

52. Viktor Grafe und Emmy Vieser: Untersuchungen über das Verhalten grüner Pflanzen zu gasförmigem Formaldehyd.

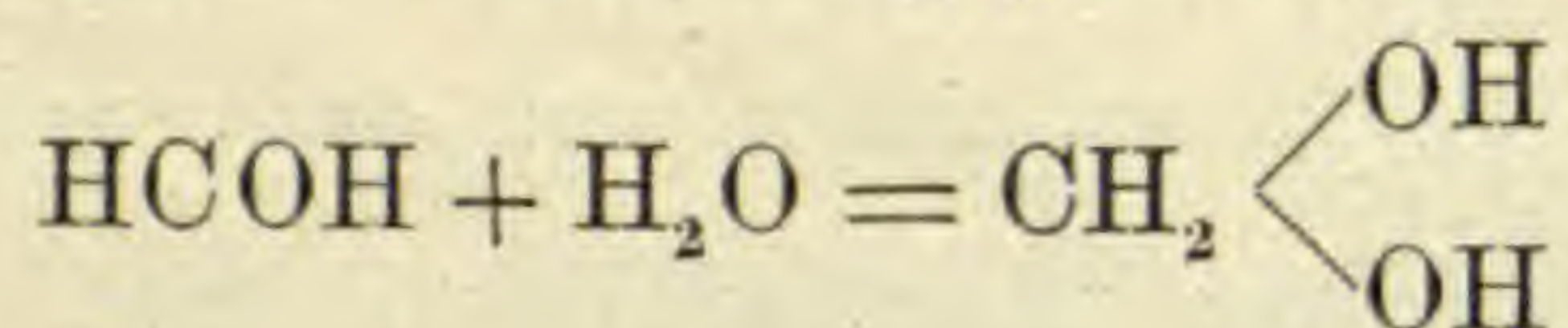
(Mit 4 Tabellen und 2 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 19. Juli 1909.)

Mit Rücksicht auf die BAEYERsche Hypothese, welche bekanntlich den Formaldehyd als Zwischenprodukt bei der Kohlensäure-Assimilation bezeichnet, aus dem dann durch Polymerisation die Zuckerarten entstehen sollen, wurde wiederholt der Versuch gemacht, einerseits Formaldehyd in der grünen Pflanze nachzuweisen, andererseits zu erproben, ob dieser Aldehyd, dem Pflanzenorganismus als Nährmaterial dargeboten, zum Aufbau des Kohlehydratmoleküls verwendet werden kann. Die erstgenannte Seite der Frage hat namentlich G. POLLACCI in einer Reihe eingehender Arbeiten in bejahendem Sinne erledigt¹⁾. Mit Recht hebt allerdings W. LOEB, welcher Formaldehyd und Glykolaldehyd als Reaktionsprodukte der in einem Gasraume von Kohlendioxyd und Wasserdampf eingeleiteten dunklen elektrischen Entladung fand, hervor, daß die Bildung und damit die Möglichkeit der Auffindung des Formaldehyd in den Geweben der lebenden Pflanze wohl kaum dem normalen Laufe der Dinge entspräche, daß dieses Gas, welches ja schon in ganz geringen Mengen das lebende Eiweiß abtötet, vielmehr gar nicht in seiner stabilen Modifikation auftritt, sondern nur in labilen Molekulargruppen, welche sofort durch Polymerisation unschädlich gemacht werden. Die Auffindung des molekularen Formaldehyd in der lebenden Pflanze erscheint dann als Nebenreaktion der normalen Kohlensäure-Assimilation. Den zweiten Weg, Formaldehyd oder dessen weit weniger giftigen Verbindungen, Methylal und formaldehydschwefligsaures Natron Wasserpflanzen als Nahrungsmittel darzubieten, hat ebenfalls eine Reihe von Forschern mit positivem Erfolge beschritten¹⁾, allerdings wurde bei diesen Versuchen der Aldehyd stets in wässriger Lösung zur Resorption aus dem wässrigen Nährmedium direkt gebracht. Deshalb unternahm es L. V. PORTHEIM mit einem von uns, Formaldehyd, welcher

1) Zusammenstellung der diesbez. Lit. s. in GRAFE, V. und L. R. v. PORTHEIM: Orientierende Untersuchungen über die Einwirkung von gasförmigem Formaldehyd auf die grüne Pflanze. Österr. bot. Zeitschr. 1909, Nr. 1 u. f.

ja ein Gas ist, im abgeschlossenen Luftvolumen den oberirdischen Organen von Landpflanzen zur Verfügung zu stellen und zwar unter sorgfältigem Abschluß des Nährsubstrates gegen das genannte Gas. Es zeigte sich bei diesen Versuchen zunächst eine weitgehende Resistenz der Versuchspflanzen, namentlich *Phaseolus vulgaris*, gegen Formaldehyd, welcher hier noch in der achtzigfachen Konzentration ohne jegliche Schädigung vertragen wurde, als dies in den Versuchen anderer Autoren seinerzeit bei *Elodea* der Fall gewesen war, welcher Formaldehyd von der Nährlösung aus zur Verfügung stand. Zur Erklärung dieses merkwürdigen Verhaltens, welches sich auch in unseren Versuchen in noch erhöhtem Maße konstatieren ließ, könnte vielleicht die neuerdings von AUERBACH¹⁾ festgestellte Tatsache herangezogen werden, daß in wässrigen Formaldehydlösungen ein Gleichgewicht zwischen monomolekularem und trimerem Formaldehyd herrscht, für welche beide die Möglichkeit der Hydratation in Betracht gezogen werden muß, durch die z. B. aus dem monomolekularen Aldehyd das Methylenglykol:



entstünde. Nun würde — für die Annahme der Hydratation spricht der geringe Partialdruck des Formaldehyds in wässriger Lösung — der Körper $\text{CH}_2(\text{OH})_2$ den vorhandenen Analogien nach sehr viel weniger unbeständig und flüchtig sein als der eigentliche Aldehyd HCOH , wodurch aber naturgemäß auch sein Zerfall in die obenerwähnten labilen Gruppen und damit seine Polymerisierbarkeit zu höheren Molekülen beeinträchtigt, die Giftwirkung des wässrigen Formols aber befördert werden muß.

