

UNIVERSITÄT IN RIGA

**WISSENSCHAFTLICHE  
ABHANDLUNGEN**

NEUE FOLGE DER ACTA UNIVERSITATIS LATVIENSIS

KLASSE DER NATURWISSENSCHAFTLICHEN  
ABTEILUNG DER FAKULTÄT FÜR MATHE-  
MATIK UND NATURWISSENSCHAFTEN

UNIVERSITĀTE RĪGĀ

**ZINĀTNISKIE  
RAKSTI**

LATVIJAS UNIVERSITĀTES RAKSTU TURPINĀJUMS

MATĒMATIKAS UN DABAS ZINĀTŅU  
FAKULTĀTES DABAS ZINĀTŅU NO-  
DAĻAS SĒRIJA

BAND **1.** SEJUMS

Nr. 3

V. SLANKIS

**Zur Methodik der pflanzlichen  
Organkulturen I.**

**Einfluss der Glasgefäße und der Sterilisation auf die  
pH-Werte der Nährlösung**

RIGA  
LATVJU GRĀMATA  
1943

UDK 581

SI 134

PHU  
144d

8

L'U ZINATNICKÁ  
BIBLIOTEKA  
93-7743

# Zur Methodik der pflanzlichen Organkulturen I.

## Einfluß der Glasgefäße und der Sterilisation auf die pH-Werte der Nährlösung.

Von V. Stankis.

(Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Riga.)

Es ist allgemein bekannt, daß die Wasserstoffionenkonzentration der Nährlösung von Bedeutung für eine jegliche Kultur ist. Daher ist es auch verständlich, daß bei der Kultivierung von isolierten Pflanzenorganen diesem Faktor Interesse geschenkt worden ist, wie in den Arbeiten von White (1932), Malyshev (1932), Robbins und White (1936), White (1937)\*, über welche eine Übersicht in Fiedlers Sammelreferat (1938) gegeben ist. Es fehlten jedoch eingehendere Arbeiten, weshalb die erwähnte Frage noch in Angriff genommen werden konnte.

Die vorliegenden Untersuchungen hatten ursprünglich den Zweck, die Entwicklung isolierter Tomatenwurzelspitzen der Sorte „Bonny Best“ in Abhängigkeit von dem Anfangs-pH-Werte der Nährlösung näher zu beobachten. Besondere Sorgfalt sollte den Grenzen der optimalen pH-Werte sowie der Feststellung des engeren Optimums derselben gewidmet, aber auch im allgemeinen die Abhängigkeit der Entwicklung der isoliert wachsenden Wurzeln von der Wasserstoffionenkonzentration der Nährlösung beobachtet werden. Auch sollte die schon von anderen Autoren beobachtete Erscheinung, daß während der Kultur die isolierte Wurzel selbst eine Änderung des pH-Wertes des umgebenden Mediums veranlaßt, näher untersucht werden. Schon die ersten Versuche

---

\* Seit Juni 1940 sind die wissenschaftlichen Zeitschriften in Riga nur zum Teil zugänglich; deshalb ist es möglich, daß manche Arbeiten nicht berücksichtigt worden sind.

zeigten aber, daß die Ausführung der Arbeit Vorarbeiten benötigt, denn es erwies sich, daß bereits in den Kolben ohne Wurzeln ein konstanter pH-Wert nicht zu erhalten ist; es verändert sich nämlich die Wasserstoffionenkonzentration der Nährlösung in den Glaskolben wie während der Sterilisation, so auch während der nachherigen Aufbewahrung sogar bei Zimmertemperatur. Daß die pH-Werte der Nährlösungen sich während des Stehens geändert hatten, hat auch *Malyshchev* (1932) beobachtet. Diese Vorarbeiten zeitigten Ergebnisse, die dann später im weiteren Gang der Arbeit verwertet wurden; da sie aber von allgemeinem Interesse für verschiedenartige Kulturen sein können, schien es zweckmäßig, dieselben gesondert zu publizieren.

Die ganze Arbeit wurde vom Herbst 1937 bis zum Sommer 1939 ausgeführt, und es wurde für dieselbe die Nährlösung von *White* (1934) benutzt, die zu Beginn der Arbeit für Tomatenwurzeln am besten geeignet schien. Über die gewonnenen Ergebnisse ist in der Sitzung der Lettischen Biologischen Gesellschaft im Herbst 1939 berichtet worden. Kriegsverhältnisse verhinderten aber eine rechtzeitige Veröffentlichung der Arbeit.

Auch an dieser Stelle möchte ich meinen herzlichen Dank Frau Dozent *M. Tauja-Thielman* für die Anregung zur Arbeit und ihr stetiges Interesse daran aussprechen.

### **Material und Methode.**

*1. Versuchsgefäße und ihre Zubereitung.* Für die Versuche wurden 200 ccm Erlenmeyer-Kolben von Schott & Gen. „D 20“ benutzt. Neue Kolben wurden vor der Benutzung  $\frac{1}{2}$  Std. in 5% gereinigter Sodalösung gekocht, um die Glasoberfläche von eventuellen Verunreinigungen zu befreien und die leicht löslichen Glas-teile zu entfernen. Darnach wurden die Kolben mit Bürste und Leitungswasser gewaschen und in demselben Wasser 3—4 Tage stehen belassen; darauf wurden dieselben zweimal mit destilliertem und zweimal mit redestilliertem Wasser gespült. Nach dem Abfließen des Wassers wurden die Kolben im Trockenschrank bei 180°C getrocknet, nachher mit mittelfesten Wattepfropfen geschlossen und mit Papiertüten bedeckt.

Gebrauchte Jenaer Kolben wurden anstatt der Sodalösung mit Leitungswasser gefüllt und im Autoklav bei 120°C 20 Minuten gekocht. Die weitere Behandlung war wie oben beschrieben.

Die Kolben aus gewöhnlichem oder Na-Glas (auch 200 ccm) wurden ebenso wie die Jenaer Kolben behandelt, mit dem Unterschied aber, daß hier anstatt in Sodalösung die Kolben  $\frac{1}{2}$  Std. in 2,5% Salzsäurelösung gekocht wurden.

2. *Nährlösung.* Für die Versuche wurde die Nährlösung von White (1934) benutzt, die in 1000 ccm redestillierten Wassers folgende anorganische Nährsalze (Merck pro analysi) enthielt:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  141,6 mg,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  73,9 mg,  $\text{KNO}_3$  80,8 mg,  $\text{KCl}$  64,9 mg,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  12,2 mg,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  3,3 mg. Die Nährlösung enthielt außerdem 20 g Saccharose puriss. pro injektion Merck und 20 ccm Hefeabkochung, die nach White (1932) angefertigt war. Das Hefepräparat (Faex medicinalis sicc. pulv.) stammte ebenfalls von Merck. Zur Herstellung der Nährlösung wurde redestilliertes Wasser benutzt, das mit Hilfe des verbesserten Apparates von Fitting (1928) aus gewöhnlichem destilliertem Wasser gewonnen wurde. Nachdem alle Bestandteile der Nährlösung zusammengefügt waren, wurde dieselbe tüchtig geschüttelt. Erst nach 20minütigem Stehen erfolgte die pH-Wertbestimmung. Der Wert schwankte gewöhnlich zwischen 4,8—4,9. Nachdem die für einen Versuch nötige Nährlösungsmenge hergestellt war, wurden in jeden Kolben 30 ccm derselben gefüllt und im Autoklav bei 1,25 Atm. Überdruck 15 Minuten sterilisiert. Da nur 40 Kolben im Autoklav gleichzeitig Platz fanden, bei der nächsten Sterilisation aber kleine Abweichungen im Verfahren möglich waren, wurde die Sterilisation so vorgenommen, daß von jeder Gruppe der Versuchskolben ein Teil bei jedem Sterilisieren mitgenommen wurde. Abweichungen wie in bezug auf die Nährlösungsmenge, so auch in bezug auf die Sterilisationsweise bei den einzelnen Versuchen sind weiter unten vermerkt.

