wirken und schnell ins Plasma gelangen, können sich hier leicht im Übermass ansammeln - ob frei, adsorptiv oder chemisch verbunden. Dadurch

können aber die dynamischen Prozesse des Plasmas nicht mehr so wie vorher weiter laufen, denn bei zu starker Akkumulation der Jonen im Plasma kann dasselbe denaturiert werden: die Plasmakolloide Koagulieren, zerfallen in die einzelnen Phasen und die Zellen sterben ab.

In anderen Fällen dagegen, welche wiederum von Konz. der Salze abhängig sind, können die kolloiden Eigenschaften und die physiologischen Funktionen des Plasmas von Salzionen günstig beeinflusst werden. Es kann z.B. ein zu starres und wenig mobiles Plasma durch die betreffenden Salzionen günstiger hydratisiert und ionisiert werden, wodurch die physiologischen Prozesse (z.B. Stoffwechsel, Atmung, Enzymtätigkeit usw.) gesteigert werden.

Nach diesen kurzgefassten theoretischen Erläuterungen über die Aufnahme und Wirkung der Salzionen werden wir jetzt zur Besprechung unserer Versuchsresultate übergehen.

Unsere Versuche haben gezeigt, dass die Salzkonzentrationen eine grosse Rolle bei der Verwirklichung der Wachstumsprozesse von Keimlingen spielen. Von stärkeren (0.1 n.) Salzkonzentrationen wird das Keimlingswachstum gehemmt, von einigen sog. "giftigen" Salzen - (Li-, NH_4- u. Ba-Salze) sogar verhindert. In einer bestimmten Konzentration ist die Jonenwirkung aller Salze keine gleich starke. Wie gezeigt, geh sie in den meisten Fällen nach der lyotropen Reihenfolge der Anionen: $CNS > NO_3 > Cl > Br > SO_4 > H_2PO_4$. Die Kationenwirkung ist aber mehr von der Salzkonzentration abhängig.

Bei der Erklärung dieser Jonenwirkung müssen wir zuerst an die Geschwindigkeit des Eindringens der Salzionen durch die obersten Schichten des Plasmas denken.

Wie Kaho gefunden hat, steigt die Giftigkeit der Salzionen auf das Zellplasma nach der lyotropen Reihenfolge der Anionen. Andererseits ist von vielen Autoren(Fiting, Tröndle, Kaho, Ruhland mittels der plasmolytischen Methode, Kaho, Port - nach der Beeinflussung der Hitzekoagulation, Niklewski, Krause, Lemańczyk - nach der Aschenanalyse der Keimlinge) gezeigt worden, dass die Geschwindigkeit des Eindringens der Neutralsalze ebenfalls nach der lyotropen Reihe der Anionen geschieht. Folglich muss die Herabsetzung des Keimlingswachstums und die Giftwirkung der Salze von der Menge der eingedrungenen Salzionen (Anionen) abhängen. Haben sich also zu viel Salzionen in dem Plasma angesammlet, dann müssen sie die physiologischen Plasmafunktionen herabsetzen, in anderen Fällen sogar ganz verhindern.

Eine solche quantitative Wirkung der Jonen wäre jedoch nur dann anzunehmen, wenn alle Jonen eine gleich starke und ähnliche Veränderung im Plasma hervorrufen. Das ist aber ausgeschlossen, weil verschiedene Jonen eine ganz spezifische Wirkung auf die Plasmakolloide ausüben und den Stoff- und Energiewechsel der Zellen verschieden beeinflussen. Eine bestimmte Menge von CNS - Jonen wird jedenfalls auf das Plasma ganz anders wirken als eine gleiche Menge von NO_3' oder SO_4-Jonen. Man muss also annehmen, dass die Jonenwirkung auf das Plasma 1) von der absoluten Menge und 2) von der spezifischen Energie der Jonen abhängt. Und da weiter beide Jonen eines Salzes gleichzeitig auf das Plasma wirken, muss man in jedem Falle mit einer Kombination von vier Grössen rechnen: 1) mit der Menge und 2) spezifischen Energie des Anions und 3) mit der Menge und 4) spezifischen Energie des Kations.

Es ist von verschiedenen Autoren gezeigt worden, dass die Aufnahme der beiden Jonen eines Salzes nicht immer gleich stark vor sich geht (Pantanelli, Prianischnikow, Niklewski - Krause - Lemańczyk, Brooks u.a.) In Säuren Salzlösungen werden mehr die Anionen, in alkalischen aber die Kationen (Niklewski-Krause-Lemańczyk) adsorbiert; oder um dieses deutlicher auszudrücken: positiv-geladene Plasmakolloide adsorbieren mehr Anionen, negativ-geladene aber Kationen. In unseren Versuchen (pH. 7.2 - 7.5), bei denen wir es mit negativ-geladenen Plasmakolloiden zu tun haben, müssen die Kationen mehr adsorbiert werden und dadurch, was die Wirkung anbetrifft, eine dominierende Stelle in der Wirkung einnehmen. Durch diese Annahme wird es verständlich, warum die Veränderung der Salzkonzentrationen mehr die Wirkungsreihen der Kationen als diejenige der Anionen angegriffen hat. Was weiter die Anhäufung der Salzionen im Plasma anbetrifft, so muss man hier ausser der kolloidchemischen Wirkung der Jonen noch ihre ernährungsphysiologischen Funktionen - die sich ja zum Teil mit den Kolloidchemischen decken- im Auge behalten. Denn diejenigen Salzionen, die für die synthetischen Zwecke im Plasma verbraucht werden, können sich nicht in dem Masse im Zellplasma ansammeln als die anderen, sondern sie treten in den Kreislauf des Stoffwechsels und werden weiter geführt.

Ihre hemmende Wirkung auf die Plasmatätigkeit muss bei höheren Salzkonzentrationen früher als bei anderen aufhören und in mässigen (resp. optimalen) Konz. müssen sie - weil sie gerade die synthetischen

Plasmaprozesse bewirken - das Wachstum im allgemeinen stark fördern.

Wir können diese Verhältnisse folgendermassen schematisch zeigen.

I Typus. 1) Eine starke Konzentration.

Der Zutritt der Salzionen in die Zelle - gross; Verbraueh - 0; dadurch folgt eine Akkumulation der betr. Jonen in den Zellen, was zur Herabsetzung oder Verhinderung (je nach der Stärke der Konz. und der Aktivität der Jonen!) der Plasmatätigkeit und des Wachstums führt.

2) Eine mässigen Konzentration.

Zutritt der Jonen mässig, Verbrauch - 0; Anhäufung der Jonen führt zur Hemmung, nicht aber zur Verhinderung des Wachstums.

3) Eine schwache Konzentration.

Zutritt schwach; Verbrauch - 0. Akkumulation der Jonen schwach. In dieser Konzentration können die Jonen auf die Jonisation, Quellung etc. der Plasmakolloide begünstigend wirken und dadurch eine Förderung des Wachstums hervorrufen.

II Typus. 1) Eine starke Konzentration.

Zutritt der Jonen stark; Verbrauch < Zutritt. Es muss eine Anhäufung der Jonen stattfinden, welche je nach der Konz. der Lösungen und Aktivität der Jonen zur Hemmung oder Vernichtung des Wachstums führen kann.

2) Eine mässige Konzentration.

Zutritt der Jonen in die Zellen mässig, Verbrauch ± gleich oder etwas weniger als der Zutritt. Es findet ein völliger Verbrauch oder eine schwache Anhäufung der Jonen in den Zellen statt, welche aber den Kolloiden Zustand des Plasmas (Jonisation, Hydrotation, Viskosität, osmot. Eigenschaften etc.) günstig beeinflussen und ausserdem noch durch die positive ernährungsphysiologische Wirkung eine ± starke Wachstumsförderung hervorrufen.

3) Eine schwache Konzentration.

Schwacher Zutritt; alle Jonen werden sofort verbraucht; durch den positiven ernährungsphysiologischen Effekt kommt, je nach der Konzentr. eine mehr oder weniger schwache Förderung des Wachstums zustande.

Diese sind die sogenannten idealen Fälle des Wachstums, die man bei

kurzfristigen Versuchen, z.B. beim Eintauchen irgend welches wachstumsfähigen Pflanzenorgans in die reinen Salzlösungen erzielen kann. Beim Keimlingswachstum sind die Verhältnisse aber viel komplizierter.

Wir müssen beim Keimlingswachstum im Auge behalten, dass dieses auf Kosten der Reservestoffe zu stande kommt, die in den Samen befindlichen Reservestoffe aber stets, obwohl in kleinen Mengen, verschiedene Salze enthalten. Zur Illustration gebe ich hier einige Aschenanalysen der Samen - aus der „Biochemie der Pflanzen" von F. Czapek, Bd. II S. 373 u. 377, 1920 wieder, die mit einigen Angaben aus der „Keimungsphysiologie der Gräser" von Lehmann und Aichele - 1931 - vervollständigt wurden.

Tabelle 37.

Samen	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	Bestimmungen von:
Avena sativa	27.96	-	7.46	10.12	1.54	47.73	Wolff
" "	17.9	1.66	3.6	7.13	1.18	25-68	Haselhoff u. Mach.
Secale cereale	30-35	0.8-2.0	2-6	10-15	0.1-1.3	43-51	Wolff
Triticum vulg.	25-35	0.3-4.0	2-5	10-16	0.5-2.0	42-50	König, Wolff, Wehmer
Lupinus ang.	31.4	-	5.0	10.6	-	40.5	Schulze u. Godet
Pisum sativ.	43.10	0.98	4.81	7.99	0.83	35.90	Wolff

Die Aschenmenge beträgt bei Avena 3.02% (König), bei Secale 2.0% (Schindler), bei Triticum 1.8% (Schindler). Wir sehen aus dieser Tabelle, dass PO_4 -, K u. Mg - Jonen in Getreide wie in Leguminosensamen in ansehnlichen Menge vorhanden sind. Zu diesen kommen aus den Versuchslösungen die betreffenden Salzlösungen nur in grösseren oder kleineren Mengen- je nach der Konzentration - hinzu und nahmen eine leitende Rolle an. Diese Wirkung der Salzionen kann also nur in stärkeren und mässigen Konzentrationen gut ausgeprägt werden und wird in schwächeren von den in Nährstoffen vorhandenen Salzionen mehr oder weniger kompensiert.

