

Inwieweit können Strohrotteprodukte das Pflanzenwachstum beeinflussen?

Über Veränderungen von Ligninabbauprodukten

Werden Ligninabbauprodukte, wie Phenolcarbonsäuren oder -aldehyde, dem Kulturmedium von Pflanzen zugesetzt, beeinflussen sie je nach chemischer Konstitution und der angewandten Konzentration die Keimung (1). Der Einfluß auf das Wachstum verwischt sich aber mit fortschreitender Entwicklung der Pflanzen. Dieses kann verschiedene Ursachen haben:

1. Nur ein Wachstumsvorgang, z. B. bei der Keimung, wird durch die Substanzen beeinflusst.
2. Die Pflanzen nehmen die Verbindungen auf und verändern sie so schnell und vollständig, daß sie ihren Stoffwechsel nicht mehr beeinflussen.
3. Die zugesetzten Verbindungen werden im Boden oder in den Kulturlösungen durch Mikroorganismen in verhältnismäßig kurzer Zeit abgebaut oder in inaktive Verbindungen übergeführt.

Wir wendeten unsere Aufmerksamkeit besonders dem dritten Punkte zu. Die Phenolcarbonsäuren und -aldehyde sind verschiedenen Medien zugesetzt worden:

- a) destilliertem Wasser,
- b) Knopscher Nährlösung, d. h. einer Lösung, die entweder den Versuchen über die Beeinflussung des Anfangswachstums in Neubauerschalen zugesetzt oder als Medium in Wasserkulturversuchen verwendet wird. Die Knopsche Lösung ist ungefähr mit einer Bodenlösung vergleichbar.
- c) reinem Quarzsand und
- d) schwarzerdeähnlichem Boden (aus der Gemeinde Asel bei Hildesheim).

Die Ansätze a) und b) sind darüber hinaus noch in weiteren Versuchsreihen mit Bodensuspensionen beimpft worden.

Bei den ersten Untersuchungen haben wir Ferulasäure (IV)¹⁾, Vanillin (V) und Vanillinsäure (VI) herangezogen. Drei Tage nach dem Ansatz der Versuche erfolgte eine Probenahme, d. h. aliquote Teile der wäßrigen Lösungen a) und b) sind direkt verwendet worden, während aus den Ansätzen c) und d) die Verbindung mit verschiedenen Lösungsmitteln extrahiert worden sind. Die Lösungen sind auf Substanzen, die auf Phenolnachweis positiv reagieren, mit Hilfe der Papierchromatographie untersucht worden. Die Ergebnisse dieser Voruntersuchung werden in Übersicht 1 aufgeführt. Die papierchromatographischen Untersuchungen er-

lauben nur einen qualitativen Rückschluß, zeigen aber, daß die Ferulasäure und Vanillin in verhältnismäßig kurzer Zeit wahrscheinlich unter dem Einfluß von Mikroorganismen, wie aus den Versuchen mit Zusatz von Bodensuspension folgt, zu Vanillinsäure verändert werden.

Um die Umwandlungen quantitativ verfolgen zu können, sind die Ultraviolettspektren gemessen worden. Hierzu konnten jedoch weder die beimpften wäßrigen Lösungen noch die Bodenextrakte verwendet werden, da sie eine mehr oder minder starke Trübung aufweisen, die eine spektrographische Messung unmöglich macht. Da sich aber in den obigen Untersuchungen nur graduelle Unterschiede in der Umwandlungsgeschwindigkeit ergeben haben, werden die Ergebnisse der Untersuchungen an wäßrigen Lösungen auch für die anderen Medien gelten.

Die wäßrigen Lösungen [a) destilliertes Wasser und b) Nährlösung] mit den Phenolcarbonsäuren und -aldehyden wurden unter verschiedenen Bedingungen gehalten und aus den Lösungen täglich Proben zur Messung entnommen.

