

Untersuchungen über die Beschädigung der Pflanzen durch Säuren und über die Reizwirkungen der Säuren auf Pflanzen.

von

I. Onodera (*Nōgaku-Tokugioschi.*)

Vorwort.

Seit langem ist bekannt, daß Pflanzen in neutralen Nährlösungen gut aufwachsen können. Der Boden auf dem Felde ist jedoch sehr selten ganz neutral, sondern reagiert oft sauer. Es ist auch schon bekannt, daß im Boden verschiedene freie Säuren existieren können. Unter den am meisten vorkommenden freien Säuren finden sich von den anorganischen Säuren: Schwefel-, Salpeter- und Salzsäure, von den organischen: Ameisen-, Essig-, Butter-, Milchsäure u. s. w. Wahrscheinlich kommen die anorganischen Säuren aus dem übermäßigen Verbräuche künstlicher anorganischer Düngemittel, die organischen dagegen entstehen bei der Zersetzung der organischen Düngemittel.¹⁾ Über den Einfluß der verschiedenen Säuren auf das Pflanzenwachstum sind schon mehrfach Untersuchungen angestellt worden. Kahlenberg u. True²⁾ z. B. haben gefunden, daß das Wachstum der Keimwurzeln von *Lupinus albus* durch alle untersuchten, stärkeren, dissoziierten Säuren bei einer Konzentration von 1 mol auf 6400 l sistiert wird; dies gilt für HCl, HNO₃, HBr, H₂SO₄, KHSO₄, H₃PO₄, CH₃O₂ u. s. w. Fischer³⁾ hat über die Wirkung der Säure resp. der Wasserstoffionen als Keimungsreize bei Samen eingehende Versuche angestellt und gefunden, daß die Ursache der fördernden Wirkungen bei hartschaligen Samen in der Zerstörung der Samenschale liegt. Schlüter⁴⁾ hat festgestellt, daß die *Prodigiosus* durch 0.1 %ige Milchsäure nicht beeinflusst wird. Und Loeb⁵⁾ sagt: die organischen Säuren wirken auf die Pflanzen nicht nur durch ihre Wasserstoffionenkonzentration, sondern auch durch ihre Anionen, durch ihre nicht dissoziierten Molekel, durch ihre Diffusionsgeschwindigkeit usw.

1.) Tazaki, Imai u. Takaischi, Journ. of the Scientific Agric. Soc. No. 89 (1909)

2.) Kahlenberg u. True, Botan. Gaz. 22, 81 (1896)

3.) Fischer, Ber. Botan. Gesel. 25, 108 (1907)

4.) Schlüter, Zentr. Bakt. II. 589 (1892)

5.) Loeb, Biochem. Ztschr. 15, 254 (1908) u. 23, 93 (1909)

Nach den bisherigen Untersuchungen steht zweifellos fest, daß eine ganz geringe Azidität dem Pflanzenwachstum förderlich ist, daß dagegen eine ziemlich starke Azidität äußerst schädigend wirkt.

Leider ist es mit unseren jetzigen Kenntnissen noch nicht möglich, alle Ursachen dieser nachteiligen Einflüsse auf die Pflanzen aufzuklären. Unter den sich frei entwickelnden organischen Säuren sind die Fettsäuren am meisten vertreten. Sie entstehen hauptsächlich in den Ölkuchen.

Nach Untersuchungen von Tazaki, Imai u. Takaischi¹⁾ verwandeln sich 13 Gewichtprozent des Sojabohnenkuchens in Ameisensäure. Wenn der Kuchen in Sandboden angewandt worden ist, existiert diese Säure eine Zeit lang im Boden. Wahrscheinlich ist die Stärke des Einflusses der Säure auf die Pflanzenernährung nach der Art der Säure sehr verschieden. Daraus erwächst die Aufgabe, die Beziehungen zwischen Azidität und Pflanzenwachstum unter Berücksichtigung der Art und Menge des angewandten künstlichen Düngers genau zu untersuchen, um die Pflanzenernährung vervollkommenen zu können. Zur Lösung dieser Aufgabe beizutragen, ist der Zweck folgender Untersuchungen.

Kapitel 1.

Im Mai 1913 habe ich folgende Keimversuche mit Gersten-, Reis- und Rotkleekörnern und den verschiedenen Säuren durchgeführt.

A. Gerste (*Hordeum vulgare* L.)

Die Gerstenkörnern, welche zu diesem Versuche gebraucht wurden, wurden mittelst Salzwassers vom Sp. Gewt. 1,1 sortiert und dann mit frischem Wasser ausgewaschen, bis sich die Chlorreaktion nicht mehr zeigte. Danach wurden die Körner an der Luft getrocknet.

In diesem Versuche habe ich verschiedene konzentrierte Lösungen von Ameisen-, Essig-, Schwefel-, Salz- und Salpetersäure gebraucht.

Der Feinsand, welcher vom Meeresstrande stammte, wurde in konzentrierter Salzsäure gesotten, um alle organischen Bestandteile zu zersetzen. Nach drei stündigem Sieden habe ich den Sand mit destilliertem Wasser ausgewaschen, bis keine Chlorreaktion mehr vorhanden war. Der Sand und das Wasser befanden sich in drei petrischen Schalen, deren Deckel einwenig geöffnet war. Eine Woche lang beobachtete ich täglich die verdampfte Wassermenge, um eine mittlere tägliche Menge zu erhalten. Beim Experimente wurde dann dieselbe Menge täglich ersetzt, um eine Veränderung der Aziditätskonzentration zu vermeiden. Ich nahm dann in jede petrische Schale 50 gr des vorbereiteten Sandes und 15 ccm einer Säurelösung.

1.) Tazaki, Imai u. Takaischi. Jour. of the Scientific Agric. Soc. No. 89 (1909)

Zuletzt wurden in jede Schale 50 Gerstenkörner gesät. In die Salzsäure aber wurden nur 25 Gerstenkörner gesät.

Ich führte immer zwei Parallelversuche (A u. B) durch. Die Keimversuche dauerten 11 Tage lang.

Ich prüfte die Keimpflanzen in der Essigsäure und fand, daß der Wachstumszustand der Keimpflanzen je nach der Azidität der Lösung sehr verschieden war. Die Länge der Keimpflanzen in der Essigsäure wurden am fünften Tage nach der Aussaat gemessen. Die Ergebnisse dieses ganzen Versuches sind in folgenden Tabellen zusammengestellt:

Tabelle I.
Der Keimungszustand der Gerstenkörner
1. Ameisensäure.

Tagesverlauf	Zahlen der gekeimten Körner											Zahlen der nicht gekeimten Körner				
	2. Tage		3. Tage		4. Tage		5. Tage		6. Tage		7. Tage		11. Tage		A	B
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B		
Name der Parzelle																
Azidi- tät																
Kont.	2	3	2	5	1	2	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2
N/500	4	5	1	7	1	3	1	5	3	1	3	3	4	2	4	0
N/250	0	0	0	3	2	2	8	3	7	4	4	1	2	5	4	4
N/167	0	0	0	1	4	1	6	1	5	4	2	3	6	4	2	3
N/125	0	0	0	1	9	1	1	5	4	4	2	5	1	3	6	3
N/100	3	5	4	0	2	5	1	3	6	5	4	2	3	6	3	9
N/71	0	0	0	2	7	3	0	3	2	3	4	0	3	6	3	2
N/50	0	0	0	1	0	1	3	7	3	5	0	3	3	7	3	5

Tabelle II.
Der Keimungsstand der Gerstenkörner
2. Essigsäure.

Tagesverlauf	Zahlen der gekeimten Körner												Zahlen der verwesten Keimlinge									
	4 Tage		5 Tage		6 Tage		7 Tage		8 Tage		9 Tage		11. Tage		A	B	$\frac{A+B}{2}$					
	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$								
Kont.	0	0.0	10	13	16	12	14.0	17	21	19.0	31	34	32.5	31	34	32.5	19	16	17.5			
N/500	0	0.0	19	15	19	15	17.0	20	23	21.5	23	28	25.5	24	28	26.0	26	22	24.0			
N/167	7	8.0	20	26	24	27	25.5	32	34	33.0	35	37	36.0	35	37	36.0	15	13	14.0			
N/100	0	0.5	12	17	25	23	24.0	38	22	30.0	39	34	36.5	39	34	36.5	40	13	11.5			
N/71	0	0.0	9	12	15	19	17.0	19	23	21.0	28	29	28.5	32	30	31.0	32	18	20	19.0		
N/50	0	0.0	4	4	5	8	6.5	7	10	8.5	10	15	12.5	13	17	15.0	13	17	15.0	37	33	35.0
N/33	0	0.0	2	4	9	5	7.0	9	8	8.5	15	13	14.0	15	15	15.0	15	15	15.0	35	35	35.0
N/25	0	0.0	1	2	4	6	5.0	8	7	7.5	14	11	12.5	14	11	12.5	14	11	12.5	36	39	37.5

Tabelle III.

Der Keimungszustand der Gerstenkörner
3. Schwefelsäure.

Tagesverlauf.	Zahlen der gekeimten Körner																		Zahlen der verwesten Keimlinge		
	4. Tage		5. Tage		6. Tage		7. Tage		8. Tage		9. Tage		10. Tage		A	B	$\frac{A+B}{2}$				
	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$							
Name der Parzelle Asiditätstintensität																					
Kont.	0	0.0	11	12	14	15.5	20	19	19.5	35	31	35	31	35	31	35	31	33.0			
N/500	0	1	0.5	3	5	6.0	8	11	9.5	13	16	14	19	14	19	16.5	36	31	33.5		
N/167	1	1.0	5	3	16	15.0	27	29	28.0	27	30	27	31	27	31	29.0	23	19	21.0		
N/100	3	2	2.5	7	7	6.0	9	8	8.5	21	19	22	18	22	18	20.0	28	32	30.0		
N/71	3	5	4.0	10	11	12.5	17	21	19.0	17	21	17	12	17	12	19.0	33	29	31.0		
N/50	0	1	0.5	3	7	6.0	8	11	9.5	16	13	16	17	16	17	16.5	34	33	33.5		
N/33	0	1	0.5	3	7	9.0	11	12	11.5	11	12	11	12	11	12	11.5	39	38	38.5		
N/25	0	0	0.0	0	5	5.5	6	6	6.0	6	6	6	6	6	6	6.0	44	44	44.0		

Tabelle IV.

Der Keimungszustand der Gerstenkörner
4. Salpetersäure.

Tagesverlauf.	Zahlen der gekeimten Körner												Zahlen der verwesten Keimlinge.							
	4. Tage		5. Tage		6. Tage		7. Tage		8. Tage		9. Tage		11. Tage		A	B	$\frac{A+B}{2}$			
	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$						
Name der Parzelle Azidi- titelintensität																				
Kont.	0	0.0	11	13	12.0	17	13	15.0	20	17	18.5	30	36	33.0	30	36	33.0	20	14	17.0
N/500	1	1.0	13	11	12.0	15	17	16.0	21	24	22.5	32	36	34.0	32	36	34.0	18	14	16.0
N/167	1	1.0	16	19	17.5	26	22	24.0	30	27	29.5	31	37	34.0	31	37	34.0	16	13	16.0
N/100	3	4.0	18	22	20.0	21	24	22.5	24	31	27.5	36	40	38.0	36	40	38.0	14	10	12.0
N/71	0	0.5	10	12	11.0	17	14	15.5	30	24	27.0	35	32	33.5	35	32	33.5	15	18	16.5
N/50	0	0.0	5	4	4.5	6	4	5.0	15	10	12.5	19	15	17.0	19	16	17.5	31	34	32.5
N/33	0	0.0	0	0	0.0	3	4	3.5	6	4	5.0	12	8	10.0	12	11	11.5	38	39	38.5
N/25	0	0.0	4	2	3.0	5	7	6.0	8	7	7.5	15	11	13.0	15	12	13.5	35	38	36.5

Tabelle V.

Der Keimungsstand der Gerstenkörner

5. Salzsäure.

Tagesverlauf	Zahlen der gekeimten Körner																		Zahlen der nicht gekeimten Körner	
	4. Tage		5. Tage		6. Tage		7. Tage		8. Tage		9. Tage		11. Tage		A	B	$\frac{A+B}{2}$			
	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	B	$\frac{A+B}{2}$			
Kont.	0	0.0	2	4	3.0	10	12	11.5	14	13	13.5	14	13	13.5	14	13	13.5	11	12	11.5
N/500	1	1.0	6	4	5.0	12	15	13.5	12	15	13.5	12	15	13.5	12	15	13.5	13	10	11.5
N/167	0	0.0	3	5	4.0	9	13	11.0	13	17	15.0	13	17	15.0	13	17	15.0	12	8	10.0
N/100	0	0.0	3	3	3.0	10	12	11.0	15	11	13.0	15	11	13.0	15	11	13.0	10	14	12.0
N/71	0	0.0	7	6	6.5	16	10	13.0	18	15	16.5	18	15	16.5	18	15	16.5	7	10	8.5
N/50	0	0.0	2	1	1.5	5	3	4.0	8	11	9.5	8	11	9.5	8	11	9.5	17	14	15.5
N/33	0	0.0	1	1	1.0	2	4	3.0	7	11	9.0	7	11	9.0	7	11	9.0	18	14	16.0
N/25	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	25	25	25.0

Tabelle VI.

Der Wachstumszustand der Keimpflanze in der Essigsäure.

