ACTA SOCIETATIS
BOTANICORUM POLONIAE
Vol. XXXI — Nr 2
1962

Über die direkte und indirekte Wirkung der Humusverbindungen auf den pflanzlichen Organismus Vorläufige Mitteilung

Z. GUMIŃSKA, S. GUMIŃSKI u. L. BADURA

Die bisherigen Erfolge unserer Versuche sowie die Erfahrungen anderer Autoren (Christiewa, Flaig, Lafond, Šmidova) mit Humusverbindungen wiesen auf die Rolle dieser Substanzen im Atmungsprozesse der Pflanzen hin. Nun handelte es sich darum, in welcher Weise die Humustoffe den Atmungsprozess beeinflussen.

Vom theoretischen Standpunkt ausgehend konnte die Frage auf zwei Arten gelöst werden: die Wirkung könnte entweder direkter oder indirekter Natur sein. Im ersten Falle sollten die Humussubstanzen in den Metabolismus der Pflanzen hineingreifen, im zweiten nur das Medium der Pflanzen (bzw. ihrer Wurzeln) beeinflussen. Im ersten Sinne wurden schon entsprechende Hypothesen von Christiewa, Flaig und von uns in verschiedenen Publikationen ausgesprochen, und zwar auf Grunde mancher biochemischen Versuchen. Direkte Beweise für diese Auffassungen fehlen aber bisher. Der stimulierende Effekt der Humuswirkung auf die Atmung der Pflanzenwurzeln konnte auch auf indirektem Wege erklärt werden. Es blieb nähmlich immer die Möglichkeit, dass die Humusverbindungen in dieser Weise wirken, dass sie die schädlichen Produkte des Metabolismus, die in das Aussenmedium durch die Wurzeln ausgeschieden werden, chemisch oder physikalisch binden. Wenn das Nährmedium in dieser Weise entgiftet werden sollte, so könnten die Humussubstanzen indirekt den Atmungsprozess der Wurzeln erleichtern. Es soll nun erwähnt werden, dass Wanner und Schmucki fanden, dass die Tomatenwurzeln in nicht belüfteten Wasserkulturen nicht nur direkt wegen Sauerstoffmangel zugrunde gehen, sondern auch wegen der Anhäufung der schädlichen Wurzelauscheidungen (1950). Wenn einmal in der Nährlösung diese Anhäufung der Ausscheidungen stattgefunden hat, dann hilft die Sauerstoffdiffusion von der Luft in die Nährlösung nich mehr; die Wurzeln können nicht mehr atmen, obwohl auch der Sauerstoff reichlich zur Verfügung steht. Auch wir konnten unabhängig von den Forschungen Wanners und Schmuckis die

paradoxale Tatsache feststellen, dass manchmal in nicht belüfteten Wasserkulturen, in denen die Pflanzen in ihrem Wachstum gehemmt wurden, die Sauerstoffkonzentration höher war, als in paralellen belüfteten Kulturen, in welchen die Pflanzen gut wuchsen. Es handelte sich offenbar um Wurzelauscheidungen, die sich in den nicht gelüfteten Kulturen anhäuften und den Wurzeln den nachher langsam von der Luft diffundierenden Sauersoff nicht auszunützen erlaubten.

Um die Frage der direkten oder indirekten Wirkung der Huminstoffe auf die Atmung der Wurzeln zu lösen wurde eine Reihe von Versuchen angelegt. In erster Linie wurden Tomaten in Wasserkulturen gezüchtet in welchen man die „entgiftende" Wirkung verschiedener Kolloidstoffe mit der Wirkung der Huminstoffe in belüfteten und nicht belüfteten Nährlösungen verglich. Die Ergebnisse solcher Versuche zeigten also, dass die Wirkung verschiedener Kolloide, bei Mangel an Sauerstoff in der Nährlösung im Vergleich mit der Wirkung des Natriumhumats nicht zu übersehen ist. Sie bleibt aber im Vergleich mit dem Einfluss des Humats stark zurück und kommt nur dann zu Tage, wenn die Kolloidstoffe der Nahrlösung am Anfang der Pflanzenzucht beigefügt werden. Wenn man aber Tomatenkeimlinge in einer Nährlösung, in welcher vorher schon Tomatenpflanzen zwei Wochen lang wuchsen, zu züchten probierte, dann erzielte man nur mit dem Humat gute Erfolge (dass heisst die Pflanzen wuchsen gesund); alle anderen Kolloide blieben unter diesen Bedingungen wirkungslos. In den Versuchen wurden folgende Kolloide verwendet: Agar-Agar, Eisenverbindungen, Bentonit, Ton, Kieselsäure und Natriumhumat.

Sollten also nur die adsorptiven Eigenschaften der Humuskolloide die Pflanzen von den schädlichen Wurzelauscheidungen retten, so schien es ausserordentlich merkwürdig zu sein, warum diese physiko-chemische Wirkung des Humats mit anderen Kolloidstoffen nur in sehr geringem Ausmasse zu ersätzen wäre. Das Natriumhumat müsste dann eine ganz spezifische Eigenschaft besitzen, die ihm seine eigentümliche antitoxische Wirkung ermöglichte.

Um dieses Problem zu lösen haben wir in Anbetracht der Ergebnisse von de Kock (1955) die Wirkung der EDTA (Äthylendiamintetraessigsäure) und des Na-Humats in belüfteten und nicht belüfteten Wasserkulturen verglichen. Überraschenderweise wuchsen die Tomaten in den nicht belüfteten Wasserkulturen mit Zugabe von EDTA ebenso gut wie mit Zugabe von Humat und gar nich schlechter als in den belüfteten Kontrollkulturen. Merkwürdigerweise erwies sich auch dieselbe Konzentration dieses Reagens die der optimalem Konzentration des Humats entsprach, als geeignet (0,01%).