Die pH-Werte der Nährlösungen in den einzelnen Kolben wurden nach der Sterilisation sowie auch am Ende der Versuche bestimmt. Vor jeder Bestimmung wurde der Inhalt der Kolben tüchtig geschüttelt, denn es war die Erfahrung gemacht, daß nur in diesem Fall sich konstante pH-Werte einstellten. Für die Bestimmung der

pH-Werte wurde ein Potentiometer mit einer Chinhydronelektrode für Werte bis 7,5 und eine Wasserstoffelektrode für Lösungen mit höheren pH-Werten benutzt. Als Pufferlösung diente eine Standardazetatlösung mit einem  $\text{pH}=4,62$ . Das Potential der Kalomel-elektrode wurde zu Beginn der pH-Bestimmungen und dann regelmäßig nach jeden 15—20 Bestimmungen kontrolliert.

Um Nährlösungen mit bestimmten pH-Werten zu erhalten, wurden die hergestellten Lösungen durch Hinzufügung von 0,1 n HCl und NaOH (beide pro analysi) mit Hilfe einer Mikrobürette korrigiert.

### Die Versuche.

1. *Die Änderungen der pH-Werte in den Nährlösungen in Abhängigkeit von schon gebrauchten Kolben aus Jenaer und gewöhnlichem Glas.* Für die Versuche wurden gebrauchte Kolben aus Jenaer oder gewöhnlichem Glas verwendet. Die Nährlösungen wurden mit zweierlei pH-Werten hergestellt: 4,91 (1. Gruppe) und 10,30 (2. Gruppe). In der 1. Gruppe wurden die pH-Werte gleich nach der Sterilisation, nach 7, 14 und 21 Tagen bestimmt. In der 2. Gruppe fiel die Bestimmung nach 14 Tagen aus. Die für die pH-Bestimmung verwendeten Kolben wurden aus dem weiteren Gange

T a

Die Änderung der pH-Werte in den Nährlösungen in Abhängigkeit von schon  
sation und einer

Art des Glases	1. Gruppe. Anfangs-pH-Wert —									
	pH - Wert									
	Nach der Sterilisation			Nach 7 Tagen			Nach 14 Tagen			Nach
	Anzahl der Kolben	pH-Grenzwerte	Mittlere pH-Werte	Anzahl der Kolben	pH-Grenzwerte	Mittlere pH-Werte	Anzahl der Kolben	pH-Grenzwerte	Mittlere pH-Werte	Anzahl der Kolben
Jenaer	2	4,77—4,77	4,77	8	4,44—4,70	4,59	9	4,41—4,72	4,57	13
Gewöhnliches	2	5,67—6,43	6,05	3	6,26—6,62	6,44	3	6,18—6,59	6,43	7

des Versuches ausgeschlossen. Die Resultate sind in Tab. I zusammengefaßt.

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß in der ersten Gruppe die pH-Werte der Nährlösung in Jenaer Kolben sich sowohl während der Sterilisation, als auch während der Aufbewahrung vermindern, so daß sie nach 21 Tagen bis zu 4,49 gesunken sind. Das Sinken der mittleren pH-Werte ist ein allmähliches: 4,91—4,77—4,59—4,49, es ist aber nicht in allen Kolben gleichmäßig. So finden wir am Ende des Versuches in den verschiedenen Kolben Abweichungen vom Mittelwerte, die ein  $pH=0,19$  betragen.

In Gefäßen aus gewöhnlichem Glas sehen wir kein so regelmäßiges Verhalten. Während der Sterilisation und des Aufbewahrens wird die Nährlösung in allen Kolben basischer. Betrachtet man die Mittelwerte der pH-Bestimmungen, so sehen wir folgende Veränderungen: während der Sterilisation und bis zum 7. Tage vergrößern sich die pH-Werte; die Bestimmungen am 14. und 21. Tage zeigen aber, daß sich dieselben im Vergleich zu dem 7. Tage vermindert haben. Die Ursache dieser Erscheinung liegt in den sehr großen Schwankungen der pH-Werte der einzelnen Kolben, besonders am Ende des Versuches — die Abweichung vom Mittelwerte kann jetzt 0,74 betragen. Bei den weiteren Versuchen

belle I.

gebrauchten Kolben aus Jenaer oder gewöhnlichem Glas während der Steril-dreiwöchigen Aufbewahrung.

4,91		2. Gruppe. Anfangs-pH-Wert — 10,30									
te		pH - Werte									
21 Tagen		Nach der Sterilisation			Nach 7 Tagen			Nach 21 Tagen			
pH-Grenzwerte	Mittlere pH-Werte	Anzahl der Kolben	pH-Grenzwerte	Mittlere pH-Werte	Anzahl der Kolben	pH-Grenzwerte	Mittlere pH-Werte	Anzahl der Kolben	pH-Grenzwerte	Mittlere pH-Werte	
4,35—4,68	4,49	2	7,07—7,10	7,08	10	6,98—7,06	7,02	13	6,97—7,08	7,02	
5,58—7,04	6,32	2	7,14—7,17	7,15	3	7,09—7,34	7,18	6	7,17—7,30	7,23	

wurden dann und wann Kolben mit Nährlösungen neben den Kulturkolben stehen gelassen und in diesen immer die oben beschriebenen Erscheinungen beobachtet.

In den Kolben der 2. Gruppe sehen wir folgendes. Der pH-Wert der basischen Lösungen vermindert sich stark während der Sterilisation — um mehr als 3 pH-Einheiten in beiden Kolbenarten. Der Grund dafür ist die Ausfällung der Nährlösungsbestandteile. Dieses geschieht schon vor der Sterilisation, wenn man die Lösung alkalischer macht. Daß die Nährlösung von White mit einer kleinen Wasserstoffionenkonzentration katastrophal zur Ausfällung kommt, wird auch aus den folgenden Versuchen ersichtlich sein. Im allgemeinen sehen wir in der zweiten Gruppe dasselbe wie in der ersten: in Jenaer Kolben werden die pH-Werte während der Aufbewahrung kleiner, in Kolben aus gewöhnlichem Glas größer. Hier sind auch die Schwankungen der pH-Werte in den einzelnen Kolben stärker als in Jenaer Kolben.