Länge der Sprösslinge, welche ich nach ihren Länge sortierte, in cm	Zahlen der Syrösslinge									Zahlen der nicht gekeim- ten Körner			Summe
	über 3.3			3.3—1.6			unter 1.6			A	B	$\frac{A+B}{2}$	
	A	B	$\frac{A+B}{2}$	A	B	$\frac{A+B}{2}$	A	B	$\frac{A+B}{2}$				
Name der Par- zelle													
Azi- ditätsintensität													
Kont.	9	8	8.5	14	17	15.5	8	9	8.5	19	16	17.5	50.0
N/500	7	10	8.5	9	12	10.5	8	6	7.0	26	22	24.0	50.0
N/167	10	14	12.0	18	15	16.5	7	8	7.5	15	13	14.0	50.0
N/100	14	12	13.0	20	21	20.5	6	4	5.0	10	13	11.5	50.0
N/71	12	13	12.5	13	9	11.0	7	8	7.5	18	20	19.0	50.0
N/50	4	4	4.0	5	7	6.0	4	6	5.0	37	33	35.0	50.0
N/33	0	0	0.0	4	5	4.5	11	10	10.5	35	35	35.0	50.0
N/25	0	0	0.0	1	2	1.5	13	9	11.0	36	39	37.5	50.0

Aus vorstehenden Tabellen ersieht man folgendes:—

1. Die Wirkung der Ameisensäure auf die Keimung (Tabelle I u. Photo, 1) ist sehr gross wie die Tabellen und das Photograph I zeigen. Man sieht, daß die Säurekonzentration stärker als N/100 der Keimung schadet.
2. Die Essigsäure (Tabelle II u. VI) beschleunigt die Keimung in auffallender Weise. Sie schadet aber der Keimung bei Aziditätsintensitäten von ca. N/50 an.
3. Die Schwefelsäure (Tabelle III) hat der Keimung stark geschadet und die Körner verwesenen lassen. Jede Konzentration stärker als N/167 schadet der Keimung.
4. Die Salpetersäure hat eine starke Reizwirkung auf die Keimung wie man aus Tabelle (IV) ersieht. Eine Aziditätsintensität über N/100 ist der Keimung schädlich.
5. Salzsäure (Tabelle V) wirkt auf die Keimung in fast gleichem Grade reizend wie die Salpetersäure.

Sie lässt aber auch anderseits die Körner leicht in Verwesung übergehen wie die Schwefelsäure. Alle Aziditätsintensitäten über N/100 wirken nachteilig auf die Keimung ein.

B. Reis (*Oryza sativa*, L.)

Die Reiskörner wurden mittelst Salzwassers vom sp. Gewt. 1,1 sortiert: dann gut mit frischem Wasser ausgewaschen und an der Luft getrocknet. Im Übrigen waren die Vorbereitungen zu diesem Experimente ebenso wie bei der Gerste. In diesem Versuch habe ich in jede petrische Schale 50 gr Sand und 17 ccm Säurelösungen getan und 73 Körner gesät.

Der Deckel wurde ein wenig offen gelassen. Die verdampfte Wassermenge wurde täglich ersetzt. Der Keimversuch wurde ebenfalls in zwei Reihen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den Tabellen VII—X und dem Photo. 2 angegeben.

Tabelle VII.

Der Keimungsstand der Reiskörner
I. Schwefelsäure.

Tagesverlauf.	Zahlen der gekeimten Körner												Zahlen der verwesten Keimlinge		Zahlen der nicht gekeimten Körner			
	4. Tage		5. Tage		6. Tage		7. Tage		8. Tage		9. Tage		10. Tage		A	B	A+B 2	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B				A+B 2
<i>Name der Parzelle</i>	$\frac{A+B}{2}$		$\frac{A+B}{2}$		$\frac{A+B}{2}$		$\frac{A+B}{2}$		$\frac{A+B}{2}$		$\frac{A+B}{2}$		$\frac{A+B}{2}$		A <td>B <td>$\frac{A+B}{2}$</td> </td>	B <td>$\frac{A+B}{2}$</td>	$\frac{A+B}{2}$	
<i>Asidität</i>	tatsächlich		tatsächlich		tatsächlich		tatsächlich		tatsächlich		tatsächlich		tatsächlich		A <td>B <td>$\frac{A+B}{2}$</td> </td>	B <td>$\frac{A+B}{2}$</td>	$\frac{A+B}{2}$	
Kont.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N/500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N/167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N/100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N/71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N/50	0	1	0.5	36	41	38.5	51	56	53.5	54	62	58.0	57	63	60.0	60	66	63.0
N/33	1	0	0.5	32	41	36.5	50	46	48.5	56	52	54.0	58	50	54.0	67	60	63.5
N/25	0	0	0.0	31	34	32.5	55	45	50.0	62	58	60.0	62	58	60.0	62	58	60.0
															8	10	9.0	11
															13	7	10.0	7
															7	8	7.5	6
															13	13	9.5	13
															15	15	13.0	15

Tabelle VIII.

 Der Keimungszustand der Reiskörner
 2. Salpetersäure.

Tagesverlauf.	Zahlen der gekeimten Körner												Zahlen der verwesenen Keimlinge.		Zahlen der nicht gekeimten Körner.												
	4. Tage		5. Tage		6. Tage		7. Tage		8. Tage		9. Tage		10. Tage		A	B	A+B 2										
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B													
Name der Parzelle																											
Azidi- intensität																											
Kont.	0	0	19	23	21.0	35	40	37.5	58	64	61.0	62	69	65.5	70	67.5	65	70	67.5	0	0	0.0	8	3	5.5		
N/500	1	1	40	45	42.5	56	62	59.0	63	59	61.0	63	60	61.5	63	60	61.5	70	63	66.5	0	0	0.0	3	10	6.5	
N/167	0	0	32	38	35.0	53	57	55.0	65	57	61.0	65	63	64.0	70	64	67.0	70	68	69.0	0	0	0.0	3	5	4.0	
N/100	1	1	30	27	28.5	45	51	48.0	63	57	60.0	67	61	64.0	67	66	66.5	67	66	66.5	0	0	0.0	6	7	6.5	
N/71	3	5	40	33	36.5	52	48	50.0	64	56	60.0	68	62	65.0	70	67	68.5	70	67	68.5	1	1	1.0	3	6	4.5	
N/50	0	2	1.0	21	26	23.5	50	46	48.0	55	53	54.0	57	63	60.0	66	71	68.5	66	71	68.5	0	0	0.0	7	2	4.5
N/33	0	1	0.5	26	24	25.0	48	32	40.0	50	43	46.5	62	55	58.5	62	56	59.0	62	57	59.5	0	0	0.0	11	16	13.5
N/25	1	0	0.5	20	23	21.5	40	23	36.5	42	48	45.0	51	47	49.0	56	52	54.0	56	52	54.0	4	2	3.0	17	21	19.0

Tabelle IX.

Der Keimungsstand der Reiskörner
3. Essigsäure.

Tagesverlauf	Zahlen der gekeimten Körner												Zahlen der verwesten Keimlinge		Zahlen der nicht gekeimten Körner										
	4. Tage		5. Tage		6. Tage		7. Tage		8. Tage		9. Tage		10. Tage		A	B	A + B 2								
	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$											
Kont.	0	0.0	19	23	21.0	35	40	37.5	58	64	61.0	62	69	65.5	65	70	67.5	0	0.0	8	3	5.5			
N/500	1	0.5	26	26	26.0	53	47	50.0	60	55	57.5	61	64	62.5	61	64	62.5	0	0.0	9	6	7.5			
N/167	1	0.5	41	37	39.0	50	56	53.0	57	64	60.5	64	68	66.0	65	68	66.5	0	0.0	8	2	5.0			
N/100	5	7	41	46	43.5	57	63	60.0	61	66	63.5	64	71	67.5	64	71	67.5	5	9	7.0	9	2	5.5		
N/71	0	1	17	18	17.5	47	42	44.5	49	56	52.5	59	64	61.5	60	68	64.0	6	0	3.0	13	5	9.0		
N/50	0	1	18	22	20.0	49	40	44.5	57	50	53.5	63	56	59.5	68	60	64.0	69	62	65.5	0	0.0	4	11	7.5
N/33	1	0	31	34	32.5	43	47	45.0	61	67	64.0	61	67	64.0	61	67	64.0	0	1	0.5	12	6	9.0		
N/25	0	1	33	30	31.5	55	60	57.5	59	66	62.5	62	66	64.0	62	66	64.0	0	0	0.0	11	7	9.0		

Tabelle X.
Der Keimungsstand der Reiskörner
4. Ameisensäure.

Tagesverlauf	Zahlen der gekeimten Körner												Zahlen der verwesten Keimlinge		Zahlen der nicht gekeimten Körner									
	4. Tage		5. Tage		6. Tage		7. Tage		8. Tage		9. Tage		10. Tage		A	B	A+B 2							
	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$										
Name der Parzelle Azid- titrimetrisch																								
Kont.	14	18	16.0	19	21	20.0	43	48	45.5	48	52	50.0	49	54	51.5	57	61	59.0	0	0	0.0	16	12	14.0
N/500	14	10	12.0	31	26	28.5	54	48	51.0	54	48	51.0	55	51	53.0	55	52	53.5	0	0	0.0	18	21	19.5
N/250	22	26	24.0	46	51	48.5	51	56	53.5	55	62	58.5	58	64	61.0	58	64	61.0	0	0	0.0	15	9	12.0
N/167	15	17	16.0	33	27	30.0	48	42	45.0	56	50	53.0	56	50	53.0	56	50	53.0	0	0	0.0	17	23	20.0
N/125	18	17	17.5	39	34	36.5	43	40	41.5	55	51	53.0	60	55	57.5	60	55	57.5	0	0	0.0	13	18	15.5
N/100	15	13	14.0	29	31	30.0	44	39	41.5	52	46	49.0	61	54	57.5	61	54	57.5	0	0	0.0	12	19	15.5
N/71	11	14	12.5	33	27	30.0	34	32	33.0	51	49	50.0	53	49	51.0	53	49	51.0	0	0	0.0	20	24	22.0
N/50	16	12	14.0	35	28	31.5	51	44	47.5	51	44	47.5	56	46	51.0	56	46	51.0	0	0	0.0	17	27	22.0

Am fünfzeten Tage nach der Aussaat habe ich die Länge der Keimpflanzen in der Schwefel-, Salpeter- und Essigsäure-Lösung gemessen und in Tabelle XI—XIII angegeben:—

Tabelle XI.
Der Wachstumszustand des Reis
1. Schwefelsäure.

Länge der Sprösslinge, welche ich nach ihrer Länge sortierte, in cm	Zahlen der Sprösslinge							Zahlen der verworsten Keimlinge	Zahlen der Keimlinge, bei denen nur die Wurzel durchgetrochen war	Zahlen der nichtge- keimten Körner	Summe	
	13,2—11,5	11,5—9,9	9,9—8,2	8,2—6,6	6,6—4,6	4,9—3,3	3,3—1,6					unter 1,6
Asiditätsintensität												
Kont.	0	0	0	0	3	65	35	31	5	0	7	146
N/500	0	0	0	0	13	60	43	25	2	0	3	146
N/167	0	0	0	0	9	61	42	24	2	0	8	146
N/100	0	0	0	0	10	64	39	18	8	1	6	146
N/71	0	0	0	3	10	67	34	13	9	5	5	146
N/50	0	0	1	3	10	42	40	14	19	7	10	146
N/33	0	0	0	0	19	41	28	15	21	9	13	146
N/25	0	0	0	0	15	30	33	25	21	13	9	146

Tabelle XII.

Der Wachstumszustand des Reis
2. Salpetersäure.

Länge der Sprösslinge, welche ich nach ihrer Länge sortierte, in cm	Zahlen der Sprösslinge							Zahlen der verworsten Keimlinge	Zahlen der Keimlinge, bei denen nur die Wurzel durchgetrochen war	Zahlen der nichtge- keimten Körner	Summe	
	13,2—11,5	11,5—9,9	9,9—8,2	8,2—6,6	6,6—4,9	4,9—3,3	3,3—1,6					unter 1,6
Asiditätsintensität												
Kont.	0	0	0	0	3	65	35	31	5	0	7	146
N/500	0	0	0	1	25	28	58	18	8	3	5	146
N/167	0	0	1	10	40	39	30	10	5	4	7	146
N/100	1	2	1	25	27	29	23	24	7	3	4	146
N/71	1	1	5	47	33	27	11	6	5	3	7	146
N/50	0	2	18	22	34	25	15	12	5	5	8	146
N/33	1	3	10	27	29	17	13	20	6	7	13	146
N/25	0	1	10	10	28	19	15	19	5	9	30	146

Tabelle XIII.
Der Wachstumszustand des Reis
3. Essigsäure.

Aziditätsintensität	Zahlen der Sprösslinge							Zahlen der verwesenen Keimlinge	Zahlen der Keimlinge, welche nur die Wurzel durchgebrochen war	Zahlen der nichtgekeimten Körner	Summe	
	13,2—11,5	11,5—9,9	9,9—8,2	8,2—6,6	6,6—4,9	4,9—3,3	3,3—1,6					unter 1,6
Kont.	0	0	0	0	3	65	35	31	5	0	7	146
N/500	0	0	0	0	28	69	27	8	4	4	6	146
N/167	0	0	1	1	15	53	48	20	1	5	2	146
N/100	0	0	1	0	24	43	27	26	9	8	8	146
N/71	0	0	0	2	28	40	22	33	11	6	4	146
N/50	0	0	0	5	16	41	37	33	3	8	3	146
N/33	0	0	0	1	14	38	59	10	19	4	1	146
N/25	0	0	0	0	8	29	33	36	28	10	2	146

Aus vorstehenden Tabellen und Photograph 2 kann man folgendes erkennen; —

1. Salpetersäure in gemäßigter Konzentration, z. B. N/71 beschleunigt die Keimung der Reiskörner. Bei einer Aziditätsintensität über N/33 aber schädigt die Säure die Keimung.
2. Die Essigsäure reizt die Reiskeimung nicht so stark wie die Gerstekeimung. Ich beobachtete, daß der Reis in allen Lösungen dünner als N/71 ungefähr gleich wächst. Bei Aziditätsintensitäten über N/71 dagegen schädigt auch sie die Keimung.
3. Die Schwefelsäure läßt die Körner verwesen, andererseits aber beschleunigt sie die Keimung. Stärker als N/71 aber schadet sie der Keimung.
4. Die Ameisensäure hat eine stärkere Reizwirkung, auf die Keimung als die anderen drei Säuren. Aziditätsintensitäten Stärker als N/100 aber schaden auch hier der Keimung.

C. Rotklee. (*Trifolium pratense*, L.)

Zu diesem Versuch habe ich Rotkleesamen benutzt. In jede Schale wurden 100 Körner gesät. Die Behandlung war ebenso wie bei den ersten beiden Versuchen. Die Ergebnisse der Keimversuchen sind in den Tabellen XIV—XIX angegeben.

Tabelle XIV.

Der Keimungsstand der Rotkleesamen
I. Schwefelsäure.