In langdauernden Versuchen, wie es bei unseren der Fall ist, müssen wir noch den Zeitfaktor berücksichtigen. Obwohl von verschiedenen Autoren (Borowikow, Pantanelli, Prianischnikow) angenommen wird, dass die Salzionen ziemlich schnell in die Zellen eindringen, ist von anderer Seite bekannt, dass einige Jonen, z.B. SO_4, Sr, Ca, sehr langsam durch

das Plasma permeieren können. So hat Fitting mit der plasmolytischen Methode keine Permeabilität des Plasmas für die Erdalkalisalze in 24 Stunden wahrnehmen können. Nach Hansteen - Cranner und Kaho werden die Plasmaoberschichten von Erdalkalisalzen, besonders von $CaCl_2$, so weit verdichtet, dass das Eindringen dieser Salze und auch anderer Jonen (antagonistische Jonenwirkung!) verhindert oder fast bis auf 0 herabgesetzt wird. Jedenfalls sind diese Schlüsse bei kurzdauernden Versuchen berechtigt, mit der Verlängerung der Zeit können aber auch die schwerpermeierenden Salzionen wie $CaCl_2$ (Niklewski - Krause - Lemańczyk) in das Plasma gelangen. Die Wirkung dieser Salze kann jedoch in den inneren Plasmaschichten eine ganz andere sein als in den oberen Schichten, weil bekanntlich angenommen wird, dass die inneren Plasmaschichten von einer ganz anderen chemischen Zusammensetzung sind als die obersten Schichten. Dadurch können die länger dauernden Versuche zu anderen Resultaten führen als die kürzerdauernden.

Eine Bestätigung dieser Annahme können wir in der vergleichenden Betrachtung der Kationenreihen, die auf Grund verschieden lang dauernder Versuche aufgestellt sind, finden.

So hat Borowikow (1915) nach seinen 3-6 Stunden dauernden Versuchen eine Hemmung des Hypocotylwachstums von Helianthus annuus nach folgender Kationenreihe festgestellt: $NH_4 < K < Na < Li < Mg < Ca < Sr < Ba$. Die Permeabilität der Neutralsalze in die Wurzelzellen von Lupinus luteus geschieht bei 1 Stunde dauernden Versuchen von Kaho (1921) nach der Kationenreihe: $K > Na > Mg > Ba > Ca$.

Das Eindringen der Neutralsalze in die Zellen von Beggeatoa mirabilis wurde von Ruhland und Hoffmann (1925) (Dauer der Versuche bis 20 Min.) nach folgender Kationenreihe geschätzt: $NH_4 > K > Na > Mg$ ~~Sr~~ ~~Ba~~

Bei diesen kurzfristigen Versuchen äussern sich nur die Kolloidchemischen Eigenschaften der Salzionen auf das Plasma, und darum merk man in den Jonenreihen stets, dass die Jonen der Alkalisalze schneller als die von Erdalkalisalze ins Plasma eindringen, resp. giftiger sind und das Wachstum mehr herabsetzen als die Jonen der Erdalkalisalze. (Die Befunde von Borowikow stehen mit dieser Annahme in Widerspruch!). Sonst ist die Stellung der Jonen in der Reihe bei verschiedenen Autoren aber nicht die gleiche.

Im Gegensatz zu den vorigen Kationenreihen konnte ich bei der

Herabsetzung des Gesammtkeimlingswachstums nach 7 Tagen in 0.1 norm. Chloridlösungen folgenden Kationenreihen feststellen:

bei Linsenkeimlingen: Li $\gg$ Ba $\gg$ NH_4 > Ca > K, Na > Mg;

bei Haferkeimlingen: Li > NH_4 $\gg$ Ba $\gg$ Ca > Na > K > Mg;

bei Weizenkeimlingen: NH_4, Li, Ba > K > Ca > Mg.

Der Hauptunterschied zwischen diesen und den vorigen Kationenreihen besteht darin, dass hier die ein und zweiwertigen Kationen durcheinander in einer Reihe stehen und dadurch kein kategorischer Unterschied in der Wirkung der ein- und zweiwertigen Jonen zu konstantieren ist. Weiter sehen wir noch, dass Li, NH_4 und Ba"- Jonen das Keimlingswachstum am stärksten harabsetzen, K u. Mg - Jonen aber es am meisten fördern.

Die Umbildung der Jonenreihen bei länger andaurenden Versuchen kann man dadurch erklären, dass hier schwer eindringende Jonen doch ins Plasma gelangen und die inneren Plasmakolloide anders beeinflussen als die obersten. Dass die Jonenadsorption sich mit der Zeit verändern kann, ist neuerdings von Loo (1931) durch chemische Analysen bewiesen worden. Ausserdem kommt die ernährungsphysiologische Funktion bei manchen Jonen in länger andauernden Versuchen mehr als bei den kurzfristigen zur Geltung.

Was die Wirkung von Li, Ba u. NH_4 - Jonen, welche das Keimlingswachstum in höheren Konz. verhindern oder am stärksten hemmen, anbetrifft, kann man ihre Wirkung auf eine starke Akkumulation dieser Salze im Plasma und in den Zellen zurückzuführen, denn Li u. Ba - Jonen gehören in dieser Beziehung zur T.I-1; NH_4-Jonen in Versuchen am Licht, wo sie in synthetischen Prozessen verwendet werden zur T.II-1, in gegebenem Falle - im dunkel aber ebenfalls zur T.I-1, wie aus den Untersuchungen von Loo hervorgeht.

K und Mg - Jonen wirken nach dem Typus II und begünstigen in mässigen Konz. (T.II-2) das Keimlingswachstum am meisten, weil sie in synthetischen Aufbauprozessen des Plasmas am meisten verwendet werden.

Wir können gewissermassen nach dem Verlauf der Kurven darüber urteilen, ob diese oder andere Jonen im Wachstum eine ernährungsphysiologische Bedeutung haben oder nicht; in diesem Sinne muss man die graphische Methode recht hoch schätzen. Ich verweise nur auf folgende Figuren, bei denen diese Beziehungen in dem stärkeren Ansteigen

der Kurven bei den in Klammern befindlichen Salzen gut zu sehen sind: Avena - 93 (KCl), 94 ($(NH_4)_2SO_4$), 95 (KCl) Triticum - 96 (MgBr), 97 (KNO_3), 98 (KCl), 99 (K_2SO_4), 100 (KNO_3, KCl, K_2SO_4) Lens - 127 (K_2SO_4 u. KH_2PO_4), 128 (NH_2PO_4), 129 ($MgCl_2$ und $MgSO_4$), 130 ($Ca(CNS)_2$ - vielleicht nur eine kolloidchemische Wirkung!), 131 (KNO_3 u. $Mg(NO_3)_2$), 132 (KCl und $MgCl_2$), 133 (K_2SO_4).

Aus dem Gesagten können wir schliessen, dass die Jonenreihen, besonders diejenigen von Kationen, unbeständig sind und nicht nur von ihren Kolloidaktivität, sondern noch 1) von der Konzentration der Salzlösungen, 2) von der Dauer der Versuche und 3) von der Eigenart der Versuchsobjekte (Eigenschaften des Plasmas, Wachstumsfähigkeit der Zellen etc.) und in Zusammenhang damit 4) von den ernährungsphysiologischen Funktionen der Jonen abhängig sind.

Weiter müssen wir uns mit der Frage der ungleichen Wirkung der Salze auf das Stengel (Coleoptil und Wurzelwachstum der Keimlinge befassen. Unsere Versuche haben gezeigt, dass die verschiedenen Neutralsalze das Stengel und Wurzelwachstum der Keimlinge nicht gleich stark beeinflussen. Der Unterschied der Salzwirkung äussert sich 1) in stärkeren Konzentrationen in der ungleich starken Herabsetzung des Wurzel- und Stengelwachstums, 2) in mässigen und schwächeren Konz. - in der ungleich starken Förderung des Stengel- und Wurzelwachstums und 3) in den abweichenden optimalen Salzkonzentrationen, die für das Bestwachstum von Stengel (Coleoptil) und Wurzel verschieden sind.

Wollen wir zuerst den ersten Punkt näher betrachetn.

Wenn das Wurzelwachstum von stärkeren Salzkonzentrationen mehr herabgesetzt wird als das Stengelwachstum, wie es meistens der Fall ist, so könnte man annehmen, dass die Salzionen sich in den Wurzelzellen, mit welchen sie direkt in Kontakt stehen, in grösserer Menge als in Stengelzellen ansammeln und dadurch das Wurzelwachstum stärker hemmen. Mit dieser Annahme kann man aber diejenigen Fälle, bei denen der Fall umgekehrt ist, nicht erklären. Solche Fälle stehen aber nicht nur vereinzelt da, sondern kommen, z.B. bei Triticum und Lens, ziemlich oft vor: bei Triticum NaBr (Fig.45), NH_4Cl (Fig.48), $MgCl_2$ (Fig. 52), $(NH_4)_2SO_4$ (Fig.64), K_2SO_4 (Fig.65), Na_2SO_4 (Fig.66) Li_2SO_4(Fig. 67), $MgSO_4$(Fig.68); Lens - KCl (Fig.108), KNO_3(Fig.109), K_2SO_4 (Fig.110), NaCl (Fig.114), $Ca(CNS)_2$ (Fig.121), $Ca(NO_3)_2$ (Fig.124), $Ca(H_2PO_4)_2$ (Fig.125). Es sind also die Sulfate und einige Chloride

bei Triticum und Kalium- und Calcium - Salze bei Lens, welche in höheren Konz. das Wurzelwachstum weniger als das Stengel (Coleoptil) wachstum herabsetzen.