Um einen Überblick über die Veränderungen zu erhalten, sind die Messungen mit dem Beckmangerät DK 2 geschrieben worden, wobei das gesamte

Übersicht 1

Ergebnisse der papierchromatographischen Untersuchung
 — = nicht gefunden
 +, ++, +++ = relative Farbintensität und Größe der Flecken

| Substrat | zugesetzte Verbindung | gefundene Verbindungen | | |
|--------------------------------|-----------------------|------------------------|----------|---------------|
| | | Ferulasäure | Vanillin | Vanillinsäure |
| dest. Wasser | Ferulasäure | +++ | — | + |
| | Vanillin | — | ++ | + |
| | Vanillinsäure | — | — | +++ |
| dest. Wasser + Bodensuspension | Ferulasäure | ++ | — | + |
| | Vanillin | — | + | ++ |
| | Vanillinsäure | — | — | +++ |
| Nährlösung | Ferulasäure | +++ | — | (+) |
| | Vanillin | — | +++ | + |
| | Vanillinsäure | — | — | +++ |
| Nährlösung + Bodensuspension | Ferulasäure | ++ | — | + |
| | Vanillin | — | ++ | + |
| | Vanillinsäure | — | — | +++ |
| Quarzsand | Ferulasäure | ++ | — | + |
| | Vanillin | — | + | ++ |
| | Vanillinsäure | — | — | +++ |
| Schwarzerde | Ferulasäure | — | — | — |
| | Vanillin | — | — | (+) |
| | Vanillinsäure | — | — | + |

¹⁾ Die römischen Zahlen entsprechen den in der Veröffentlichung des Verfassers auf Seite 13 bis 15 in diesem Heft verwendeten Bezeichnungen. Siehe insbesondere Übersicht 1 auf Seite 13.

Übersicht 2

Relative Konzentration an eingesetzter Menge Phenolcarbonsäure oder -aldehyd nach längerer Standzeit unter nicht sterilen Bedingungen

| eingesetzte Verbindung | prozentualer Gehalt der Lösungen an den eingesetzten Verbindungen nach | | | | | | Bemerkungen |
|--|--|-----|----|----|----|---------|--|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 Tagen | |
| p-Hydroxycimtsäure in Wasser | 100 | 90 | 75 | 50 | 30 | 20 | schwache Andeutung von p-Hydroxybenzoesäure unter deutlicher Verschiebung der Maxima zu p-Hydroxybenzoesäure |
| p-Hydroxybenzaldehyd in Wasser | 100 | 95 | 70 | 25 | 10 | 5 | |
| p-Hydroxybenzaldehyd in Knopscher Lösung | 100 | 95 | 90 | 10 | 5 | — | dasselbe |
| p-Hydroxybenzoesäure in Wasser | 100 | 100 | 85 | 60 | 40 | 20 | — |
| Ferulasäure in Wasser | 100 | 95 | 85 | 30 | 10 | — | schwache Andeutung von Vanillinsäure unter deutlicher Verschiebung der Maxima zu Vanillinsäure |
| Vanillin in Wasser | 100 | 95 | 80 | 28 | 3 | — | |
| Vanillin in Knopscher Lösung | 100 | 97 | 94 | 5 | 0 | — | dasselbe |
| Vanillinsäure in Wasser | 100 | 100 | 95 | 92 | 90 | — | — |
| Syringaaldehyd in Wasser | 100 | 90 | 45 | 10 | 2 | — | unter deutlicher Verschiebung der Maxima zu Syringasäure (s. Bild 1) |
| Syringaaldehyd in Knopscher Lösung | 100 | 90 | 85 | 50 | 5 | — | |
| Syringasäure in Wasser | 100 | 95 | 90 | 85 | 70 | — | — |

Spektrum aufgezeichnet wird. Eine derartige Reihenmessung verdeutlicht das Bild 1, das die Umwandlungen von Syringaaldehyd in Syringasäure wiedergibt. Aus den Kurven geht der Umbau von Syringaaldehyd in Syringasäure deutlich hervor. Ferner kann aus dem Vergleich der Extinktion beim Maximum der zugesetzten äquimolaren Menge an Syringasäure zu der der gebildeten Syringasäure auf die Bildung weiterer, in diesem Bereich nicht absorbierender Verbindungen geschlossen werden.

Die Abnahme der zugesetzten Phenolcarbonsäuren und -aldehyde sind in der Übersicht 2 zusammen-

gestellt. Die Ergebnisse lassen sich in ihrer Tendenz stets reproduzieren, die jeweiligen Einzelwerte schwanken aber um $\pm 10\%$. Diese Schwankungen der Werte sind auf die nicht immer gleichmäßig eintretende Infektion der Lösungen durch die in der Luft enthaltenen Keime und deren unterschiedliche Weiterentwicklung bedingt.