Die Frage nach der Verwertbarkeit des Formaldehyd im Sinne der Assimilation wurde durch die eben erwähnten Versuche mit gasförmigem Formaldehyd nicht entschieden, obwohl *Phaseolus vulgaris* mit erheblichen Mengen dieses Gases im Luftvolumen sogar ohne CO_2 gezogen werden konnte. Diesbezüglich sollten die zu beschreibenden Versuche einen Schritt weiterführen.

Wir²⁾ verwendeten zwei genau gleiche, 14 550 cm³ fassende Glasglocken, die auf einer Glasplatte gut aufgeschliffen und deren

1) AUERBACH: Arbeiten aus dem kaiserl. Gesundheitsamte, Bd. XXII, 584 (1905), Chem. Centralbl. II, 1081 (1905), zit. nach V. MEYER und P. JACOBSEN: Lehrbuch der organischen Chemie, 2. Aufl. I., 1, S. 690 (1907).

2) Der experimentelle Teil wurde von Fräulein E. VIESER im pflanzenphysiologischen Institute unter meiner Leitung durchgeführt.

Tubus durch einen paraffinierten Korkstöpsel luftdicht verschlossen war. Unter die eine Glocke wurde eine Schale mit einer bestimmten Menge Wassers, eine andere mit der entsprechenden Menge Formaldehyds in wässriger Lösung und schließlich ein Topf mit 20 *Phaseolus*-Pflanzen gestellt. Die Samen wurden im Warmhaus angekeimt, von der Testa befreit und, nachdem sie ergrünt waren, in den mit gewöhnlicher, gut durchgefeuchteter Gartenerde gefüllten Topf übertragen, nachdem dieser vorher mit einer Lage Stanniol gut eingehüllt worden war. Mit einer entsprechenden Nadel wurden Löcher in Stanniol und Erde gebohrt, eben groß genug, damit das Würzelchen durchgeführt werden konnte, die etwa noch vorhandenen Lücken mit neutralem Vaseline gut verschmiert; dadurch wurde ein völliger Abschluß des Nährbodens vom Formaldehydgas erreicht. Trotzdem überzeugten wir uns in einer Reihe von Versuchen, daß nach Ablauf der fünf- bis sieben-tägigen Versuchszeit die Gartenerde ebenso wie der später verwendete, mit Königswasser gewaschene Quarzsand nicht eine Spur Formaldehyd, für welchen der Boden überhaupt wenig Adsorptionskraft zu haben scheint, aufgenommen hatte, wofür auch der Umstand spricht, daß die in der Erde befindlichen Wurzeln durchwegs gesund und weiß blieben, während Wurzeln, die auch nur mit Spuren Formaldehyd in Berührung kommen, sofort Bräunung und charakteristische Erkrankungserscheinungen zeigen, wie das auch in unseren Versuchen dort, wo der Wurzelhals aus dem Stanniol hervorragte, stets zu sehen war. Die andere gleich große Glocke wurde in genau gleicher Weise beschickt, nur daß hier keine Pflanzen aufgestellt wurden. Daneben stellten wir eine etwa halb so große, mit Wasser gegen die äußere Luft abgeschlossene, Glocke auf, unter welcher 10 *Phaseolus*-Pflanzen in halb so großem Topfe, zur normalen Entwicklung aus derselben Kultur aufgestellt wurden. Die ganze Versuchsanordnung wurde an die Westfenster eines ziemlich gleichmäßig temperierten Glashauses plaziert, die Minimal- und Maximaltemperatur täglich beobachtet. Die wässrige Formollösung entläßt nun einen Teil des enthaltenen Formaldehyds in Abhängigkeit von der Temperatur in die Luft, während ein anderer festgehalten wird. Zur Bestimmung des Formaldehyds verwendeten wir die Methode von ROMIJN¹⁾, welche darauf beruht, daß Formaldehyd durch Jod in alkalischer Lösung zu Ameisensäure oxydiert wird, worauf man nach beendeter Einwirkung mit Schwefelsäure ansäuert und das in Freiheit gesetzte Jod mit Na-

1) TREADWELL: Analytische Chemie, II., S. 475.

triumthiosulfat in der gewöhnlichen Weise zurücktitriert; die kritische Nachprüfung dieser Methode und ihre Anwendung ist in der oben zitierten Arbeit¹⁾ ausführlich besprochen. Die Konzentration der verwendeten Formollösung wurde vor jedem Versuch titrimetrisch festgestellt, von dieser Lösung eine genau abgemessene Menge in das Gefäß unter jede der beiden Glocken gebracht und nach Ablauf des Versuches der vom Wasser in der Schale aufgenommene und der im Formolgefäß zurückgebliebene Formaldehyd wieder maßanalytisch bestimmt, wobei die Differenz jene Menge ausmachte, die in das Luftvolumen der Glocke entwichen war. War die Differenz unter der mit Pflanzen beschickten Glocke eine größere als unter der pflanzenlosen, so wurde dieses Plus auf die Aufnahme seitens der Pflanzen bezogen.