Nach der Theorie der Permeabilität könnte man die Fälle mit Sulfaten und Calciumsalzenmit dem langsamen Eindringen dieser Salze in die Zelle in Zusammenhang bringen. Aber es bleibt dann wieder unverständlich, warum diese Salze das Stengelwachstum so stark herabgesetzt haben. Ebenfalls sind die Fälle mit K-Salzen unmöglich mit der Permeationsgeschwindigkeit der Jonen zu erklären. Man muss in diesen Fällen die spezifische Wirkung dieser Salze auf das Stengel- und Wurzelwachstum annehmen.

Die Spezifität der Wirkung von Salzionen auf das Coleoptil- und Wurzelwachstum tritt bei manchen Salzen so stark hervor, dass dabei kein Zweifel übrig bleibt. Wir haben z.B. gesehen (Fig.24-30 und 57-63) dass die meisten Nitrate das Coleoptilwachstum der Getreidekeimlinge schon in ziemlich starken Konz. fördern und in denselben Konz. das Wurzelwachstum sehr stark herabsetzen. Eine ähnliche Wirkung der Nitrate kommt bei Linsenkeimlingen aber nicht vor. Durch die abnorme Akkumulation der NO_3' - Jonen in den Wurzelzellen wäre es ja möglich nur die Herabsetzung des Wurzelwachstums, nicht aber die Förderung des Stengelwachstums zu erklären. Weiter kennen wir noch einige Fälle (NH_4Cl - 0.1 n. NH_4NO_3 0.1 n. und NaCNS 0.1 n. bei Avena, NH_4CNS 0.1 n., KCNS 0.1 n. - bei Triticum , $BaCl_2$ 0.1 n. und $Ba(NO_3)_2$ 0.1 n. bei Lens) wo das Wurzelwachstum von den betreffenden Salzionen ganz verhindert, das Stengelwachstum aber nur herabgesetzt wird. Alle diese Fälle deuten darauf hin, dass man es hier mit der spezifischen Wirkung der Salzionen auf das Stengel- und Wurzelwachstum zu tun hat, oder dass das Plasma der Wurzel und Stengelzellen ungleich empfindlich gegen die betreffenden Salzionen ist.

Die chemischen Analysen der Keimlingselemente haben gezeigt, dass manche Salze sich mehr in Coleoptil -(resp. Stengel) - andere in den Wurzelzellen ansammeln und im Zusammenhang damit das Wachstum der entsprechenden Keimlingselemente bewirken können. Ich gebe hier die Resultate von zwei Analysen, die das oben gesagte illustrieren, in der Tabelle 38 wieder. Die Angaben sind aus der "Biochemie der Pflanzen" von F.Czapek, Bd.II, S.374, 1920 genommen.

Tabelle 38.

		K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl
Triticum	Radicula	43.23	12.27	0.75	4.05	0.43	29.12	0.29	8.75	0.99
	Plumula	48.38	-	0.58	5.93	0.38	41.01	-	2.35	0.15
Brassica	Radicula	36.80	-	6.13	8.13	6.13	26.53	16.27	-	-
	Plumula	15.44	-	9.24	11.54	1.30	38.67	23.81	-	-

Aus diesen Analyseangaben können wir sehen, dass in Plumula bei Triticum K-, Mg- und P-Verbindung bei Brassica Ca-, Mg-, P- und S-Verbindungen sich angesammelt haben, in Wurzeln dagegen bei beiden Pflanzenarten K u. Fe-Salze. Das beweist also, das in der Tat bei bestimmten Pflanzenarten einige Salzionen für das Stengel, andere für das Wurzelwachstum erforderlich sind. Es fragt sich jetzt - welche Salze fördern das Stengel (Coleoptil) und welche das Wurzelwachstum?

Da man aus den vorigen Tabellen nicht leicht diejenigen Fällen herausfinden kann, habe ich in den Tabellen 39 - 45 die Salze nach ihrer Förderungstärke geordnet, wobei ausser den Förderungstärke (%) noch der Umfang der fördernden Konzentrationen berücksichtigt wurde.

Tabelle 39. Aus der Tabelle 39 sehen wir, dass das Coleoptilwachstum von Avena nur von Nitraten ($KNO_3 > NH_4NO_3 > Mg(NO_3)_2 > NaNO_3 > Ca(NO_3)_2$ $LiNO_3$), K - Salze ($KNO_3 > KCl > KBr > KH_2PO_4 > K_2SO_4$) und $(NH_4)_2SO_4$ gefördert wird. Alle Jonen dieser Salze (ausser Li - u. Br.) sind von ernährungsphysiologischer Bedeutung und gehören ihrer Wirkung nach zum Typus II 2-3. Dass hier KNO_3, welches die beiden wirksamsten Jonen ($K^{\cdot} + NO_3'$) enthält, am stärksten das Coleoptilwachstum fördert, stimmt mit den theoretischen Erläuterungen überein.

Tabelle 40. Das Coleoptilwachstum von Triticum wird ähnlich, wie bei Avena, von Nitraten ($KNO_3 > NaNO_3 > Mg(NO_3)_2 > LiNO_3 > Ca(NO_3)_2$)und K - Salze ($KNO_3 > KCl > K_2SO_4 > KH_2PO_4 > KBr$) gefördert. Zu diesen kommen aber noch andere Salze hinzu: $MgSO_4$, $MgBr_2$, Na_2SO_4, NaBr, NH_4Cl, BaCl. Von den letzten sind einige (Na_2SO_4, $MgSO_4$, $MgBr_2$, NH_4Cl) von ernährungsphysiologischer Bedeutung und gehören, wie die vorigen, nach der Wirkung zum Typ.II 2-3, andere - NaBr u. $BaCl_2$ - aber sind mehr von kolloidchemischer Wirkung und gehören zum Typus I - 3. Auch hier steht KNO_3 in der Förderungsstärke an erster Stelle. Zu denselben

Tabelle 39. Die Förderung des Coleoptilwachstums von Avena.

Salze	Konz. der pos. Wirkung norm.	Optim. Konz.	Max. Wachstum %
KNO_3	0.1 - 0.0001	0.01	121.8
NH_4NO_3	0.05 - 0.0001	0.01	115.4
$Mg(NO_3)_2$	0.1 - 0.0001	0.01	112.2
$NaNO_3$	0 08 - 0.0001	0.01	112.9
KCl	0.05 - 0.0001	0.01	110.0
KBr	0.01 - 0.0001	0.001	110.4
KH_2PO_4	0.1 - 0.0001	0.01	107.4
$Ca(NO_3)_2$	0.05 - 0.0001	0.01	108.7
$(NH_4)_2SO_4$	0.02 - 0.0001	0.01	107.2
K_2SO_4	0.03 - 0.0001	0.01	104.5
$LiNO_3$	0.008 - 0.0001	0.001	106.4

Tabelle 40. Die fördernde Wirkung der Salze auf das Coleoptilwachstum von Triticum.

Salze	Konz. der pos. Wirkung norm.	Optim. Konz.	Max. Wachstum %
KNO_3	0.05 - 0.0001	0.005	127.3
KCl	0.02 - 0.0001	0.001	126.8
K_2SO_4	0.025 - 0.0001	0.005	122.4
KH_2PO_4	0.065 - 0.0001	0.005	115.8
Na_2SO_4	0.01 - 0.0001	0.001	115.1
$NaNO_3$	0.007 - 0.0001	0.001	113.2
$Mg(NO_3)_2$	0.01 - 0.0001	0.001	111.8
$MgSO_4$	0.008 - 0.0001	0.001	111.2
$LiNO_3$	0.007 - 0.0001	0.005	111.4
KBr.	0.025 - 0.0001	0.001	110.6
$MgBr_2$	0.007 - 0.0001	0.001	108.7
NaBr	0.005 - 0.0001	0.001	108.4
NH_4Cl	0.001 - 0.0001	0.0005	107.3
$BaCl_2$	0.0008 - 0.0001	0.0001 ?	110.6
$Ca(NO_3)_2$	0.001 - 0.0001	0.0005	106.6

Tabelle 41. Die fördernde Wirkung der Salze auf das Coleoptilwachstum von Secale.

Salze	Konz. der pos. Wirkung norm.	Optim. Konz.	Max. Wachstum %
KNO_3	0.09 – 0.0001	0.05	134.0
KCl	0.06 – 0.0001	0.005	123.6
KH_2PO_4	>0.1 – 0.0001	0.05	123.2
KBr	0.07 – 0.0001	0.01	120.4
K_2SO_4	0.075 – 0.0001	0.01	113.3
$LiNO_3$	0.05 – 0.0001	0.01	114.7
Li_2SO_4	0.01 – 0.0001	0.001	115.8
$Mg(NO_3)_2$	> 0.1 – 0.0001	0.1	112.5
$MgSO_4$	0.05 – 0.0001	0.001	113.0
$MgCl_2$	0.07 – 0.0001	0.0005	109.4
LiCl	0.005 – 0.0001	0.0005	109.9
NH_4Cl	0.005 – 0.0001	0.0005	113.1
NH_4NO_3	0.005 – 0.0001	0.0005	109.5

Tabelle 42. Die fördernde Wirkung der Salze auf das Stengelwachstum von Lens.

Salze	Konz. der pos. Wirkung norm.	Optim. Konz.	Max. Wachstum %
$MgSO_4$	0.05 – 0.0001	0.001	128.7
$MgCl_2$	0.06 – 0.0001	0.0005	126.8
KH_2PO_4	0.025 – 0.0001	0.005	125.6
NaH_2PO_4	0.025 – 0.0001	0.001	126.6
$Ca(CNS)_2$	0.004 – 0.0001	0.001	119.0
$Mg(NO_3)_2$	0.06 – 0.0001	0.005	115.0
$CaBr_2$	0.02 – 0.0001	0.001	113.8
KBr	0.01 – 0.0001	0.005	113.4
K_2SO_4	0.01 – 0.0001	0.005	112.1
KCNS	0.003 – 0.0001	0.001	112.7
$(NH_4)_2SO_4$	0.004 – 0.0001	0.001	107.9

Resultaten haben uns ebenfalls die Versuche mit Salzkombinationen geführt (Tabelle 28); nur die günstige Wirkung des Ca^{++}-Jons kommt in den Kombinationen hinzu.

