

Über den Wert der von der Croneschen Nährlösung.

Von
M. Appel.

In seiner Dissertation, betitelt »Ergebnisse von Untersuchungen über die Wirkung der Phosphorsäure auf die höhere Pflanze und eine neue Nährlösung« beschreibt von der Crone¹ die ausgezeichneten allen übrigen überlegenen Eigenschaften der von ihm angegebenen Nährlösung.

Die Arbeiten von der Crones, welche unter der Leitung von F. Noll ausgeführt wurden, waren mir, als Schülerin Nolls, aus eigener Anschauung bekannt.

Die Ergebnisse seiner Arbeit wurden durch Jahr für Jahr im Botanischen Institut der Bonner Landwirtschaftlichen Akademie wiederholte Versuche stets bestätigt. Auch Detmer erwähnt, daß die Resultate, der auf seine Veranlassung, von Schleichert² angeführten Versuche, ganz und gar zugunsten der von der Croneschen Lösung, nicht der älteren Lösungen sprechen.

Eine befriedigende Theorie seiner Lösung ist von der Crone deshalb nicht gelungen, weil er übersah, daß nur die aufgelösten Salze für die Pflanzen in Betracht kommen, während die Menge des Bodenkörpers für das in der Lösung herrschende Gleichgewicht belanglos ist.

Einige Jahre später teilte nun Benecke³ eine brauchbare Theorie der Nährlösung mit, aber er kam bei seinen ver-

¹) Inaug. Diss. Bonn 1904.

²) Detmer; Das kleine Pflanzenphysiologische Praktikum 1909, 3. Aufl. p. 8.

³) Zeitschr. f. Bot. 1909. 1, 235.

gleichenden Studien über die Verwendbarkeit der von der Cronaschen und der Pfefferschen Nährlösung zu Ergebnissen, die mit den von der Cronaschen durchaus nicht übereinstimmten.

Die Anforderungen, die nach von der Crones Untersuchungen an eine gute Nährlösung gestellt werden müssen, sind folgende:

- I. Die Lösung muß neutral oder schwach alkalisch sein, weil sich in sauren Lösungen die Wurzeln nur schwach entwickeln.
- II. Die Lösung muß reichliche Mengen Eisen enthalten, weil sonst die Pflanzen chlorotisch werden.
- III. Die Lösung muß genügende Mengen Phosphationen enthalten.

Diese drei Forderungen sind schwierig zu erfüllen. Eisenphosphat ist in Wasser sehr schwer löslich, so daß man als leichtest lösliches das Ferrophosphat verwenden muß, das sich in kohlen-säurehaltigem Wasser etwa zwölfmal so leicht löst wie das Ferriphosphat¹. Reicht die Phosphationenmenge des Eisensalzes nicht aus, was unter Umständen eintreten kann, so muß ein anderes Phosphat hinzugesetzt werden.

Fügt man aber zu der Ferrophosphatlösung lösliche Phosphate hinzu, so wird, da man auf diese Weise reichliche Mengen Phosphationen in die Lösung hineinbringt, die Löslichkeit des Ferrophosphats stark verringert. Beim Hinzufügen von 0,05% sekundärem Kaliumphosphat sinkt sie z. B. auf etwa 1% herab. Lösliche Phosphate sind also zu vermeiden, weil sie die Auflösung des Eisenphosphates so stark vermindern, daß Eisenhunger und Chlorose in den Pflanzen erzeugt werden.

Man ist also gezwungen, ein schwerlösliches Phosphat zu wählen. Die Löslichkeit des sekundären Calciumphosphats ist sogar noch so groß, daß dieses bei sehr eisenliebenden Pflanzen Chlorose hervorbringen kann, während das tertiäre Calciumphosphat alle Bedingungen erfüllt.

Die von der Cronesche Nährlösung ist also die beste,

¹) Dammer: Handb. d. anorg. Chemie. 1893. 3, 346 u. 348.

weil sie nicht sauer ist, und weil sie die unter diesen Bedingungen größtmögliche Menge von Eisen in Gestalt von Ferrophosphat gelöst enthält. Von der Crone ist nicht auf Grund dieser Überlegungen, sondern rein empirisch zu seiner Lösung gelangt. Da aber seine Versuchsergebnisse mit den Forderungen dieser Theorie völlig übereinstimmen, während Benecke bei seinen Kulturversuchen zu anderen Resultaten kam, so sah ich mich veranlaßt, eine erneute, auf besonders breiter Basis angelegte Prüfung der Frage vorzunehmen.