Wie schon die papierchromatographischen Untersuchungen ergeben haben, werden die mit Acrylsäuregruppen substituierten Phenole nur in geringem Umfang umgebaut, die Phenolaldehyde jedoch bedeutend rascher. Aus den Kurven ergibt sich aber weiterhin, daß — wenn auch bei den erstgenann-

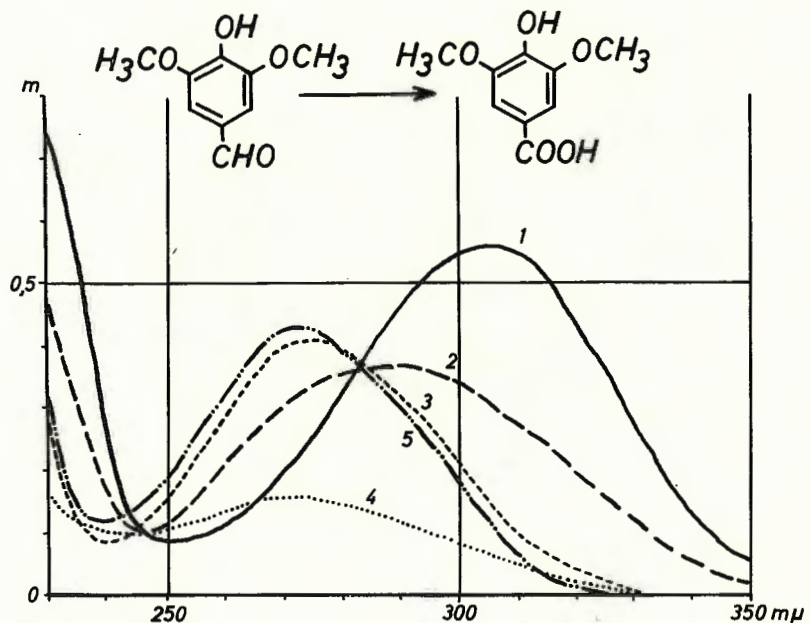


Bild 1: Umwandlung von Syringaaldehyd in Syringasäure in destilliertem Wasser bzw. in wäßrigen Kulturlösungen.

- 1 = Syringaaldehyd nach dem Ansatz der Lösung
- 2 = " nach 2 Tagen
- 3 = " nach 4 Tagen
- 4 = " nach 14 Tagen
- 5 = äquimolare Lösung von Syringasäure zu 1

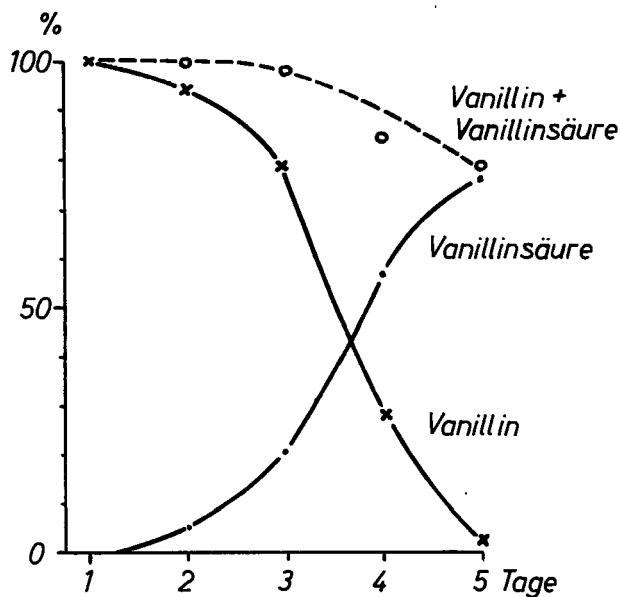


Bild 2: Umwandlung von Vanillin (V) zu Vanillinsäure (VI) sowie deren Abbau in Knopscher Nährlösung unter nicht sterilen Bedingungen.

ten kaum ein Umbau in Carbonsäuren mit einem Kohlenstoffatom in der Seitenkette eintritt — ihre Konzentration doch schnell abnimmt. Bei den Aldehyden dagegen tritt erst eine annähernd quantitative Oxydation zu den entsprechenden Säuren ein, der ein Umbau oder Abbau der Säuren in nicht UV-absorbierende Verbindungen sich anschließt.