Tabelle 41. Bei Secale wirken auf das Coleoptilwachstum schon verschiedene Salze fördernd: K-Salze ($KNO_3 > KCl > KH_2PO_4 > KBr > K_2SO_4$), Nitrate ($KNO_3 > LiNO_3 > Mg(NO_3)_2 > NH_4NO_3$), Sulfate ($Li_2SO_4$ und $MgSO_4$) und Chloride ($MgCl_2 > LiCl > NH_4Cl$). Alle diese Salzionen (ausser Li-Jonen,) gehören ihrer Wirkung nach zum Typus II 2-3.

Wenn wir vergleichend auf die Tabellen 39-41 zurückblicken, dann sehen wir: 1) dass die meisten K-Salze viel stärker fördernd auf das Coleoptilwachstum von Secale, als von Triticum und Avena wirken (Secale > Triticum > Avena) und 2) dass die Förderung des Coleoptilwachstums bei Avena fast allein nur von Nitraten und K - Salze, bei Triticum und Secale aber auch von anderen Salzen- (Chloriden und Sulfaten) hervorgerufen wird.

Bei der Analyse der Versuchsergebnisse von Triticum wurde bemerkt, dass die stärkere Förderung des Coleoptilwachstums bei Triticum - im Vergleich mit Avena - durch die K-Salze vielleicht auf die Temperaturwirkung (Tritic. 28.0°C, Avena 18.0°C) zurückzuführen wäre. Jetzt haben wir aber gesehen, dass die K-Salze auf das Coleoptilwachstum von Secale bei Temp. 18.°C. noch viel stärker fördernd gewirkt haben, als bei Triticum (28.0°C), und dass man diese Erscheinung auf die Temperaturwirkung nicht zurückzuführen braucht.

Alles das deutet darauf hin, dass man es bei diesen drei Getreidearten mit verschiedenen Plasmatypen zu tun hat, auf welche die Salzionen verschieden wirken.

Tabelle 42. Diese Tabelle zeigt uns, wie grundverschieden die Wirkung der Neutralsalze auf das Stengelwachstum von Linsenkeimlingen von diesem auf das Coleoptilwachstum der Getreidekeimlingen ist. Es spielen hier bei der Förderung die Mg-Salze ($MgSO_4 > MgCl_2 > Mg(NO_3)_2$), Phosphate ($KH_2PO_4$ und NaH_2PO_4) und Sulfate ($MgSO_4 > K_2SO_4 > (NH_4)_2SO_4$) eine überwiegende Rolle; die Nitrate dagegen (ausser $Mg(NO_3)_2$) zeigen überhaupt keine positive Wirkung. Auch die Versuche mit Salzkombinationen (Tabellen 31 - 33) bestätigen dieselbe Erscheinung. Jn Kombinationen tritt nur die förndernde Wirkung des K-Jons etwas stärker auf, denn das Stengelwachstum wird dort am meisten von $KCl+KH_2PO_4$, $KCl+MgSO_4$ und $KCl+CaCl_2$ begünstigt. Daraus sehen wir, dass bei Linsenkeimlingen

$Mg^{\cdot\cdot}$ und $K^{\cdot}$, NH_2PO_4' und SO_4'', bei Getreidekeimlingen aber $K^{\cdot}$ und NO_3' - Jonen das Stengel, resp. Coleoptilwachstum am meisten begünstigen. Es tritt aber noch in der Wirkung der Salze auf das Wachstum der Getreide- und Linsenkeimlinge ein Unterschiedsmerkmal hinzu, nämlich geht die fördernde Wirkung der K-Salze bei Getreidearten nach der Anionenreihen - $NO_3 > Cl > Br > H_2PO_4 > SO_4$ (Avena) und $NO_3 > Cl > > SO_4 > H_2PO_4 > Br$ (Triticum), bei Linsen - Mg-Salze - aber: $SO_4 > Cl > > NO_3$. Die Stellung der Anionen in der Wirkungs-Reihe ist in beiden Fällen eine umgekehrte.

Die Förderung des Wurzelwachstums.

Tabelle 43. Das Wurzelwachstum der Haferkeimlinge wird hauptsächlich von Chloriden ($KCl > MgCl_2 > NH_4Cl > BaCl_2$) und Sulfaten ($(NH_4)_2SO_4 > K_2SO_4 > MgSO_4 > Li_2SO_4$) ausserdem noch von KH_2PO_4 und $Ba(NO_3)_2$ - gefördert. Von Kationen wirken hier hauptsächlich $K^{\cdot}$, NH_4 und $Mg^{\cdot\cdot}$ - Jonen.

Tabelle 44. Begünstigend auf das Wurzelwachstum von Weizenkeimlingen wirken: Sulfate ($MgSO_4 > K_2SO_4 > Na_2SO_4 > (NH_4)_2SO_4 > Li_2SO_4$), Chloride ($KCl > MgCl_2 > NaCl > BaCl_2$)ausserdem noch KH_2PO_4, NaBr, $MgBr_2$, KCNS u. NaCNS. Auch hier, wie bei Avena, spielen von Kationen $K^{\cdot}$ und $Mg^{\cdot\cdot}$ - die wichtigste Rolle.

Die Versuche mit Salzkombinationen (Tab.30) haben uns zu denselben Resultaten geführt; zu den $K^{\cdot}$, $Mg^{\cdot\cdot}$ und Cl', SO_4'' - Jonen kommt dort noch $Ca^{\cdot\cdot}$ - Jon hinzu, so dass die stärkste Förderung des Wurzelwachstums in folgenden Salzkombinationen erzielt wurde: KCl+CaCl; KCl+ $+MgSO_4$ und $KCl+Ca(NO_3)_2$.

Die meisten Salze der Tabellen 43 u.44 gehören nach ihrer positiven Wirkung zum Typus II 2-3 und nur NaBr, NaCNS (gewissermassen auch KCNS!) aus der Tab. 44 - zum Typus I 3.

Tabelle 45. Das Wurzelwachstum von Linsenkeimlingen wird von folgenden Salzen gefördert:

K - Salze ($K_2SO_4 > KCl > KH_2PO_4 > KNO_3$), Sulfaten ($K_2SO_4 > (NH_4)_2SO_4 > > MgSO_4$), Chloriden ($KCl > NH_4Cl > BaCl_2 > LiCl > NaCl$) und Phosphaten ($KH_2PO_4 > NaH_2PO_4 > Ca(H_2PO_4)$.

In den Salzkombinationen (Tab.31-33) wirken auf das Wurzelwachstum begünstigend: $MgSO_4+CaCl_2$, $MgSO_4+Ca(NO_3)_2$ und $KCl+KNO_3$. Daraus geht hervor, dass in der Begünstigung des Wurzelwachstums die Kationen $K^{\cdot}$ ung $Mg^{\cdot\cdot}$ (in Komb. auch $Ca^{\cdot\cdot}$) und Anionen SO_4'' und Cl' am stärksten wirken. Diese Jonen gehören ihrer Wirkung nach zum Typ.II 2-3.

Tabelle 43. Die fördernde Wirkung der Salze auf das Wurzelwachstum von Avena.

Salze	Konz. der pos. Wirkung	Optim. Konz.	Max. Wachstum %
$(NH_4)_2SO_4$	0.015 - 0.0001	0.001	117.5
KCl	0.008 - 0.0001	0.001	113.0
$MgCl_2$	0.065 - 0.0001	0.01	112.7
NH_4Cl	0.02 - 0.0001	0.01	111.8
K_2SO_4	0.075 - 0.0001	0.01	108.5
$MgSO_4$	0.02 - 0.0001	0.01	106.3
KH_2PO_4	0.01 - 0.0001	0.001	106.9
Li_2SO_4	0.0025 - 0.0001	0.0001	109.2
$BaCl_2$	0.008 - 0.0001	0.001	108.5
$Ba(NO_3)_2$	0.00075 - 0.0001	0.0001	113.6

Tabelle 44. Die fördernde Wirkung der Salze auf das Wurzelwachstum von Triticum.

Salze	Konz. der pos. Wirkung	Optim. Konz.	Max. Wachstum %
$MgSO_4$	>0.1 - 0.0001	>0.1	120.0
K_2SO_4	0.05 - 0.0001	0.005	125.1
KCl	0.008 - 0.0001	0.001	123.7
Na_2SO_4	0.09 - 0.0001	0.001	120.1
$(NH_4)_2SO_4$	0.01 - 0.0001	0.001	119.5
KH_2PO_4	0.075 - 0.0001	0.005	112.3
Li_2SO_4	0.008 - 0.0001	0.005	111.1
$MgCl_2$	0.006 - 0.0001	0.001	109.0
NaBr	0.007 - 0.0001	0.001	110.6
$MgBr_2$	0.004 - 0.0001	0.001	109.6
NaCl	0.004 - 0.0001	0.001	106.7
KCNS	0.001 - 0.0001	0.0005	112.5
NaCNS	0.002 - 0.0001	0.0005	107.8
$BaCl_2$	0.0006 - 0.0001	0.0001 ?	108.4

Tabelle 45. Die fördernde Wirkung der Salze auf das Wurzelwachstum von Lens.