Die Versuche, welche ich drei Jahre lang durchführte, und über die ich hier in Kürze berichten möchte, wurden mit *Zea Mays*, Handelssorte *praecox*, vorgenommen, derselben Maissorte, welche Benecke benutzte (Herkunft: Bot. Institut der Universität Kiel), ferner mit *Polygonum Fagopyrum esculentum* ausgeführt. Zunächst einiges über die Versuchsanstellung.

Ich lege Wert darauf, die angewandte Methode etwas genauer zu beschreiben als vielleicht von mancher Seite für nötig erachtet wird. Denn da es sich um die Entscheidung einer prinzipiellen Frage handelt, kann die genaue Angabe der Methode für Nachprüfende von entscheidendem Werte sein. Die Samen wurden 24 Stunden in destilliertem Wasser eingeweicht; dann entwickelten sich die Keimlinge weiter 3 bis 5 Tage lang auf Tontellern (oder in Porzellanschalen mit feuchtem Filtrierpapier), die mit Glasscheiben überdeckt waren. Hatten die Wurzeln die Länge von 1—3 cm erreicht, so wurden die Keimlinge in die Nährlösung eingesetzt; (sehr wichtig ist, daß die Wurzelhaare ganz unversehrt bleiben). Das angewandte Wasser war stets reines destilliertes Wasser und wurde jedesmal auf Kupfer geprüft.

Als Kulturgefäße dienten Behälter aus farblosem Glas mit $2\frac{1}{2}$ Liter Flüssigkeit per Pflanze (von der Crone züchtete meist 4 Pflanzen in $\frac{1}{4}$ Liter Lösung aus Sparsamkeitsrücksichten. Eine große Anzahl wurde jedoch von ihm in 1 Liter Lösung fassenden Gefäßen gezüchtet und Kulturen, die eine längere Vegetationsdauer verlangten, wurden in Glasbehältern von mehreren Litern Inhalt erzogen).

Die Nährsalzmischung wurde auf 1 Liter Wasser berechnet.

Zur Befestigung der Pflanzen dienten mit Paraffin überzogene Korkplatten und zum Aufrechterhalten der Sproße in diese eingesteckte Holz- oder Glasstäbe. Sämtliche Gläser waren mit lichtschtützenden Hüllen umgeben.

Das Niveau der Nährlösung wurde bei starker Transpiration täglich durch Auffüllen mit destilliertem Wasser auf gleichem Stand gehalten.

Die verwendeten Chemikalien waren von Kahlbaum-Berlin bezogen und erwiesen sich als chemisch rein.

Die Nährlösung wurde im Jahre 1909 bis November 3 mal erneuert. 1910 wurden die Versuche zu verschiedenen Zeiten begonnen: im März und Mai. Bei der Märzgeneration erfolgte ein zweimaliges Erneuern der Nährlösung (nach je 8 Wochen) bei der Maigeneration nur Ende Juni.

Versuche mit von der Cronescher Lösung, bei welchen das tertiäre Calciumphosphat weggelassen wurde, geben mit Mais ebenso günstige Ergebnisse wie mit solchem: kräftige, dunkelgrüne Blätter¹, männliche und weibliche Blüten, schön entwickeltes Wurzelsystem.

Die in dem Eisensalz vorhandene Menge Phosphationen scheint also für die Maispflanze auszureichen.