2. *Die Änderung der pH-Werte in neuen Kolben aus Jenaer oder gewöhnlichem Glas.* Für die Versuche wurden neue Kolben aus Jenaer oder gewöhnlichem Glas verwendet. Die Nährlösungen wurden ebenfalls mit zweierlei, aber kleineren als vorher pH-Werten, nämlich  $\text{pH}=3,64$  und  $\text{pH}=8,38$ , hergestellt. Die Bestimmung der End-pH-Werte geschah nach 30 Tagen. Die Resultate sind in Tab. II zusammengefaßt.

Die Daten der Tab. II stimmen im allgemeinen mit denen des ersten Versuches überein. Die pH-Werte der Nährlösungen mit einem Anfangswert = 3,64 sind während der Sterilisation und des Aufbewahrens im Laufe von 30 Tagen in Jenaer Kolben gefallen, in Kolben aus gewöhnlichem Glas dagegen gestiegen. Dasselbe zeigt die zweite Gruppe (Anfangs-pH-Wert = 8,38). Wieder sehen wir einen deutlichen Unterschied zwischen den beiden Glastypen. In den 50 Jenaer Kolben der 1. Gruppe finden wir 5 verschiedene pH-Werte, und ihre Grenzwerte unterscheiden sich vom mittleren pH-Wert höchstens um 0,04, aber im Fall der Benutzung der gewöhnlichen Kolben sehen wir schon bei 13 Versuchskolben 10 verschiedene pH-Werte, und die äußerste Abweichung der Grenzwerte beträgt bereits 0,27. In der 2. Gruppe sehen wir ähnliches: in den 50



Tabelle II.

Die Änderungen der pH-Werte in neuen Kolben aus Jenaer oder gewöhnlichem Glas während einer dreißigtägigen Aufbewahrung.

Art des Glases	1. Gr. Anfangs-pH-Wert = 3,64				2. Gr. Anfangs-pH-Wert = 8,38			
	Anzahl der Kolben	Anzahl der Kolben mit gleichen pH-Werten	Die beobachteten pH-Werte nach 30 Tagen	Die mittleren pH-Werte	Anzahl der Kolben	Anzahl der Kolben mit gleichen pH-Werten	Die beobachteten pH-Werte nach 30 Tagen	Die mittleren pH-Werte
Jenaer	50	9	3,49	3,53	50	4	7,00	7,06
		6	3,50			4	7,03	
		18	3,52			6	7,05	
		14	3,54			21	7,07	
		3	3,55			8	7,08	
				7	7,10			
Gewöhnliches	13	1	3,55	3,69	13	1	7,02	7,18
		1	3,56			1	7,13	
		1	3,58			1	7,15	
		2	3,60			1	7,18	
		2	3,64			1	7,20	
		1	3,67			2	7,21	
		1	3,71			2	7,23	
		2	3,82			1	7,25	
		1	3,92			1	7,32	
		1	3,96					

Jenaer Kolben sind 6 verschiedene pH-Werte mit der größten Abweichung vom Mittelwerte 0,06 vorhanden, in den 13 Kolben aus gewöhnlichem Glas aber 9 verschiedene pH-Werte mit der größten Abweichung vom Mittelwert 0,14. Also sehen wir, daß in Kolben aus gewöhnlichem Glas die pH-Werte der Lösungen größere Veränderungen und Verschiedenheiten aufweisen als in Jenaer Kolben. Bei den weiteren Versuchen wurden bloß Jenaer Kolben benutzt.

3. Die Änderungen der pH-Werte der Nährlösungen mit verschiedenen Anfangs-pH-Werten in Jenaer Kolben. Um die in den ersten Versuchen beobachtete Erscheinung, daß in ein und denselben Nährlösungen, die aber einen verschiedenen pH-Wert besaßen, die Änderungen der pH-Werte während der Sterilisation und der Aufbe-

wahrung Verschiedenheiten aufwiesen, näher zu untersuchen, wurden Anfangsnährlösungen mit verschiedenen pH-Werten zubereitet. Bei diesen Versuchen war auch die Bildung von Ausfällungen gut zu beobachten. Dieselbe geschah nicht nur in Lösungen mit niedriger Wasserstoffionenkonzentration, sondern auch in Lösungen mit dem gewöhnlichen pH-Wert, d. h.  $\text{pH}=4,8-4,9$ . Die Ausfällungsgeschwindigkeit ist von dem pH-Wert der Lösung, der Aufbewahrungsdauer und der Temperatur vor der Sterilisation abhängig. So beobachtet man eine Ausfällung in der Nährlösung bei  $18^{\circ}-20^{\circ}\text{C}$  nach ungefähr 12—14 Std., bei  $8^{\circ}-12^{\circ}\text{C}$  nach ungefähr 24 Std. Wenn man die hergestellte Lösung sogleich sterilisiert, so wird die Ausfällung verhindert, und auch nach der Sterilisation tritt eine solche nicht ein. Bei stufenweiser Verminderung der Wasserstoffionenkonzentration wächst auch die Ausfällungsgeschwindigkeit, und bei ungefähr  $\text{pH}=7$  ist sie schon momentan. Zu Beginn läßt sie sich als eine leichte Opaleszenz sehen. Während der Sterilisation verschwindet diese Opaleszenz und an Stelle derselben erscheint am Boden des Kolbens ein grauer Niedersatz. Diese Schicht wird mit dem Anwachsen der pH-Werte immer stärker. Es ist anzunehmen, daß die beobachtete Ausfällung der Grund dafür ist, daß bei der Herabsetzung der Wasserstoffionenkonzentration der Lösungen mittels NaOH ein konstanter pH-Wert in denselben erst nach 10—15 Minuten eintritt.

Für den Versuch wurden Nährlösungen mit folgenden 10 pH-Werten hergestellt: 3,20, 3,76, 4,31, 4,72, 5,20, 5,98, 6,36, 7,65, 8,8, 10,0. Die Daten über die Änderungen der pH-Werte während der Sterilisation und der Aufbewahrung (21 Tage) sind in Tab. III zusammengestellt und in Fig. 1. graphisch dargestellt.

Wie Tab. III und Fig. 1. zeigen, sind die Änderungen der pH-Werte während der Sterilisation und der Aufbewahrung von den Anfangs-pH-Werten der Lösungen abhängig: je höher der letztere, desto größer die Änderungen. Z. B., nimmt man die Lösung mit dem Anfangs-pH=3,20, so ist seine mittlere Verminderung während der Sterilisation gleich 0,03, dagegen in der Lösung mit dem Anfangs-pH=10,0—2,55. Vergleicht man die Daten vom Ende des Versuches mit denjenigen nach der Sterilisation, so ist zu sehen, daß im Laufe von 21 Tagen die Änderungen, mit der 1. Gruppe

Tabelle III.

Die Änderungen der pH-Werte in Nährlösungen mit verschiedenen Anfangs-pH-Werten während der Sterilisation und der Aufbewahrung (21 Tage).