Darauf folgten Versuche mit toxischer Nährlösung, d. h. mit Nähr-

lösung, in welcher die Wurzelauscheidungen der Tomaten angehäuft waren (in welcher also schon einmal die Tomaten gewachsen sind). Diese Vegetationsversuche zeigten, dass EDTA völlig das Na-Humat in seiner „antitoxischen" Wirkung zu ersätzen vermöge.

Es ist uns also klar geworden, dass die günstige Wirkung des Na-Humats in den nicht belüfteten kulturen mit seinen bekannten chelatbildenden Eigenschaften verknüpft ist. Die Wirkung der EDTA erinnerte völlig an den Einfluss des Humats: sie war verblüffend in nicht belüfteten Kulturen und blieb aus in den gut belüfteten. Somit bekamen wir jetzt neue Anhaltspunkte für Erforschung einerseits der chemischen Natur der toxischen Wurzelauscheidungen und andereseits zur Klärung der günstigen Wirkung der Chelatbildner auf das Wachstum der Pflanzen.

Unabhängig von diesen Erwägungen wurden manche einzelne Fraktionen der alkalischen Lösung von Humussubstanzen auf ihre physiologische Wirkung in belüfteten u. nicht belüfteten Wasserkulturen geprüft. In Vegetationsversuchen wurden gleichfalls die natürlichen aus Kompost gewonnenen wie auch künstlich aus p-Benzochinon hergestellten Humusstoffe gebraucht. Das Fraktionieren führte man mit Hilfe der Dialyse und des Adsorptionsverfahrens durch. Im Grossen und Ganzen kann man sagen, dass in unseren Versuchen nur die sogenannten Humisäuren oder anders gefasst die in wässeriger Lösung in kolloidaler bzw. grossmolekularer Form auftretenden Substanzen, bei Sauerstoffmangel in der Nährlösung, günstig auf das Wachstum der Pflanzen wirkten. Die dialysierbare bzw. durch die Adsorptionssäule filtrierbare Fraktionen wirkten auf das Wachstum der Pflanzen in der Regel hemmend. Die natürlichen sogenannten Fulvosäuren erwiesen sich in unseren Versuchen so gut wie wirkungslos, während die ihnen entsprechenden Fraktionen der Modellsubstanzen ausgesprochen toxisch wirkten.

In der Absicht den Biochemismus der Humuswirkung kennen zu lernen hat B a d u r a mikrobiologische Untersuchungen mit Hefekulturen angefangen. Im Einklang mit den Befunden von A. D z i e r z b i c k i (1909) wurde festgestellt, dass Na-Humat in Konzentration von 0,1% beim Fermentationsprozesse die CO_2-Auscheidung sowie die Alkoholproduktion stimuliert. Zugleich wurde aber bemerkt, dass unter dem Einfluss des Humats der Quotient CO_2/Alkohol steigt. Gleichzeitig wurde der Befund S. G u m i ń s k i (1953) bestätigt, dass unter dem Einfluss des Humats sich die Hefezellen viel rascher vermehren, als in den Kontrollkulturen. Dann wurde gezeigt, dass denselben Stimulationseffekt wie das natürliche Humat auch das synthetisch aus p-Benzochinon gewonnene „Na-Humat" gibt. Im Gegensatz aber zur Wirkung des natürlichen Humats bleibt die Stimulation nur dann bestehen wenn als

N-Quelle das Asparagin verwendet wird. Im Falle der verwendung des Ammoniumnitrats geht die Stimulationswirkung des künstlichen Humats verloren; unter diesen Bedingungen wurde sogar eine Hemmung des Fermentationprozesses beobachtet. Die günstige Wirkung des künstlichen Na-Humats auf die Fermentation der Hefe sei auch von der Aufbewahrungszeit sowie von dem Reinigkeitsgrade dieser Modellsubstanz abhängig. Diese Befunde hoffen wir als Anhaltspunkte für weitere Untersuchungen ausnützen zu dürfen.

Die Mitteilung wurde in Form eines Referats während des Symposiums „Humus et Planta" in Prag d. 29.IX.1961 veröffentlicht.

Instytut Botaniczny
Uniwersytetu Wrocławskiego
Wrocław, Kanonia 6/8

LITERATURVERZEICHNIS

Christieva Ł. A., 1953, Potschvowjedenje 10: 46—59.
De Kock P. C., 1955, Science 121: 473—474.
Dzierzbicki A., 1909, Bul. Int. Ak. Sc. Cracovie: 651—660.
Lafond A., 1951, Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 15: 357—359.
Flaig W. u. Saalbach E., 1955, Pflanzern. Düng. u. Bod. 71: 215—224.
Flaig W. u. Saalbach E., 1956, Pflanzern. Düng. u. Bod. 72: 1—7.
Gumiński S., 1950, Acta Soc. Bot. Pol. 20: 589—620.
Gumiński S. i Gumińska Z., 1953, Acta Soc. Bot. Pol. 22: 45—63.
Gumiński S. i Gumińska Z., 1953, Acta Soc. Bot. Pol. 22: 771—785.
Gumiński S., Czerwiński W., Unger E., Bacowa A., 1955, Acta Soc. Bot. Pol. 24: 723—731.
Gumińska Z., 1958, Acta Soc. Bot. Pol. 27: 501—522.
Šmidova M., 1960, Biologia Plantarum 2: 152—164.
Wanner H. u. Schmucki S., 1950, Ber. d. Schweiz. Bot. Ges. 60: 413—425.