

HEMMSTOFFE UND WACHSTUM

VON

P. FROESCHEL

(UNTER MITWIRKUNG VON B. VAN SPEYBROECK)

(*Botanisches Institut, Abt. Physiologie; Gent-Belgien*)

(Eingegangen am 12. Juli 1956)

Zahlreich sind die in den letzten Jahren durchgeführten Untersuchungen über den Einfluss pflanzlicher Hemmstoffe auf die Keimung der Samen. Uebereinstimmend stellen sie alle fest, dass diese aus Samen, Früchten oder Sporen gewonnenen Hemmstoffe die Keimung der Samen resp. Sporen verzögern, ja unter Umständen unterbinden, und dass sie das Wachstum der Keimpflanzen retardieren (EVENARI, 1949; FROESCHEL, 1940; NIEMANN, 1952).

Unbeantwortet indess ist bis heute die Frage, wie Pflanzen wachsen und sich entwickeln, wenn sie weit über das Keimlingsstadium hinaus, eventuell bis zur Blütezeit, unter dem kontinuierlichen Einfluss von Hemmstoffen gehalten werden.

Die folgenden Zeilen berichten über derartige Versuche, die hauptsächlich an *Hordeum*, *Pisum* und *Agrostemma* durchgeführt wurden.

Die verwendeten Hemmstoffe stammten wie in früheren Untersuchungen aus den Saaten von *Beta saccharifera*, aus denen sie durch 24-stündige Extraktion eines Teiles Saat durch 4 Teile Wasser gewonnen wurden. Um einen Hemmungsfaktor osmotischer Natur auszuschalten, wurden diese Extrakte demineralisiert. Aus dem zugehörigen Trockenpräparat wurden dann durch Auflösen in Knopscher Nährstofflösung die einzelnen Hemmstoffkonzentrationen bereitet.

VORVERSUCHE MIT *Triticum*

Für diese Versuche, die auf das Jahr 1945 zurückgehen, wurde als Hemmstoffquelle das Konditionswasser einer Mühle verwendet. Dieses Wasser, das aus maltechnischen Gründen mit dem Getreide etwa eine Minute in Berührung gebracht und dann von den Mühlen in grossen Mengen verworfen wird, stellt eine bequem erreichbare und reichlich fliessende Hemmstoffquelle dar, genau so wie das Weichwasser der Mälzereien. 10 bis 20-fach konzentriertes Konditionswasser gibt ausgezeichnete Hemmeffekte und wenn es auch höchst wahrscheinlich ist, dass zufolge reichlichen Gehaltes an NH_4Cl ein osmotischer Faktor in den Hemmungseffekt eingeht, so ist—in Analogie mit der hemmenden Wirkung demineralisierten Weichwassers—als sicher anzunehmen, dass im Konditionswasser ebenfalls eine spezifische organische Substanz ihre hemmende Wirkung ausübt (FROESCHEL, 1955).

Kultiviert man nun Weizen auf einem 10-fachen Konzentrat dieses Weizenwaschwassers, so zeigt sich nach einem Monat ein erstaunlicher Unterschied zu jenem Weizen, der auf Wasser gezogen wurde.

Von den in Abb. 1 dargestellten Pflanzen wurde a kultiviert auf Wasser, b und c auf einem 10-fachen Konzentrat des Konditionswassers. Wiewohl a und b im gleichen Entwicklungsstadium sind (zwei Blätter), erreicht b nur ein Viertel der Höhe von a. Bei c ist die Hemmung noch viel weiter gegangen: die Pflanze ist nicht nur in der Grösse sondern auch in der Entwicklung zurück, da sie nur die Spitze des ersten Blattes zeigt, das eben die Koleoptile durchbrochen hat. Sie ist ein Zwerg geblieben.

Der Wunsch, weiteres Material zu dieser Frage zusammenzutragen, führte zur Wiederaufnahme des Themas, wobei jedoch nur mehr demineralisierte Beta-Hemmstoffe zur Anwendung kamen.

VERSUCHE MIT *Hordeum*

Die Gerste wurde in Glasröhrchen (Höhe 6 cm, Durchmesser 2,5 cm) kultiviert, die mit Seesand gefüllt waren. Die Befeuchtung des Kulturmediums geschah bei den Kontrollen durch Knopsche Nährlösung, bei den Versuchen durch verschieden konzentrierte Hemmstofflösungen. 10 Versuchspflanzen per Konzentration.