Tagesverlauf	Zahlen der gekeimten Körner												Zahlen der verwesten Keimlinge		Zahlen der nicht gekeimten Körner						
	2. Tage		3. Tage		4. Tage		5. Tage		6. Tage		7. Tage		10. Tage		A	B	A+B 2				
	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$							
Kont.	35	38.0	57	64	60.5	61	67	64.0	61	67	64.0	61	67	64.0	0	0	0.0	39	33	36.0	
N/500	25	28.5	51	55	53.0	54	58	56.0	54	58	56.0	57	62	59.5	0	0	0.0	43	38	40.5	
N/250	17	19.0	37	44	40.5	41	48	44.5	42	56	49.0	45	56	50.5	0	0	0.0	55	44	49.5	
N/167	22	25.0	51	49	50.0	57	62	59.5	57	62	59.5	57	62	59.5	0	0	0.0	43	38	41.5	
N/125	39	34	36.5	53	57	55.0	54	59	56.5	54	59	56.5	54	59	56.5	0	0	0.0	46	41	43.5
N/100	23	17	20.0	49	42	45.5	60	50	55.0	60	50	55.3	64	59	61.5	0	0	0.0	36	41	38.5
N/83	11	8	9.5	58	52	55.0	59	52	55.5	59	52	55.5	59	52	55.5	0	0	0.0	41	48	44.5
N/71	4	7	5.5	39	43	41.0	44	51	47.5	44	51	47.5	46	54	50.0	0	0	0.0	54	46	50.0

Tabelle XV.

Der Keimungszustand der Rotkleesamen

2. Salpetersäure.

Tagesverlauf	Zahlen der gekeimten Körner												Zahlen der verwesten Keimlinge		Zahlen der nicht gekeimten Körner						
	2. Tage		3. Tage		4. Tage		5. Tage		6. Tage		7. Tage		10. Tage		A	B	A	B			
	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$					A	$\frac{A+B}{2}$	
Kont.	35	41	38.0	57	64	60.5	61	67	64.0	61	67	64.0	61	67	64.0	0	0	0.0	39	33	36.0
N/500	36	32	34.0	56	53	54.5	56	53	54.5	56	53	54.5	56	53	54.5	0	0	0.0	44	47	45.5
N/250	28	23	25.5	53	59	56.0	53	59	56.0	53	59	56.0	53	59	57.0	0	0	0.0	37	34	35.5
N/167	24	21	22.5	62	59	60.5	67	61	64.0	67	61	64.0	67	61	64.0	0	0	0.0	33	39	36.0
N/125	27	31	29.0	52	56	54.0	55	60	57.5	60	64	62.0	60	64	62.0	0	0	0.0	40	36	38.0
N/100	22	19	20.5	54	51	52.5	54	51	52.5	58	53	55.5	58	53	55.5	0	0	0.0	42	47	44.5
N/83	24	20	22.0	50	44	47.0	55	51	53.0	55	51	53.0	55	51	53.0	0	0	0.0	45	49	47.0
N/71	20	16	18.0	47	42	44.5	47	42	44.5	47	42	44.5	47	42	44.5	0	0	0.0	53	58	55.5

Tabelle XVI.

Der Keimungsstand der Rotkleesamen
3. Salzsäure.

Tagesverlauf.	Zahlen der gekeimten Körner												Zahlen der verwesten Keimlinge		Zahlen der nicht gekeimten Körner						
	2. Tage		3. Tage		4. Tage		5. Tage		6. Tage		7. Tage		10. Tage		A	B	A+B 2				
	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$							
Name der Parralle Asidls tatsamtheit																					
Kont.	35	41	38.0	57	64	60.5	61	67	64.0	61	67	64.0	61	67	64.0	0	0	0.0	39	33	36.0
N/500	28	24	26.0	60	51	55.5	64	56	60.0	64	56	60.0	64	56	60.0	0	0	0.0	36	44	40.0
N/250	32	27	29.5	61	55	58.0	62	59	60.5	62	59	60.5	62	59	60.5	0	0	0.0	38	41	39.5
N/167	40	37	38.5	60	54	57.0	61	69	65.0	61	69	65.0	61	69	65.0	0	0	0.0	39	31	35.0
N/125	20	17	18.5	65	58	61.5	74	68	71.0	80	77	78.5	80	77	78.5	0	0	0.0	20	23	21.5
N/100	17	23	20.0	50	54	52.0	57	54	55.5	57	54	55.5	57	54	55.5	0	0	0.0	43	46	44.5
N/83	21	24	22.5	52	57	54.5	53	57	55.0	56	64	60.0	56	64	60.0	0	0	0.0	44	36	40.0
N/71	19	15	17.0	47	48	47.5	50	56	53.0	52	59	55.5	52	59	55.5	0	0	0.0	48	41	44.5

Tabelle XVII.
Der Keimungszustand der Rotkleeasamen
4. Ameisensäure.

Tagesverlauf.	Zahlen der gekeimten Körner												Zahlen der verwesten Keimlinge.			Zahlen der nicht gekeimten Körner.					
	2. Tage		3. Tage		4. Tage		5. Tage		6. Tage		7. Tage		10. Tage		A	B	$\frac{A+B}{2}$	A	B	$\frac{A+B}{2}$	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B							A
<i>Name der Parzelle</i>	$\frac{A+B}{2}$		$\frac{A+B}{2}$		$\frac{A+B}{2}$		$\frac{A+B}{2}$		$\frac{A+B}{2}$		$\frac{A+B}{2}$		$\frac{A+B}{2}$								
<i>Artdi. Ulkintensität</i>																					
Kont.	35	41	38.0	57	64	60.5	61	67	64.0	61	67	64.0	61	67	64.0	0	0	0.0	39	33	36.0
N/500	34	27	30.5	48	52	50.0	51	60	55.5	51	60	55.5	51	60	56.0	0	0	0.0	48	40	44.0
N/250	28	22	25.0	63	57	60.0	65	57	61.0	65	57	61.0	65	57	61.0	0	0	0.0	35	43	39.0
N/167	13	14	13.5	39	42	40.5	54	50	52.0	54	50	52.0	54	50	52.0	0	0	0.0	46	50	48.0
N/125	18	22	20.0	40	46	43.0	44	53	48.5	44	53	48.5	49	57	53.0	0	0	0.0	51	43	47.0
N/100	13	18	15.5	43	57	50.0	55	63	59.0	55	63	59.0	55	63	59.0	0	0	0.0	45	37	41.0
N/83	12	8	10.0	55	50	52.5	55	50	52.5	55	50	52.5	55	50	52.5	0	0	0.0	45	50	47.5
N/71	13	16	14.5	41	47	44.0	42	50	46.0	49	55	52.0	49	55	52.0	0	0	0.0	51	45	48.0

Tabelle XVIII.

Der Keimungsstand der Rotkleesamen
5. Milchsäure.

Tagesverlauf	Zahlen der gekeimten Körner												Zahlen der verwesten Keimlinge		Zahlen der nicht gekeimten Körner									
	2. Tage		3. Tage		4. Tage		5. Tage		6. Tage		7. Tage		10. Tage		A	B	$\frac{A+B}{2}$							
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B										
<i>Name der Parzelle</i>																								
<i>Azidi- mittsensitivität</i>																								
Kont.	35	41	38.0	57	64	60.5	61	67	64.0	61	67	64.0	61	67	64.0	61	67	64.0	0	0	0.0	39	33	36.0
N/500	36	40	38.0	62	66	64.0	63	68	65.5	63	68	65.5	63	68	65.5	63	68	65.5	0	0	0.0	37	32	34.5
N/250	39	33	36.0	61	50	55.5	63	53	58.0	63	56	59.5	63	56	59.5	63	56	59.5	0	0	0.0	37	44	40.5
N/167	17	23	20.0	51	50	50.5	52	56	54.0	57	63	60.0	57	63	60.0	57	63	60.0	0	0	0.0	43	37	40.0
N/125	26	28	27.0	55	47	51.0	62	57	59.5	65	57	61.0	65	57	61.0	65	57	61.0	0	0	0.0	35	43	39.0
N/100	23	31	27.0	59	52	55.5	61	57	59.0	63	59	61.0	63	59	61.0	63	59	61.0	0	0	0.0	37	41	39.0
N/83	18	17	17.5	59	51	55.0	59	51	55.0	58	68	63.0	59	68	63.5	59	68	63.5	2	3	2.5	41	32	36.5
N/71	4	6	5.0	42	35	38.5	49	46	47.5	49	46	47.5	49	46	47.5	49	46	47.5	8	4	6.0	51	54	52.5

Tabelle XIX.

Der Keimungszustand der Rotkleesamen

6. Essigsäure.

Tagesverlauf	Zahlen der gekeimten Körner												Zahlen der verwesten Keimlinge		Zahlen der nicht gekeimten Körner					
	2. Tage		3. Tage		4. Tage		5. Tage		6. Tage		7. Tage		10. Tage		A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$		
	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$	A	$\frac{A+B}{2}$						
Kont.	35	38.0	57	65	61.0	61	67	64.0	61	67	64.0	61	67	64.0	0	0.0	39	33	36.0	
N/500	31	34	32.5	49	61	55.0	50	61	55.5	50	61	55.5	50	61	55.5	0	0.0	50	39	44.5
N/250	27	21	24.0	43	40	41.5	57	53	55.0	57	53	55.0	57	53	55.0	0	0.0	43	47	45.0
N/167	17	13	15.0	60	53	56.5	60	53	56.5	60	53	56.5	60	53	56.5	0	0.0	40	47	43.5
N/125	16	14	15.0	58	54	56.0	62	57	59.5	62	58	60.0	62	58	60.0	0	0.0	38	42	40.0
N/100	21	30	25.5	52	44	48.0	57	50	53.5	57	50	53.5	57	50	53.5	0	0.0	43	50	46.5
N/83	27	31	29.0	54	59	56.5	54	62	58.0	54	62	58.0	54	62	58.0	0	0.0	46	38	42.0
N/71	10	15	12.5	39	45	42.0	52	47	49.5	57	50	53.5	57	50	53.5	0	0.0	43	50	46.5

Aus diesen Tabellen läßt sich folgendes ersehen:

1. Schwefel-, Salpeter-, Salz- und Ameisensäure in einer Aziditätsintensität von mehr als N/100 schaden den Keimpflanze.
2. Milchsäure und Essigsäure beschädigen die Keimpflanze in einer Aziditätsintensität von mehr als N/83.

Nach dem Experiment habe ich die Keimpflanzen an der Luft getrocknet und dann gewogen. Die Resultate sind in Tabelle XX angegeben:—

Tabelle XX.

Das Gewicht der Rotkleeplanzen.

Säurename Aziditäts- intensität.	Ameisensäure	Essigsäure	Milchsäure	Schwefelsäure	Salpetersäure	Salzsäure	Kont.
	g	g	g	g	g	g	g
0	—	—	—	—	—	—	0.050
N/500	0.060	0.059	0.081	0.074	0.073	0.077	—
N/250	0.058	0.072	0.077	0.058	0.081	0.080	—
N/167	0.053	0.075	0.071	0.081	0.081	0.070	—
N/125	0.065	0.077	0.073	0.068	0.081	0.100	—
N/100	0.064	0.111	0.080	0.066	0.064	0.073	—
N/83	0.063	0.085	0.078	0.072	0.051	0.082	—
N/71	0.064	0.070	0.068	0.073	0.050	0.069	—

Aus Tabelle XX ersicht man, daß eine mäßige Konzentration der Säuren das Wachstum der Rotkleeplanzen sehr beschleunigt, und Rotklee in den organischen und anorganischen Säuren ungefähr gleich wächst.

Um diese Tatsache zahlenmäßig festzustellen habe ich die Gewichte der Pflanzen aus drei organischen Säuren und die Gewichte der Pflanzen aus drei anorganischen Säuren einander vergleichend gegenübergestellt.

Diese Gewichte sind in Tabelle XXI angegeben.

Tabelle XXI.

Säure- name Aziditäts- intensität.	org. (Ameisen-, Essig- Säuren (u. Milchsäure))	anorg. (Schwefel-, Sal- Säuren (peter u. Salzsäure))	Kont. (dreimal des Pflanzengewichtes)
	g	g	g
0	—	—	1.050
N/500	0.200	0.224	—
N/250	0.207	0.219	—
N/167	0.199	0.232	—
N/125	0.215	0.249	—
N/100	0.255	0.203	—
N/83	0.226	0.205	—
N/71	0.202	0.192	—
Summe	1.504	1.524	1.050

Kapitel II.

Wasserkulturen.

Nach dem Keimversuche, welchen ich im vorstehenden Kapitel beschrieben habe, habe ich Wasserkulturen mit Gerste und Reis in Ameisen-, Essig-, Schwefel-, Salz-, Salpeter- und Milchsäure durchgeführt und die Beziehung zwischen der Aziditätsintensität der verschiedenen Säuren und dem Pflanzenwachstum untersucht.

A. Gerste (*Hordeum vulgare*, L.)

Ich benutzte als Nährlösung 0.125% Sachse-Lösung; ihre Aziditätsintensität war N/2880. Dieser Lösung habe ich dann je eine der oben angegebenen Säuren zugesetzt. Zuerst habe ich 500 ccm fassende Erllmeyerische Flaschen mit den verschiedenen Säurelösungen gefüllt, in jede zwei Keimpflanzen (Gerste) gesteckt und die Flaschen ganz mit Schwarzpapier bedeckt.

Der Versuch dauerte 12 Tage. Von Zeit zu Zeit beobachtete ich den Wachstumszustand der Pflanzen.

Der schädigenden Einfluß der verschiedenen Konzentrationen der Säuren auf das Pflanzenwachstum zeigen folgende Tabellen:

Tabelle XXII.

Schädlicher Einfluss der Ameisensäure auf das Pflanzenwachstum.

Aziditäts- intensität Tages- verlauf	Kont.	N/500	N/250	N/167	N/125	N/100	N/83
Am 2. Tage	normal	normal	normal	normal	beginnt zu hängen	beginnt zu hängen	beginnt zu hängen
" 3. "	do	do	beginnt zu hängen	ein wenig hängend	stark hängend	fast ganz hängend	fast ganz verwelkt
" 4. "	do	do	ein wenig verwelkt	do	do	ziemlich stark verwelkt	do
" 8. "	do	do	do	ziemlich stark hängend	völlig hängend	ganz verwelkt	fast abgestorben
" 11. "	do	ein wenig verändert gelblich	nur die oberen Blätter grün	abgestorben	abgestorben	abgestorben	ganz abgestorben
" 12. "	do	do	abgestorben				

Tabelle XXIII.

Schädlicher Einfluss der Schwefelsäure auf das Pflanzenwachstum.