Es sollte zunächst diejenige Formolkonzentration ermittelt werden, welche von den Pflanzen gerade noch ohne Schädigung vertragen wurde. Da zeigte es sich zunächst, daß die Aufnahme des Formaldehyds durch die Pflanzen sich keineswegs der in die Luft übergegangenen Quantität parallel hielt, sondern abhängig erschien von der Individualität der Pflanzenexemplare und vom Entwicklungsstadium, indem weiter vorgeschrittene Individuen größere Mengen Formaldehyd aufnahmen und vertrugen als ganz junge. Aus größeren Formaldehydquanten in der Luft wurden bisweilen kleinere Mengen von den Pflanzen aufgebraucht als aus kleineren. Pflanzen, denen die Kotyledonen belassen waren, vertrugen und verbrauchten größere Mengen als kotyledonenlose, in Gartenerde mehr als in gewaschenem Quarzsand. Ferner zeigte sich eine Abhängigkeit von der Jahreszeit, ohne daß wir entscheiden könnten, ob die geänderten Lichtverhältnisse oder die sonstigen Vegetationsbedingungen dabei beteiligt sind. Von Anfang April an mußten wir mit der gebotenen Menge Formaldehyds, deren Schädigungsgrenze sich immer einen kurzen Zeitraum hindurch konstant hielt, gleichmäßig hinuntergehen, bis die Schädigungsgrenze vom Mai ab etwa halb so niedrig lag als von Dezember bis April. Im allgemeinen wurden maximal 0,001 g Formaldehyd pro Pflanze, also 0,02 g bei 20 Pflanzen aus der Luft ohne Schädigung aufgenommen. An Habitusveränderungen konnten wir die Beobachtungen von GRAFE und V. PORTHEIM¹⁾ durchaus bestätigen. Die Epikotyle der Formaldehyd-Kulturen zeigten sich durchschnittlich länger als die der Normalpflanzen, die Primordialblätter der ersteren größer, länger, breiter, mit weniger starker Ausbuchtung der Blattbasis

1) Siehe Anm. auf Seite 431.

und dunkler grün als die der normal gezogenen Pflanzen. Nach siebentägigem Aufenthalt im Formaldehyddampf ließen sich die Pflanzen im Warmhaus ohne weiteres fortkultivieren, das Mittelblättchen des ersten Blattes zeigte hier aber eine von der Norm abweichende, ovale Gestalt.

Die ersten maßgebenden Versuche wurden am 21. November 1908 mit 20 cm³ einer 0,18 proz. Formollösung durchgeführt. Es gingen von den gebotenen 0,036225 g ins Glockenluftvolumen 0,018504 über, von 18 Pflanzen wurden 0,0074 g, also pro Pflanze rund 0,41 mg verbraucht. Bei einer nächsten Versuchsreihe wurden 110 cm³ derselben Konzentration, also in absoluter Menge 0,2014 g geboten, von denen 0,11 g in die Glockenluft übergingen. Obgleich diese Menge zirka die sechsfache der früheren ausmacht, wurde hier nur etwa das Doppelte, nämlich 0,00648 g von 8 Pflanzen, demnach 0,8 mg pro Pflanze verbraucht. Die Pflanzen waren völlig normal entwickelt, die Blätter der Formaldehydpflanzen größer. Als die Konzentration der Formaldehydlösung gesteigert wurde, erhöhte sich auch die Aufnahme. Aus 30 cm³ einer 0,64 proz. Lösung = 0,1926 g HCOH gingen 0,04589 g in das Luftvolumen über, die Aufnahme bei 25 Pflanzen betrug 0,02964 g, d. i. 1,2 mg per Pflanze. Schließlich wurde eine 2,5 proz. Formollösung in Verwendung genommen und von dieser 16 cm³ = 0,35214 g verwendet; von 0,10786 g in der Luft nahmen 22 Pflanzen 0,00899 g, also jede Pflanze 0,4 mg auf. So wurde mit der Steigerung der absoluten Menge fortgefahren, bis bei 40 cm³ einer 2,5 proz. Lösung mit 0,968 g, Luftmenge ca. 0,6 g und verbrauchter Quantität von 0,4 mg bis 1 mg per Pflanze die winterliche Grenzkonzentration erreicht war. Die Schädigungen waren sehr charakteristisch. Zunächst traten braune Flecken an der Unterseite der Blätter auf, bei mikroskopischer Betrachtung erschienen die Chloroplasten zusammengeballt und braun verfärbt. Später fielen kleine abgestorbene Partikelchen der Lamina aus dem Gewebeverband heraus, so daß das Blatt wie perforiert erschien und am Stengel zeigten sich braune Streifen wie bei Verätzungen mit verdünnter Säure. Sehr bemerkenswert ist auch bei sonst guter äußerer Entwicklung das Hohlwerden der Stengel durch rasche Resorption des Markes in noch sehr jugendlichen Entwicklungsstadien. Von Mitte April an wirkten 35 cm³ einer 2,5 proz. Lösung bereits schädigend. In mehreren Fällen zeigte es sich, daß bei dieser Formaldehydmenge die Kotyledonen im Lichte zur Hälfte etwa nicht ergrünt und auch nicht verwendet wurden. Um dem Einwand zu begegnen, daß der Formaldehyd nur als Reiz auf den schnelleren Aufbrauch

der Kotyledonen hinwirke, wurden in einer Reihe von Versuchen die Pflanzen nach zwei- bis dreitägiger normaler Entwicklung ihrer Kotyledonen durch Abschneiden mit einer scharfen Schere beraubt und dann erst in die betreffende Kultur genommen. In den meisten Fällen gelang es auch hier die Pflanzen großzuziehen, sie wurden namentlich für die unten beschriebenen Trockengewichtsbestimmungen verwendet, in bezug auf Habitus boten sie dasselbe Bild wie die Pflanzen der vorigen Versuchsreihen. Da schließlich an den Wurzeln der in Erde gezogenen Pflanzen stets Knöllchenbildung zu konstatieren war und überhaupt die Gefahr vorlag, daß organische Substanzen des Bodens, und zwar infolge Reizes durch Formaldehyd stärker aufgenommen werden könnten, worauf dann das durchschnittlich stärkere Wachstum der Formaldehydpflanzen zu beziehen wäre, wurden etwa die letzten zwölf Versuchsreihen in mit Königswasser gewaschenem Quarzsand durchgeführt, wobei natürlich die Knöllchenbildung ausblieb, sonst aber sich an den früher gewonnenen Ergebnissen nichts änderte. Endlich war es auch wünschenswert, den Formaldehyd substituierend für die Kohlensäure eintreten zu lassen, demnach normal gezogene Pflanzen mit solchen zu vergleichen, denen das Kohlendioxyd entzogen, dafür aber Formaldehyd geboten war und schließlich kohlenstofffrei ohne jedes assimilable Gas kultivierte Pflanzen daneben zu stellen. Diese Versuche zeigten, daß kohlenstofffrei mit Formaldehyd gezogene Pflanzen sowohl mit als auch ohne Kotyledonen die normalen an durchschnittlicher Länge des Stengels und Größe der Blätter beträchtlich übertrafen, während die kohlenstofffrei kultivierten Pflanzen natürlich in der Entwicklung wesentlich zurückblieben. Ein besonders deutliches Bild dieser Unterschiede liefern die beigegebenen Abbildungen ¹⁾, auf der links die Formaldehydpflanzen, in der Mitte die normal gezogenen und rechts die ohne Kohlensäure kultivierten Bohnen zu sehen sind. Der Versuch auf Abb. I stammt vom 28. März. Es waren 0,968 g einer 2,5 proz. Lösung geboten, 0,605237 g in das Glockenvolumen gegangen und von 22 Pflanzen 0,024664 g, d. i. 1 mg per Pflanze, verbraucht worden. Die Versuchstöpfe waren nach Abbruch des Versuches 2 Tage im Warmhaus gestanden. Der Versuch auf Abb. II stammt aus der ersten Hälfte des Juli. Die Kotyledonen wurden entfernt, sobald die Pflanzen ergrünt waren und die Pflanzen dann in die betreffende Kultur genommen; auch hier ist die Reihenfolge die-