Die Ergebnisse entsprechen durchaus den oben geschilderten Versuchen mit Weizen. Nach einer Kultur von 5 Wochen ergibt sich ein Resultat, das durch die Abb. 2 besser dargestellt wird als durch ein langatmiges Protokoll.

Durch Anwendung stärkerer Konzentrationen konnte die Hemmung noch weiter getrieben werden, da zwischen den verwendeten Konzentrationen und jener, die die Samenkeimung überhaupt verhindert, Interpolationen möglich sind. Doch wollen wir vorsichtiger Weise diese noch weiter gehenden Hemmungen nicht ausschliesslich den Hemmstoffen zuschreiben, da bei diesen stärkeren Konzentrationen die Alkalinität des Präparates (pH 8) schon ins Spiel treten kann.

VERSUCHE MIT *Pisum*

Pisum wurde in der selben Weise kultiviert wie *Hordeum* und erwies sich gegenüber den gleichen Hemmstoffen als viel empfindlicher. Die Konzentrationen 2,5 % und 1,25 % wurde je drei mal mit je 10 Pflanzen getestet.

Abb. 3 zeigt das Ergebnis eines dieser Versuche nach 20 Tagen. Die Konzentration von 1,25 % reduziert das Längenwachstum bereits um mehr als die Hälfte gegenüber den Kontrollen, während eine Konzentration von 2,5 % die meisten Samen ungekeimt lässt und nur dem einen oder andern ein Zwergwachstum gestattet.

Abb. 4 zeigt detailliert, dass die Hemmstoffe durch Verminderung sowohl der Länge als der Zahl der Internodien nicht nur einen retardierenden sondern auch einen formativen Einfluss ausüben. Er tritt bei den Zwergpflanzen ganz besonders hervor.

VERSUCHE MIT *Agrostemma*

Um mit der begrenzten Menge demineralisierter Hemmstoffe zu recht zu kommen, wurden die *Agrostemma*-Samen zu je 16 in flachen Tonschalen angebaut. In Anwendung kamen die Konzentrationen 5 %, 2,5 %, 1,25 %, 0,62 % und 0,31 %. Eine Hemmstoffkonzentration von 5 % lässt eine Samenkeimung überhaupt nicht zu¹⁾. Bei der Konzentration 2,5 % entwickeln sich Pflanzen, die noch nicht die Hälfte der Höhe der Wasserkontrollen erreichen.

Abb. 5 zeigt, dass sowohl die Länge der Internodien als auch die Dicke des Sprosses, die Breite der Blätter, die Entwicklung des Wurzelsystems einer starken Hemmung unterliegen. Auch die Gesamtentwicklung ist zurück: während die Normalpflanzen nach dem 9. Blattpaar (Kotyledonen mitgerechnet) die Blüte entwickelt haben, ist bei der Hemmstoffpflanze das achte Blattpaar noch nicht entfaltet.

Leider konnte das Blütenstadium der Hemmstoffpflanze nicht abgewartet werden, da sie gleich einem zweiten Exemplar abzusterben drohte.

Das kommt von der angewendeten Technik her, die, ohne im Uebrigen die Richtigkeit unserer Resultate in Frage zu stellen, doch unvollkommen ist. Bei dauerndem Zusetzen von Hemmstofflösungen zum Boden ist nämlich die Pflanze nicht einer konstanten sondern einer stetig steigenden Hemmstoffkonzentration ausgesetzt, die schliesslich zum Tode führen kann.

Neue Versuche sollen daher mit einer Technik unternommen werden, die eine konstante Hemmstoffkonzentration gewährleistet. Von solchen Versuchen darf man sich mit einiger Wahrscheinlichkeit das Entstehen blühender Zwergexemplare erwarten.

Was die Konzentrationen 1,25 %, 0,62 % und 0,31 % anlangt, so ergaben sie teils mehr oder minder gehemmte Exemplare, teils aber solche, die den Wasserkontrollen sogar voraus waren. Aus letzterem Faktum kann man eine Bestätigung der öfters geäußerten Ansicht herauslesen, wonach Wuchs- und Hemmstoffe leicht sollen ineinander übergehen können.