Aziditäts- intensität Tages- verlauf	Kont.	N/500	N/250	N/167	N/125	N/100	N/83
Am 2. Tage	normal	normal	normal	normal	beginnt zu hängen	beginnt zu Verwelken	beginnt zu hängen
" 3. "	do	do	do	beginnt zu verwelken	ziemlich verändert gelblich	ziemlich hängend	stark hängend
" 4. "	do	do	do	ein wenig verändert gelblich	stark verändert gelblich	stark hängend	fast ganz verwelkt
" 8. "	do	ein wenig verändert gelblich	ein wenig verändert gelblich	ziemlich verändert gelblich	ein wenig von grüner Farbe	abgestorben	abgestorben
" 11. "	do	do	stark verändert gelblich	fast ganz verändert gelblich	do		
" 12. "	do	do	do	do	do		

Tabelle XXIV.

Schädlicher Einfluss der Essigsäure auf das Pflanzenwachstum.

Aziditäts- intensität Tages- verlauf	Kont.	N/500	N/250	N/167	N/125	N/100	N/83
Am 2. Tage	normal	normal	normal	ein wenig verwelkt	ein wenig verändert gelblich	ein wenig hängend	ziemlich hängend
" 3. "	do	do	do	do	ein wenig verwelkt	ziemlich hängend	halb hängend
" 4. "	do	do	beginnt zu hängen	do	ziemlich hängend	halb verwelkt	stark verwelkt
" 8. "	do	do	do	stark verwelkt	ganz hängend	abgestorben	abgestorben
" 11. "	do	ein wenig verändert gelblich	ein wenig von grüner Farbe	abgestorben	do		
" 12. "	do	do	do		do		

Tabelle XXV.

Schädlicher Einfluss der Milchsäure auf das Pflanzenwachstum.

Aziditäts- intensität Tages- verlauf	Kont.	N/500	N/250	N/167	N/125	N/100	N/83
Am 2. Tage	normal	normal	normal	ganz wenig hängend	ein wenig hängend	ein wenig beginnt zu hängen	ein wenig beginnt zu hängen
" 3. "	do	do	do	do	do	wenig hängend	wenig hängend
" 4. "	do	do	do	ein wenig verwelkt	ziemlich hängend	do	ziemlich verwelkt
" 8. "	do	ein wenig hängend	ein wenig verändert gelblich	halb verändert gelblich	halb verändert gelblich	stark hängend	do
" 11. "	do	do	ziemlich hängend	do	ziemlich hängend	stark verwelkt	fast hängend
" 12. "	do	do	do	do	do	do	do

Tabelle XXVI.

Schädlicher Einfluss der Salpetersäure auf das Pflanzenwachstum.

Aziditäts- intensität Tages- verlauf	Kont.	N/500	N/250	N/167	N/125	N/100	N/83
Am 2. Tage	normal	normal	normal	normal	normal	normal	wenig hängend
# 3. #	do	do	do	do	do	wenig hängend	do
# 4. #	do	do	wenig verändert gelblich	wenig hängend	wenig hängend	ziemlich hängend	ziemlich verändert gelblich
# 8. #	do	do	ein wenig verwelkt	ca. halb verändert gelblich	do	ganz wenig von grüner Farbe	ganz wenig von grüner Farbe
# 11. #	do	ein wenig hängend	do	ziemlich stark verändert gelblich	stark verändert gelblich	do	do
# 12. #	do	do	do	do	do	do	do

Tabelle XXVII.

Schädlicher Einfluss der Salzsäure auf das Pflanzenwachstum.

Aziditäts- intensität Tages- verlauf	Kont.	N/500	N/380	N/250	N/200	N/125	N/100
Am 2. Tage	normal	normal	normal	normal	ganz wenig hängend	wenig hängend	ganz hängend
# 3. #	do	do	do	ganz wenig hängend	do	do	do
# 4. #	do	do	do	do	do	halb verwelkt	wenig verwelkt
# 8. #	do	wenig verändert gelblich	wenig verwelkt	ziemlich verändert gelblich	halb verwelkt	ziemlich stark verwelkt	do
# 10. #	do	do	do	stark verwelkt	fast ganz verwelkt	fast ganz verwelkt	fast ganz verwelkt
# 11. #	do	do	do	do	do	do	ganz wenig von grüner Farbe

Nach dem die Keimpflanzen eine Woche lang in den Flaschen gewesen waren, habe ich die Halm- und Wurzellänge festgestellt.

Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle angegeben.

Tabelle XXVIII.

Säurename	Halm u. Wurzel	Aziditätsintensität.						
		0	N/500	N/250	N/167	N/125	N/100	N/83
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
Kont.	Halm	9.9	—	—	—	—	—	—
	Wurzel	8.6	—	—	—	—	—	—
Ameisensäure	Halm	—	18.1	16.5	12.5	12.5	15.2	10.1
	Wurzel	—	10.9	8.3	7.3	9.9	9.9	6.6
Essigsäure	Halm	—	19.1	16.8	15.8	15.8	16.5	16.5
	Wurzel	—	8.9	6.9	9.9	6.6	8.3	5.3
Milchsäure	Halm	—	17.2	19.5	20.5	17.8	23.1	17.2
	Wurzel	—	10.6	9.9	9.2	6.6	8.6	7.6
Salpetersäure	Halm	—	19.8	15.5	13.9	17.2	17.2	14.8
	Wurzel	—	7.3	9.2	8.9	6.9	8.3	7.6
Schwefelsäure	Halm	—	17.2	17.5	5.0	15.8	11.9	15.2
	Wurzel	—	17.5	6.6	5.9	10.6	9.9	10.6
Salzsäure	Halm	—	N/500	N/380	N/250	N/200	N/125	N/100
	Wurzel	—	8.3	16.5	15.2	18.2	5.9	14.9
			14.9	8.5	6.9	6.6	7.3	6.6

Aus diesen Tabellen Kann man ersehen, daß das Längewachstum der Pflanzen in allen Säuren sehr stark ist¹⁾.

Diese Erscheinung ist an den Bäumen in Hüttenrauchgehenden beobachtet worden²⁾.

(1) Fred. Zentr. Bakt. II. 31 185(1911)

(2) Hüne. Zentr. Bakt. I. 481(1909)

(3) Eicke. Zeitschr. Forst. u. Landwirt. s. 202. 12(1914)

Wenn man das Gewicht und die Länge der Pflanzen in der Kontrolllösung=100 setzt, so erhält man folgende Tabelle:—

Tabelle XXIX.

Das Gewicht und die Länge der Pflanzen in der Säure- und Kontrolllösung.

Säurename	Aziditätsintensität	Gewicht(g)		Länge(cm)	
		Gewt. der 3 Pflanzen	Verhältniszahl	Summe der Länge von Blätter und Wurzeln	Verhältniszahl
Kont.	0	0.105	100.00	17.5	100.00
Ameisensäure	N/500	0.095	90.48	29.0	165.72
Salpetersäure	N/500	0.116	110.47	27.1	154.85
do	N/250	0.083	79.05	24.7	141.14
Schwefelsäure	N/500	0.120	114.29	34.7	198.28
do	N/250	0.093	88.57	24.1	137.71
Milchsäure	N/500	0.140	133.33	27.8	158.86
do	N/250	0.110	104.76	29.4	168.00
do	N/167	0.130	123.81	29.7	169.71
Essigsäure	N/500	0.089	84.76	28.0	160.00
Salzsäure	N/500	0.095	90.48	23.2	132.57

Diese Tabelle zeigt, daß die Gewicht- und Längezunahme der Pflanzen in der Säurelösung nicht immer übereinstimmt.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß eine gemäßigte Säurelösung das Pflanzenwachstum fördert, daß aber Konzentrationsgrade geringer als die im folgenden angegebenen ohne Wirkung auf das Pflanzenwachstum bleiben.

Ameisensäure dünner als N/500.
 Essigsäure " " N/500.
 Schwefelsäure " " N/500.
 Salpetersäure " " N/500.
 Salzsäure " " N/500.
 Milchsäure " " N/167.

B. Reis.

1. Der erste Versuch.

Die gebrauchte Reispflanzen waren durchschnittlich 17.5 cm lang.

Sie wurden in diesem Versuche in 0.2% Knopsche Lösung gepflanzt. Im Übrigen war die Behandlung ganz wie bei der Gerste.

Von Zeit zu Zeit habe ich den Wachstumszustand der Pflanzen beobachtet. Die Ergebnisse sind in folgenden Tabellen zusammengestellt.

Tabelle XXX.

a. Pflanzenwachstumszustand nach 2 Tage.

Säurename	Aziditätsintensität.						
	o	N/500	N/250	N/167	N/125	N/100	N/83
Kont.	normal	—	—	—	—	—	—
Salzsäure	—	normal	normal	normal	schwach beschädigt	ziemlich beschädigt	stark beschädigt
Essigsäure	—	do	do	do	do	do	ziemlich beschädigt
Salpetersäure	—	do	do	do	do	do	do
Schwefelsäure	—	do	do	do	do	do	do
Milchsäure	—	do	do	do	do	do	do
Ameisensäure	—	do	do	ganz wenig beschädigt	ziemlich beschädigt	sehr beschädigt	stark beschädigt

Tabelle XXXI.

b. Pflanzenwachstumszustand nach 4 Tage.

Säurename	Aziditätsintensität.						
	o	N/500	N/250	N/167	N/125	N/100	N/83
Kont.	normal	—	—	—	—	—	—
Salzsäure	—	normal	normal	wenig verwelkt	ziemlich verwelkt	stark verwelkt	ganz verwelkt
Essigsäure	—	do	do	normal	wenig verwelkt	ziemlich verwelkt	ziemlich stark verwelkt
Salpetersäure	—	do	do	do	ziemlich verwelkt	stark verwelkt	sehr verwelkt
Schwefelsäure	—	wenig verwelkt	ziemlich verwelkt	stark verwelkt	sehr verwelkt	sehr stark verwelkt	abgestorben
Milchsäure	—	normal	normal	normal	wenig verwelkt	ziemlich verwelkt	ziemlich verwelkt
Ameisensäure	—	do	do	ganz wenig verwelkt	ziemlich verwelkt	do	do

Tabelle XXXII.

o. Panfizenwachstumzustand nach 10 Tage.

Säurename	Aziditätsintensität.						
	o	N/500	N/250	N/167	N/125	N/100	N/83
Kont.	normal	—	—	—	—	—	—
Salzsäure	—	normal	normal	wenig verwelkt	ziemlich verwelkt	stark verwelkt	ganz verwelkt
Essigsäure	—	do	do	do	wenig verwelkt	ziemlich verwelkt	ziemlich stark beschädigt
Salpetersäure	—	do	do	do	ziemlich verwelkt	stark verwelkt	sehr verwelkt
Schwefelsäure	—	wenig verwelkt	ziemlich verwelkt	stark verwelkt	sehr verwelkt	sehr verwelkt	sehr stark verwelkt
Milchsäure	—	normal	normal	normal	wenig verwelkt	sehr verwelkt	ziemlich verwelkt
Ameisensäure	—	do	do	wenig verwelkt	ziemlich verwelkt	ziemlich verwelkt	ganz verwelkt

Der zweite Versuch.

Die gebrauchten Pflanzen waren durchschnittlich 23, cm lang. Durch diesen Versuch wollte ich von jeder Säure die Grenzkonzentration der günstigen Wirkung auf das Pflanzenwachstum weiter genau feststellen.

Ich beobachtete den Wachstumszustand nach dem 8. Tage. Ergebnisse finden sich in nachstehender Tabelle:

Tabelle XXXIII.

Pflanzenwachstumzustand nach 8 Tage.

Säurename	Aziditätsintensität.						
	o	N/500	N/250	N/167	N/125	N/100	N/83
Kont.	normal	—	—	—	—	—	—
Salzsäure	—	—	—	—	wenig verwelkt	stark verwelkt	—
Essigsäure	—	—	normal	ganz wenig verwelkt	—	—	—
Salpetersäure	—	—	—	—	stark verwelkt	—	stark verwelkt
Schwefelsäure	—	—	—	—	ziemlich verwelkt	—	stark verwelkt
Milchsäure	—	—	normal	normal	normal	—	—
Ameisensäure	—	normal	do	wenig beschädigt	—	—	—

Der dritte Versuch.

Über die oben erwähnten Aufgabe machte ich noch einen anderen Versuch mit Reispflanze. Ich stellte die Diferenz zwischen der Länge der Pflanzen zu Beginn des Versuches und der Länge nach 16 Tagen fest. Die gefundenen Zahlen gibt Tabelle XXXIV.

Tabelle XXXIV.

Bemerk. A. L. = Anfängliche Länge. L. 16 T. = Länge nach 16 Tagen D. = L. 16 T. - A. L.

Säurename	A. L. L. 16. T. u. D.	Aziditätsintensität						
		0	N/500	N/250	N/167	N/125	N/100	N/83
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
Kont.	A. L.	8.9	—	—	—	—	—	—
	L. 16. T.	17.2	—	—	—	—	—	—
	D.	8.3	—	—	—	—	—	—
Essigsäure	A. L.	—	5.3	7.3	6.9	8.6	5.9	6.6
	L. 16. T.	—	17.5	16.5	18.8	16.5	16.5	13.9
	D.	—	12.2	9.2	11.9	7.9	10.6	7.3
Ameisensäure	A. L.	—	6.6	6.6	6.9	8.6	7.3	5.6
	L. 16. T.	—	18.2	19.8	13.5	18.1	22.4	15.5
	D.	—	11.6	13.2	6.6	9.5	15.1	9.9
Milchsäure	A. L.	—	7.9	8.3	8.3	8.3	6.9	7.3
	L. 16. T.	—	13.5	28.4	25.4	23.8	13.2	18.8
	D.	—	5.6	20.1	17.1	15.5	6.3	11.5
Schwefelsäure	A. L.	—	6.6	10.6	7.6	9.9	8.3	11.3
	L. 16. T.	—	31.4	22.2	11.5	13.9	12.2	15.2
	D.	—	24.8	11.6	9.9	4.0	3.9	3.3
Salpetersäure	A. L.	—	11.6	14.9	12.5	13.5	11.6	11.6
	L. 16. T.	—	27.1	22.4	15.8	15.5	16.2	14.9
	D.	—	15.5	7.5	3.3	2.0	4.6	3.3
Salzsäure	A. L.	—	8.3	11.6	10.6	8.9	10.6	10.6
	L. 16. T.	—	24.1	25.8	22.8	17.5	19.5	12.2
	D.	—	15.8	14.2	12.2	8.6	8.9	1.6

Aus diesen drei Versuchen ergibt sich folgendes;

1. Als Grenzkonzentration, d. i. der Konzentrationsgrad unter dem die Säure den Pflanzen nicht mehr schadet, wurde folgende fest gestellt:

Salpeter-, Salz-, Schwefel-, Ameisen- und Essigsäure.....unter N/250.