Salze	Konz. der pos. Wirkung	Optim. Konz.	Max. Wachstum %
K_2SO_4	0.025 - 0.0001	0.005	118.6
$(NH_4)_2SO_4$	0.005 - 0.0001	0.0005	114.1
KCl	0.02 - 0.0001	0.005	113.1
NH_4Cl	0.0008 - 0.0001	0.0001 ?	111.7
KH_2PO_4	0.01 - 0.0001	0.005	108.2
NaH_2PO_4	0.008 - 0.0001	0.001	110.8
$Ca(CNS)_2$	0.007 - 0.0001	0.001	112.3
$BaCl_2$	0.0009 - 0.0001	0.0005	111.6
$Ca(H_2PO_4)_2$	0.02 - 0.0001	0.0005	109.4
KNO_3	0.0025 - 0.0001	0.0005	107.5
LiCl	0.0025 - 0.0001	0.0005	110.9
$Mg(NO_3)_2$	0.001 - 0.0001	0.0001	109.3
$MgSO_4$	0.007 - 0.0001	0.0001	107.1
NaCl	0.005 - 0.0001	0.001	105.8

Tabelle 46. Die fördernde Wirkung der Salze auf das Gesammtwachstum von Haferkeimlingen.

Salze	Konz. der pos. Wirkung	Optim. Konz.	Max. Wachstum.
$(NH_4)_2SO_4$	0.05 - 0.0001	0.001	111.1
KCl	0.05 - 0.0001	0.001	107.7
K_2SO_4	0.05 - 0.0001	0.01	106.1
$Ba(NO_3)_2$	0.005 - 0.0001	0.0001 ?	106.3
$LiNO_3$	0.0005 - 0.0001	0.0001 ?	105.5

Tabelle 47. Die fördernde Wirkung der Neutralsalze auf das Gesammtwachstum der Weizenkeimlinge.

Salze	Konz. der pos. Wirkung	Optim. Konz.	Max. Wachstum %
KCl	0.008 – 0.0001	0.001	125.5
K_2SO_4	0.05 – 0.0001	0.005	123.6
Na_2SO_4	0.025 – 0.0001	0.001	117.2
KH_2PO_4	0.08 – 0.0001	0.005	113.1
$MgSO_4$	0.08 – 0.0001	0.001	110.5
$(NH_4)_2SO_4$	0.0025 – 0.0001	0.0005	110.3
Li_2SO_4	0.01 – 0.0001	0.005	108.2
KNO_3	0.01 – 0.0001	0.005	108.7
NaBr	0.008 – 0.0001	0.001	108.8
MgBr	0.007 – 0.0001	0.001	108.7
KBr	0.004 – 0.0001	0.001	108.0
$Mg(NO_3)_2$	0.0025 – 0.001	0.0005	106.7
$NaNO_3$	0.0025 – 0.0001	0.0005	106.1
KCNS	0.002 – 0.0001	0.0005	112.5
NaCNS	0.002 – 0.0001	0.0005	107.9

Tabelle 48. Die fördernde Wirkung der Salze auf das Gesammtwachstum von Linsenkeimlingen.

Salze	Konz. der pos. Wirkung	Optim. Konz.	Max. Wachstum %
K_2SO_4	0.025 – 0.0001	0.005	117.4
NaH_2PO_4	0.01 – 0.0001	0.001	114.4
$Ca(CNS)_2$	0.0075 – 0.0001	0.001	113.7
KH_2PO_4	0.02 – 0.0001	0.005	112.6
$MgSO_4$	0.02 – 0.0001	0.0005	110.7
$(NH_4)_2SO_4$	0.003 – 0.0001	0.0005	112.5
$MgCl_2$	0.008 – 0.0001	0.0005	107.8
$Mg(NO_3)_2$	0.002 – 0.0001	0.0005	107.5
$NH_4H_2PO_4$	0.0025 – 0.0001	0.0005	107.2
KCl	0.008 – 0.0001	0.005	106.7
$Ca(H_2PO_4)_2$	0.01 – 0.0001	0.0005	106.6
$Ca(NO_3)_2$	0.001 – 0.0001	0.0005	106.6
$BaCl_2$	0.0008 – 0.0001	0.0005	108.3
KNO_3	0.002 – 0.0001	0.0005	105.6
NH_4Cl	0.0006 – 0.0001	0.0001 ?	109.5

Die vergleichende Betrachtung der Salzwirkung hat uns gezeigt, dass die Förderung des Wurzelwachstums von Getreide- und Linsenkeimlingen fast von gleichen Salzionen hervorgerufen wird ($K^{\bullet}$, $Mg^{\bullet\bullet}$, Cl' und $SO_4^{\bullet\bullet}$). Damit wird auch die mehr oder weniger gleichartige Wirkung der Neutralsalze ~~wohl~~ auf das Wurzelwachstum erklärt.

Betrachten wir weiter die positive Wirkung der Salze auf das Gesammtwachstum der Keimlinge.

Tabelle 46. Aus dieser Tabelle sehen wir, dass nur folgende Salze das Gesammtwachstum der Haferkeimlinge gefördert haben: $(NH_4)_2SO_4$, KCl, K_2SO_4, $Ba(NO_3)_2$ und $LiNO_3$. Alle Jonen gehören ihrer Wirkung nach (abgesehen von Ba u. Li Jonen) zum Typus II 2-3. Die stärkere Förderung durch die ersten drei Salze wird nach den ernährungsphysiologischen Grundsätzen hervorgerufen; bei $Ba(NO_3)_2$ und $LiNO_3$ könnte die kolloidchemische Wirkung die ernährungsphysiologische vielleicht überwiegen. Alle anderen Salze, die bei der Förderung des Coleoptil- oder Wurzelwachstums verwendet wurden, können durch die einseitige Förderung des einen Keimlingselementes und zur gleichzeitigen Herabsetzung des anderen Elements, hier nicht in Betracht kommen, so z.B. Nitrate (+Coleopt. und - Wurzel.) und Mg-Salze (+Wurzelw. und - Coleoptilw.).

Tabelle 47. Bei Weizenkeimlingen wirken auf das Gesammtwachstum fördernd: K-Salze ($KCl > K_2SO_4 > KH_2PO_4 > KNO_3 > KCNS$), Na-Salze - ($Na_2SO_4 > NaBr > NaNO_3 > NaCNS$), Mg-Salze ($MgSO_4 > MgBr_2 > Mg(NO_3)_2$, $(NH_4)_2SO_4$ u. Li_2SO_4. Abgesehen von KCl, stehen hier in der Förderung die Sulfate an erster Stelle und das Gesammtwachstum der Weizenkeimlinge wird nach der umgekehrten lyotropen Reihe der Anionen begünstigt. Nach dieser Reihenfolge der Anionen haben die Neutralsalze auch das Wurzelwachstum der Keimlinge von anderen Getreidearten und Linsenkeimlingen gefördert. Da aber der Wassergehalt in Weizenkeimlingen, wie wir in den Tabellen 34 u. 35 gesehen haben, ebenfalls nach dieser Reihe der Anionen steigt, so müssen wir annehmen, dass erhöhtes Wachstum der Keimlinge von der Quellung der Zellkolloide abhängt.

Tabelle 48. Das Gesammtwachstum von Linsenkeimlingen wird gefördert durch die K-Salze ($K_2SO_4 > KH_2PO_4 > KCl > KNO_3$), Mg-Salze ($MgSO_4 > MgCl_2 > Mg(NO_3)_2$), NH_4-Salze ($(NH_4)_2SO_4 > NH_4H_2PO_4 > NH_4Cl$.) und Ca-Salze ($Ca(CNS)_2 > Ca(H_2PO_4)_2 > Ca(NO_3)_2$). Auch hier steigt die Förderungsstärke der Anionen nach der umgekehrten lyotropen Reihe (eine Ausnahme bildet

Tabelle 49.

Keimlinge von:	Salze	Optimaler Stengel	Konzentr. Wurzel
Avena	$LiNO_3$	0.001	< 0.0001
"	NH_4NO_3	0.01	<0.0001
"	$NaNO_3$	0.01	<0.0001
"	KNO_3	0.01	<0.0001
"	$Mg(NO_3)_2$	0.01	<0.0001
"	$Ca(NO_3)_2$	0.01	<0.0001
"	KCl	0.1	0.001
"	$MgCl_2$	0.1	0.01
"	KBr	0.001	< 0.0001
"	Li_2SO_4	0.001	<0.0001
"	$(NH_4)_2SO_4$	0.01	0.001
"	$MgSO_4$	>0.1	0.01
"	KH_2PO_4	0.01	0.001
"	NH_4Cl	< 0.0001	0.01
Triticum	NH_4CNS	0.0005	< 0.0001
"	KNO_3	0.005	<0.0001
"	$NaNO_3$	0.001	<0.0001
"	$LiNO_3$	0.005	<0.0001
"	$Mg(NO_3)_2$	0.001	<0.0001
"	$Ba(NO_3)_2$	0.001	<0.0001
"	$Sr(NO_3)_2$	0.0005	<0.0001
"	$Ca(NO_3)_2$	0.0005	<0.0001
"	KBr	0.001	<0.0001
"	$CaBr_2$	0.0005	<0.0001
"	NH_4Cl	0.0005	<0.0001
"	KCl	0.005	0.001
"	$(NH_4)_2SO_4$	0.0005	0.001
"	$MgSO_4$	0.001	0.025
Lens	KCNS	0.001	< 0.0001
"	$Ca(CNS)_2$	0.001	0.0005
"	NH_4NO_3	0.0005	<0.0001
"	$NaNO_3$	0.001	<0.0001
"	$LiNO_3$	0.001	<0.0001
"	$Mg(NO_3)_2$	0.005	<0.0001
"	$Ba(NO_3)_2$	0.005	<0.0001
"	$CaCl_2$	0.0005	<0.0001
"	$MgSO_4$	0.001	<0.0001
"	$Ca(H_2PO_4)_2$	0.005	0.0005
"	$MgCl_2$	0.0005	0.005
"	$BaCl_2$	<0.0001	0.0005
"	$Ca(NO_3)_2$	<0.0001	0.0005

nur $Ca(CNS)_2$). Bemerkenswert ist es, dass die Zahl der fördernden Salze hier ziemlich gross ist, dreimal grösser als bei Avena.