Gruppen	Anfangs-pH-Werte	Die pH-Werte nach der Sterilisation			Die pH-Werte nach 21 Tagen		
		Anzahl der Kolben	Die beobachteten pH-Werte	Die mittleren pH-Werte	Anzahl der Kolben	Die beobachteten pH-Werte	Die mittleren pH-Werte
I	3,20	5	3,15—3,19	3,17	3	3,14—3,20	3,17
II	3,76	3	3,74—3,76	3,75	3	3,66—3,73	3,70
III	4,31	4	4,28—4,22	4,27	4	4,04—4,16	4,09
IV	4,72	7	4,52—4,75	4,66	4	4,30—4,32	4,31
V	5,20	8	4,75—4,98	4,85	4	4,33—4,42	4,38
VI	5,98	6	5,50—5,64	5,57	6	4,62—4,77	4,69
VII	6,36	5	5,98—6,11	6,03	6	4,82—5,15	5,03
VIII	7,65	4	6,80—6,84	6,82	5	6,41—7,01	6,71
IX	8,8	3	7,05—7,11	7,08	5	6,99—7,12	7,05
X	10,0	3	7,42—7,48	7,45	6	7,42—7,51	7,45

beginnend, bis zur 7. Gruppe (Anfangs-pH=6,36) allmählich anwachsen. In den weiteren Gruppen aber, die einen größeren Anfangs-pH-Wert haben, werden die Änderungen der pH-Werte immer kleiner, bis zuletzt bei dem Anfangs-pH=10,0 mehr keine Änderung während der Aufbewahrung zu vermerken ist. Bei Wiederholung des Versuches wurden Nährlösungen mit folgenden Anfangs-pH-Werten verwendet: 3,54, 3,88, 4,40, 5,02, 5,18, 5,65, 6,01, 6,37. Die Ergebnisse dieses Versuches glichen denjenigen des vorhergehenden.

Der nächste Versuch sollte zeigen, daß das Sinken der pH-Werte während des Stehens der Lösung in Jenaer Kolben ein allmähliches ist. Es wurden Nährlösungen mit pH=4,60 und pH=6,52 hergestellt, und die pH-Werte in je zwei Kolben nach jeden zwei Tagen (mit einer Ausnahme) bestimmt. Diese Kolben wurden dann vom Versuche ausgeschlossen. Die Resultate sind in Tab. IV zusammengestellt.

Wie aus der Tab. IV ersichtlich, sinken die pH-Werte in beiden Lösungen unaufhörlich, am Anfang jedoch schneller als am

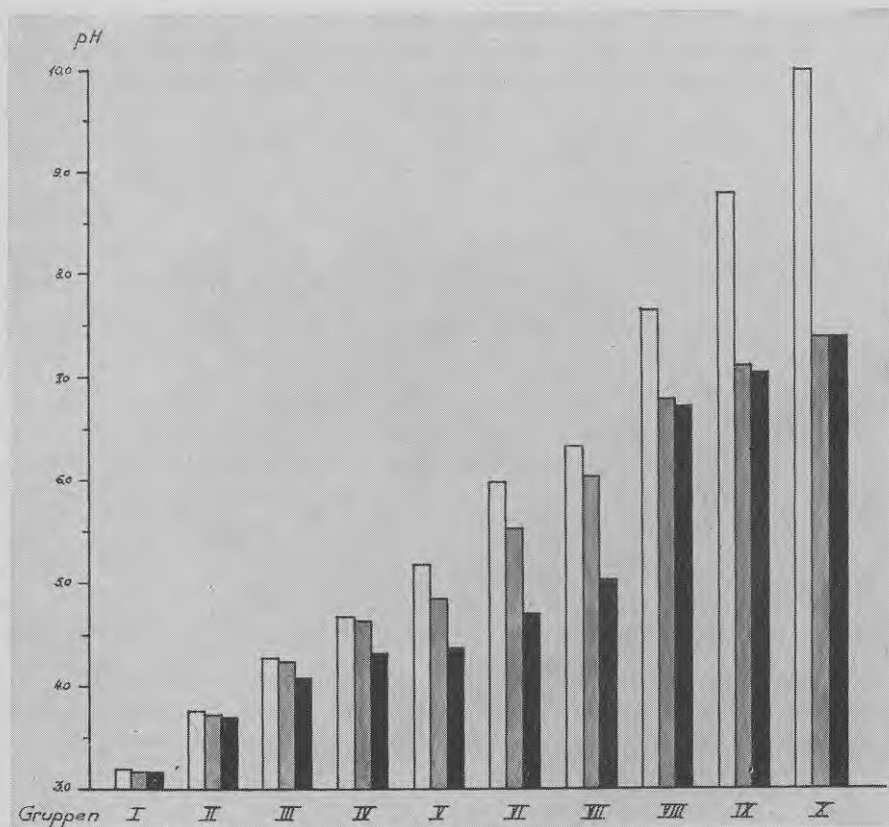
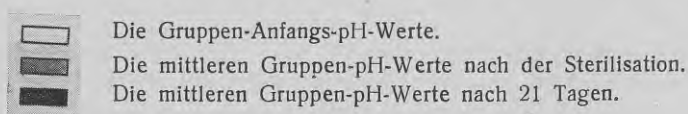


Fig. 1. Die Änderungen der mittleren pH-Werte in Nährlösungen mit verschiedenen Anfangs-pH-Werten während der Sterilisation und der Aufbewahrung (21 Tage).



Ende des Versuches, so daß zwischen dem 18. und dem 20. Tage die Differenzen 0,00 resp. 0,01 betragen. Wenn man die Resultate des vorherigen Versuches in Betracht zieht, so ist ungeachtet der kleinen Geschwindigkeit der pH-Änderung anzunehmen, daß die pH-Werte dennoch ungefähr bis zu  $\text{pH}=3$  sinken werden. In die-

Tabelle IV.

Die allmählichen Veränderungen der pH-Werte der in Jenaer Kolben während der Dauer von 20 Tagen aufbewahrten Nährlösungen.

Beobachtungstage	Anzahl der analysierten Kolben	Anfangs-pH = 4,60		Anfangs-pH = 6,20	
		Die mittleren pH-Werte	Die Verminderungen der pH-Werte während des Stehens	Die mittleren pH-Werte	Die Verminderungen der pH-Werte während des Stehens
2.	2	4,54		5,46	
4.	2	4,50	0,04	5,41	0,05
6.	2	4,45	0,09	5,38	0,08
8.	2	4,43	0,11	5,22	0,24
12.	2	4,40	0,14	5,12	0,34
14.	2	4,39	0,15	5,08	0,38
16.	2	4,38	0,16	5,04	0,42
18.	2	4,37	0,17	5,00	0,46
20.	2	4,37	0,17	4,99	0,47

sem Versuche sehen wir wieder die schon oben beobachtete Erscheinung, daß, je größer der Anfangs-pH-Wert, desto größer seine Änderung während des Aufbewahrens.

Diese Änderungen der pH-Werte während des Sterilisierens und des Aufbewahrens wären durch die Lösung der Glasbestandteile erklärlich. Darauf weisen auch folgende Versuche hin.