1) Für die Anfertigung der Bilder sind wir Herrn Assistenten Dr. A. JENCIC sehr verbunden.

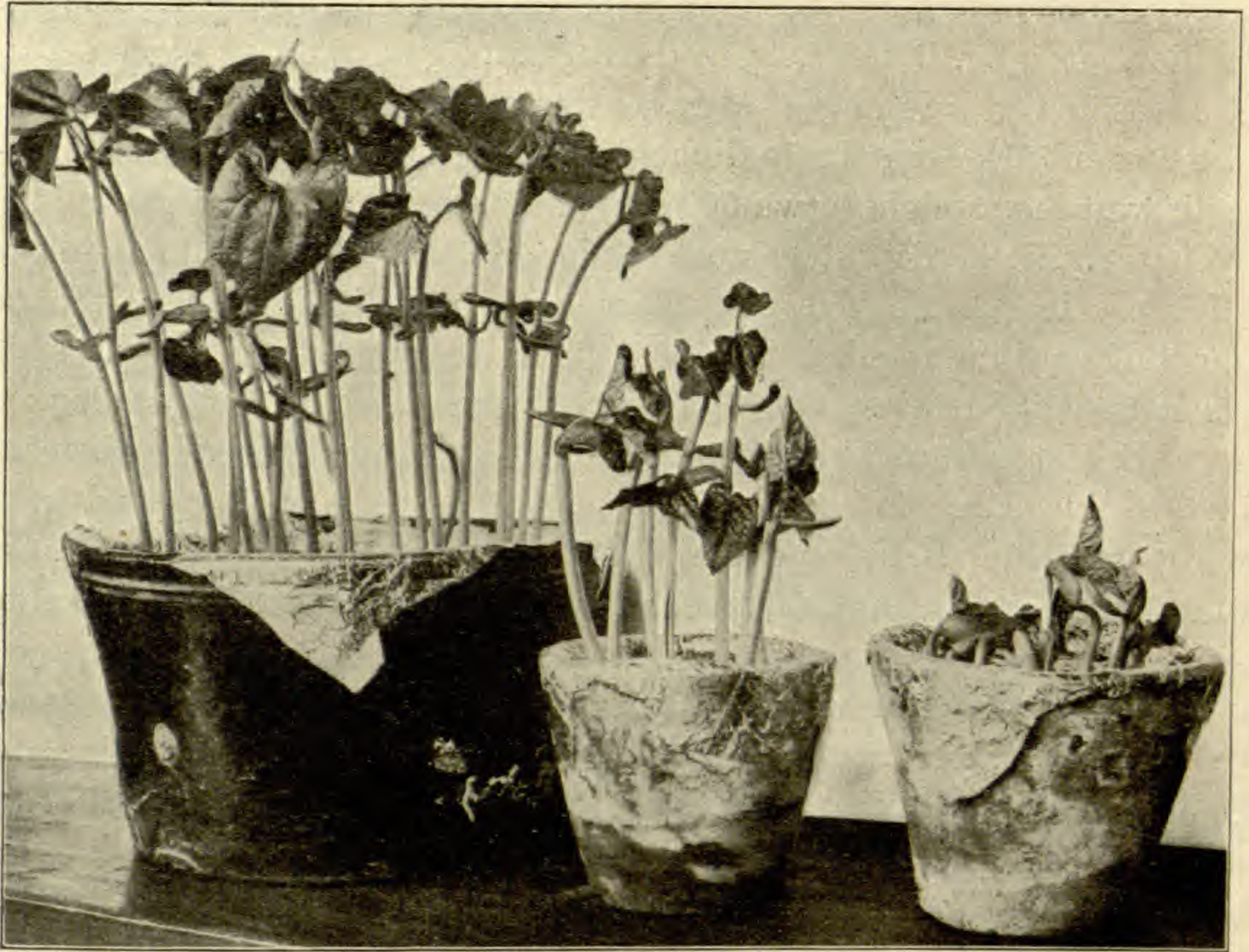


Abb. I.

Mit Kotyledonen kultiviert. 21.—28. März 1909.

Links: Kultur in H_2CO ohne CO_2 . Mitte: normale Kultur. Rechts: CO_2 -freie Kultur ohne H_2CO .



Abb. II.

Ohne Kotyledonen gezogen. 12.—18. Juli 1909.

selbe. Geboten waren: $0,636 \text{ g} = 30 \text{ cm}^3$ einer 2,1proz. CH_2O -Lösung in die Luft geg. $0,25512 \text{ g}$, von 19 Pfl. aufgen. $0,033174 \text{ g}^1$). Die Kohlensäure wurde in der Weise entfernt, daß die früher genannten, unter den Glocken befindlichen Gefäße noch in eine Schale gestellt wurden, welche etwa 500 cm^3 konzentrierter Kalilauge in der Weise enthielt, daß stets noch einige Stücke festen Kali ungelöst blieben. Im Laufe des Versuches stieg dabei die Lauge infolge der Luftverdünnung bei der Absorption bedeutend, so daß es sich als notwendig erwies, das Kulturgefäß stark erhöht aufzustellen.