Jetzt wollen wir auf die optimalen Wirkungskonzentrationen der Salze näher eingehen. (Punkt 3).

Wir haben schon früher bei der Analyse der Versuchsergebnisse beobachtet, dass die, für das maximale Wachstum von Stengel (Coleoptil) oder Wurzel erforderliche Konzentration eines Salzes, bei verschiedenen Keimlingsarten nicht immer die gleiche ist und dass anderseits die optimalen Konzentrationen der einzelnen Salze ebenfalls verschieden sind. Wir haben diese Erscheinungen auf die spezifische Wirkung der verschiedenen Salze und auf die Ungleichheit des Plasmas in Coleoptil- (Stengel) und Wurzelzellen zurückgeführt. Meistens liegen die erforderlichen optimalen Salzkonzentrationen für das Wurzelwachstum etwas niedriger als für das Stengelwachstum. Es kommen aber auch Fälle vor, wo die optimalen Salzkonzentrationen für das Wurzelwachstum etwas höher als für das Stengelwachstum stehen, nämlich bei Salzen, in welchen beide Jonen das Wurzelwachstum fördern: NH_4Cl, $MgCl_2$, $(NH_4)_2SO_4$, $MgSO_4$. (Jn der Tabelle 49 sind diese Salze untergestrichen worden).

Tabelle 49 zeigt uns die meisten Fälle an, wo die optimalen Salzkonzentrationen für das Stengel (Coleoptil) und Wurzelwachstum verschieden sind. Wie aus diesen Angaben zu sehen ist, kommen solche Konzentrationsabweichungen am meisten bei Nitraten vor. Da diese Salze das Wurzelwachstum der Getreidekeimlinge sehr stark herabsetzen, liegen ihre optimalen Konz. für das Wurzelwachstum sehr tief - meistens unter 0.0001 n. Auch bei einigen Chloriden, Sulfaten und Phosphaten kommen solche Abweichungen der optimalen Konz. vor, diese tragen aber mehr einen spezifischen und von der Pflanzenart abhängigen Charakter.

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse.

1. Die Aufkeimungsgeschwindigkeit der Samen wird direkt von den durch die Samenschale und Mikropyle eingedrungenen Salzlösungen beeinflusst. Die stärkeren (0.1 n.) Konz. der Neutralsalzlösungen setzen die Geschwindigkeit etwas herab. Eine Beschleunigung der Aufkeimung durch die niederen Salzkonzentrationen wurde bei schnellkeimenden Samen von Avena, Triticum, Secale und Lens nicht beobachtet. Die Quellungswassermenge der Reservestoffe, welche von Salzkonzentrationen herabgesetzt wird, scheint auf die Aufkeimungsgeschwindigkeit ohne Wirkung zu sein.
2. Der Wassergehalt der Keimlingselemente wird von höheren Salzkonzentrationen herabgesetzt, von mässigen und niederen aber meistens gesteigert. Ein gefördertes Keimlingswachstum ist stets mit erhöhtem Wassergehalt, resp. mit der Quellung der Zellkolloide, ein gehemmtes Wachstum dagegen mit der Entquellung der Zellkolloide verbunden. Die Quellung der Zellkolloide wird von der Salzkonzentration und Kolloidaktivität der An- und Kationen der einzelnen Salze bestimmt.
3. Bei der Auflösung der Endospermstärke in Weizenkörnern spielt die Scutellumdiastase eine Hauptrolle. Ihre Tätigkeit wird von stärkeren (0.1 n.) Konz. der Neutralsalze gehemmt, von niederen Konz. der meisten Salze aber gefördert.

   Die Diastasewirkung auf Amylum tritici ist im Reagenzglase bei Vorhandensein von Salzionen eine andere als bei Weizenkörnern. Der Hauptunterschied in der Salzwirkung besteht in beiden Fällen darin, dass die Diastasetätigkeit im Reagenzglase von 0.1 n. Salzkonzentrationen (ausser Sulfaten u. Phosphaten) noch gefördert wird, was mit der kolloidchemischen Wirkung der Salze auf die leblose Stärke im Zusammenhang steht.
4. Die elektrische Ladung der Plasmakolloide wird von H und OH-Ionenkonzentrationen der Lösungen bestimmt. Der isoelektrische Punkt der Plasmakolloide von Haferkeimlingen liegt in destill. Wasser bei pH 5.85, in Knopscher Nährlösung bei pH 5.65 und im Leitungswasser bei 5.55. Das Keimlingswachstum von Avena hat in Abhängigkeit von H-Ionenkonzentrationen der Lösungen zwei Wachstumsoptima gezeigt; ein kleines Optimum liegt in destill. Wasser bei pH 4.5-5.25, ein grosses bei pH 6.25-8.0. Diese Wachstumsoptima werden von der Ionisation der Plasmakolloide bedingt und ebenso wie der isoelektrische Punkt des Plasmas von Salzionen beeinflusst.

In Versuchslösungen - 10 oder 15 ccm. Lösungen auf 5 Filtrierpapier=scheiben - verschiebt sich die Reaktion der Lösungen bald - schon nach 3 Tagen - in die alkalische Seite (pH 7.2-7.5) - also in das Reaktions=bereich des grossen Wachstumsoptimums.Eine Versäuerung der Versuchslö=sungen - auch der NH_4-Salzlösungen - wurde unter gegebenen Versuchsbe=dingungen im Laufe von 7 Tagen nicht beobachtet.

5. In 0.1 n.Konz. der Neutralsalzlösungen wird das Keimlingswachstum von Avena,Triticum,Secale und Lens herabgesetzt,von Li- NH_4- und Ba-Salzen sogar ganz verhindert.Die hemmende Wirkung der Salzionen steigt in 0.1 n.Konz. nach der lyotropen Reihe der Anionen:$CNS > NO_3 > Cl > Br > H_2PO_4 > SO_4$ und nach folgender Reihe von Kationen:$Li > NH_4 > Ba \gg Ca > K > Na > Mg$.

6. In 0.01-0.001 n.Konz. ist die Wirkung einiger Salzionen auf das Wurzel=wachstum und Stengel-(Coleoptil-) Wachstum der Keimlinge eine spezifi=sche.Das Coleoptilwachstum der Getreidekeimlinge wird von K- u.NO_3-Io=nen am meisten begünstigt,das Stengelwachstum der Linsenkeimlinge aber von Mg,SO_4 und H_2PO_4-Ionen.Das Wurzelwachstum aller Keimlingsarten wird von K,Mg,SO_4 u. Cl-Ionen gefördert,wobei Ca-Ion in Kombination mit anderen Ionen ebenfalls günstig wirkt.Die fördernde Wirkung der Anionen auf das Wurzelwachstum steigt nach der umgekehrten lyotropen Reihe.Die Wirkung der Kationen auf negativ geladene Plasmakolloide ist stärker ausgeprägt und wird mehr als die Anionenwirkung von Salzkonzentrationen beeinflusst.

7. In 0.0001 n.Konz. wirken Li-,NH_4- und Ba-Ionen,welche in stärkeren Konz. das Keimlingswachstum am meisten gehemmt haben,stärker fördernd auf das Wachstum der Keimlingselemente als die anderen Ionen.Da aber diese Ionen keinen ernährungsphysiologischen Wert haben,muss ihre Wirkung in dieser Konz. als eine kolloidchemische (resp.quellungsfördernde) angenommen werden.

8. Die optimalen Wirkungskonzentrationen sind bei den meisten Neutralsal=zen für das Stengel(Coleoptil)- und Wurzelwachstum die gleichen; es kom=men aber auch viele Fälle vor,in denen sie verschieden sind.So liegen sie z.B. bei Nitraten für das Coleoptilwachstum viel höher als für das Wurzelwachstum.

9. In der Wirkung der Salzionen auf das Keimlingswachstum spielen die Salz=konzentrationen eine grosse Rolle;ausserdem wird diese Wirkung einer=seits von der verschiedenen Gestaltung des Plasmas in artverschiedenen Keimlingen und Keimlingselementen und andrerseits von den spezifischen

kolloidchemischen und ernährungsphysiologischen Eigenschaften der Salzionen bedingt. Auch die Dauer der Versuche und eine Ungleichheit der Reservestoffe in Samen, besonders ihr Salzgehalt, wirken dabei mit.

Es werden zwei Wirkungstypen der Salzionen in drei Konzentrationen aufgestellt.

Literatur.

Aaltonen,V.T. Metsat.Koel.Yulk.,9,1925.

Abderhalden u. Fodor,A. Fermentf. 1,533, 1916. 4, 1920, 4 1921,

Addoms,R.M. Am.Journ.Bot., 10, 211, 1923.

Adler,L. Bioch.Zeitschr., 77,146,1916.

Aichele,F.u.Lehmann,E. Keimungsphysiologie der Gräser,Stuttgart,1931.

Arndt,C.H. Soil Science, 21,1.1926.

Arrhenius,O. Ökologische Studien in den Stockholmer Schären.1920

Bodenreaktion und Pflanzenleben,1922.

Journ.Gen.Phys. 5,81,1922.

Zeitschr.f.Pflanzenernähr.u.Düng. 3, 129,1928.

4,348,1925, 5, 195,1926.

Kalkfrage,Bodenreaktion u. Pflanzenwachstum,1926.

Atkins,W.R.G. Nature,108,1921.

Notes of. the Bot.School Trinity College,Dublin,

3, 135,1922.

Sci.Proc.R.Soc.,Dublin,1924.

Bach,A. Ber.deutsch.Chem.Ges. 37, 3755,1905.

Bioch.Zeitschr. 31,443,1911.

Bach,A.et Chodat,R. Ber.Deutsch.Chem.Ges. 35, 1275,2466,3943, 1902..

Bot.Centralbl. 96, 452, 1903.

Bot.Ztg. 63, 141, 1903.

Bechhold,H. Kolloide in Biologie und Medicin,Dresden-Leipzig,

1929.

Becker,A. Landw.Jahrb. 63, 1926.