DISKUSSION

Unsere vorstehend beschriebenen Versuche lehren, dass Pflanzen, die von der Samenkeimung ab durch Wochen oder Monate unter dem Einfluss von Hemmstoffen gehalten werden, eine dreifache Reaktion zeigen:

- 1) Eine Verlangsamung des Wachstums.
- 2) Eine Verkleinerung von Stamm, Blatt und Wurzel-Verkleinerung die sehr fein abgestuft werden kann und die bis zur Bildung von Zwergformen gehen kann.
- 3) Ein Zurückbleiben in der Entwicklung, indem in der gleichen Zeit nicht nur kleinere sondern auch weniger Organe gebildet werden.

¹⁾ Die Samen konnten aber nach einmonatlicher Hemmung auf mit Wasser befeuchtetem Filterpapier zur Keimung gebracht werden.

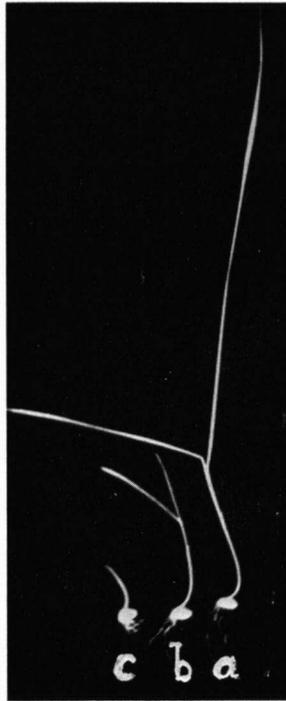


Fig. 1

Abb. 1. Weizenpflanzen. *a.* kultiviert auf Wasser, *b.* und *c.* auf 10-fach Konzentrierten Mühlenwaschwasser dieses Weizens. — Versuchsdauer 30 Tage. — 1/3 der nat. Grösse

Abb. 2. *a.* Gerste kultiviert auf Knopscher Nährlösung. *b.* Gerste kultiviert auf einer 2,5 %-igen Hemmstofflösung. Koleoptile, Blätter und Wurzelsystem erscheinen gehemmt

Abb. 3. Versuch mit *Pisum*, photographiert nach 20 Tagen, 1/6 der nat. Grösse
Obere Reihe: auf Wasser. Mittlere Reihe: Hemmstofflösung 1,25 %. Untere Reihe: Hemmstofflösung 2,5 %

Abb. 4. Je eine Pflanze der drei Reihen der Abb. 3. Nat. Grösse

Abb. 5. Zwei Exemplare von *Agrostemma Githago*, 80 Tage nach Aussaat
a. kultiviert auf Erde mit Wasser, *b.* auf Erde mit 2,5 %-iger Hemmstofflösung.
1/3 der nat. Grösse. (Bei *a.* ein Blattpaar abgefallen)