Der erste Versuch wurde ursprünglich vorgenommen, um einen eventuellen Einfluß der Erhöhung der Konzentration der Nährlösung, die während der Sterilisation und des längeren Stehens der Kolben durch die Verdunstung durch die Wattepfropfen hervorgerufen wird, auf die Änderungen der pH-Werte zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden die mit der Nährlösung gefüllten Kolben vor und nach der Sterilisation gewogen. Die 1. Gruppe der Kolben wurde bei 1,25 Atm. 15 Minuten, die 2. Gruppe bei 1,25 Atm. 30 Minuten und die 3. Gruppe bei 3,0 Atm. 15 Minuten sterilisiert. Darnach wurden die Kolben in einen Thermostat bei 22°C auf die Weise gesetzt, daß in jede Abteilung eine bestimmte Zahl von Kolben aus jeder Gruppe kam. Nach 21 Tagen wurde eine neue Wägung vorgenommen. Die Resultate sind in Tab. V zusammengestellt.

Tabelle V.

Gewichtsverminderungen der Nährlösungen in Jenaer Kolben während der Sterilisation und im Thermostat bei 22° C während der Dauer von 21 Tagen.

Temperatur und Dauer der Sterilisation	Anzahl der Kolben	Gewichtsverluste in Gramm					
		Während der Sterilisation		Während der 21 Tage		Zusammen	
		Die beobachteten Gewichtsverluste	Mittelwerte	Die beobachteten Gewichtsverluste	Mittelwerte	Die beobachteten Gewichtsverluste	Mittelwerte
1. Gr. 1,25 Atm. 15 Min. . . .	30	0,41—0,75	0,54	1,73—2,04	1,90	2,19—2,64	0,45
2. Gr. 1,25 Atm. 30 Min. . . .	30	0,86—1,64	1,22	1,73—2,29	2,00	2,77—3,72	0,95
3. Gr. 3,0 Atm. 15 Min. . . . .	30	1,21—1,92	1,58	1,48—2,10	1,77	2,63—3,50	0,87

Wie zu erwarten war, wachsen die Gewichtsverluste mit der Erhöhung der Temperatur während der Sterilisation und auch mit der Dauer derselben. Die Verdunstung während des Stehens im Thermostat übersteigt diejenige während der Sterilisation. Die Schwankungen der Verdunstung in den einzelnen Kolben der Gruppen wären durch verschieden feste Wattepfropfen zu erklären, obgleich auf gleichmäßiges Herstellen derselben geachtet wurde.

Durch die Verdunstung der Lösungen wurden dieselben natürlich konzentrierter. Daß dieser Umstand aber für die Änderungen der pH-Werte während der Sterilisation und der Aufbewahrung von keiner Bedeutung ist, zeigt folgender Versuch. Es wurden Nährlösungen hergestellt, die um 8%, 16% und 20% konzentrierter als die üblichen waren, und in ihnen die pH-Werte bestimmt. Diese zeigten einen Unterschied von den normalen Nährlösungen bloß um ein  $\text{pH}=0,02-0,03$ .

Ein zweiter Versuch wurde auf folgende Weise durchgeführt. Eine Nährlösung mit einem  $\text{pH}=8,66$  wurde in Jenaer Kolben zu 30 ccm und zu 60 ccm eingefüllt. Nach der Sterilisation wurden

Tabelle VI.

Die Änderungen der pH-Werte während der Sterilisation und des Aufbewahrens in Abhängigkeit von der Nährlösungsmenge im Kolben.

Nährlösungs- menge, in Kolben	Nach der Sterilisation			Nach 21 Tagen		
	Anzahl der Kolben	Die beobachteten pH-Werte	Die mittleren pH-Werte	Anzahl der Kolben	Die beobachteten pH-Werte	Die mittleren pH-Werte
30 ccm	8	6,86—6,97	6,90	16	6,71—6,89	6,79
60 ccm	2	6,95—7,03	6,99	5	6,92—6,98	6,96

die Kolben 21 Tage im Thermostat belassen. Die pH-Bestimmungen erfolgten nach der Sterilisation und am Ende des Versuches. Die Resultate sind in Tab. VI zusammengestellt.

Wie die Daten der Tabelle zeigen, sind die Änderungen der pH-Werte bei 60 ccm Nährlösung kleiner als bei 30 ccm. Die relativ größere Berührungsfäche des Glases mit der Nährlösung bei einer kleineren Lösungsmenge verursacht das Eindringen einer relativ größeren Menge von Glasbestandteilen und somit eine größere Veränderung des pH-Wertes der Lösung.

Noch ein dritter Versuch zeigte dasselbe. 60 ccm einer NaOH-Lösung, die einen Anfangs-pH=11,55 besaß, wurden in drei Jenaer Kolben drei Wochen stehen belassen. Das pH der Lösung war jetzt auf 11,24 gesunken. Dieselbe Lösung in paraffinierten Jenaer Kolben zeigte nach derselben Frist ein pH=11,52, folglich einen sehr kleinen Unterschied vom Anfangswert. Daß das Jenaer Glas der Einwirkung der alkalischen Lösung in nicht paraffinierten Kolben ausgesetzt ist, zeigen auch die großen Schwankungen der pH-Werte in dieser Kolbengruppe. Sie betragen hier 0,67, während in den paraffinierten Kolben die pH-Grenzwerte sich voneinander nur um 0,01 unterscheiden. Eine HCl-Lösung mit einem pH=2,30 ändert ihren Anfangs-pH-Wert beim Stehen in Jenaer Kolben auch während einer längeren Zeit nicht. Das bedeutet, daß das Jenaer Glas gegen saure Lösungen widerstandsfähiger ist.

4. *Die Änderungen der pH-Werte der Nährlösungen in Jenaer Kolben in Abhängigkeit von der Temperatur und der Dauer der Sterilisation.* Für den Versuch wurde eine Nährlösung mit dem  $\text{pH}=5,10$  verwendet. Nach dem Verteilen der Lösung in Jenaer Kolben wurde die 1. Gruppe derselben im Autoklav bei 1,25 Atm. ( $120^{\circ}\text{C}$ ) 15 Minuten, die 2. Gruppe bei 1,25 Atm. 30 Minuten, die 3. Gruppe aber bei 3,0 Atm. ( $143^{\circ}\text{C}$ ) 15 Minuten sterilisiert. Die pH-Bestimmung wurde sogleich nach der Sterilisation vorgenommen. Zur Wiederholung des Versuches wurde keine neu hergestellte Lösung verwendet, sondern eine vom Versuche des Abschnittes 3 nachgebliebene, die eine Mischung aller verwendeten Lösungen darstellte, schon einmal sterilisiert worden war und einen  $\text{pH}=5,20$  besaß. Die Resultate sind in Tab. VII zusammengestellt.