Milchsäure unter N/125.

2. Die gemässigte Konzentration der Schwefelsäure hat große Reizwirkung auf das Pflanzenwachstum. In N/500. Z. B. ist die Pflanze in der Säure ungefähr dreimal so groß wie die Kontrollpflanze.

3. Bei diesen Versuchen beobachtete ich, daß die ausgewachsenen Reispflanzen eine geringere Widerstandsfähigkeit gegen Säuren haben als Keimpflanzen.

C. Roggen (*Secale cereale*, L.)

Im Jahre April 1914 habe ich die beschriebenen Wasserkulturen auch mit Roggen, Rettig, Bohnen und Sojabohnen durchgeführt. In diesem Versuche habe ich Stutzerische-Nährlösung¹⁾ gebraucht, welche nur so wenig sauer war, daß zur Neutralisierung von 700 ccm Nährlösung 0.4 ccm N/5 NaOH genügten.

Die gebrauchten Säuren waren Milchsäure, Buttersäure, Essigsäure und Salpetersäure. Als Salpetersäurequelle benutzte ich Salpetersäure Harnstoff.

Im ersten Versuche wurden die Säuren in folgenden Konzentration benutzt: 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 und 1.0 gr Säure in 1 Liter Wasser. Im zweiten Versuche wurden die Säuren in Konzentrationen von 0.02, 0.05, 0.08 und 0.10 gr auf 1 Liter Wasser benutzt. Als Gefäße nahm ich 2.3 Liter-Flaschen.

Der Versuch wurde in drei Reihen durchgeführt. Von Zeit zu Zeit habe ich die Länge der Pflanzen gemessen.

Die gefundenen Größen geben folgende Tabellen in cm:

a) Versuch I.

(1) K_2HPO_4	0.500 gr	} aufgelöst in 1 Liter Wasser.
$MgSO_4$	0.250 "	
$Ca(H_2PO_4)_2$	0.250 "	
KCl	0.100 "	
$CO(NH_2)_2, HNO_3$	0.107 "	
$FelC_3$	2-3 Tropfen	

Tabelle XXXV.

1. Milchsäure.

Tagesverlauf Aziditäts- intensität	Differenz zwischen der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfänge u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.												Gesamt-		Gewicht			
	Die ersten 3 Tage.	6.—9. Tage		9.—12. Tage		12.—15. Tage		15.—18. Tage		18.—21. Tage		Blätter	Wurzeln	Blätter		Wurzeln	Gew. der 3 Pflanzen in gr.	Verhält- niszahl.
		Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln							
Kont.	normal	1.7	3.3	0.2	0.0	3.3	0.0	4.0	3.3	1.2	0.0	3.1	0.0	10.2	7.2	1.1290	100.00	
0.10	wächst schlecht	2.3	0.8	0.1	0.0	3.1	0.1	3.1	0.0	3.5	0.0	5.7	0.0	14.2	0.9	0.5442	48.02	
0.20	wächst stetmlich schlecht	1.6	0.3	0.0	0.0	2.9	0.0	1.3	0.0	1.3	0.0	2.6	0.0	8.4	0.3	0.3354	29.71	
0.30	wächst sehr schlecht	1.6	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	2.0	0.0	0.2130	18.87	
0.40	wächst ganz schlecht	0.7	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.1260	11.16	
0.50	do	0.6	0.0	0.0	0.0	(-)	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0920	8.15	
1.00	nicht gewachsen	0.6	0.6	0.0	0.0	(-)	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0597	5.29	

Bemerk. Das Zeichen (-) bedeutet, daß sich die Länge vermindert hatte.

Aus der oberen Tabelle wird man erschen, daß die Blätter immer weiter aufwachsen, daß aber Wurzelwachstum bald aufhört. Diese Blätter werden durch die Entwicklung neuer Seitenwurzeln ernährt. Die Pflanzen in der Säurelösung zeigen immer ein schlechtes Wachstum als die Kontrollpflanze.

Tabelle XXXVI.

2. Buttersäure.

Tagesverlauf Aziditäts- intensität	Differenz zwischen der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfange u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.												Gesamt- differenz		Gewicht	
	Die ersten 3 Tage.	6.—9. Tage		9.—12. Tage		12.—15. Tage		15.—18. Tage		18.—21. Tage		Blätter	Wurzeln	Gew. der 3 Pflanzen in gr.		Verhält- niszahl.
		Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln					
Kont.	normal	3-8	6.2	2.5	3-5	1.6	2.9	4.6	4.2	4-3	0.0	16.9	16.8	0.6483	100.00	
0.10	do	3-4	2.1	0.0	0.0	(-)0.1	0.0	(-)0.2	0.0	1.7	0.0	4.8	2.1	0.2286	35.26	
0.20	wächst schlecht	1-4	0.0	0.0	0.0	(-)0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0796	12.27	
0.30	wächst sehr schlecht	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0844	13.01	
0.40	do	(-)0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	(-)0.1	0.0	0.0800	12.33	
0.50	do	(-)0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	(-)0.5	0.0	0.0585	9.02	
1.00	verwelkt	(-)0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	(-)0.5	0.0	0.0512	7.89	

Aus obiger Tabelle wird man ersehen, daß die Pflanzen durch diese Säure stark geschädigt werden. Die Länge der Blättern bei den Aziditätsintensitäten über 0.40 gr % hat sich gegenüber der Anfangslänge sogar vermindert.

Tabelle XXXVII.

3. Essigsäure.

Tagesverlauf Aziditäts- intensität	Differenz zwischen der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfang u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.												Gesamt- differenz		Gewicht	
	Die ersten 3 Tage	6.—9. Tage		9.—12. Tage		12.—15. Tage		15.—18. Tage		Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Geest. der 3 Pflanzen in g.	Verhältnis zu 100.	
Kont.	normal	1.9	4.6	0.2	4.8	5.6	5.1	6.5	5.6	5.6	14.2	20.1	0.7550	100.00		
0.10	wächst ziemlich schlecht	0.9	0.0	1.0	0.5	2.0	0.0	4.2	0.0	0.0	8.1	0.5	0.2648	35.07		
0.20	wächst sehr schlecht	1.4	0.0	0.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.5	0.1072	14.19		
0.30	do	(-) 0.3	0.0	0.0	- 0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	(-) 0.3	0.0	0.0868	11.49		
0.40	wächst ganz schlecht	(-) 0.2	0.0	0.3	0.0	(-) 0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	(-) 0.1	0.0	0.1000	13.24		
0.50	do	(-) 0.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	(-) 0.4	0.0	0.0741	9.82		
1.00	do	(-) 0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	(-) 0.6	0.0	0.0429	5.68		

Bemerk. In der Nährlösung mit der Aziditätsintensität von über 0.20 g % sind die Wurzeln nach 15 Tagen verwest. Aus dieser Tabelle kann man erkennen, daß die Pflanzen in der Säurelösung stark geschädigt werden.

Tabelle XXXVIII.

4. Salpetersäure (Salpetersäure Harnstoff).

Tagesverlauf Azidintensität (gr) %	Differenz zwischen der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfange u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.												Gesamtdifferenz		Gewicht	
	3.—6. Tage		6.—9. Tage		9.—12. Tage		12.—15. Tage		15.—18. Tage		Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Gesamt 3 Pflanzen in gr.	Verhältnis Blätter 100.00
	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln						
Kont.	0.0	1.7	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2	13.6	11.7	15.3	0.3250	100.00	
0.10	1.6	1.0	0.5	3.2	1.5	5.9	3.8	4.0	0.0	(-)0.4	0.0	7.0	14.1	0.2105	64.77	
0.20	0.7	0.0	0.2	0.0	0.4	0.0	1.9	0.0	0.0	(-)0.7	0.0	2.5	0.0	0.1825	56.15	
0.30	0.4	0.0	(-)0.4	0.0	0.8	0.0	1.4	0.0	0.0	(-)0.7	0.0	1.5	0.0	0.1358	41.78	
0.40	0.2	0.0	(-)0.6	0.0	2.6	0.0	(-)0.2	0.0	0.0	(-)0.5	0.0	1.5	0.0	0.1258	38.71	
0.50	(-)0.7	0.0	(-)0.8	0.0	0.1	0.0	(-)0.2	0.0	0.0	(-)0.4	0.0	(-)2.0	0.0	0.1005	30.92	
1.00	(-)1.0	0.0	(-)0.6	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	(-)0.1	0.0	(-)1.0	0.0	0.0800	24.62	

Bemerk. In den Nährlösungen mit Aziditätsintensitäten bis 0.50 gr % waren die Pflanzen nur am Halme grün.

Aus obiger Tabelle wird man ersehen, daß auch diese Säure den Pflanzen ziemlich stark schadet.

Auch hier hat die Länge der Blätter bei der Aziditätsintensitäten über 0.50 gr % gegenüber der Anfangslänge nicht zugenommen, sondern abgenommen.

b) Versuch II.

Tabelle XXXIX.
1. Milchsäure.

Tagesverlauf Additions- intensität	Differenz zwischen der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfange u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.												Gesamt- differenz		Gewicht Gew. der 3 Pflanzen in gr.	Verhältnis- zahl.		
	3.—6. Tage		6.—9. Tage		9.—12. Tage		12.—15. Tage		15.—19. Tage		19.—22. Tage		22.—25. Tage				Blätter	Wur- zeln
	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln				
Kont.	3.3	0.4	3.1	1.3	6.0	3.1	4.5	5.0	3.0	0.1	1.7	0.0	0.6	0.0	22.2	9.9	0.8974	100.00
0.02	2.3	0.2	0.6	0.0	3.8	1.5	7.6	0.0	2.4	0.0	1.5	0.0	3.3	0.0	21.5	1.7	0.6492	72.34
0.05	1.3	0.1	0.7	0.1	3.1	0.4	6.8	0.0	1.4	0.0	1.5	0.8	3.8	0.0	18.6	1.4	0.3134	34.92
0.08	0.8	0.0	0.6	0.2	0.2	0.0	5.0	0.0	1.6	0.3	2.3	0.0	3.2	0.0	13.7	0.5	0.2953	32.91
0.10	2.3	0.0	0.1	0.0	0.9	0.1	3.1	0.0	2.4	0.0	1.0	0.0	1.2	0.0	11.0	0.1	0.1970	21.99

Bemerk. Die Pflanzen in allen säurehaltigen Lösungen haben zwischen dem 19. und 22. Tage Ährenachsenbildung angefangen.

Aus dieser Tabelle kann man erkennen, daß die Pflanze in der Säurelösungen schlechter wächst als Kontrollpflanze, daß die Blätter zwar immer weiter wachsen, daß aber das Wurzelwachstum bald aufhört; und daß zwischen dem 22. u. 25. Tage das Längewachstum der Pflanzen in der Säurelösungen bedeutend stärker ist als das der Kontrollpflanze.

Tabelle XL.
2. Essigsäure.

Tagesverlauf Additions- intensität	Differenz zwischen der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfange u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.												Gesamt- differenz		Gewicht Gew. der 3 Pflanzen in gr.	Verhältnis- zahl.		
	3.—6. Tage		6.—9. Tage		9.—12. Tage		12.—15. Tage		15.—19. Tage		19.—22. Tage		22.—25. Tage				Blätter	Wur- zeln
	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln				
Kont.	3.3	0.4	3.1	1.3	6.0	3.1	4.5	5.0	3.0	0.1	1.7	0.0	0.6	0.0	22.2	9.9	0.8974	100.00
0.02	0.1	0.1	1.0	0.2	4.6	0.0	7.0	4.6	2.1	0.3	0.9	0.0	2.0	0.0	17.7	5.2	0.7546	84.09
0.05	2.0	0.2	0.0	0.0	3.0	0.5	4.6	0.0	1.5	0.0	0.6	0.0	1.0	0.0	12.7	0.7	0.2922	32.56
0.08	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.5	2.9	0.0	3.0	0.0	1.5	0.0	1.7	0.0	10.7	0.1	0.2270	25.30
0.10	1.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	1.4	0.0	1.0	0.0	0.9	0.0	4.7	0.0	0.2020	22.51

Bemerk. Die Wurzeln in den Säurelösungen verwesen meistens.

Diese Tabelle zeigt, daß die Pflanze in den Essigsäurelösungen schlechter wachsen als die Kontrollpflanze; und daß wie bei der Milchsäure nur die Blätter weiter wachsen, während die Wurzeln ihr Wachstum einstellen.

Tabelle XLI.

3. Buttersäure.

Tagesver- lauf Acidität intensität	Differenz der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfänge u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.												Gesamt- differenz		Gewicht			
	3.—6. Tage		6.—9. Tage		9.—12. Tage		12.—15. Tage		15.—19. Tage		19.—22. Tage		22.—25. Tage		Blätter	Wur- zeln	Gewt. der 3 Pflanzen in gr.	Verteile- niszahl.
	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln				
Kont.	3.3	0.4	3.1	1.3	6.0	3.1	4.5	5.0	3.0	0.1	1.7	0.0	0.6	0.0	22.2	9.9	0.8974	100.00
0.02	3.2	0.3	0.1	0.2	0.8	0.3	5.1	8.1	1.7	0.4	1.4	0.1	2.2	0.0	14.5	9.4	0.4924	54.87
0.05	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	3.0	0.0	1.8	0.0	4.0	0.0	12.2	0.1	0.3975	44.29
0.08	1.4	0.1	0.0	0.0	1.0	0.1	3.5	0.0	2.7	0.0	1.3	0.0	2.3	0.0	12.2	0.2	0.3187	35.51
0.10	0.8	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	1.6	0.0	0.7	0.0	0.3	0.0	0.1	0.0	3.6	0.0	0.2352	26.21

Bemerk. Obgleich das allgemeine Wachstum der Pflanze in dieser Säure schlechter ist als in der Salpeter- und Milchsäure, ist es doch bezüglich der Ährenbildung um ebenso viel besser als bei diesen beiden Säuren.

Aus dieser Tabelle erkennt man, daß auch hier die Blätter ihr Wachstum fortsetzen, das Wurzelwachstum dagegen aufhört.

Tabelle XLII.