Es ist natürlich denkbar, daß die von den Pflanzen ausgeatmete Kohlensäure im Lichte direkt assimilatorisch weiterverarbeitet wird und die Befreiung des Glockenvolumens von Kohlensäure durch die Lauge damit illusorisch wird. Es wurde daher versucht, eine Reihe von Versuchen im Dunkeln durchzuführen. Da zeigte sich nun, daß unter solchen Bedingungen überhaupt kein Formaldehyd von der Pflanze aufgenommen wird, daß aber auch jede Schädigung unterbleibt. Das eine Mal erhielten die Dunkelkulturen 40 cm^3 einer 1,76proz. Lösung $= 0,704 \text{ g}$, eine Menge, die zur selben Zeit — im Mai — schon Schädigungen hervorgerufen hatte, das andere Mal sogar $60 \text{ cm}^3 = 1,056 \text{ g}$ mit $0,726 \text{ g}$ in der Luft, eine Quantität, die bis dahin überhaupt nicht ohne schwere Beschädigung der Versuchspflanzen geboten werden konnte, beide Male ohne merkliche Alteration der Versuchsobjekte.

Sehr charakteristisch gestaltete sich ein Versuch, bei dem 10 cm^3 einer 2,5proz. Lösung, also eine im Licht durchaus unbedenkliche Quantität den Dunkelkulturen zur Verfügung gestellt war. Analog den eben beschriebenen Fällen trat im Dunkeln nicht die geringste Schädigung ein, die Pflanzen zeigten die normalen Etiolements-Erscheinungen. Nach einigen Tagen der Dunkelkultur wurde die Glocke ins Licht gestellt und schon nach wenigen Stunden

1) Die vorgen. vergl. Trockengewichtsbestimmung ergab folgende Werte für je 10 Pflanzen:

	Formolpfl.	normale	CO_2 frei gezogene
Samentrockengew.	3,3 g	3,595 g	3,599 g
Testa	0,247 „	0,273 „	0,252 „
Kotyledonen	2,715 „	2,500 „	2,466 „
Embryo	0,832 g	0,822 g	0,881 g
Gebildete Trockensubst.	0,7584 „	0,766 „	0,457 „
Im Verhältnis zum testalosen Samen			
hätten gebildet w. sollen . . .	0,7037 „	0,766 „	0,772 „
Im Verh. z. Embryo	0,7756 „	0,766 „	0,8207 „

Die kohlensäurefreien Formolpfl. nach Abbruch des Versuches völlig frisch ohne jegliche Schädigung, die CO_2 frei ohne Formaldehyd welk, zugrunde gegangen, nicht meßbar. Die Außentemp. während der Versuchswoche (12. bis 18. Juli) abnorm niedrig.

zeigten sich braune Punkte an den gelben Blättern und braune Streifen an den etiolierten Stengeln.

Damit erscheint eine Vorstellung bestätigt, welche in der mehrfach zitierten Arbeit von GRAFE und V. PORTHEIM vermutungsweise entwickelt wurde, daß nämlich das Chlorophyll es ist, welches die relative Resistenz grüner Organe gegenüber chlorophyllosen Organen und Organismen gegen Formaldehyd bedingt. Während bekanntlich Formaldehyd Pilze und Bakterien so schnell abtötet, daß Formol ein wirksames Desinfiziens vorstellt, aber auch die Wurzeln und Samen intensiv angreift, erweisen sich grüne Pflanzenteile dem Formaldehyd gegenüber sehr widerstandsfähig, wovon bekanntlich die gärtnerische Praxis beim Bespritzen der Obstbäume zum Schutze gegen pflanzliche Parasiten Gebrauch macht.

Im Lichte beginnt die Stoffwechseltätigkeit der etiolierten Pflanzen mächtig einzusetzen, und der Formaldehyd, welcher infolge Mangels an Chlorophyll nicht verarbeitet werden kann, muß als Gift wirken. Wie man sich die Tätigkeit des Chlorophylls vorzustellen hat, ob es durch Zerlegung des Formaldehyd in seine tautomer labilen Atomgruppen dessen Giftwirkung aufhebt oder ob es katalytisch seine sofortige Polymerisation bewirkt, muß vor derhand ebenso dahingestellt bleiben wie die unerklärte Tatsache, daß nach unseren bisherigen Erfahrungen Formaldehyd in der genannten Konzentration auf etiolierte Pflanzen im Dunkeln nicht schädigend einwirkt. Die Mitwirkung des Lichtes endlich soll an Pflanzen, welche wie die Koniferen auch im Dunkeln Chlorophyll ausbilden und bei Kulturen hinter verschiedenartigen Gläsern studiert werden.

Alle Versuchsdaten sind in den folgenden Tabellen zusammengefaßt, es mögen nur noch einige Worte über unsere Versuche gesagt werden, welche die Feststellung der Frage zum Zweck hatten, ob Formaldehyd im Lichte tatsächlich zum Aufbau der pflanzlichen Körpersubstanz, mit anderen Worten zur Vermehrung der Trockensubstanz verwendet werden kann. Die Versuche gestalteten sich äußerst schwierig und mühsam, vor allem deshalb, weil die Pflanzen ohne Reservestoffe sich nur sehr langsam entwickeln, weil ferner eine Vermehrung der Trockensubstanz bei *Phaseolus vulgaris* erfahrungsgemäß nicht vor etwa dem 20. Kulturtag eintritt, indem die Verluste durch Atmung bis dahin meistens überwiegen und weil schließlich, wollte man Pflanzen in höheren Entwicklungsstadien zum Versuch verwenden, der Einfluß des Formaldehyds auf etwaige stärkere Trockensubstanz-Vermehrung nicht in wenigen Tagen zu erwarten war. Länger andauernde Kultur in der hermetisch geschlossenen Glocke aber war wegen