Ein Hauptunterschied der Maiskulturen nach von der Crone und Pfeffer bestand darin, daß die Pfefferschen allerdings zum Blühen kamen, aber nur stecknadelkopfgroße Samenansätze brachten; die von der Croneschen aber reife Kolben mit keimungsfähigen Körnern ergaben. Die Blätter in Pfefferscher Lösung blieben während der ganzen Versuchsdauer chlorotisch. Anfangs wuchsen sie rascher, wurden aber von den von der Cronesschen, welche von Anfang bis Ende des Versuches kräftige, dunkelgrüne Blätter aufwiesen, nach einiger Zeit überholt. Samen eines Kolbens (der 4,21 g wog), wurden im Frühjahr 1910 in von der Cronesche Lösung eingesetzt. Es entwuchsen daraus Pflanzen von 60 cm Sproßhöhe mit je 8 dunkelgrünen Blättern, männlichen und weiblichen Blüten, rein weißen 45 cm langen Wurzeln mit zahlreichen Nebenwurzeln. Während der Vegetationsperiode wurden an allen Pflanzen Messungen regelmäßig vorgenommen:

¹) Blaugrüne Blätter erhielt ich (Appel) bei dieser Maissorte nicht.

Durchschnitt 1909		
von der Crone (mit tert. Calciumphosphat)	von der Crone (ohne tert. Calciumphosphat)	Pfeffer
Wurzel: 49 cm	64 cm	47 cm
Sproß: 78 „	58 „	34 „
Durchschnitt 1910		
Wurzel: 35 cm		37 cm
Längssproß: 52 „		42 „
Längst. Blatt: 54 „		45 „
Einzelmessungen 1909		
Wurzeln		
43—52—56—45—50—47 cm	62—58—80—65—60—59 cm	18—45—70—51—54 cm
Sproße		
100—76—40—116—75—63 cm	72—84—55—40—44—51 cm	18—42—52—31—38 cm
Einzelmessungen 1910		
Wurzeln		
25—40—32—40—36—40—17—47 cm		28—34—33—40—53 cm
Sproße		
38—51—56—44—38—46—80—60 cm		30—41—50—23—67 cm
Längste Blätter		
?—58—48—52—58—58—?—49 cm		55—51—34—38—48 cm

Die nachfolgenden Gewichtsangaben für Sprosse, Wurzeln und Blätter beziehen sich auf bei 100 C. getrocknetes Material. Vor dem Trocknen wurden die Wurzeln in Leitungswasser ausgewaschen und mit destilliertem Wasser nachgespült.

Durchschnitts-Trockengewicht 1909		
von der Crone (mit tert. Calciumphosph.)	von der Crone (ohne tert. Calciumphosph.)	Pfeffer
Wurzel: 1,1416 g	1,416 g	0,312 g
Sproß: 2,6183 g	2,235 g	0,36 g
Blätter: 2,943 g	2,828 g	1,292 g
Durchschnitts-Trockengewicht 1910		
Wurzel: 1,954 g		0,545 g
Sproß: 3,9766 g		1,423 g
Blätter: 3,226 g		2,201 g

Wie die Tabellen zeigen, übertreffen (mit ganz wenigen und unwesentlichen Ausnahmen) die Pflanzen nach von der

Crone die nach Pfeffer sehr erheblich und zwar bei den Einzelermittlungen sowohl wie im Durchschnitt.

Bei den Lösungen gingen einige Wurzeln im Juli 1910 an zu faulen. Der angefaulte Teil wurde wiederholt abgeschnitten. Trotzdem blieb der oberirdische Teil der Pflanzen gesund. Im Jahre 1909 faulte keine Maiswurzel¹.

Über die Anwendung des Eisenchlorids sei noch folgendes erwähnt. Nach Benecke lautet die Vorschrift: auf »sieben oder drei« Liter 3—6 Tropfen Eisenchlorid. Von der Crone gab 6 Tropfen auf 1 Liter. — Benecke 2 oder 3 auf 1½ Liter. — Ich gab 1909 viermal (von Juni bis November) Eisenchlorid hinzu: das 1. Mal 2, dann 3, zuletzt 4 Tropfen auf 2 Liter. 1910 5—10 Tropfen der offenen Eisenchlorid-Lösung.

Da diese letzten Versuche weit günstiger ausfielen, hatten offenbar die Pflanzen 1909 an Eisenhunger gelitten. Der Ansicht Beneckes, daß 6 Tropfen auf 1 Liter bei von der Crones Versuchen wegen zu hohen Säuregehaltes geschädigt haben möchten, kann ich nach meinen Versuchsergebnissen nicht beipflichten, wohl aber dürfte die Schädigung auf die Verwendung einer empfindlicheren Maissorte oder darauf zurückzuführen sein, daß die Versuchspflanzen gleich von Anfang an die angegebenen 6 Tropfen erhielten und nicht erst allmählich an diese verhältnismäßig hohe Gabe gewöhnt wurden.