PLATE II

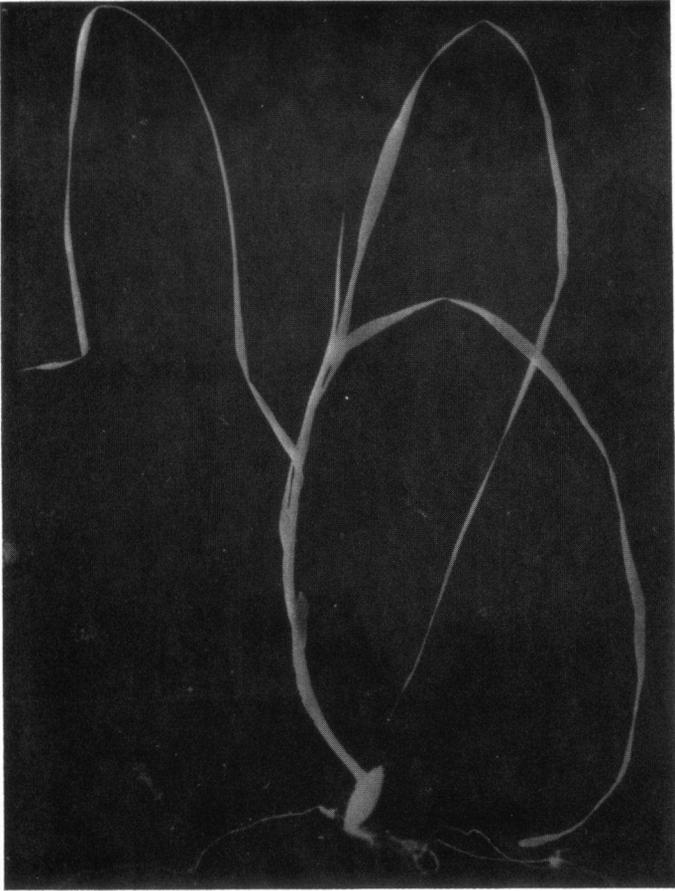


Fig. 2a



Fig. 2b

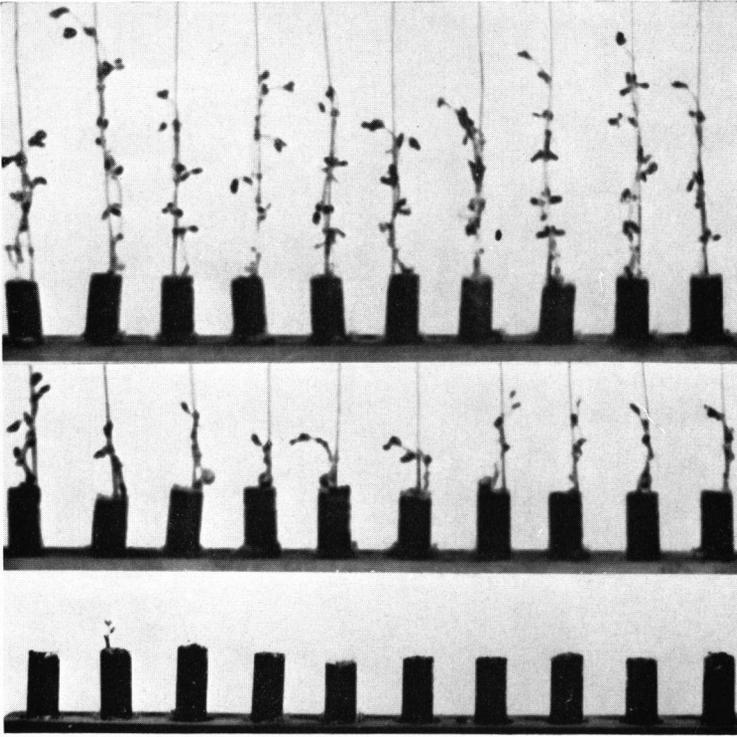


Fig. 3

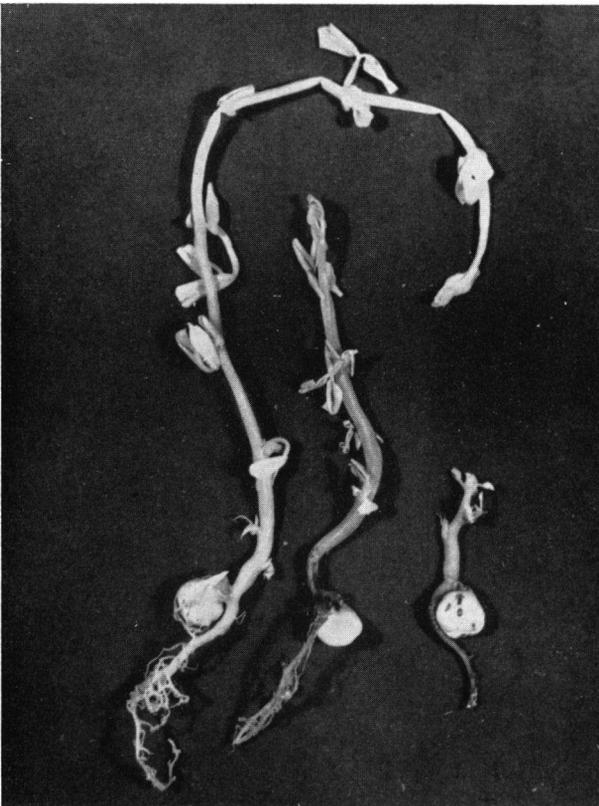


Fig. 4

PLATE IV

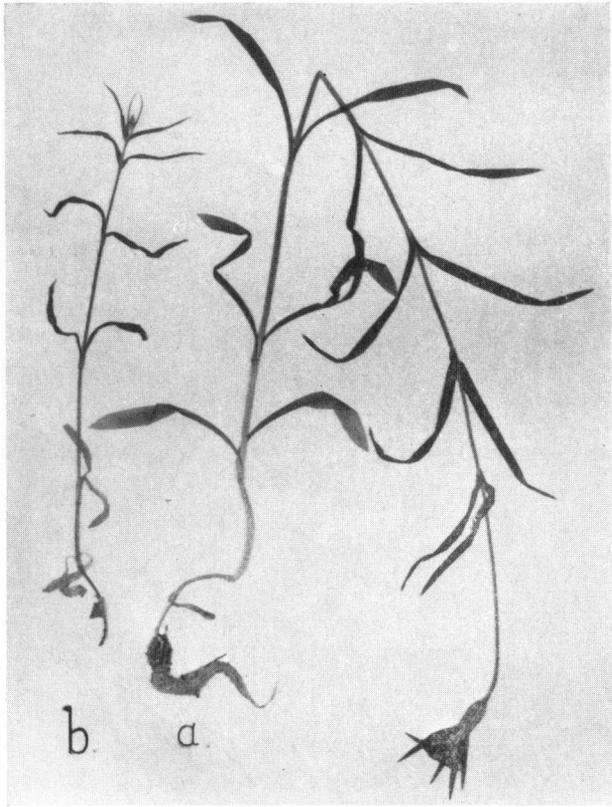


Fig. 5

Das heisst mit andern Worten, dass unsere Hemmstoffe nicht nur einen retardierenden sondern auch einen formativen Einfluss ausüben.¹⁾

Und ein solcher formativen Einfluss wird nicht nur im physiologischen Experiment, sondern sicher auch unter natürlichen Verhältnissen existieren. Denn wenn es auch wahr ist, dass Hemmstoffe vor allem in den Stadien des latenten Lebens, deren chemisches Charakteristikum sie ja geradezu darstellen, zu finden sind, so wurden sie andererseits auch in wachsenden Pflanzenteilen nachgewiesen (LARSEN, 1939 und 1947; LINSER, 1940; POHL, 1951; RUGE, 1939).

Daher muss als sicher angenommen werden, das sie, ebenso wie die Wuchsstoffe, an der Façonierung des Pflanzenkörpers teilnehmen. Spätere Forschung wird nachzuweisen haben, ob und welche Hemmstoffe in Wuchsstoffe übergehen können und umgekehrt und welche Instanz darüber entscheidet wann, wo und unter welchen Bedingungen eine solche Umwandlung stattzufinden hat.