Bessenich,F. Jahrb.f.wiss.Bot. 63, 231,1924.

Biedermann,W. Fermentf. 4,1921.

Bioch.Zeitschr. 129,582,1922.

135.282.1923; 137, 35,1923.

Bierry,H. Recherches sur les diastases etc.Bellenand,1911.

C.R.Ac.Sc.,Paris,CLII, 443,465, 1911.

Boas,F. Bioch.Zeitschr. 176, 349, 1926.

Die Pflanze als kolloides System ,Naturw.u.Landw.

1928.

Boas,F. u. Merkenschlager.Centrbl. Bakt. 55, 1922.

Bokorny,Th. Pfl.Arch. 111, 341, 1906;

Bioch.Zeitschr. 43,453, 1912; 50, 1913.

Borowikow, G.	Über die Einwirkung von salzartigen Stoffen auf die Wachstumsgeschwindigkeit der Pflanzen. Odessa 1915.(russisch). Bioch.Zeitschr. 48, 1916.
Bredemann, G.	Landw.Jahrb. 63, 1926.
Brenner, W.	Öfversigt of Finska vetensk.-soc.förhandel.60. 19. 1918. Ber.Deutsch.Bot.Ges. 38, 277, 1920.
Brauner, L.	Jahrb.wiss.Bot. 73, 513, 1930.
Brooks, S.C.	Proc.Soc.Exp.Biol. and Medic. XXII, 409, 1930. Protoplasma VIII, 389, 1929.
Brown, A.J.	Proc.Royal Soc. London, 81, 82, 1909. Ann.of Bot. 21, 79, 1906.
Brown, H.T. and Morris, G.H.	Journ.Chem.Soc., London, 57, 375, 1890.
Bryan, O.C.	Soil Sc. 13, 271, 1922; 15, 23, 1923; 15, 375, 1925.
Chodat, F.	La concentration en ions hydrogène du sol etc. Genève, 1924.
Chodat, R. et Bach A.	Ber.Deutsch.Bot.Ges. 37, 36, 1904.
Cole, S.W.	Journ. of Physiol. 30, 202, 1903.
Collander, R.	Soc. Sc. Fenn. Comm. Biol.II, 1926, 1. Acta Bot.Fenn.6, 1, 1930.
Czapek, F.	Ber.Deutsch.Bot.Ges. 28, 161, 1910. Int.Zeitschr. phys.-chem.Biol.1, 108, 1914. Biochemie der Pflanzen, Bd.I 1913, II-1920, III-1921.
Dahm, P.	Jahrb.wiss.Bot. 63, 273, 1924.
Dixon, H.	Nature, 64, 256, 1901.
Dokan, Th.	Kolloid-Zeitschr. 34, 1924.
Domontowitsch, M.K.	Journ.wiss.Landw. Moskau, I, 191, 521, 1924.
Dubrunfaut et Cuisinier.	Mémoire sur da saccharif. des fécules, Paris, 1881 (Zitiert nach Lehmann-Aichele).
Eidam.	Jahresber. Schles.Ges. f. Vaterl.; Bot.Sekt. 1877.
Eisenmenger, W.S.	Bull.Torrey Bot.Club, 55, 1928.
Effront,	Compt.Rend. 115, 1324, 1892.

Ernström, E. — Zeitschr. Physiol. Chemie 119, 190, 1922.
Bioch. Zeitschr. 141, 40, 1924.

Euler, H. — Chemie der Enzyme I - 1920, II, 1, 1922.
II, 2 1927, München.

Euler, H., Hedelius, Svanberg. — Zeitschr. Physiol. Chem. 110, 190, 1920.

Farr, C.H. — Bull. Torrey Bot. Club, 55, 223, 529, 1928.

Filter, P. — Über die Wasseraufnahme und Keimung der Samen etc. Berlin, 1914.

Fischer, A. — Ber. Deutsch. Bot. Ges. 25, 22, 1907.

Fischer, M.H. — Ödem, 1913; Seifen und Eiweissstoffe, Dresden, 1922.

Fitting, H. — Jahrb. wiss. Bot. 56, 1, 1915; 59, 1, 1919.

Fleischer, — Beiträge zur Lehre von dem Keimen der Samen der Gewächse 1851 (Zitiert nach Nobbe, 1876).

Fodor, A. — Das Fermentproblem, Dresden, 1929.

Gassner, G. — Ber. Deutsch. Bot. Ges. 1926, S. 341.
Jahrb. wiss. Bot. 55, 259, 1915.

Gellhorn, E. — Das Permeabilitätsproblem, Berlin, 1929.

Groh, — Landw. Jahrb. 63, 483, 1926.

Gurewitsch, A. — Jahrb. wiss. Bot. 70, 657, 1929.

Haberlandt, G. — Landw. Centr. 1874, S. 353.
Ber. Deutsch. Bot. Ges. 1890.
Physiologische Pflanzenanatomie, Leipzig, 1918.

Haffner, — Pfl. Arch. 196, 15, 1922.

Hansteen, B. — Flora 78, 418, 1894.

Hansteen-Cranner, B. — Jahrb. wiss. Bot., 47, 368, 1910.
Planta 2, 438, 1926.

Hardy, W.B. — Journ. of Physiol. 24, 301, 1899.
Zeitschr. physik. Chemie, 33, 385, 1900.

Hartig, Th. — Bot. Zeitg. 24, 1866.
(Zitiert nach Nobbe).

Harvey, N. — Ann. of Bot. 23, 181, 1901.
Am. Journ. Physiol. 31, 335, 1913.
Intern. Zeitschr. phys. Chemie u. Biol. 1, 463, 1914.

Hassebrauk, K. — Angew. Bot. 10, 407, 1928.

Herčik, F. — Publ. Fac. Sci. de l'univ. Massaryk, Brünn. 45. 1925.

Planta 6, 679, 1929.

Ber. wiss. Biol. 1929.

Hixon, R.M. — Medd. Veterskapsk. Nobel-inst. 4, 1, 1920 (Zitiert nach Mevius).

Höber, R. — Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe Leipzig, 1926.

Hofmeister, Fr. — Arch. exp. Pathol. u. Pharm. 24, 247, 1888.

25, 3, 1889.

Arch. exp. Physiol. u. Pathol. 27, 395, 1890.

Humboldt, A. — Aphorismen, Anhang, S. 156, 1793.

Jacobi, B. — Flora, 86, 289, 1899.

Janse, — Versl. en Med. Kon. Ak. Wet., Amsterdam, 4, 1888. (Zitiert nach Pantanelli).

Joffe, J.S. Soil. Sc. 10, 301, 1911

Iljin, W.S. — Protoplasma, III, 558, 1928.

Kahlenberg, u. True. — Journ. Am. Med. A. S. 1896.

Bot. Gaz. 22. 81, 1896.

Kaho, H. — Acta et Comm. univ. Tartuensis . A. V, 4, 1924.

Bioch. Zeitschr. 117, 87, 1921; 120, 125, 1921; 144, 104, 1924.

Ergebnisse der Biologie I, 380, 1926.

Karrer, P. — Einführung in die Chemie der polymeren Kohlenhydrate, Leipzig. 1925.

Kellner, O. — Landw. Versuchsst. 17. 1874.

Kerner, A. — Sitzungsb. nat.-med. Vereins zu Innsbruck 1873.

Bot. Ztg. 1873, S. 437.

Kisch, Br. — Int. Zeitschr. phys.-Chemie Bio. 1, 60. 1914.

Naturwiss. 2, 533, 1914.

Knop, W. — Landw. Versuchsst. 2, 1864.

Konsuloff, St. — Zellstim. Forsch.-II, 113, 1927.

Kôrnicke, F. — Landw. Samenkunde, Berlin, 1922.

Körnicke u. Werner. — Handbuch des Getreidebaues, Berlin, 1923.

Kostytschew, S. — Zeitschr. phys. Chemie 85, 493, 1913

Ber. Deutsch. Bot. Ges. 31, 125, 422, 1913.

Krabbe, G. — Jahrb. wiss. Bot. 18, 1887.

Kuhn, R. — Liebigs Ann. Chem. Pharm. 443, 1, 1925.

Ber. Deutsch. Chem. Ges. 57, 1965, 1924.

Kühn, J. — Amtsbl. landw. Ver. Kgr. Sachsen 1872.

Bot. Ztg. 31, 502, 1873.

Künzel.A. Bioch.Zeitschr. 209, 326, 1928.

Kurbatow,V. Glückmann,S. Protoplasma,VIII,34, 1930.

Lepeschkin,W. Ber.Deutsch.Bot.Ges. 28. 1910.29, 1911, 30, 1912.

Kolloid-Zeitschr. 13, 181, 1913.

Kolloidchemie des Protoplasmas,Berlin 1924.

Lehmann,E. u.Aichele,F. Keimungsphysiologie der Gräser,Stuttgart 1931.

Lillie,R.S. Am.Journ.Physiol. 17, 89, 1907.

Lintner J.Pr.Chem. 34, 378, 1886. 36. 481. 1887.

Loeb,J. Pfl.Arch. 73, 422, 1898.

Bioch.Zeitschr. 66, 277. 1914.

Journ.Biol.Chem. 23, 423, 1915.

Eiweisskörper,Berlin, 1924.

Loew,O. Ann.Bot. 16, 590, 1902.

Flora 91, 264, 1902; 102,96. 1911.

Bull.Coll. Agric. Tokyo 5,461, 1903.

Loo,Th. Bull.Dep.Biol.X,Canton, 1931.

Journ.Fac. Agric. XXX,Sapporro, 1931.

Lundegårdh,H. Bioch.Zeitschr. 146, 564, 1924.

Kungl.Sv.Vetensk.handl.47,3,24. 1911.

Lundegårdh,H.u.Moravek, Bioch.Zeitschr. 149,151,291.1924;

Mevius,W. Zeitschr.f.Bot. 16, 641, 1924.

Reaktion des Bodens u. Pflanzenwachstum.Naturw. u.Landw. 1927.