Die Daten der Tab. VII zeigen, daß bei Erhöhung der Sterilisationstemperatur oder bei längerer Einwirkung derselben die Änderungen der pH-Werte in den Nährlösungen größer werden. Das zeigen die Differenzen der mittleren pH-Werte — die Differenz zwischen der 1. und 2. Gruppe ist 0,23 resp. 0,22, zwischen der 1. und 3. Gruppe 0,45 resp. 0,66. Die konkreten Schwankungen der pH-Werte in den einzelnen Versuchskolben werden, wie die einander nahe liegenden Grenz-pH-Werte zeigen, von der erhöhten Temperatur (von  $120^{\circ}$  auf  $143^{\circ}\text{C}$ ) sowie der Dauer der Sterilisation nicht beeinflußt. Es ist gewiß anzunehmen, daß bei Erhöhung der Temperatur oder bei längerer Einwirkung derselben auch eine intensivere Lösung der Glasbestandteile erfolgt. In den oben beschriebenen Versuchen kann dieses jedoch nicht der einzige Grund der pH-Änderungen sein, vielmehr wirkt hier noch ein anderer Faktor mit, nämlich die Zersetzung des in der Nährlösung vorhandenen Zuckers, die, wie weitere Versuche zeigten, eine Veränderung der pH-Werte während der Sterilisation der Lösung bei erhöhten Temperaturen hervorruft. Diese Versuche, die im zweiten Teil der Arbeit näher beschrieben werden sollen, zeigten, daß, wenn die Nährlösung, die nur anorganische Bestandteile enthielt, bei stark erhöhter Temperatur ( $151^{\circ}\text{C}$ ) sterilisiert wurde, die pH-Änderungen viel kleiner waren, als wenn eine bei derselben Temperatur besonders sterilisierte Zuckerlösung hinzugefügt wurde.



Tabelle VII.

Die Änderungen der pH-Werte der Nährlösungen in Jenaer Kolben in Abhängigkeit von der Temperatur und der Dauer der Sterilisation.

Sterilisations- temperatur und -dauer	Anfangs-pH = 5,10				Anfangs-pH = 5,20			
	Anzahl der Kolben	Die beobach- teten pH-Werte	Die mittleren pH-Werte	Unterschiede der mittleren pH-Werte zwi- schen der 1. und der gegebenen Gruppe	Anzahl der Kolben	Die beobach- teten pH-Werte	Die mittleren pH-Werte	Unterschiede der mittleren pH-Werte zwischen der 1. und der gegebe- nen Gruppe
1. Gr. 1,25 Atm. 15 Min. .	7	4,93—5,08	5,00	—	7	4,73—4,85	4,81	—
2. Gr. 1,25 Atm. 30 Min. .	8	4,72—4,89	4,78	0,22	7	4,54—4,61	4,58	0,23
3. Gr. 3,0 Atm. 15 Min. .	8	4,31—4,41	4,34	0,66	7	4,30—4,46	4,36	0,45

Wenn nun der pH-Wert dieser Mischung mit Hilfe von NaOH wieder bis zur Norm gehoben wurde, und dann die Nährlösung wieder nur bei 120°C 15 Minuten sterilisiert wurde, so erfolgte eine jähe Senkung des pH-Wertes nach der Sterilisation der korrigierten Lösung — die bei 151°C eingeleitete Zersetzung der Zuckermolekeln setzt sich wohl bei der relativ niedrigeren Temperatur (125°C) fort.

Eine bei hoher Temperatur hergestellte Hefeabkochung bewirkte keine Veränderung der pH-Werte der Nährlösung.

### Abschluß.

Bei der Kultivierung von Pflanzengewebe und -organen stieß man bisher auf die Schwierigkeit, daß außer den in der Nährlösung vorhandenen Stoffen das Wachstum auch von anderen, nur zum Teil oder gar nicht bekannten Stoffen beeinflusst wird. Schon mit dem isolierten Pflanzenteil selbst werden in die Kulturlösung solche der betreffenden Pflanze eigentümlichen Stoffe gebracht. Die für die Nährlösung verwendeten Chemikalien sind außerdem nicht immer von Mikro Beimengungen rein, was besonders von den organischen Präparaten zu sagen ist. Schließlich wird die chemische Zusammen-

setzung der Nährlösung auch durch die aufgelösten Bestandteile der Glaswände der Gefäße verändert. Es ist bekannt, daß es kein absolut unlösliches Glas gibt. In Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung desselben ist auch seine Widerstandsfähigkeit gegen Lösungsmittel mehr oder minder groß. Die aufgelösten Bestandteile des Glases verursachen Veränderungen in den Nährlösungen und erschweren die richtige Auswertung der Resultate.

Die vorliegende Arbeit hat gezeigt, daß die pH-Werte ein und derselben Nährlösung mit der Zeit beim Stehen allmählichen (Tab. I—IV) Veränderungen unterworfen sind, und daß diese Unkonstanz der pH-Werte im Zusammenhang mit dem Auflösen der Glasbestandteile steht. Die Menge der aufgelösten Stoffe ist gewiß von der Art der Lösungsmittel abhängig. Da es ursprünglich beabsichtigt war, die Entwicklung von isolierten Wurzelspitzen in White's Nährlösung mit verschiedenen pH-Werten zu beobachten, so mußte zunächst geklärt werden, ob erstens der pH-Wert dieser Lösung vom Glase der Kulturgefäße beeinflusst wird, und zweitens, ob diese Beeinflussung mit dem Anfangs-pH-Wert der Lösung einen Zusammenhang hat.

Daß tatsächlich eine Auflösung der Glasbestandteile wie der gewöhnlichen so auch der Jenaer Kolben durch White's Nährlösung geschieht, ist in den beschriebenen Versuchen aus den Änderungen der pH-Werte der Lösungen während der Sterilisation und des Aufbewahrens bei Zimmertemperatur (20—30 Tage) zu sehen. Darauf weisen mehrere Beobachtungen hin.

1. Bei der Wiederholung der Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration der Nährlösung in den einzelnen Kolben nach der Sterilisation und auch am Ende des Versuches konnten übereinstimmende Resultate nur in dem Fall erzielt werden, wenn der Inhalt der Kolben vor den Bestimmungen tüchtig geschüttelt wurde. Widrigenfalls geben die einander folgenden pH-Bestimmungen der Lösung aus demselben Kolben schwankende Zahlen — wohl weil sich eine Schichtung der in Ruhe stehenden Flüssigkeit durch das Auflösen der Glaswände gebildet hatte.

2. Darauf, daß die pH-Änderungen in den Nährlösungen durch das Auflösen des Glases verursacht werden, weisen auch die Schwankungen der pH-Werte in den einzelnen Kolben ein und derselben

Gruppe hin. Da für den ganzen Versuch eine gemeinsame Lösung zubereitet wurde und in ihr nach sorgfältigem Durchmischen die Wasserstoffionenkonzentration mehrfach auf ihre Einheitlichkeit geprüft worden war, so ist nicht anzunehmen, daß von vornherein in die Kolben einer Gruppe beim Einfüllen Lösungsmengen mit verschiedenen pH-Werten gekommen wären. Vielmehr ist anzunehmen, daß die Schwankungen der pH-Werte nach der Sterilisation der Kolben oder am Ende des Versuches verursacht sind entweder durch ungleiche Widerstandsfähigkeit der einzelnen Kolben gegen Auflösung durch White's Nährlösung, oder aber dadurch, daß dieselben nicht immer aus gleichem Material hergestellt sind. In bezug auf Kolben aus gewöhnlichem Glase könnte beides zutreffen, das Jenaer Glas dagegen dürfte einheitlicher sein, und die pH-Schwankungen in Kolben aus diesem Glase könnten dann durch den vorhergehenden verschiedenen Gebrauch derselben zu erklären sein.