des eintretenden Sauerstoffmangels und der Austrocknung der Erde schwer tunlich, ein Durchleiten von kohlensäurefreier Luft aber verbot sich wegen der Flüchtigkeit des Formaldehyds. In unseren Versuchen wurde deshalb stets bis auf einen Fall ein Minus gegenüber dem Samengewicht konstatiert, das aber bei den Formaldehydpflanzen in der Regel kleiner war als bei den normalen oder gar kohlensäurefrei gezogenen. Wenn man nicht an eine Depression der Atmung durch Formaldehyd und damit eine dauerndere Instandhaltung des Trockengewichtes denken will, was mit den Erfahrungen mit Äther und anderen Stimulantien nicht übereinstimmen würde, kann man aus dieser Beobachtung wohl auf eine Trockensubstanzvermehrung auf Kosten von Formaldehyd schließen, welche jene aus Kohlensäure erreicht oder gar übertrifft. Die Versuche wurden in der Weise durchgeführt, daß das Lebendgewicht der zur Kultur verwendeten Samen bestimmt und deren Wassergehalt nach den Daten von vier für jeden Versuch durchgeführten Einzelbestimmungen festgestellt wurde. Nach dem Ankeimen wurde die Testa entfernt, deren Trockengewicht bestimmt und vom Samen-Trockengewicht abgezogen, nach zweitägiger Normalkultur auch die Kotyledonen abgeschnitten und deren Trockengewicht bestimmt. So resultierte das ursprüngliche Gewicht des Embryo. Nach Abbruch des Versuches wurden die oberirdischen Organe abgeschnitten, die Wurzeln durch Abschwemmen sorgfältig von Quarzsand befreit und die Trockengewichte gesondert bestimmt. Durch Vergleich der Daten für die Gewichte der Samen- und Pflanzensubstanz waren die einfachen Proportionen gegeben, welche zu berechnen gestatteten, was die einzelnen Serien bei normaler Kultur gebildet haben mußten und was sie, in Formaldehyd ohne Kohlensäure, respektive in kohlensäurefreier Luft allein gezogen, tatsächlich an Trockensubstanz ergeben hatten.

Zu den nun folgenden Tabellen, welche einen Auszug aus dem Versuchsprotokoll vorstellen, möge bemerkt werden, daß sich bisweilen auch die ohne CO_2 gezogenen Pflanzen infolge Versuchsfehler oder wenn sie im vorgeschrittenen Entwicklungszustand nach Entfernung der Kotyledonen in Kultur genommen wurden, recht gut entwickelten, so daß ihre Durchschnittswerte die normalen Individuen erreichten oder gar übertrafen. Solche Versuche wurden, wenn es, ohne das Gesamtbild zu stören, geschehen konnte, in die Tabellen nicht aufgenommen, ebensowenig wie die Trockensubstanzwerte der kohlensäurefrei gezogenen Pflanzen, da hier ebenfalls die Schwankungen zwischen äußerst niedrigen und die normalen erreichenden oder übertreffenden Werten zu groß waren.

I. Tabelle.

Versuche mit normal und in H_2CO -Atmosphäre gezogenen Pflanzen.

Monat	Dargebotener Formaldehyd		Formald. in d. Luft		Von den Pflanzen aufgenommen	Pflanze mg	Länge d. Hypokotyls bei Formaldehyd-pflanzen		Länged. Epikotyls bei Formaldehyd-pflanzen		Blattlänge bei Formaldehyd-pflanzen		Blattbreite bei Formaldehyd-pflanzen		H a b i t u s			
	Konzentration	absolute Menge g	absol. Menge g	in Volum. proz. d. Glocke			normale	Formaldehyd-pflanzen	normale	Formaldehyd-pflanzen	normale	Formaldehyd-pflanzen	normale	Formaldehyd-pflanzen				
Nov.	20	0,19%	0,03876	0,02575	0,09%	0,00636	0,7	47,75	50,22	67,—	71,—	13,13	15,17	16,18	20,72	Die Entwicklung bis zum II. Internod. u. dessen Blattanlagen normal fortgeschritten. Normale Entwicklung, zwischen normal gezog. und Formolpflanzen kein Unterschied. Bei allen d. Ansätze zum II. Intern. vorhanden, Blätter normal entwickelt, die in Formald. grösser. Von den 25 Pflanzen sind 23 gut entwickelt, die in H ₂ CO stärker grün, d. normalen gegen die anderen etwas zurück. Die Formaldehydpflanzen viel stärker ergrünt, sonst normal. Bei dieser Konzentration bereits stärkere Beschädigung, braune Flecken und Streifen auf Blatt und Stengel. Bei so großen Mengen Formol sind trotz der nicht bedeutenden Aufnahme die Schädigungen sehr beträchtlich, Stengel und Blätter gefleckt, letztere gerunzelt, perforiert, Hypokot. gekrümmt. Pflanzen stehen in H ₂ CO besser. Blätter stärker entwickelt. Schädigungen keine sichtbar.		
Dez.	20	0,18%	0,036225	0,018504	0,07%	0,0074	0,41	44,—	50,2	66,—	71,3	19,8	21,—	11,7	16,2			
"	110	0,18%	0,2014	0,110037	0,4%	0,00648	0,8	69,88	78,77	19,—	23,5	16,—	19,—	15,—	17,6			
"	30	0,64%	0,1926	0,045893	0,16%	0,02964	1,2	65,1	70,5	19,1	36,1	16,1	19,9	16,5	20,1			
"	16	2,2%	0,35214	0,10786	0,38%	0,00899	0,4	54,1	44,5	24,—	19,9	20,—	14,7	17,8	15,3			
Jan.	32	2,5%	0,8	0,464	1,7%	nicht bestimmt		76,8	82,—	58,—	56,1	22,5	23,1	24,4	24,7	Bei dieser Konzentration bereits stärkere Beschädigung, braune Flecken und Streifen auf Blatt und Stengel. Bei so großen Mengen Formol sind trotz der nicht bedeutenden Aufnahme die Schädigungen sehr beträchtlich, Stengel und Blätter gefleckt, letztere gerunzelt, perforiert, Hypokot. gekrümmt. Pflanzen stehen in H ₂ CO besser. Blätter stärker entwickelt. Schädigungen keine sichtbar.		
"	48	2,5%	1,2	0,83094	3%	0,010279	0,4	66,11	45,64	12,83	15,18	15,91	19,—	13,5	10,—			
Febr.	30	2,5%	0,75	0,33987	1,2%	0,02161	1,—	45,93	72,81	6,83	15,4	16,88	21,5	14,2	18,9			
Durchschnittslänge: 60,33															17,53	18,4	16,06	17,2

Kotyledonenfreie Pflanzen in H₂CO ohne CO₂, normal und in CO₂-freiem Raume gezogen.