4. Salpetersäure. (Salpetersäure Harnstoff).

Tagesver- lauf Azidität- intensität	Differenz der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfange u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.												Gesamt- differenz		Gewicht			
	3.—6. Tage		6.—9. Tage		9.—12. Tage		12.—15. Tage		15.—19. Tage		19.—22. Tage		22.—25. Tage		Blätter	Wur- zeln	Gew. der 3 Pflanzen in gr.	Verhält- nissahl.
	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln	Blätter	Wur- zeln				
Kont.	3.3	0.4	3.1	1.3	6.0	3.1	4.5	5.0	3.0	0.1	1.7	0.0	0.6	0.0	22.2	9.9	0.8974	100.00
0.02	1.0	0.5	1.2	4.1	2.0	3.5	5.3	1.2	1.2	0.0	1.8	0.0	2.4	0.0	14.9	9.3	0.6000	66.86
0.05	2.7	4.1	4.3	0.0	6.5	1.3	6.8	0.0	5.0	0.0	1.7	0.0	1.1	0.0	28.1	5.4	1.5215	169.55
0.08	1.6	0.0	3.4	0.5	5.2	0.2	7.4	0.0	3.9	0.0	1.7	0.0	4.9	0.0	28.1	0.7	0.9753	108.68
0.10	—	—	0.1	0.1	0.8	0.0	6.2	0.0	2.9	0.0	1.5	0.0	2.5	0.0	14.0	0.1	0.5665	63.13

Bemerk. Die Wachstumszustände waren in allen Reihen gut.

Am 19. Tage haben sich die Pflanzen unter Aziditätsintensitäten von über 0.08 gr % zwei bis vier bestockt, und ich habe die Bildung der Ährenachse erkannt.

Aus obiger Tabelle kann man ersehen, daß das Pflanzenwachstum bei Aziditätsintensitäten von 0.05—0.08 gr % besser ist als das der Kontrollpflanze, daß es aber bei den Aziditätsintensitäten 0.02 u. 0.10 gr % schlechter ist als das der Kontrollpflanze.

Die Ergebnisse vorliegender Wasserkulturen mit Roggen in den verschiedenen Säuren lassen sich kurz tabellenförmig wie folgt vergleichend zusammenfassen.

Ich gebe hier, die Längendifferenz der Pflanzen zwischen Anfang und Ende des Versuches wieder, berechnet die Verhältnisse zwischen den Gewichten dieser Pflanzen und erzielte folgende Tabelle:—

Tabelle XLIII.

Versuchsname	Säurename		Milchsäure			Essigsäure			Buttersäure			Salpetersäure (Salpeternsäure Harnstoff)		
	Längendifferenz u. Verhältnis- zahl	Aziditäts- intensität.	Längendifferenz		Verhältnisszahl	Längendifferenz		Verhältnisszahl	Längendifferenz		Verhältnisszahl	Längendifferenz		Verhältnisszahl
			Blätter	Wurzeln		Blätter	Wurzeln		Blätter	Wurzeln		Blätter	Wurzeln	
Versuch II	Kont.	(gr) %	22.2	9.9	100.00	22.2	9.9	100.00	22.2	9.9	100.00	22.2	9.9	100.00
	0.02		21.5	1.7	72.34	17.7	5.2	84.09	14.5	9.4	54.87	14.9	9.3	66.86
	0.05		18.6	1.4	34.92	12.7	0.7	32.56	12.2	0.1	44.29	28.1	5.4	169.55
	0.08		73.7	0.5	32.91	10.7	0.1	25.30	12.2	0.2	35.51	28.1	0.7	108.68
	0.10		11.0	0.1	21.95	4.7	0.0	22.51	3.6	0.0	26.21	14.0	0.1	63.13
	Kont.		10.2	7.2	100.00	14.2	20.1	100.00	16.9	16.8	100.00	11.7	15.3	100.00
Versuch I	0.10		14.2	0.9	48.02	8.1	0.5	35.07	4.8	2.1	35.26	7.0	14.1	64.77
	0.20		8.4	0.3	29.71	1.7	0.5	14.19	1.3	0.0	12.27	2.5	0.0	56.15
	0.30		2.0	0.0	18.87	(-)0.3	0.0	11.49	0.8	0.0	13.01	1.5	0.0	41.78
	0.40		1.0	0.0	11.16	(-)0.1	0.0	13.24	(-)0.1	0.0	12.33	1.5	0.0	38.71
	0.50		0.4	0.0	8.15	(-)0.4	0.0	9.82	(-)0.5	0.0	9.02	(-)2.0	0.0	30.92
	1.00		0.4	0.0	5.29	(-)0.6	0.0	5.68	(-)0.5	0.0	7.89	(-)1.0	0.0	24.82

Aus dieser Tabelle ersehe ich, daß die Pflanze in den Salpetersäurelösungen von 0.05 gr und 0.08 gr % Aziditätsintensität viel besser wachsen als die Kontrollpflanze. In den Lösungen der anderen Säuren wachsen dagegen die Pflanze in allen oben beschriebenen Konzentration stets schlechter als die Kontrollpflanze.

D. Bohne (Phaseolus vulgaris, L.)

a) Versuch I.

Tabelle XLIV.

Schädlicher Einfluss der Milchsäure auf das Pflanzenwachstum.

Tagesverlauf Aziditätsintensität (gr) % Kont.	3. Tage	6. Tage	9. Tage	12. Tage	15. Tage	Gewicht	
						Gewt. der 3 Pflanzen in gr	Verhältniszahl
normal	normal	normal	normal	normal	wie am 12. Tage	1.5755	100.00
0.10	do	wächst weniger schlecht	rings um der oberen Teile des Halmes finden sich schwarze Punkte. Halm einwenig verwelkt	Spitze der Haupt- wurzel verwest	mehreren Seitenwur- zeln entwickelt	1.2557	79.70
0.20	do	Wurzel beschädigt	Wurzel verwest	wie am 9. Tage verwelkt	Blätter ein wenig verwelkt	0.7456	47.32
0.30	do	Seitenwurzel verwest	Wurzel u. Halm verwest	Blätter grün u. Wurzel verwest	wie am 12. Tage	0.7460	47.32
0.40	do	wächst ziemlich schlecht	Wurzel u. Halm verwest	Halm verwelkt	Blätter blaß grün	0.7446	47.26
0.50	do	Wurzel verwest	Blätter verändert ziemlich gelblich	ziemlich stark verwest	abgestorben	0.8775	55.70
1.00	do	Wurzel verwest u. Halm verwelkt	vertrocknet	wie am 9. Tage	abgestorben	0.5765	36.59

Aus dieser Tabelle ersieht man, daß das Wachstum der Pflanzen in der Säure bedeutend schlechter ist als das der Pflanzen in der Kontrolllösung.

Tabelle XLV.

Schädlicher Einfluss der Essigsäure auf das Pflanzenwachstum.

Tages- verlauf Ariditäts- intensität. (gr) % Kontl.	3. Tage	6. Tage	9. Tage	12. Tage	15. Tage	Gewicht	
						Gewt. der 3 Pflanzen in gr	Verhältnissahl
	normal	normal	wie am 6. Tage	wie am 9. Tage	wie am 12. Tage	1.5755	100.00
0.10	do	wächst ziemlich schlecht	do	do	do	0.8133	51.94
0.20	do	Wurzel wächst schlecht	do	do	do	0.6656	42.25
0.30	do	Blätter beginnt zu verwelken	Wurzel verwest u. Halm beschädigt	do	Blätter ziemlich verwelkt	0.6375	40.46
0.40	do	Blätter verwelkt	Blätter ziemlich verwelkt	do	do	0.4567	29.17
0.50	Halm ein wenig beschädigt	Blätter stark verwelkt	Blätter stark vertrocknet	do	abgestorben	0.2100	13.33
1.00	do	ganz verwelkt	ganz vertrocknet	do	abgestorben	0.2075	13.17

Bemerk. Am 6. Tage haben sich in allen Säurelösungen Pilze entwickelt.

Aus dieser Tabelle ersieht man, daß sich die Pflanzen in den Säurelösungen merklich schwächer entwickeln als die Kontrollpflanze.

Tabelle XLVI.

Schädlicher Einfluss der Buttersäure auf das Pflanzenwachstum.

Tagesverlauf Ariditätsintensität. (gr) % Konst.	3. Tage	6. Tage	9. Tage	12. Tage	15. Tage	Gewicht.	
						Gewt. der 3 Pflanzen in gr	Verhältnisszahl
normal	normal	normal	normal	wie am 9. Tage	wie am 12. Tage	1.5755	100.00
0.10	do	Wurzel einwenig verwest	Wurzel einwenig verwest	do	do	0.5525	35.07
0.20	do	Wurzel ziemlich verwest	wie am 6. Tage	do	do	0.6020	38.21
0.30	do	Wurzel stark verwest	do	do	abgestorben	0.2791	17.71
0.40	do	do	Halm auch beschädigt	Lösung wurde mit Pflz beledet	do	0.2730	17.33
0.50	Halm ein wenig beschädigt	ziemlich vertrocknet	wie am 6. Tage	Halm verwest und getrennt	do	0.2273	14.42
1.00	do	sehr vertrocknet	ganz vertrocknet	abgestorben		0.1952	12.39

Aus dieser Tabelle ersieht man, daß die Buttersäure das Pflanzenwachstum stark schädlich beeinflusst.

Tabelle XLVII.

Schädlicher Einfluss der Salpetersäure (Salpetersäure Harnstoff) auf das Pflanzenwachstum.

Tages- verlauf Asiditäts- intensität. (gr) % Kont.	3. Tage	6. Tage	9. Tage	12. Tage	15. Tage	Gewicht.	
						Gew. der 3 Pflanzen in gr.	Verhältniszahl.
normal	normal	normal	normal	normal	normal	1.5755	100.00
0.10	do	wächst schlecht	wächst schlecht	Spitze der Haupt- wurzel verwest	entwickelt mehrere Seitenwurzel	1.4130	89.69
0.20	do	wächst ziemlich schlecht	ein wenig verwelkt	wie am 9. Tage	Blätter ein wenig verwelkt	0.6476	41.10
0.30	do	do	Wurzel verwest	do	wie am 12. Tage	0.5340	33.89
0.40	do	Blätter ein wenig verwelkt	verwest	Halm ein wenig verwelkt	Blätter wenig grün	0.5378	34.14
0.50	Kotyledonen verwelkt	ganz verwelkt	Blätter ziemlich verändert gelblich	Wurzel ziemlich stark verwest	abgestorben	0.3285	20.85
1.00	ca. halb verwelkt	vertrocknet	vertrocknet	wie am 9. Tage	do	0.2860	18.15

Alle Pflanzen in den Säurelösungen sind, wie die Tabelle zeigt, schlechter gewachsen als die Kontrollpflanze.
Im zweiten Versuche habe ich die Länge aller Pflanzen gemessen.

b) Versuch II.

Tabelle XLVIII.

1. Milchsäure.

Aziditätsintensität	Differenz der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfang u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.												Gesamt* differenz.			Gewicht.	
	3.—6. Tage		6.—9. Tage		9.—12. Tage		12.—15. Tage		Blätter		Wurzeln		Gesamt	Verhältniszahl			
	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Gew. der 3 Pflanzen in gr.	Verhältniszahl					
Kont.	1.3	0.0	0.6	0.1	0.4	0.0	0.4	0.8	2.7	0.9	1.2420	100.00					
0.02	1.5	0.0	0.8	0.0	0.4	0.0	0.2	0.0	2.9	0.0	1.1950	96.22					
0.05	0.8	0.0	0.5	0.0	0.3	0.0	0.4	0.0	2.0	0.0	1.1620	93.56					
0.08	1.0	0.0	0.9	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	2.5	0.0	1.0070	81.08					
0.10	1.4	0.0	1.1	0.0	0.3	0.0	0.5	0.0	3.3	0.0	0.9470	76.25					

Aus dieser Tabelle ersieht man, daß die Pflanzen in den Säurelösungen schlechter als die Kontrollpflanze gewachsen sind, daß die Blätter ihr Wachstum fortgesetzt haben, das Wurzelwachstum aber aufgehört hat.

Tabelle XLIX

2. Essigsäure.

Aziditätsintensität	Differenz der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfang u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.												Gesamt* differenz.			Gewicht.	
	3.—6. Tage		6.—9. Tage		9.—12. Tage		12.—16. Tage		Blätter		Wurzeln		Gesamt	Verhältniszahl			
	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Gew. der 3 Pflanzen in gr.	Verhältniszahl					
Kont.	1.3	0.0	0.6	0.1	0.4	0.0	0.4	0.8	2.7	0.9	1.2420	100.00					
0.02	0.9	0.0	0.5	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	2.0	0.0	1.1695	94.16					
0.05	1.0	0.0	0.4	0.0	0.3	0.0	0.2	0.0	19.0	0.0	1.0620	85.51					
0.08	0.9	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.4	0.0	2.3	0.0	0.4858	39.11					
0.10	0.8	0.0	0.6	0.0	0.7	0.0	0.2	0.0	2.3	0.0	0.8470	68.20					

Die Pflanzen wachsen, wie die Tabelle zeigt, in den Säurelösungen schlechter als die Kontrollpflanze. Die Blätter wachsen aus, aber das Wachstum der Wurzel hört auf.

Tabelle I.

3. Buttersäure.

Tagesverlauf Aziditätsintensität.	Differenz der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfang u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.												Gesamtdifferenz.		Gewicht.	
	3.—6. Tage		6.—9. Tage		9.—12. Tage		12.—16. Tage		Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Gewt. der 3 Pflanzen in gr.	Verhältnissahl.
	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln								
Kont.	1.3	0.0	0.6	0.1	0.4	0.0	0.4	0.8	2.7	0.9	1.2420	100.00				
0.02	1.1	0.0	0.9	0.0	0.6	0.0	0.3	0.0	2.9	0.0	0.9940	80.30				
0.05	1.0	0.0	0.9	0.0	0.5	0.0	0.4	0.0	2.8	0.0	0.8250	66.43				
0.08	1.3	0.0	0.8	0.0	0.4	0.0	0.2	0.0	2.7	0.0	0.8670	69.81				
0.10	0.8	0.0	0.7	0.0	0.7	0.0	0.3	0.0	2.5	0.0	0.7020	56.52				

Aus dieser Tabelle ersieht man, daß sich die Pflanzen in der Säurelösungen bedeutend schwächer entwickeln als die Kontrollpflanze, daß die Blätter immer auswachsen, das Wachstum der Wurzel aber aufhört.

Tabelle II.