3. Die Versuche mit verschiedenen Nährlösungsmengen in den Kolben zeigten, daß je mehr Nährlösung, desto kleiner die pH-Änderungen. Dieses ließe sich so erklären, daß bei größerer Flüssigkeitsmenge sich die Berührungsfläche zwischen dem Glase und der Lösung nicht viel vergrößert, also auch die Lösungsmöglichkeit der Glaswand nicht viel gesteigert wird (S. Tab. VI).

4. Der Versuch mit HCl-Lösung (pH=2,30) und NaOH-Lösung (pH=11,55) zeigte, daß sich in der Säurelösung die Wasserstoffionenkonzentration im Laufe der 21 Tage nicht geändert, während in der alkalischen Lösung der pH-Wert sich im Mittel um 0,31 vermindert hatte, und daß die Schwankungsamplitude 0,67 erreichte. Daß es sich hier tatsächlich um ein Auflösen des Glases handelt, zeigt der Versuch mit paraffinierten Jenaer Kolben: nach 21 Tagen beträgt die mittlere Veränderung des pH-Wertes bloß 0,03, und die Abweichung vom Mittelwert übersteigt nicht 0,01. Daß das Jenaer Glas in alkalischen Flüssigkeiten löslich ist, geben auch Schott & Gen. an (Katalog 5700).

5. Es muß auch der Gedanke verworfen werden, daß die pH-Änderungen der Nährlösungen infolge der durch Verdunstung verursachten allmählichen Konzentrierung der Lösung beim Stehen derselben erfolgen. Während der 21 Tage wird zwar die Lösung

um 8% konzentrierter, was an und für sich eine pH-Änderung jedoch nicht hervorrufen kann, denn in einer Nährlösung, deren Konzentration um 20% gesteigert worden war, änderte sich die Wasserstoffionenkonzentration derselben dennoch nicht; die White'sche Nährlösung besitzt gute Pufferungsfähigkeit.

Aus den beschriebenen Beobachtungen der pH-Änderungen in der White'schen Nährlösung war zu schließen, daß dieselben durch das Auflösen der Glasbestandteile verursacht waren. Diese Veränderungen traten besonders stark bei gebrauchten Kolben hervor, wo auch die Schwankungen zwischen den pH-Werten der einzelnen Kolben größer waren. Dieses zeugt davon, daß die verschiedenen Umstände, unter deren Einfluß die im Gebrauch gewesenen Kolben sich vor dem Versuch befanden, die Widerstandsfähigkeit ihrer Wände gegen Auflösung verschieden beeinträchtigt hatten. Es muß daher die Auswahl der Glasgefäße für Kulturversuche sehr sorgfältig getroffen werden. Am geeignetsten wären für einen Versuch entweder neue Gefäße, die demselben Glassatz entstammen, oder wenn gebrauchte, so doch unter gleichen Umständen benutzte zu verwenden. Wie Tab. II zeigt, sind in neuen Jenaer Kolben wie in sauern so auch in alkalischen Nährlösungen die pH-Schwankungen am geringsten.

Das gewöhnliche Glas zeigt im Vergleich zum Jenaer ein noch schlechteres Bild: die Abweichungen vom mittleren pH in einer Gruppe sind viel größer und zahlreicher. Dabei ist aber kein großer Unterschied zwischen neuen und gebrauchten Kolben im Gegensatz zu den Jenaer Kolben zu beobachten. Das bedeutet, daß sogar das noch nicht gebrauchte gewöhnliche Glas entweder nicht von gleichmäßiger Zusammensetzung oder mit ungleicher Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einwirkungen ist.

Die Änderungen der pH-Werte der Nährlösungen beim Stehen derselben geschehen allmählich (Tab. I, IV) in dem Sinne, daß in Jenaer Kolben die Lösungen saurer, in Kolben aus gewöhnlichem Glase aber alkalischer werden.

Die Versuche über die Einwirkung der White'schen Nährlösung mit verschiedenen Anfangs-pH-Werten auf die Änderungen der Wasserstoffionenkonzentration der Lösungen während der Sterilisation und der nachfolgenden Aufbewahrung zeigten, daß

diese Änderungen direkt proportional den Anfangs-pH-Werten sind, wenn diese letzteren zwischen  $\text{pH}=3,20-6,36$  liegen (Tab. III und Fig. 1.). Es hat sich also erwiesen, daß die Einwirkung der Nährlösung auf das Jenaer Glas mit dem Fallen der Wasserstoffionenkonzentration derselben größer wird, d. h. daß das Jenaer Glas gegen saures und schwach saures Medium widerstandsfähiger ist, was auch aus dem Versuch mit HCl-Lösung ( $\text{pH}=2,30$ ) zu ersehen war. Mit  $\text{pH}=7,65$  beginnend, sehen wir bei wachsender Alkalität, daß die obige Gesetzmäßigkeit nur noch während der Sterilisation besteht, daß aber während der Aufbewahrung das Gegenteil beobachtet wird — je höher der Anfangs-pH-Wert, desto kleiner dessen Änderung, so daß bei  $\text{pH}=10$  sich das mittlere pH während 21 Tage nicht geändert hat. Das bedeutet nun aber nicht, daß das Jenaer Glas von stark basischen Lösungen nicht angegriffen wird; dagegen spricht der Versuch mit  $n/100$  NaOH. Die Erscheinung wäre eher dadurch zu erklären, daß bei einem  $\text{pH}=7$  und höher im starkem Ausmaß eine Ausfällung der Nährlösungsbestandteile erfolgt, weshalb das Lösungsvermögen sich vermindert.

Große Änderungen der pH-Werte der Nährlösung bewirkt erhöhte Temperatur. Die gewöhnliche Sterilisationstemperatur im Autoklav liegt zwischen  $120^{\circ}-125^{\circ}\text{C}$ , und die Dauer der Sterilisation ist 15—20 Minuten. Es ist möglich, daß auch schon bei dieser Sterilisationsweise chemische Veränderungen der Nährlösung eintreten. Nimmt man aber die Sterilisation bei  $143^{\circ}-151^{\circ}\text{C}$  vor, so geschieht bestimmt ein Abbau des einen Bestandteiles der Nährlösung, nämlich des Zuckers, und im Resultat findet eine jähe Senkung des pH-Wertes statt, was sich noch bei einer wiederholten Sterilisation bei  $125^{\circ}\text{C}$  fortsetzt. Es ist nicht zu bestimmen, welche Rolle in diesem Fall den aufgelösten Glasbestandteilen zukommt, obgleich anzunehmen wäre, daß bei der erhöhten Temperatur auch eine verstärkte Auflösung des Glases erfolgt. Es muß aber noch einmal darauf hingewiesen werden, daß der Zweck der Arbeit nicht soviel die Klärung der Ursache der pH-Änderungen war, als vielmehr die Konstatierung der Erscheinung und ihrer Abhängigkeit von verschiedenen Umständen, um die erlangten Ergebnisse und Erfahrungen im zweiten Teil der Arbeit bei der Kultur isolierter Wurzelspitzen zu verwerten.