Nach 8—14 oder nach 30 Tagen, je nach dem Auftreten der Chlorose fügte ich 1910 von März bis Mai je 5 Tropfen, von Mai bis Juni je 10 hinzu. Ich verabreichte den in Pfefferscher Lösung gezogenen Pflanzen im ganzen ebensoviel Eisen in Gestalt von Eisenchlorid, wie im Ferrophosphat der von der Croneschen Nährmischung enthalten ist. 0,25 g Ferrophosphat enthalten 0,117 g Eisen. 5 Tropfen Eisenchloridlösung enthalten 0,04 g Eisen. Der in 0,25 g Ferrophosphat enthaltenen Eisenmenge würden 14,4 Tropfen Eisenchlorid nach obigem entsprechen. 50 Tropfen Eisenchloridlösung von 10% Eisengehalt wogen 4,07 g.

Wie bekannt, enthält die von der Cronesche Lösung per 1 Liter destilliertes Wasser:

¹) In den Landw. Vers. Stationen 1862—63—67 ist Wurzelfäulnis genau beschrieben.

1,0 g KNO_3
 0,5 g CaSO_4
 0,5 g MgSO_4
 0,25 g $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
 0,25 g $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$

die Pfeffersche:

1,3 g Calciumnitrat
 0,33 g Kaliumnitrat
 0,33 g Primärkaliumphosphat
 0,33 g Magnesiumsulfat
 0,16 g Kaliumchlorid und
 1—2 Tropfen Eisenchlorid.

Das Ergebnis dieser Prüfung auf die Eisenwirkung war, daß sich kräftige, dunkelgrüne Blätter entwickelten und vereinzelte Körner reiften. (Kein ganzer Kolben wie bei von der Crone-Nährlösung.)

Die Hauptsache war, die Pflanzen langsam an immer größere Mengen Eisen zu gewöhnen. Nicht zu viel auf einmal, auch nicht zu wenig. War der richtige Zeitpunkt für den Eisenzusatz verpaßt, so wurden die Pflanzen chlorotisch und erholten sich nicht mehr. Die Beobachtungen Josts, daß das chlorotische Organ noch jung sein muß, wenn ein Ergrünen eintreten soll — bei älteren hilft nachträglicher Eisenzusatz nicht mehr — bestätigte sich hier.

Die Kulturen nach Pfeffer forderten in diesem Punkt mehr Aufmerksamkeit und Mühe. Bei den von der Cronaschen trat überhaupt nie Neigung zu Chlorose ein.

1910 wurden am Schluß einer Vegetationsperiode mehrere der (hier einfach mit der Nummer des betreffenden Versuchesgefäßes bezeichneten) Lösungen beiderlei Art auf Alkalität und Eisengehalt geprüft. Herrn Dr. P. Koenig vom chemischen Institut der Landwirtschaftl. Akademie, der diese Untersuchungen freundlichst übernahm, verdanke ich hierüber folgende Angaben:

Alkalität

(ausgedrückt als Kaliumhydroxyd in g per ein Liter; die angegebenen ccm beziehen sich auf den Verbrauch an $\frac{1}{10}$ Nor-

mal-Schwefelsäure für jeweilig 20 ccm Nährlösung. Indikator: Phenolphthalein).

Lösung nach von der Crone.

	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 5
Säureverbrauch:	0,4 ccm	0,4 ccm	0,8 ccm	0,6 ccm
entsprechend KOH:	0,112 g	0,112 g	0,224 g	0,168 g
	Nr. 6	Nr. 7	Nr. 8	Nr. 9
Säureverbrauch:	0,5 ccm	0,5 ccm	0,6 ccm	0,3 ccm
entsprechend KOH:	0,14 g	0,14 g	0,168 g	0,084 g

Lösung nach Pfeffer

	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4
Säureverbrauch:	0,15 ccm	0,3 ccm	0,15 ccm	0,25 ccm
entsprechend KOH:	0,042 g	0,084 g	0,042 g	0,07 g
	Nr. 5	Nr. 6	Nr. 7	Nr. 9
Säureverbrauch:	0,1 ccm	0,15 ccm	0,1 ccm	0,2 ccm
entsprechend KOH:	0,028 g	0,042 g	0,028 g	0,056 g

Beide Lösungen sind also beträchtlich alkalisch geworden. Die Ursache dafür ist wohl in der Hauptsache in der Tätigkeit der Wurzeln zu suchen, denn da die Gefäße schon das ganze Jahr 1909 in Gebrauch gewesen waren, war wohl kaum anzunehmen, daß sie 1910 noch größere Mengen Alkali an die Lösung abgeben konnten.