III. Tabelle.

Monat	Anzahl der Pflanzen	Dargebotener Formaldehyd		Länge des Stengels bei			Länge des Blattes bei			Breite des Blattes bei			Habitus	
		cm ³	Konzentr.	Absolute Menge	I	II	III	I	II	III	I	II		III
April	I 18	30	2,5	0,726*)	62,8	66,6	31,8	20,19	19,7	13,1	15,8	14,7	7,4	Flecken an der Unterseite der Blätter, sonst normal.
	II 9													
	III 8													
	I 17													
Mai	II 7	20	1,76	0,352	76,43	75,7	71,—	23,35	24,33	20,57	15,21	17,53	15,71	Völlig normale Entwicklung.
	III 9													
	I 18													
	II 9													
„	III 9	20	1,76	0,352	42,25	37,2	—	9,4	10,05	—	6,75	7,16	—	Minimale Schädigungen an Blatt und Stengel, sonst normal.
	I 20													
	II 10													
	III 8													
Juni	I 19	15	1,76	0,264	80,3	73,27	34,—	15,47	11,54	7,9	10,9	11,18	5,6	Entwicklung bei herabgeminderter Formaldehydmenge normal. Entwicklung normal, die H ₂ CO-quantität entspr. ungefähr der normalen Luftkonzentration der Kohlensäure.
	II 8													
	III 7													
	I 20													
„	II 10	10	1,76	0,176	Zuwachs 11,75	14,88	8,9	7,—	3,03	2,34	1,68	0,88	0,65	Auch hier völlig normale Entwicklung.
	III 10													
	I 18													
	II 9													
„	III 9	5	1,76	0,083	Zuwachs 46,90	49,63	32,96	4,62	8,17	7,3	5,09	6,45	6,31	S. Abb. II. Gleichzeitig wurde ein Parallelversuch in normaler Atmosphäre unter Beigabe von Formaldehyd durchgeführt; die Pfl. blieben sowohl an Zuwachs als Trockengew. hinter den ohne CO ₂ mit Formaldehyd gezogenen zurück.
	I 20													
	II 10													
	III 20													
Juli		30	2,1	0,636	Zuwachs 38,10	36,20	—	5,43	1,53	—	7,58	1,17	—	
	Durchschnitt: 64,3 64,8 42,3 17,14 16,— 11,64 12,23 12,17 8,31													
Mai	I 15	40	1,76	0,704	72,—	90,—	95,—	17,81	15,64	18,5	11,12	13,—	11,16	Dunkelversuche. Keine Aufnahme von H ₂ CO und nicht die geringste merkliche Schädigung.
	II 10													
	III 9													
	I 17													
„	II 7	60	1,76	1,056†)	75,7	76,43	71,—	24,33	23,35	18,28	17,53	15,21	13,18	
	III 9													

*) In der Glocke waren hier: 0,3285 g = 1,1 Vol.proz. Aufnahme = 0,018 = 1 mg per Pflanze.

†) In der Glocke waren hier: 0,726 g = 2,6 Vol.proz.

IV. Ta-

Vergleich der Trockensubstanzen bei in H₂CO

Kulturbedingungen	In H ₂ CO ohne CO ₂	Normal	In H ₂ CO ohne CO ₂	Normal	In H ₂ CO ohne CO ₂	Normal	In H ₂ CO ohne CO ₂	Normal
Datum	3. Mai		14. Mai		19. Mai		24. Mai	
Trockengewicht von zehn Samen. Bei den Formal- dehydpflanzen sind alle Werte aus 20 Exemplaren für 10 berechnet	3,379	3,39	3,489	3,0993	2,7018	2,7947	2,6972	2,565
Trockengewicht der Testa .	0,602	0,5045	0,3662	0,5846	0,199	0,2142	0,236	0,29
Trockengewicht der Samen ohne Testa demnach . .	2,777	2,8855	3,1228	2,5147	2,5028	2,5805	2,4612	2,275
Trockengewicht der Kotyle- donen nach dreitägiger Kultur der Pflanzen . . .	1,442	0,8655	1,817	1,5886	0,9018	1,1146	1,699	2,036
Gewicht des Embryo demnach	1,335	2,02	1,3058	0,9261	1,601	1,4659	0,7622	0,239
Trockengewicht der Wurzeln	0,2669	0,2206	0,322	0,2832	0,5016	0,378	0,457	0,3459
Trockengewicht der oberir- dischen Organe	0,5948	0,5488	0,43	0,5445	0,5576	0,51	0,3193	0,3055
Trockengewicht der ganzen Pflanzen demnach . . .	0,8617	0,7694	0,752	0,8277	1,0592	0,888	0,8063	0,6514
In Prozenten des testalosen Samens ausgedrückt ca.	31 ⁰ / ₀	26,6 ⁰ / ₀	24 ⁰ / ₀	32 ⁰ / ₀	42 ⁰ / ₀	34 ⁰ / ₀	32,8 ⁰ / ₀	28,6 ⁰ / ₀
In Prozenten des Embryo .	64,3 ⁰ / ₀	38 ⁰ / ₀	57,6 ⁰ / ₀	89 ⁰ / ₀	66 ⁰ / ₀	60 ⁰ / ₀	106 ⁰ / ₀	273 ⁰ / ₀
Bei normaler Kultur hätten die Samen nach ihrem Ge- wicht entsprechend den nor- malen Pflanzen ausbilden müssen	0,7669	0,7694	0,9317	0,8277	0,8585	0,888	0,685	0,6514
Tatsächlich haben sie aus- gebildet	0,8617	0,7694	0,752	0,8277	1,0592	0,888	0,8063	0,6514
Differenz	+0,0948	—	—0,1797	—	+0,2007	—	+0,1213	—
Entsprechend dem Embryo- nalgewicht der normalen Pflanzen hätten sie aus- bilden müssen	0,5085	0,7694	1,166	0,8277	0,968	0,888	2,0774	0,6514
Differenz	+0,3532	—	—0,414	—	+0,0912	—	—1,2711	—

belle.
ohne CO₂ und normal gezogenen Pflanzen.