### Zusammenfassung.

1. Wie in Kolben aus Jenaer, so auch aus gewöhnlichem Glas gehen in White's Nährlösung kontinuierliche Änderungen der Wasserstoffionenkonzentration während der Sterilisation und auch während der nachherigen Aufbewahrung sogar bei Zimmertemperatur vor sich. Dabei sind die Schwankungen der pH-Werte in den einzelnen Kolben ein und derselben Gruppe ziemlich groß.

2. Diese Änderungen und Schwankungen sind in neuen Jenaer Kolben weniger groß als in Kolben, die schon im Gebrauch gewesen sind. Zwischen gebrauchten und neuen Kolben aus gewöhnlichem Glas ist der Unterschied weniger ausgesprochen — in beiden Fällen sind die pH-Änderungen und die individuellen Schwankungen derselben stark.

3. In Jenaer Kolben wird White's Nährlösung immer saurer, und die Änderungen der Wasserstoffionenkonzentration gehen allmählich vor sich. In Kolben aus gewöhnlichem Glas wird die Lösung basischer, und die Änderung der pH-Werte ist weniger regelmäßig.

4. Die Größen der Änderungen der pH-Werte in Jenaer Kolben sind von den Anfangs-pH-Werten abhängig und bei der Sterilisation ihnen direkt proportional. Bei der nachfolgenden Aufbewahrung besteht diese Proportionalität nur bei Anfangs-pH-Werten, die nicht viel unter  $\text{pH}=7$  liegen. Bei Anfangs-pH-Werten über  $\text{pH}=7$  kommen störende Erscheinungen hinzu (s. S. 104.).

5. Es ist anzunehmen, daß die Änderungen der pH-Werte in den Nährlösungen durch das Auflösen der Glasbestandteile der Kolben veranlaßt werden (s. S. 107.—109.).

6. Eine gewöhnlich zubereitete White'sche Nährlösung besitzt ein  $\text{pH}=4,8-4,9$ , was auch beinahe die Grenze zur basischen Seite hin wäre, denn über  $\text{pH}=5$  beginnt schon eine, wenn auch leichte, Ausfällung der Bestandteile der Lösung, die beim Stei-

gen des pH-Wertes immer stärker wird und bei ungefähr  $\text{pH}=7$  momentan eintritt.

7. Die erlangten Ergebnisse lassen die Notwendigkeit erkennen, die Kulturgefäße für Versuche mit besonderer Sorgfalt zu wählen. Von gewöhnlichem Glas wäre ganz Abstand zu nehmen. Es ist aber wichtig, daß auch Jenaer Kolben vorher gleiche Behandlung erfahren haben, denn verschieden verwendete Jenaer Kolben zeigen individuelles Verhalten in bezug auf die Beeinflussung der Wasserstoffionenkonzentrationen der in ihnen befindlichen Lösungen. Am geeignetsten wären neue Kolben, die demselben Glassatz entstammen.

#### LITERATUR.

Fiedler, H. Die pflanzliche Gewebe- und Organkultur (Sammelreferat). Zeitschr. f. Bot. 1938. Bd. 33, 369.

Fitting, H. Untersuchungen über Chemodinese bei *Wallisneria*. Jahrb. f. wiss. Bot. 1928. Bd. 67, 427.

Malyshev, N. Das Wachstum des isolierten Wurzelmeristems auf sterilen Nährböden. Biol. Zentralbl. 1932. Bd. 52, 257.

Robbins, W. J. and White, V. B. Limited growth and abnormalities in excised corn root tips. Bot. Gaz. 1936. Vol. 98, 209.

White, Ph. R. Influence of some environmental conditions on the growth of excised root tips of wheat seedlings in liquid media. Plant. Physiol. 1932. Vol. 7, 613.

White, Ph. R. Potentially unlimited growth of excised tomato root tips in a liquid medium. Plant. Physiol. 1934. Vol. 9, 585.

White, Ph. R. Seasonal fluctuations in growth rates of excised tomato root tips. Plant Physiol. 1937. Vol. 12, 183.

## Pētījumi augu organu kultūru metodikā I.

### Barības šķīduma pH maiņas trauku un sterilizācijas ietekmē.

#### Kopsavilkums.

1. Sterilizējot White'a barības šķīdumu Jēnas un parastā stikla traukos, novērojama šķīduma ūdeņraža ionu koncentrācijas maiņa, kas pakāpeniski turpinās arī istabas temperatūrā pēc sterilizācijas. Atsevišķos traukos pH maiņa diezgan dažāda.

2. Šķīduma pH maiņas lielums un tās dažādība jaunos Jēnas traukos mazāka kā lietotos, kas bijuši atšķirīgu šķīdumu ietekmē. Starp jauniem un lietotiem parastā stikla traukiem atšķirība maza. Abos gadījumos pH maiņa liela un liels arī tās dažādību skaits.

3. Jēnas traukos White'a barības šķīdums pakāpeniski kļūst skābāks, parastā stikla — baziskāks. pH maiņa parastā stikla traukos nevienmērīgāka.

4. Barības šķīdumu sterilizējot, pH maiņa Jēnas traukos tieši proporcionāla sākuma pH vērtībai. Pēc sterilizācijas šī likumība vērojama tikai tad, ja sākuma pH bijis zem 7,0. Ja pH sākumā bijis virs 7,0 — proporcionālītes nav dažu apstākļu dēļ (sk. 104. lpp.).

5. Barības šķīduma pH maiņas rodas, šķīstot trauka sienām.

6. White'a barības šķīdumā sākas tikko manāma izgulsnēšanās, ja ūdeņraža ionu koncentrāciju kāpina līdz  $\text{pH}=5$ . Tas rāda, ka pareizi sagatavotā barības šķīdumā ( $\text{pH}=4,8-4,9$ ) sāļu ionu stabilitāte tuva izgulsnēšanās robežai. Ja pH vērtību šķīdumā kāpina virs 7, izgulsnēšanās iestājas momentāli.

7. Uzmanīga trauku izvēle samazina pH vērtības maiņas barības šķīdumā. Parastā stikla trauki kultūrām nepiemēroti. Visnoderīgāki jauni Jēnas trauki, kas gatavoti no vienas javas. Izvēloties kultūrām vecus, t. i. lietotus Jēnas traukus — jāņem tādi, kas lietoti vienam un tam pašam uzdevumam.



12,5

LU bibliotēka



930007743

57204

P  $\frac{LW}{144d}$

AFV Nr. II/00854. Eksemplāru skaits 1100. Papīrs iespiežamais H1c 45 kg, 67 × 95 cm, no Jaunciema papīra fabrikas. Iespiests un brošēts Latvijas vērtspapīru spiestuvē 1943. g. Nr. 24605. V88.