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Kultur verschiedener Pflanzen unter dauernder Hemmstoffwirkung zeitigte:

1. Verlangsamung des Wachstums.
2. Verkleinerung der Organe bis zur Ausbildung von Zwergformen.
3. Zurückbleiben in der Entwicklung.

Damit ist eine Methode gegeben, Pflanzen mittels ihrer eigenen Hemmstoffe die Zwergform aufzudrücken.

Praktische Anwendungen in Agri- und Hortikultur erscheinen möglich.

LITERATUR

- EVENARI, M., 1949. Bot. Rev. 15: 153–197.
 FROESCHEL, P., 1939. Nat. Wet. Tydschr.
 FROESCHEL, P., 1940. Biol. Jaarb.
 FROESCHEL, P., 1954. Nat. Wet. Tydschr.
 FROESCHEL, P., 1955. Nat. Wet. Tydschr.
 LARSEN, P., 1939. Planta 30: 160–167.
 LARSEN, P., 1947. Am. Jour. Bot. 34: 349–356.
 LINSER, H., 1940. Planta 31: 32–59.
 NIEMANN, E., 1952. Flora 139.
 POHL, R., 1951. Planta 39: 105.
 RUGE, U., 1939. Zeit. Bot. 33: 529–571.

¹⁾ Es sei hier betont, dass wir es bei unsern Hemmstoffen — im Gegensatz zu dem vielfach ähnliche Wirkungen hervorrufenden Malein Hydrazide — mit genuinen, körpereigenen Stoffen zu tun haben.