In diesem Alkalisichwerden der Lösung liegt auch die chemische Erklärung für die Notwendigkeit, zu der Pfefferschen Lösung die Eisenchloridlösung fraktioniert hinzuzufügen. Denn nur solange die Lösung sauer ist, bleibt das Ferrisalz aufgelöst. Wird sie neutral, so fällt alles Eisensalz als Ferriphosphat aus, und zwar vollständig, weil auch gelöstes Alkaliphosphat zugegen ist. Einige Tropfen der stark sauren offizinellen Eisenchloridlösung beheben den Übelstand so lange, bis die Säure wieder neutralisiert ist.

Daß tatsächlich am Schluß der Vegetationsperiode das Eisen aus der Lösung verschwunden ist, sieht man aus folgenden Zahlen:

Eisengehalt:							
Pfeffersche Lösung							
Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6	Nr. 7	Nr. 9
Sehr geringe merkliche Spuren		o	o	o	o	o	Spuren

Es ist vielleicht von Interesse, von meinen Beobachtungen über das zur Verwendung kommende Ferrophosphat etwas mitzuteilen.

Chemisch reines Ferrophosphat ist weiß, nicht haltbar. Es verändert sich an der Luft sofort zu höher oxydiertem Ferriferrophosphat von verschiedenem Eisengehalt. Auch die Farbe des Präparates ist verschieden, gelbgrün, braun oder blau. Diese Verschiedenheit der Zusammensetzung und Farbe mag von der Art der Herstellung herrühren. Ich benutzte von Kahlbaum bezogene Salze, von denen das eine blau, das andere olivenbraun gefärbt war. 1909 wandte ich nur blaues an, 1910 beide Salze nebeneinander. Nur mit dem blauen Salze arbeitete von der Crone.

Die mit dem blauen Eisensalze versorgten Pflanzen übertrafen diejenigen des braunen von Anfang an. Die meisten des letzteren gingen zugrunde. Die Nährlösungen mit braunem Ferrophosphat mußten durch solche mit blauem ersetzt werden. Darin gediehen die Maispflanzen vorzüglich.

Diesem Befund entsprach auch die Zusammensetzung der Salze. Das blaue Salz enthielt 12,53%, das braune nur 4,75% Ferro-eisen, während reines Ferrophosphat $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$:33,47% Eisen enthält. Das blaue Salz enthielt also noch etwa 37%, das braune nur noch 14% der möglichen Menge Ferrosalz.

Als Hauptergebnis dieser meiner Versuche ist anzuführen, daß wenigstens für gewisse Pflanzen z. B. Mais der von der Cronaschen Nährlösung der Vorzug zu geben ist, um kräftige, gesunde Individuen mit keimfähigen Samen zu erzielen, abgesehen davon, daß bequemer mit dieser Nährlösung zu hantieren ist.

Buchweizen 1911.

Um die vorbesprochenen Versuche 1909—1910 zu erweitern, wurde 1911 mit einer anderen Pflanze, *Fagopyrum esculentum*, gearbeitet. Der Buchweizen gedieh — um dieses Ergebnis vorweg zu nehmen — sowohl in von der Cronascher wie Pfefferscher Nährlösung. Die Versuchspflanzen wuchsen unter denselben Bedingungen wie *Zea Mays* 1909 und 1910 (zur gleichen Jahreszeit im demselben Gewächshause und in den damals angewandten Behältern).

Die Buchweizenpflanzen entwickelten alle gleich schöne, gesunde Wurzeln von blauweißer oder blaugrauer Färbung. Die kräftigen Blätter waren dunkelgrün.

Zunächst seien die Ergebnisse der Maigeneration beschrieben. Blüten zeigten sich reichlich, der Samenansatz und später die Ernte der reifen Samen fiel recht befriedigend aus.