4. Salpetersäure (Salpetersäure Harnstoff).

Tagesverlauf Aziditätsintensität.	Differenz der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfang u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.												Gesamtdifferenz.		Gewicht.	
	3.—6. Tage		6.—9. Tage		9.—12. Tage		12.—16. Tage		Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Gewt. der 3 Pflanzen in gr.	Verhältnissahl.
	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln								
Kont.	1.3	0.0	0.6	0.1	0.4	0.0	0.4	0.8	2.7	0.9	1.2420	100.00				
0.02	0.7	0.3	0.3	0.0	0.3	0.0	0.2	0.3	1.5	0.3	1.1799	95.00				
0.05	1.2	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.1	0.0	2.3	0.0	2.6370	212.32				
0.08	1.2	0.0	0.2	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	2.2	0.0	1.2460	100.32				
0.10	0.8	0.0	0.6	0.0	0.3	0.0	0.4	0.0	2.1	0.0	0.7250	58.37				

Aus dieser Tabelle wird man erkennen, daß sich die Pflanzen unter der Aziditätsintensität von 0.05 gr % viel kräftiger entwickelt haben als die Kontrollpflanze, daß aber die in den anderen Konzentrationsgraden schwächer sind als die Kontrolle.

E. Sojabohne (*Glycine soja*, S. et. Z.)

a) Versuch I.

Tabelle LII.
1. Milchsäure.

Tagesverlauf. Azi- ditiätsintensität.	Differenz der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfang u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.										Gesamt- differenz.		Gewicht.	
	3.—6. Tage		6.—9. Tage		9.—12. Tage		12.—15. Tage		Blätter	Wurzeln	Gewt. der 3 Pflanzen in gr.	Verhält- niszahl.		
	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln						
Kont.	2.5	2.3	5.2	2.4	0.0	0.1	0.2	0.5	7.9	5.3	0.8812	100.00		
0.10	1.0	0.4	4.0	0.1	0.9	0.7	0.9	1.7	6.8	2.9	1.4320	162.51		
0.20	1.2	0.4	3.4	0.1	1.0	0.7	0.7	0.0	6.3	1.2	1.2770	144.92		
0.30	1.2	0.2	3.0	0.1	1.2	0.4	0.7	0.3	6.1	1.0	0.8554	97.07		
0.40	1.2	0.1	2.7	0.2	0.4	0.4	0.6	0.3	4.9	1.0	0.5500	62.41		
0.50	0.7	0.2	0.8	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	1.8	0.8	0.5100	57.88		
1.00	0.0	0.0	(-)0.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	(-)0.7	0.9	0.3955	44.88		

Bemerk. Bei den Aziditätsintensitäten über 0.4 gr % habe ich an der Oberfläche der Kötyletonen weiße Salze beobachtet. Höchstwahrscheinlich kommen sie aus der Nährlösung.

Aus dieser Tabelle ersieht man, daß die Pflanzen unter der Aziditätsintensität von 0.10 gr % und 0.20 gr % kräftiger sind als die Kontrollpflanze, und daß sie aber in den anderen Säurekonzentrationen schwächer sind.

Tabelle LIII.

2. Essigsäure.

Tagesverlauf. Aziditätintensität. (gr) %	Differenz der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfange u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.						Gesamtdifferenz.		Gewicht. Verhältnissahl. Gewt. der 3 Pflanzen in gr.			
	3.—6. Tage		6.—9. Tage		9.—12. Tage		12.—15. Tage					
	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln				
Kont.	2.5	2.1	5.2	2.4	0.0	0.1	0.2	0.5	7.9	5.1	0.8812	100.00
0.10	1.7	0.0	3.8	0.8	0.9	1.1	0.7	1.2	7.1	3.1	0.9715	110.25
0.20	0.5	0.1	1.6	0.7	0.7	0.0	0.9	0.2	3.7	1.0	0.5468	62.05
0.30	0.8	0.2	1.0	0.2	0.3	0.0	0.6	0.2	2.7	0.6	0.4860	55.15
0.40	0.6	0.2	1.3	0.0	0.6	0.0	0.3	0.1	2.8	0.3	0.4574	51.91
0.50	0.2	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.4108	46.62
1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2526	28.67

Diese Tabelle zeigt, daß sich die Pflanzen bei 0.10 gr % Aziditätsintensität besser entwickelt haben als die Kontrollpflanze, daß aber die in den übrigen Konzentrationen schwächer sind als die Kontrollpflanze.

Tabelle LIV.

3. Buttersäure.

Tagesverlauf. Azid- differenzintensität.	Differenz der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfang u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.												Gesamt- differenz.		Gewicht.	
	3.—6. Tage		6.—9. Tage		9.—12. Tage		12.—15. Tage		Blätter	Wurzeln	Gewt. der 3 Pflanzen in gr.	Verhält- niszahl.	Blätter	Wurzeln	Gewt. der 3 Pflanzen in gr.	Verhält- niszahl.
	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln								
Kont.	2.5	2.3	5.2	2.4	0.0	0.1	0.2	0.5	7.9	5.3	0.8812	100.00	7.9	5.3	0.8812	100.00
0.10	2.7	0.6	3.7	0.1	0.9	0.0	0.6	0.0	7.9	0.7	1.0653	120.89	7.9	0.7	1.0653	120.89
0.20	1.0	0.2	0.0	0.0	0.4	0.2	1.2	0.2	2.6	0.6	0.5918	67.16	2.6	0.6	0.5918	67.16
0.30	0.4	0.0	0.8	0.0	0.8	0.2	0.7	0.3	2.7	0.5	0.5284	59.96	2.7	0.5	0.5284	59.96
0.40	0.1	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.5651	64.13	0.6	0.0	0.5651	64.13
0.50	0.5	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.4390	49.82	0.8	0.0	0.4390	49.82
1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1762	20.00	0.0	0.0	0.1762	20.00

Aus dieser Tabelle ersieht man, daß die Pflanzen in der Lösung von 0.10 gr % Aziditätsintensität besser gewachsen sind als die Kontrollpflanze, daß aber die in den übrigen Säurekonzentrationen bedeutend schlechter als die Kontrollpflanze sind.

Tabelle LV.

4. Salpetersäure. (Salpetersäure Harnstoff).

Tagesverlauf Aziditätsintensität (gr) %	Differenz der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfang u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.						Gesamtdifferenz.		Gewicht.			
	3.—6. Tage		6.—9. Tage		9.—12. Tage		12.—15. Tage		Blätter	Wurzeln	Gew. der 3 Pflanzen in gr.	Verhältnissahl.
	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln				
Kont.	2.5	2.3	5.2	2.4	0.0	0.1	0.2	0.5	7.9	5.3	0.8812	100.00
0.10	2.7	2.7	4.9	2.5	1.0	1.9	0.8	2.0	9.4	9.1	2.2040	250.11
0.20	0.7	0.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	2.4	0.3	0.4530	51.41
0.30	1.2	0.0	1.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	2.4	0.1	0.4816	54.65
0.40	0.5	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.3	0.4637	52.62
0.50	0.4	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1	0.3920	44.48
1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1940	22.02

Obige Tabelle zeigt, daß die Pflanzen bei der 0.10 gr % Aziditätsintensität viel besser gewachsen sind als die Kontrollpflanze, daß sie aber in den übrigen Säurekonzentrationen viel schlechter entwickelt haben als die Kontrollpflanze.

b) Versuch. II.

Tabelle LVI.
1. Milchsäure.

Analyse- intensität.	Differenz der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfang u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.												Gesamt- differenz.			Gewicht. Verhält- nissahl.
	3.—6. Tage		6.—9. Tage		9.—12. Tage		12.—15. Tage		15.—18. Tage		Blätter	Wurzeln	Gew. der 3 Pflanzen in gr.	Verhält- nissahl.		
	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln						
Kont.	4.3	3.4	2.9	3.8	0.7	3.5	0.6	1.1	0.7	2.3	9.2	14.1	0.7985	100.00		
0.02	4.0	4.0	3.0	2.0	0.8	1.8	0.3	0.7	2.7	1.0	10.8	9.5	1.2751	159.69		
0.05	4.3	2.7	3.0	2.2	1.0	1.7	0.5	1.1	1.9	0.4	10.7	8.1	1.1500	144.02		
0.08	3.3	3.2	4.2	4.5	1.0	2.5	0.4	1.5	1.1	0.7	10.0	12.4	0.7850	98.31		

Diese Tabelle zeigt, daß die Säurekonzentration von 0.08 gr %, den Pflanzen ein wenig schadet, daß sich aber die Pflanzen unter der 0.02 gr % und 0.05 gr %, Aziditätsintensität merklich besser als die Kontrollpflanze entwickelten.

Tabelle LVII.
2. Essigsäure.

Analyse- intensität.	Differenz der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfang u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.												Gesamt- differenz.			Gewicht. Verhält- nissahl.
	3.—6. Tage		6.—9. Tage		9.—12. Tage		12.—15. Tage		15.—19. Tage		Blätter	Wurzeln	Gew. der 3 Pflanzen in gr.	Verhält- nissahl.		
	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln						
Kont.	4.3	3.4	2.9	3.8	0.7	3.5	0.6	1.1	0.7	2.3	9.2	14.1	0.7985	100.00		
0.02	1.1	2.3	2.5	0.0	1.2	2.1	0.7	0.9	1.1	1.4	6.6	6.7	0.8662	108.48		
0.05	2.8	1.9	2.7	1.5	0.8	1.4	0.4	1.1	1.0	1.0	7.7	6.9	1.1095	138.95		
0.08	2.2	1.0	2.0	0.2	1.5	0.2	0.5	0.9	1.5	1.5	7.7	3.8	0.9586	120.06		

Aus dieser Tabelle erkennt man, daß die Pflanzen in den Säurekonzentrationen von 0.02 gr % und 0.05 gr % ein wenig kräftiger, daß die in der 0.08 gr % Konzentration dagegen im wenig schwächer als die Kontrollpflanze gewachsen sind.

Tabelle LVIII.
3. Buttersäure.

Tagesverlauf Asi- differenzmässl.	Differenz der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfang u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.												Gesamt= differenz.		Gewicht. Verhält- nistabl.
	3-6. Tage		6-9. Tage		9-12. Tage		12-15. Tage		15-19. Tage		Blätter	Wurzeln	Gewt. der 3 Pflanzen in gr.	Verhält- nistabl.	
	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln					
Kont.	4.3	3.4	2.9	3.8	0.7	3.5	0.6	1.1	0.7	2.3	9.2	14.1	0.7985	100.00	
0.02	2.8	0.7	3.2	0.6	1.2	1.5	0.8	1.0	2.5	0.6	10.5	4.4	0.8560	107.28	
0.05	4.5	0.6	1.8	0.8	1.0	1.4	0.7	0.7	0.7	1.5	8.7	5.0	0.8007	100.28	
0.08	2.9	0.0	2.7	0.6	1.0	0.6	0.7	0.4	0.1	0.8	7.4	2.4	0.7895	98.00	

Aus dieser Tabelle ersieht man, daß sich die Pflanzen in allen Säureintensitäten besser als die Kontrollpflanze entwickelt haben.

Tabelle LIX.

4. Salpetersäure. (Salpetersäure Harnstoff).

Tagesverlauf Asi- differenzmässl.	Differenz der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfang u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.												Gesamt= differenz.		Gewicht. Verhält- nistabl.
	3-6. Tage		6-9. Tage		9-12. Tage		12-15. Tage		15-19. Tage		Blätter	Wurzeln	Gewt. der 3 Pflanzen in gr.	Verhält- nistabl.	
	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln					
Kont.	4.3	3.4	2.9	3.8	0.7	3.5	0.6	1.1	0.7	2.3	9.2	14.1	0.7985	100.00	
0.02	4.5	2.1	1.5	4.1	0.4	1.7	0.4	0.2	1.4	0.4	8.2	8.5	0.9312	116.61	
0.05	4.0	4.0	2.6	2.2	0.8	1.3	0.4	1.2	0.8	2.6	8.6	11.3	1.0942	137.03	
0.08	3.0	2.9	1.1	2.4	0.6	1.2	0.5	1.2	0.8	0.2	6.0	7.9	0.6255	78.33	

Aus obiger Tabelle ersieht man, daß die Pflanzen in der 0.02 gr % und 0.05 gr % Aziditätsintensität kräftiger als die Kontrollpflanze, daß aber die in der 0.08 gr % Aziditätsintensität viel schlechter als die Kontrollpflanze gewachsen sind.

Aus vorstehenden 8 Tabellen ist deutlich zu ersehen, daß die Sojabohne ein stärkere Widerständigkeit als Roggen und Bohnen gegen die hier benutzten Säuren zeigt, daß Sojabohne durch alle Konzentrationengrade unter 0.10 gr % nicht beschädigt werden, daß im Gegenteil diese Konzentrationen eine fördernde Reizung auf das Pflanzenwachstum ausüben.

F. Rettig (Phaseolus sativus, L.)

Tabelle LX.

1. Milchsäure.

Tagesverlauf. Azidi- tätintensität.	Differenz der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfang u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.				Gesamt- differenz.		Gewicht.	
	1.—3. Tage		3.—6. Tage					
(gr) %	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Gewt. der 3 Pflanzen in gr.	Verhält- nisszahl.
Kont.	1.0	0.0	0.4	0.3	1.4	0.3	0.4261	100.00
0.02	0.6	0.0	0.2	0.0	0.8	0.0	0.1350	31.68
0.05	0.2	0.0	0.2	0.0	0.4	0.0	0.1630	38.25
0.08	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1340	31.45
0.10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1055	24.76

Aus dieser Tabelle wird man ersehen, daß die Pflanzen in den Säurelösungen sehr stark geschädigt werden, daß die Blätter weiter wachsen, das Wurzelwachstum aber aufhört.

Tabelle LXI.

2. Essigsäure.

Tagesverlauf. Azidi- tätintensität.	Differenz der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfang u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.				Gesamt- differenz.		Gewicht.	
	1.—3. Tage		3.—6. Tage					
(gr) %	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Gewt. der 3 Pflanzen in gr.	Verhält- nisszahl.
Kont.	1.0	0.0	0.4	0.3	1.4	0.3	0.4261	100.00
0.02	0.2	0.7	0.9	0.2	1.1	0.9	0.1815	42.60
0.05	0.3	0.0	0.2	0.0	0.5	0.0	0.1538	36.09
0.08	0.5	0.0	0.2	0.0	0.7	0.0	0.0970	22.76
0.10	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0860	20.18

Aus dieser Tabelle erkennt man, daß die Pflanzen in der Säurelösungen stark geschädigt werden, daß die Blätter immer auswachsen, das Wurzelwachstum aber aufhört.