Jahrb.wiss.Bot.,66, 183, 1927;69,119, 1928.

Mevius,W. u. Engel,H. Planta 9,1, 1929.

Merkenschlager,F. Keimungsphysiologische Probleme ,Naturw. u. Landw. 1924.

Michaelis,L. Die Wasserstoffionenkonzentrationen.Berlin, 1922.

Michaelis L. u. Davidson, Bioch. Zeitschr. 35, 386, 1911.

Michaelis,L. u. Pechstein Bioch.Zeitschr.59, 1914.

Micheels,H. Bull.Soc. Chim.Belg.21, 198, 1907.

Arch.Intern. Physiol. 4,410, 1907.

Bull.Acad.R.Belg.Cl.Sci 1909,S.1076;1913,831.

Int.Zeitschr.f.phys.-Chemie u.Biol., 4,1916.

Moraczewski u.Hamerski, Bioch.Zeitschr.208, 299, 1929.

Nabokich,A.J. Zur Frage der Reizagentien des Wachstums,Odessa 1908(russisch).

Neuberg,C. Bioch.Zeitschr. 83, 244. 1917.
88, 432. 1918.

Niklewski,B.,Krause,A. u. Lemanczyk,K. Jahrb.wiss.Bot. 69, 101. 1928.

Niethammer,A. Zellstim. 1,257, 1925.
Jahrb.wiss. Bot.67, 223, 1927.
Bioch.Zeitschr.185,205, 1927.

Nobbe,F. Handbuch der Samenkunde, 1876; Landw. Versuchsst. 7, 371, 1865; 8, 392, 1866; 9, 1867

Nobbe,Schroeder u.Erdmann. Über die organische Leistung des Kaliums in der Pflanze,Chemnitz, 1871.

Noll, Flora, 1895.

Nõmmik,A. Acta et Comm. univ.Tartuensis 15, 1, 1928.
Agronomia 1928,Anhang.(estnisch).

Olsen,G. Studiens in the hydrogenion concentr. etc. Kopenhagen,1923.
Compt. Rend. Lab.Carlsberg 15, 1, 1923;
16, 2, 1925.

Osborne,Th.B. The proteins of the wheat kernels,Washington, 1907.
Am.Journ.Physiol. 22, 423, 1908.

Osborne,Th.B. and Harris,J.F. Am.Journ. Physiol. 17, 223,231, 1906.

Osterhout,W.J.V. Science 39, 544, 1914.
Bot.Gaz.59, 61, 1919.
Journ.Gener.Physiol.1,299. 1919;8,131, 1925.

Ostwald,W. Koll.Zeitschrift 38, 356, 1923.
Pfl.Arch. 108,111, 1905.

Otto, Allg.Gartenz. 1849,S.263.(Zitiert nach Nobbe).

Overton,E. Vierteljähr.Naturf.Ges..Zürich,40. 1,1895;44, 88, 1899.
Studien über Narkose,Jena,1901.

Palladin,W. Pfl.Arch. 92, 115, 1902;105,76, 1904.
Ber.d.Bot.Ges. 23, 240, 1905; 26, 378, 1908.
26, 389, 1908.
Bioch.Zeitschr.44, 318,1912;128, 491, 1922.

Palladin,W. u. Kostytschew,S. Zeitschr.physiol.Chemie 48, 214, 1906.

Pantanelli, E.	Jahrb. wiss. Bot. 56. 689, 1915.
	Protoplasma 7, 129, 1929.
Pauli, W.	Ber. Chem. Physiol. u. Pathol.
	3, 225, 1902; 5, 27, 1903; 7, 531, 1905.
	Pfl. Arch. 136, 483, 1910.
Pfeffer, W.	Pflanzenphysiologie 1881.
	Unters. Bot. Inst. Tübingen, 2, 179, 1886.
	Studien zur Energetik der Pflanzen 1892;
	Druck und Arbeitsleistung durch wachsende
	Pflanzen, 1893.
Popoff, M.	Zellstim.-Forsch. 1, 257, 265, 1925.
	2, 105, 1927.
Popoff u. Paspaleff,	Zellstim.-F. 2, 131, 153, 1927; 3, 1, 1927.
Popoff u. Seisoff,	Bioch. Zeitschr. 156, 1925.
Porges, A. und Neubauer, E.	Bioch. Zeitschr. 7, 167, 1907.
Porodko, Th. M.	Ber. D. Bot. Ges. 44, 7, 80, 1926.
Port, J.	Bioch. Zeitschr. 166, 105, 1925; 170, 377, 1926
	Protoplasma 1, 566, 1927; 2, 401, 1927.
	Acta et Comm. univ. Tartuensis A. VIII, 5, 1928.
	Landw. Jahrb. Sonderband-Wiss. Anstalten, 1929,
	S. 25.
Prianischnikow, D. N.	Ergebnisse der Biologie I, 407, 1926.
Prigsheim, E. G.	Planta, 11, 528, 1930.
Puriewitsch, K.	Jahrb. wiss. Bot. 31, 1, 1898.
Reed, G. M. and Haas, A. R. C.	Am. Journ. Bot. 11, 78, 1924.
	Hilgardia 2, 67, 1926.
Remond,	Courrier de l'Ain 1828 (Zitiert nach Nobbe).
Rippel, A.	Ber. Deutsch. Bot. Ges. 36, 202, 1918.
Risse, O.	Pfl. Arch. 212, 375, 1926; 213, 685, 1926.
Robbins, W. J.	Am. Journ. Bot. 10, 412, 1923.
Rona und Kleinmann,	Bioch. Zeitschr. 150, 1924.
Rona, P.	Bioch. Zeitschr. 160, 1924.
Rona und Mislowitzer,	Bioch. Zeitschr. 140, 517, 1923; 146, 1, 1924.
Ruhland, W.	Bioch. Zeitschr. 54, 59, 1913.
	Kolloid-Zeitschr. 14, 48, 1914.
	Ber. Deutsch. Bot. Ges. 31, 304, 553, 578, 1913.
	Zeitschr. f. Bot. 1, 747, 1909.

Ruhland,W. und Hoffmann,C. Planta 1,1, 1925.

Rudolfs,W. Soil Sc. 11,277, 1921; 20,15, 1925.

Sabalitschka-Schulze, Fermentf. 8,428, 1925.

Sachs,J. Physiologische Untersuchungen über die Keimung der Schminkbohne. Landw.Versuchsst.2, 1860. 1859.

Vorlesungen über Pflanzenphysiologie.1882.

Salter,R.M.and Mc Ilvaine,T.C. Journ.Agr.Res. 19,73, 1920.

Saussure Recherches chimiques sur la végétation,Paris 1804. (Zitiert nach Czapek).

Schäfer,A. Untersuchungen über Keimungsbedingungen der Samen von Rotklee, Jena, 1907.

Schaffnit,E. Mitt.Deutsch.Landw.Ges. 42,1925.

Schroeder,H. Flora 2 (102),186, 1911.

Schwendener,A. u. Krabbe,G. Jahrb.wiss.Bot. 25,1893.

Spiro,K. Bioch.Zeitschr. 93,1919.

Hofm.Beitr. 4,300, 1903;5,276, 1904.

Centralbl.f.allg.Pathol. 33,1, 1923.

Stoklasa,J. u.and. Bioch.Zeitschr. 88,292, 1918; 91,37, 1918. 128,35, 1922.

Tröndle,A. Arch.Sc.phys.et nat.,45,38,167, 1918.

Jahrb.wiss.Bot. 48,171, 1910.

Ulehla,V. Protoplasma 3,469, 1928.

Vonhausen Heyer's Forst und Jagdzeitg. 1858,S.461 (Zit. nach Nobbe).

Warburg,O. Pfl.Arch. 158,1914.

Bioch.Zeitschr. 153,479, 1924.

Wherry,E.T. Ecology,1,,42, 1920.

Ann.Rep.Sm. 1922.

Wieland,H. Ber.chem.Ges. 47,2085, 1914;54,2353, 1921.

Arch. exp. Pathol. u. Pharm. 86,92, 1920; 47,1921.

Willstätter u.Steibelt Hoppe-Seylers Ztschr.f.physiol.Chemie,111,168

Willstätter,Kuhn u.Sobotka,Zeitschr.f.phys.Chemie, 129,33, 1923.

Wittmack,L.	Landwirtschaftliche Samenkunde,Berlin, 1922.
Wohlgemuth,J.	Bioch.Zeitschr. 9,10, 1908.
Wolfe,H.S.	Bot.Gaz. 82,89, 1926.
Wortmann,	Bot.Zeitschr. 47, 1889.
Zaleski,W.	Ber.Deutsch.Bot.Ges. 24,285, 1906; 32,87, 1914
Zollitsch,L.	Flora, 22,(122),93, 1927.

Jnhalt.

I Teil.

1. Einführung. . . . . Seite 1.
2. Methodisches. . . . . " 4
3. Vorversuche.

a) Die Wirkung der Wassermenge des Keimbettes auf das Keimlingswachstum . . . . . " 10

b) Die Wirkung der Salze in Abhängigkeit von Konzentrationen auf die Quellung der Samen. " 15

c) Die Wirkung der H-Jonenkonzentrationen auf das Keimlingswachstum. . . . . " 25

d) Die Wirkung der Salzionen auf die Enzymtätigkeit. . . . . " 42

II Teil. Spezialversuche.

a) Versuche mit Avena sativa. . . . . " 66

b) " " Triticum vulgare. . . . . " 85

c) " " Secale cereale. . . . . " 104

d) " " Lens esculenta. . . . . " 121

e) Die Wirkung einiger Salzkombinationen auf das Keimlingswachstum von Triticum vulgare und Lens esculenta. . . . . " 141

f) Die Wirkung der Salzionen auf das Längswachstum, Roh- und Trockengewicht von Triticum vulgare. . . . . " 149

III Teil.

Diskussion der Versuchsergebnisse. . . . . " 159.

Literatur. . . . . " 192.