Die Zusammensetzung der Nährlösung, die Beschaffenheit der Gefäße usw. schien keinen merklichen Einfluß auf die Entwicklung der Pflanzen zu haben, wenigstens zeigten die Versuche keine wesentlichen Unterschiede; die folgenden Zahlen mögen dies erläutern:

Von der Cronese Lösung:

Wurzeln: 25—25—23—23—30 cm (—25,2 cm im Durchschnitt)
 Sprosse: 130—140—162—225—232 cm und weniger (177,8 cm im Durchschnitt)
 Samen-Anzahl: 2—8—93—36—4
 Samen-Gewicht: 0,05 g—0,15 g—2,65 g—1,29 g—0,2 g.

Gesamtzahl der Samen von 18 Pflanzen:

445 Samen von 13,27 g Gewicht.

Im Durchschnitt:

24,722 Samen per Pflanze

1 Same = 0,029 g.

Trockengewicht im Durchschnitt von 18 Pflanzen:

Wurzeln: 1,76 g Sproße: 19,14 g Blätter: 10,99 g.

Von 1 Pflanze im Durchschnitt:

Wurzeln: 0,097 g Sproße: 1,007² g Blätter: 0,61 g.

Pfeffersche Lösung.

Wurzeln: 30—24—20—30—30 cm (—26,8 cm im Durchschnitt)
 Sprosse: 130—140—164—200—213 cm und weniger
 (169,2 cm im Durchschnitt)

Samen-Anzahl: 5—47—17—54—57

Samen-Gewicht: 0,13 g—1,27 g—0,52 g—1,57 g—1,53 g.

Gesamtzahl der Samen von 22 Pflanzen:

1219 Samen von 34,20 g Gewicht.

Im Durchschnitt:

55,4 Samen per Pflanze

1 Same = 0,028 g.

Trockengewicht im Durchschnitt von 31 Pflanzen:

Wurzeln: 11 g Sproße: 55,95 g Blätter: 23,63 g.

Von 1 Pflanze im Durchschnitt:

Wurzeln: 0,354 g Sproße: 1,804 g Blätter: 0,762 g.

Eine von der Cronesche Versuchspflanze brachte 112 Samen, die 3,58 g wogen.

Auffallend ist der bedeutende Unterschied in der Samenanzahl bei Exemplaren, welche am gleichen Tage in ein und denselben Behälter eingesetzt wurden.

z. B. Sproßhöhen von: 85 cm—200 cm—126 cm—232 cm

Samenanzahl: 43 „ —113 „ —112 „ —4 „

Nicht nur die Samen, sondern auch die Keimlinge wurden beim Einsetzen möglichst gleichmäßig ausgewählt.

Daß eine beträchtliche Anzahl Versuchspflanzen erforderlich ist, um ein beweiskräftiges Ergebnis unter den gewählten Bedingungen zu erhalten, — daß die kleinste Verletzung eines Organs große Versuchsfehler verursachen kann — braucht wohl nicht erwähnt zu werden. Es wurden deshalb grundsätzlich die Pflanzen, welche im Laufe der Versuchszeit verletzt wurden, ausgeschaltet.

Es ist eine Eigentümlichkeit des Buchweizens, mehrere Monate hindurch neu Blüten zu bilden und Samen auszureifen. Während des ganzen Sommers und Herbstes wurden vereinzelt reife Körner geerntet. Daß die Samen keimfähig waren, zeigte das Frühjahr 1912. Ich gedenke die Versuche in den nächsten Jahren zu erweitern, um das Urteil über die Verwendbarkeit der von der Cronaschen Lösung auf möglichst breite Grundlage stellen zu können.

Ich bemerke noch, daß die Nährlösungen im gegenwärtigen Fall (1911) während des Versuches nicht erneuert wurden.

Der Pfefferschen Lösung wurden von Anfang an 5 Tropfen Eisenchlorid zugesetzt und nach einem Monat 10 Tropfen.

Da 15 Tropfen der offizinellen Eisenchloridlösung 0,122 g Eisen und 0,25 g Ferrophosphat 0,117 g Eisen enthalten, so wurde demnach in der von der Cronaschen Lösung nahezu dieselbe Menge Eisen pro Behälter verabfolgt wie bei der Pfefferschen.