In H ₂ CO ohne CO ₂	In H ₂ CO ohne CO ₂	Normal	In H ₂ CO ohne CO ₂	In H ₂ CO ohne CO ₂	Normal	In H ₂ CO ohne CO ₂	In H ₂ CO ohne CO ₂	Normal	In H ₂ CO ohne CO ₂	In H ₂ CO ohne CO ₂	Normal
30. Mai			7. Juni			11. Juni			25. Juni		
2,5667	2,7111	2,7778	2,9118	2,9948	2,6772	2,8754	3,005	2,9329	2,55646	2,3739	2,6067
0,2937	0,2341	0,2415	0,361	0,4831	0,22	0,2285	0,5142	0,2919	0,4243	0,371	0,217
2,273	2,477	2,5363	2,5508	2,5117	2,4572	2,6469	2,4908	2,461	2,13216	2,0029	2,3897
1,133	1,628	1,425	2,248	2,1047	2,0878	1,8656	1,8578	2,0293	0,20316	0,2339	0,2745
1,14	0,849	1,1113	0,3028	0,407	0,3694	0,7813	0,633	0,6197	1,929	1,769	2,1152
0,2081	0,543	0,4732	0,085	0,1073	0,068	0,2132	0,1843	0,143	0,59	0,5822	0,4705
0,4031	0,169	0,221	0,1245	0,1	0,1295	0,4298	0,1518	0,1745	1,18	1,1643	0,9412
0,6112	0,712	0,6942	0,2095	0,2073	0,1975	0,643	0,3361	0,3175	1,77	1,7465	1,4117
26,9‰ 54‰	29‰ 83,9‰	27‰ 62‰	9‰ 69‰	8‰ 50,6‰	8‰ 53‰	24‰ 82,5‰	13,5‰ 53,3‰	12‰ 51‰	83‰ 92‰	87‰ 99‰	59‰ 66,6‰
0,6414	0,677	0,6942	0,2144	0,2209	0,1975	0,3182	0,3235	0,3175	1,3044	1,2853	1,4117
0,6112	0,712	0,6942	0,2095	0,2073	0,1975	0,643	0,3361	0,3175	1,77	1,746	1,4117
-0,0302	+0,035	—	-0,0049	+0,0136	—	+0,3248	+0,0126	—	+0,3856	+0,4607	—
0,7121	0,5303	0,6942	0,162	0,2176	0,1975	0,4003	0,3243	0,3175	1,2874	1,1806	1,4117
-0,1009	+0,1817	—	+0,0475	-0,0103	—	+0,2427	+0,0118	—	+0,4826	+0,566	—

Die Konzentration der CO_2 in der Luft entspricht ungefähr $1,2 \text{ cm}^3$ einer 2 proz. Lösung, wenn man annimmt, daß ungefähr $\frac{1}{3}$ der aufgestellten Menge in die Luft entweicht. Unter Berücksichtigung des Verbrauches durch die Pflanzen wurden daher für die letzten Versuche ca. 5 cm^3 Formollösung verwendet.

Wir betrachten das Vorstehende nur als vorläufige Mitteilung und möchten daraus noch nicht den definitiven Schluß auf die Assimilierbarkeit des gasförmigen Formaldehyd gezogen wissen. Daß Formaldehyd übrigens im tierischen Organismus zu Glykogen kondensiert werden kann, wurde erst kürzlich von K. GRUBE (PFLÜGERS Archiv f. Physiologie, Bd. 121, S. 636 (1908) und 126, S. 585 (1909) nachgewiesen.

Wien, pflanzenphysiologisches Institut der Universität.

53. K. Krause: Über harzsecernierende Drüsen an den Nebenblättern von Rubiaceen.

(Mit einer Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 29. Juli 1909.)

Vor einiger Zeit erhielt das Kgl. Botanische Museum in Dahlem von dem Biologisch-landwirtschaftlichen Institut zu Amani Proben von Blattknospen eingeschickt, die in der Landschaft Matumbi in der Nähe von Mohoro gesammelt worden waren und sich durch auffallend starken Harzgehalt auszeichneten. Eine nähere Untersuchung der beigelegten Blatzweige ergab, daß es sich um Knospen einer Rubiacee *Gardenia lacciflua* Krause handelte¹⁾. Die genannte

1) Die früher gesammelten Exemplare der oben genannten *Gardenia*-Art waren von SCHUMANN ihrer starken Harzentwicklung wegen als *Gardenia resiniflua* Hi. bestimmt worden. Tatsächlich sind sie aber mit dieser Species nicht identisch, sondern weichen vor allem in Form und Größe der Blätter und Blüten sowie in der Behaarung ab, die bei *G. lacciflua* vollständig fehlt, bei *G. resiniflua* dagegen ziemlich stark entwickelt ist. Eine neue Beschreibung hat sich so als nötig erwiesen und ich gebe im Folgenden die Diagnose.

Gardenia lacciflua K. Krause n. sp.; frutex erectus glaberrimus altiusculus interdum arborescens ramulis modice validis teretibus vel ad nodos paullum

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1909

Band/Volume: [27](#)

Autor(en)/Author(s): Grafe Viktor, Vieser Emmy

Artikel/Article: [Untersuchungen über das Verhalten grüner Pflanzen zu gasförmigem Formaldehyd. 431-446](#)