Tabelle LXII.

3. Buttersäure.

Tagesverlauf. Azidi- tätintensität.	Differenz der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfang u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.				Gesamt- differenz.		Gewicht.	
	1.—3. Tage		3.—6. Tage					
(gr) ‰	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Gewt. der 3 Pflanzen in gr.	Verhält- niszahl.
Kont.	1.0	0.0	0.4	0.3	1.4	0.3	0.4261	100.00
0.02	1.3	0.0	0.4	0.0	1.7	0.0	0.2065	48.46
0.05	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1520	35.67
0.08	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.1134	26.61
0.10	0.2	0.0	0.1	0.0	0.3	0.0	0.1264	29.66

Aus dieser Tabelle wird man ersehen, daß die Pflanzen durch die Säure stark geschädigt werden.

Tabelle LXIII.

4. Salpetersäure. (Salpetersäure Harnstoff).

Tagesverlauf. Azidi- tätintensität.	Differenz der Länge der Blätter u. Wurzeln am Anfang u. der am Ende der angegebenen Tage in cm.				Gesamt- differenz.		Gewicht.	
	1.—3. Tage		3.—6. Tage					
(gr) ‰	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Blätter	Wurzeln	Gewt. der 3 Pflanzen in gr.	Verhält- niszahl.
Kont.	1.0	0.0	0.4	0.3	1.4	0.3	0.4261	100.00
0.02	1.3	2.8	0.4	2.1	1.7	4.9	0.3000	70.41
0.05	1.5	1.8	0.8	1.9	2.3	3.7	0.4779	112.16
0.08	0.2	0.0	0.1	0.0	0.3	0.0	0.1320	30.98
0.10	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0917	21.52

Diese Tabelle zeigt, daß die Pflanzen bei 0.05 gr ‰ Aziditätintensität besser gewachsen sind als die Kontrollpflanze, daß aber die übrigen Aziditätintensitäten den Pflanzen ziemlich stark schaden.

Um die positive, bzw. negative Wirkung der Milch-, Essig-, Butter-, und Salpetersäure auf das Wachstum der verschiedenen Pflanzen u. z. Roggen, Bohne, Sojabohne und Rettig klar zu machen, habe ich aus den vorhergehenden Tabellen (XXXV—LXIII) folgende Übersichtstabellen zusammengestellt.

Tabelle LXIV.

1. Milchsäure.

Versuchsname	Pflanzenname.		Wirkungen der verschiedenen Säurekonzentrationen (ausgedrückt in Verhältnissen 100: X).			
	Aziditätsintensität.	(gr) %	auf Roggen	auf Bohne	auf Sojabohne	auf Rettig
Versuch II	Kont.		100.00	100.00	100.00	100.00
	0.02		72.34	96.22	159.69	31.68
	0.05		34.92	93.56	144.02	38.25
	0.08		32.91	81.08	98.31	31.45
	0.10		21.99	76.25	—	24.76
Versuch I	0.10		48.02	79.70	162.51	—
	0.20		29.71	47.32	144.92	—
	0.30		18.87	47.32	97.07	—
	0.40		11.16	47.46	62.41	—
	0.50		8.15	55.76	57.88	—
	1.00		5.29	36.59	44.88	—

Wie diese Tabelle zeigt, können nur die Sojabohnen unter der 0,02 gr %—0,2 gr % Aziditätsintensitäten besser wachsen als die Kontrolle. Am stärkeren Konzentrationen schaden ihr. In allen anderen untersuchten Fällen werden alle Pflanzen durch alle Konzentrationsgrade geschädigt.

Tabelle LXV.

2. Essigsäure.

Versuchsname	Pflanzenname.		Wirkungen der verschiedenen Säurekonzentrationen (ausgedrückt in Verhältnissen 100: X).			
	Aziditätsintensität.	(gr) %	auf Roggen	auf Bohne	auf Sojabohne	auf Rettig
Versuch II	Kont.		100.00	100.00	100.00	100.00
	0.02		83.08	94.16	108.48	42.60
	0.05		32.56	85.51	138.95	36.09
	0.08		25.30	39.11	120.06	22.76
	0.10		22.51	68.20	—	20.18
Versuch I	0.10		35.07	51.94	110.25	—
	0.20		14.19	42.25	62.05	—
	0.30		11.49	40.46	55.15	—
	0.40		13.24	29.17	51.91	—
	0.50		9.82	13.33	46.62	—
	1.00		5.68	13.17	28.67	—

Aus dieser Tabelle erkennt man, daß wiederum nur die Sojabohnen unter der 0,02 gr %—0,10 gr % Aziditätsintensitäten besser wachsen als die Kontrollpflanze. Auch die Sojabohne wird durch Aziditätsintensitäten von über 0,10 gr % geschädigt, alle anderen Pflanzen wurden durch Essigsäure beschädigt.

Tabelle LXVI.

3. Buttersäure.

Versuchsname	Pflanzenname		Wirkungen der verschiedenen Säurekonzentrationen (ausgedrückt in Verhältnissen 100 : X)			
	Aziditätsintensität.	(gr) %	auf Roggen	auf Bohne	auf Sojabohne	auf Rettig
Versuch II	Kont.		100.00	100.00	100.00	100.00
	0.02		48.74	80.03	107.28	48.46
	0.05		44.29	66.43	100.28	35.67
	0.08		35.54	69.81	98.00	26.61
	0.10		26.21	56.52	—	29.66
Versuch I	0.10		35.26	35.07	120.89	—
	0.20		12.27	38.21	67.16	—
	0.30		13.01	17.71	59.94	—
	0.40		12.33	17.33	64.13	—
	0.50		9.02	14.42	49.82	—
	1.00		7.89	12.39	20.00	—

Aus dieser Tabelle ersieht man, daß Sojabohnen in der 0,02 gr—0,10 gr % Aziditätsintensität besser gewachsen sind als die Kontrollpflanze, und daß die anderen Pflanzen in der Säurelösung kein besseres Wachstum als die Kontrolle haben, sondern im schwächeren. Wenn man beide Tabelle LXV und LXVI vergleicht, sieht man; daß bei den Essigsäure der schädigende Einfluß auf das Pflanzenwachstum schwächer als bei der Buttersäure ist. Die obige Tatsache wird meiner Ansicht nach durch das Traubesche Gesetz¹⁾ erklärt.

1) Höber, Physikal. Chem. d. Zelle u. Gewebe. S. 419 (1914) 4. neubearbeitete Aufl.

Tabelle LXVII.

4. Salpetersäure (Salpetersäure Harnstoff).

Versuchsname	Pflanzenname		Wirkungen der verschiedenen Säurekonzentrationen (ausgedrückt in Verhältnissen 100: X)			
	Aziditätsintensität.		auf Roggen	auf Bohne	auf Sojabohne	auf Rettig
		(gr) %				
Versuch II		Kont.	100.00	100.00	100.00	100.00
		0.02	66.85	95.00	116.61	70.41
		0.05	169.56	212.32	137.03	112.16
		0.08	108.68	100.32	78.33	30.98
		0.10	63.13	58.07	—	21.52
Versuch I		0.10	64.76	89.69	250.11	—
		0.20	56.15	41.10	51.41	—
		0.30	41.78	33.89	54.65	—
		0.40	38.70	34.14	52.61	—
		0.50	30.92	20.85	44.48	—
		1.00	24.61	18.15	22.02	—

In der Salpetersäure von 0,05 gr % Aziditätsintensität wachsen die betreffenden vier Pflanzenarten ohne Ausnahme besser als die Kontrollpflanze; und die 0,02 gr %—0,10 gr % Aziditätsintensitäten wirkten auf das Wachstum der Sojabohnen günstig.

Zusammenfassung.

1.) Bei folgenden Konzentrationen hatten die Säuren auf die Keimung und auf das Pflanzenwachstum keinen nachteiligen Einfluß.

A. Keimversuch.

Pflanzenname. Säurename.	Reis.	Gerste.	Rotklee.
Essigsäure.	Dünnere als N/50	Dünnere als N/50	Dünnere als N/83
Ameisensäure.	„ „ N/100	„ „ N/100	„ „ N/100
Milchsäure.	—	—	„ „ N/83
Schwefelsäure.	Dünnere als N/71	Dünnere als N/167	„ „ N/100
Salzsäure.	—	„ „ N/100	„ „ N/100
Salpetersäure.	Dünnere als N/33	„ „ N/100	„ „ N/100

B. Wasserkultur.

Pflanzen- name. Säurename.	Reis.	Gerste.	Sojabohne.	Roggen.	Bohne.	Rettig.
Buttersäure.	—	—	Dünner als N/880 (=0.1g%).	Dünner als N/4400 (=0.02g%).	Dünner als N/4400 (=0.02g%).	Dünner als N/4400 (=0.02g%).
Essigsäure.	Dünner als N/250.	Dünner als N/500.	Dünner als N/600 (=0.1g%).	Dünner als N/3000 (=0.02g%).	Dünner als N/3000 (=0.02g%).	Dünner als N/3000 (=0.02g%).
Ameisensäure.	do.	do.	—	—	—	—
Milchsäure.	Dünner als N/125.	Dünner als N/167.	Dünner als N/450 (=0.2g%).	Dünner als N/4500 (=0.02g%).	Dünner als N/4500 (=0.02g%).	Dünner als N/4500 (=0.02g%).
Schwefelsäure.	Dünner als N/250.	Dünner als N/500.	—	—	—	—
Salpetersäure.	do.	do.	Dünner als N/630 (=0.1g%).	Dünner als N/788 (=0.08g%).	Dünner als N/788 (=0.08g%).	Dünner als N/1200 (=0.05g%).
Salzsäure.	do.	do.	—	—	—	—

2.) Die Milchsäure wirkt immer mild und schädigt das Pflanzenwachstum nur schwach. Die Ameisensäure reizt die Gerstenkeimung, schädigt aber das Wachstum von Reis und Rotklee. Die Essigsäure hat starkfördernde, bzw. schädigenden Einfluß auf die Keimung der Gerste, des Reis und Rotklee. Die Buttersäure läßt die Pflanzenwurzeln stärker verwesen als die Essigsäure.

3.) Von den untersuchten anorganischen Säuren zeigt die Salpetersäure in Bezug auf Schädigung des Pflanzenwachstums geringeren Wirkungen als die anderen Säuren. Beim Reis fördern dünne Salpetersäure-Lösungen die Keimung und das Wachstum ganz bedeutend.

Die Salzsäure und die Schwefelsäure üben zwar eine stärkere Reizwirkung auf die Keimung und das Pflanzenwachstum aus, verderben aber anderseits die Pflanze immer stark.

4.) Die gemässigte konzentrierte Säuren sind ein gutes Reizmittel. Am wirkungsvollsten ist die Salpetersäure von 0,05 gr % Aziditätskonzentration. Der in dieser Salpetersäure-Lösung enthaltene Stickstoff beträgt ca. 0,033%. Wenn die Menge Stickstoff und die günstige Reizung in inniger Beziehung zueinander stehen, dann dürfte dieser Stickstoffmenge bei der Düngung eine grosse Bedeutung beizumessen sein.

5.) Die gemäßigten Säurekonzentrationen fördern auch die Reifung der Pflanzen.

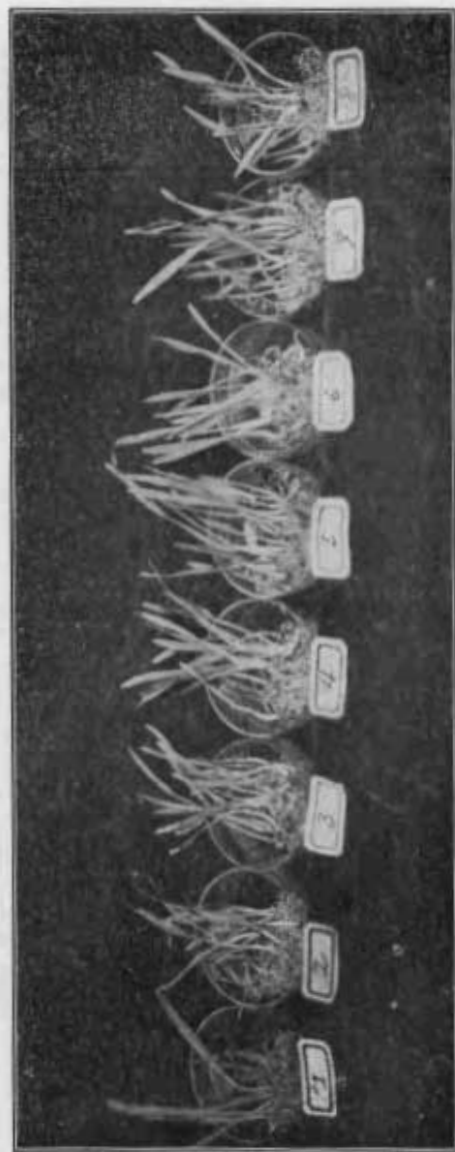
6.) Wenn wir die Säuren nach ihrer schädigenden Wirkung auf das Pflanzenwachstum ordnen und mit der größten Wirkung beginnen, erhalten wir folgende Reihe:

HCl, H₂SO₄, HCOOH, CH₃(CH₂)₂COOH, CH₃COOH, HNO₃ und CH₃CH(OH)COOH.

- 7.) Das Längewachstum ist eine eigentümlich Erscheinung an den Pflanzen, welche in Säurelösungen aufwachsen.
- 8.) Obgleich die Wurzeln das Wachstum bald einstellen, wachsen die Blätter der Pflanzen in Säurelösungen doch immer weiter.

Es ist dem Verfasser eine angenehme Pflicht, den Herren Geh. Prof. Dr. A. Stutzer und Dr. S. Osugi für ihren wertvollen Rat bei dieser Untersuchung auch an dieser Stelle verbindlichst zu danken.

Photo. I.



1 = $\frac{N}{50}$ 2 = $\frac{N}{71}$ 3 = $\frac{N}{100}$ 4 = $\frac{N}{125}$ 5 = $\frac{N}{167}$ 6 = $\frac{N}{250}$ 7 = $\frac{N}{500}$ 8 = Kont.

Photo. II.



I E = Essigsäure. C IV = Kont. N II = Salpetersäure.
S III = Schwefelsäure.

Jede Reihe ist wie ; $\frac{N}{500'}$ $\frac{N}{167'}$ $\frac{N}{100'}$ $\frac{N}{71'}$ $\frac{N}{50'}$ $\frac{N}{33'}$ $\frac{N}{25'}$ geordnet.