Da die Buchweizenpflanzen beider Lösungen sich vortrefflich entwickelten, war weder Erneuerung der Lösung, noch ein Zusatz von mehr Eisen notwendig. (Im Gegensatz zu den Versuchen mit *Zea Mays* 1910, wo zur Verhütung der Chlorose öfterer Eisenzusatz sich als sehr nötig erwies.)

Bei einigen Exemplaren traten Erkrankungen schon im jugendlichen Stadium auf (Verdickungen der Knoten, Blattstiele und Stengel, Umrollen der Blätter und Blüten). Diese wurden vom Versuche ausgeschlossen.

Am Schlusse der Versuchsperiode wurden die einzelnen Lösungen wieder auf ihre Reaktion untersucht. Das Ergebnis dieser Prüfung war (bezogen auf 25 ccm Lösung, Indikator Phenolphthalein):

Lösung nach von der Crone.

$\frac{1}{10}$ Normal-Schwefelsäure verbraucht:

Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3
0,10 ccm	0 ccm	0,05 ccm
sehr schwach alkalisch	vollständig neutral	kaum alkalisch, fast neutra

Lösung nach Pfeffer.

$\frac{1}{10}$ Normal-Schwefelsäure verbraucht:

Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3
0,025 ccm		
(sehr schwach alkalisch)	so gut wie neutral, sehr schwach sauer	neutral

Daraus folgt, daß eine geringe alkalische oder saure Reaktion der Nährlösung der Pflanze nichts schadet, womit aber nicht in Abrede gestellt werden soll, daß die möglichst neutrale Reaktion den meisten Pflanzen am besten bekommen wird. Daß die Reaktionsverhältnisse der Kulturlösungen, ob diese neutral, schwach oder stärker sauer waren, anscheinend einen größeren Einfluß auf die Entwicklungsfähigkeit der Wurzeln nicht ausgeübt hatten, erwähnt auch Hansteen¹. Ich beobachtete das gleiche bei meinen Kulturen in den Jahren 1909 bis 1911.

Auch im August wurden mehrmals Pflanzen in von der Cronesche Nährlösung eingesetzt. Sowohl die oberirdischen Teile, wie die Wurzeln waren bedeutend kleiner und zarter entwickelt als bei der Maigeneration. Die Wurzeln hatten auch die blauweiße oder blaugraue Färbung wie bei den Maikulturen. Die Blätter waren schön gesund grün. Die Individuen gleichen mehr den Freilandpflanzen (keine abnorm hohen Sprosse). Die höchsten Sprosse erreichten 53—61—74 cm. Zehn samentragende Pflanzen erbrachten Samenernten von: 2—3—4—5—6 bis 8—10—14—4—4—Samen. Die Kulturlösungen erwiesen sich am Schluß der Vegetationsperiode als neutral. Mit den August-

¹) Jahrb. f. wiss. Bot. 1910. 47.

pflanzen wurden im großen und ganzen dieselben Ergebnisse erzielt, wie mit den Frühjahrspflanzen, wenn wir das Ziel dieser Arbeit im Auge behalten, die Brauchbarkeit der angewandten Nährlösungen zu prüfen.

Fagopyrum esculentum (braune Ostseesorte) ist entschieden eine für Wasserkulturen dankbare Versuchspflanze, mit ihr gelingt es leichter und bequemer als mit der Sorte *praecox* von *Zea Mays* gesunde kräftige Pflanzen heranzuziehen.

Ich werde noch mit anderen Buchweizensorten und sonstigen Pflanzen ähnliche Studien vornehmen und mit den schon erprobten Arten und Spezies noch anderweitige Versuche anstellen.