Zur Berechnung der Konzentrationen an eingesetzter und neu entstehender UV-absorbierender Substanz, wie z. B. bei der Umwandlung von Vanillin (V) in Vanillinsäure (VI), sind nicht die vollständigen Spektren notwendig, sondern nur die Extinktionen bei den Wellenlängen, die für die Berechnung am geeignetsten sind. D. h. es müssen möglichst zwei Wellenlängen ausgewählt werden, bei denen jeweils die eine Substanz ein Maximum und die andere ein Minimum im Spektrum hat (4). So wurden z. B. für das Gemisch Vanillin-Vanillinsäure die Wellenlängen 230 und 261 sowie 248 und 310 m μ verwendet.

Als Beispiel für diese Untersuchungen wird das Ergebnis einer Meßreihe mit Vanillin in 5×10^{-5} molarer Konzentration in Knopscher Nährlösung in Bild 2 wiedergegeben.

Eine Abnahme der Konzentration an Vanillin (V) ist schon am zweiten Tage zu beobachten. Die Umbildung in Vanillinsäure (VI) verläuft nach diesem Zeitpunkt sehr rasch, so daß nach fünf Tagen mit dieser Methode kein Vanillin (V) mehr nachweisbar ist. Die sich während der Oxydation von Vanillin bildende Menge an Vanillinsäure erreicht jedoch nicht die Größe, daß sich eine Gesamtkonzentration von 100 % ergeben würde. Dieses Fehlen an der

Gesamtkonzentration nimmt mit der Versuchsdauer zu. Es müssen sich daher auf diesem Wege nicht erfaßbare Umwandlungsprodukte gebildet haben, oder es ist ein vollständiger Abbau der Substanzen in CO₂ und Wasser eingetreten. Bei den neu gebildeten Substanzen kann es sich um Phenole und Polyphenole handeln, sowie um verschiedene Chinone, die von FLAIG und HAIDER (2) beschrieben worden sind.

Die Verminderung der Konzentration an Vanillin (V) wird durch Zusätze, wie Ascorbinsäure, Natriumthiosulfit (als Reduktionsmittel), Glukose (als leicht verfügbare Kohlenstoffquelle) sowie verschiedene Spurenelemente (Schwermetallionen als Katalysatoren von Oxydationsvorgängen), zu den Lösungen nur wenig beeinflusst. Der Ablauf der Reaktionen ist jedoch verschieden. Hierauf soll in einem anderen Zusammenhang ausführlicher eingegangen werden.

Ein oxydativer Abbau der Phenolcarbonsäuren und Aldehyde erfolgt nicht, wenn zu den Kulturlösungen Toluol zugesetzt wird. Dieser Befund deutet darauf hin, daß die Veränderungen dieser Substanzen auf einer Infektion der Lösungen durch die in der Luft enthaltenen Keime und deren Entwicklung in den Lösungen bedingt sind. Hierauf haben auch bereits die papierchromatographischen Untersuchungen an den mit Bodensuspensionen beimpften Lösungen und die Versuche im Boden hingewiesen.

Aus diesen Untersuchungen kann demnach der Schluß gezogen werden, daß Ligninabbauprodukte wie Phenolcarbonsäuren und -aldehyde im Boden einem relativ schnellen Abbau durch Mikroorganismen unterliegen. Die zu Beginn beschriebene Erscheinung, daß bei einmaligem Zusatz dieser Substanzen deren Wirkung auf die Entwicklung der Pflanzen sehr schnell nachläßt, dürfte demnach mit einem Abbau der Substanzen erklärt werden können. Es wäre jedoch sicherlich verfehlt, eine Einwirkung der Phenolcarbonsäuren und -aldehyde aus den Strohrotteprodukten auf das Pflanzenwachstum auf Grund dieser Erfahrungen zu verneinen, da diese Substanzen, wie sich aus den Untersuchungen über die Strohrotte (3) ergibt, ständig neu nachgeliefert werden.

Schrifttumsnachweis

1. FLAIG, W.: Die Wirkung von Humusstoffen auf den pflanzlichen Stoffwechsel. — Z. Landwirtsch.-Wiss. Ges. in Finnland **33** (1961) S. 1—16.
2. FLAIG, W. u. K. HAIDER: Reaktionen mit oxydierenden Enzymen aus Mikroorganismen. — Planta Medica, Z. Arzneipflanzenforsch. **9** (1961) S. 123—139.
3. MAEDER, H.: Chemische und pflanzenphysiologische Untersuchungen mit Rottestroh. — Gießen, Diss. v. 1960.
4. MAYER, F. X. u. A. LUSZCAK: Absorptionsspektralanalyse. — Berlin: Verl. Walter de Gruyter 1951.