Zum Schlusse sei noch erwähnt, daß sich aus meinen Versuchen auch Schlüsse nach einer anderen Seite hin ziehen lassen. Verschiedene Forscher behaupten nämlich, daß der Buchweizen nur in chlorhaltigen Nährlösungen normal gedeihen und Samen erzeugen könne, und glauben sich zu dem Schlusse berechtigt, daß die Pflanzen, insbesondere der Buchweizen, Chlor unbedingt nötig hätten. Wie nun P. Koenig¹ feststellte, ist es sehr wohl möglich, Buchweizen auch in chlorfreier Nährlösung so zu ziehen, daß er durchaus gesund bleibt und normale Samenernten hervorbringt. Da nun meine von der Cronaschen Nährlösungen chlorfrei waren, und auch ich meist normale Pflanzen mit teilweise recht reichen Samenernten erzielte (s. o.), so wurden damit die Versuchsergebnisse P. Koenigs vollauf bestätigt. Ich bemerke noch, daß Koenig seine Versuche im gleichen Gewächshause, also unter denselben äußeren Bedingungen angestellt hat, wie ich.

Die Hauptergebnisse dieser Arbeit seien folgendermaßen zusammengefaßt:

Da die von der Cronasche Lösung während der Vegetationsdauer neutral bleibt oder schwach alkalisch wird, so bleibt ihr Eisengehalt in Gestalt von Ferrosalz nahezu konstant. Die Pfeffersche Lösung, die anfangs sauer ist, enthält ursprünglich viel Eisen in der Ferriform gelöst, das im Laufe der Vegetationsperiode mehr und mehr ausfällt, weil die Lösung neutral wird. Der Eisengehalt der Pfefferschen Lösung schwankt also und muß durch fraktioniertes Hinzugeben von saurer Chlorid-

¹) Verhandl. d. Naturf.-Versamml. d. naturw. Abt. Karlsruhe. 1911. S. 261 ff.

lösung reguliert werden, wenn man Chlorose vermeiden will, während diese Vorsichtsmaßregeln bei der von der Croneschen Lösung überflüssig sind.

Wenig empfindliche Pflanzen, wie *Fagopyrum esculentum*, gedeihen danach ebensowohl in gut regulierter Pfefferscher wie in von der Cronescher Lösung. Säureempfindliche und stark eisenliebende Pflanzen aber, wie *Zea Mays*, Sorte *praecox*, entwickeln sich durchaus besser in von der Crones Lösung. Diese hat danach den ausgedehntesten Verwendungsbereich, ist am leichtesten zu handhaben und gibt immer gleichmäßige, leicht reproduzierbare Resultate, weshalb ihr vor allen anderen der Vorzug zu geben ist.

Diese Arbeit wurde in den Jahren 1909 bis 1911 im botanischen Institut der Landwirtschaftlichen Akademie zu Bonn-Poppelsdorf unter der Leitung von Herrn Professor Dr. M. Koenicke ausgeführt. Bei der Beantwortung der chemischen Fragen haben mir Herr Geheimrat Kreuzler, Herr Dr. Koenig und Herr Prof. Dr. Benrath mit Rat und Tat beigestanden. Ihnen allen spreche ich für ihre Hilfe meinen verbindlichsten Dank aus.

Botanisches Institut der Landwirtschaftlichen Akademie Bonn-Poppelsdorf.

Literaturverzeichnis.

- Benecke, W., Die von der Cronesche Nährlösung. *Zeitschr. f. Bot.* 1909. I. Jahrg. 235—252.
- von der Crone, G., Ergebnisse von Untersuchungen über die Wirkung der Phosphorsäure auf die höhere Pflanze und eine neue Nährlösung. Dissertation. Bonn. 1904.
- Detmer, W., Das kleine Pflanzenphysiologische Praktikum. Jena. 1909.
- Hansteen, B., Über das Verhalten der Kulturpflanzen zu den Bodensalzen. I—II. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 1910. 47, 289—376.)
- Jost, L., Vorlesung über Pflanzenphysiologie. 1908. 2. Aufl. Jena. Landwirtschaftliche Versuchsstation 1862—63—67. Neue Folge Versuchsstation. 1, 7, 12.
- Noll, F., Physiologie aus dem Lehrbuch f. Botanik f. Hochschulen. 9. Aufl. Jena. 1908. 143—273.
- Pfeffer, W., Pflanzen-Physiologie. 1897. I. Stoffwechsel. 1904. II. Kraftwechsel. Leipzig.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für Botanik](#)

Jahr/Year: 1918

Band/Volume: [10](#)

Autor(en)/Author(s): Appel M.

Artikel/Article: [Über den Wert der von der Cronaschen Nährlösung. 145-158](#)