

**Zeitschrift:** Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse  
**Herausgeber:** Schweizerische Botanische Gesellschaft  
**Band:** 54 (1944)

**Artikel:** Über ein welkeerzeugendes Stoffwechsellpunkt von Fusarium lycopersici Sacc.  
**Autor:** Clauson-Kaas, N. / Plattner, Pl.A. / Gäumann, Ernst  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-38523>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 15.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Über ein welkeerzeugendes Stoffwechselprodukt von *Fusarium lycopersici* Sacc.

Von N. Clauson-Kaas, Pl. A. Plattner und Ernst Gäumann.

(Aus dem organisch-chemischen Institut und dem Institut für spezielle Botanik der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich.)

Eingegangen am 13. Juli 1944.

Die Ursachen des Welkens der von parasitischen Pilzen und Bakterien befallenen Pflanzen sind in den letzten Jahrzehnten wiederholt untersucht worden. Eine kritische Zusammenfassung der Theorien über die während der Krankheit sich abspielenden Vorgänge findet sich in einer kürzlich von Harris (1940) veröffentlichten Arbeit.

Als eine der Ursachen der pathologischen Welke sind vom Parasiten ausgeschiedene giftige Stoffwechselprodukte angesehen worden. Es ist schwierig, an befallenen Pflanzen den Anteil solcher Toxine am ganzen Welkvorgang von der Infektion bis zum Absterben der Pflanze zu untersuchen. Einerseits ist hierbei eine ständige histologische Kontrolle der erkrankten Pflanze nötig, andererseits müssen die im Stoffwechsel, vor allem in der Transpiration auftretenden Änderungen laufend registriert werden. Gleichzeitig sollten dann die vom Parasiten in die Zellen und Leitungsbahnen der Pflanzen ausgeschiedenen Stoffwechselprodukte von Zeit zu Zeit während des Wachstums isoliert und womöglich quantitativ bestimmt werden. Schließlich müßte man versuchen, das ganze Krankheitsbild durch Einführung reiner Stoffwechselprodukte der Parasiten in gesunde Pflanzen zu reproduzieren, um festzustellen, ob nicht noch andere Faktoren, z. B. die mechanische Verstopfung der Leitungsbahnen, einen Einfluß auf die Welkekrankheit haben. Nur durch eine in dieser Art durchgeführte Untersuchung könnte ein Einblick in den Einfluß giftiger Stoffwechselprodukte auf den Verlauf der Welkekrankheit erhalten werden.

Kulturfiltrate der meisten auf synthetischer Nährlösung gezüchteten Parasiten üben auf gesunde Pflanzen eine starke Welkwirkung aus. Filtrate von Kulturen saprophytischer Pilze können jedoch auch Welke hervorrufen (Harris 1940). Bis heute wurden nur in einem Falle (Wolf 1933) toxisch wirkende Extrakte *direkt* aus einer infizierten Pflanze gewonnen.

Da sonst parasitisch lebende Pilze, auf künstlichen Nährböden gezüchtet, die bei Pflanzen welkehervorrufenden Stoffe wahrscheinlich

ebenfalls bilden können, haben wir versucht, solche Verbindungen, im folgenden kurz Welkstoffe genannt, aus Kulturfiltraten zu isolieren. Dieser Weg ist, solange über die chemische Natur der Welkstoffe nichts bekannt ist, der einfachste und erfolgversprechendste. Für unsere Untersuchungen haben wir den Erreger der Tomatenwelkekrankheit, *Fusarium lycopersici* Sacc., gewählt.

Es gelang, eine Verbindung mit starker Welkwirkung, vermutlich die einzige vorhandene, aus der Kulturflüssigkeit dieses Pilzes zu isolieren. Über die Reindarstellung und die chemischen Eigenschaften der Welkstoffes — es handelt sich um eine saure, polypeptidartige Verbindung der Bruttoformel  $(C_9H_{15}O_7N_3)_n$  — wird anderswo berichtet werden (Plattner und Clauson-Kaas, 1945).

Von früheren Versuchen, aus toxischen Kulturfiltraten von Kulturen parasitischer Pilze die giftigen Substanzen zu isolieren, seien nur diejenigen von Lüdtke und Ahmet (1933) erwähnt, welche Filtrate von *Fusarium vasinfectum* untersucht haben. Durch Eindampfen zur Trockene im Vakuum und Extraktion des Rückstandes mit Methanol gelang denselben eine gewisse Anreicherung der aktiven Verbindungen. Auf Grund einiger Versuche mit unreinen Präparaten wurde dann angenommen, daß der Welkstoff ein Amin, aber keine Aminosäure sei. Die daraufhin mit verschiedenen synthetischen Aminen und mit basischen und neutralen Aminosäuren unternommenen Versuche zeigten, daß tatsächlich in den beiden ersteren Stoffklassen Verbindungen mit Welkwirkung zu finden sind.

### Züchtung des Pilzes.

Der Pilz wurde in Erlenmeyerkolben von 400 cm<sup>3</sup> Inhalt auf einer modifizierten Richardschen Nährlösung (Luz, 1934) gezüchtet und die Kulturen nach 2—4 Monaten in Chargen von 50 Kolben aufgearbeitet. Das Aussehen der einzelnen Kulturen innerhalb eines Ansatzes war oft erstaunlich verschieden. Wir können uns diese Erscheinung vorerst nicht erklären.

Die Herstellung der Pilzkulturen sowie die Ausführung der unten besprochenen Welkversuche wurde in sorgfältiger Weise von Frl. Frida Speckert im Institut für spezielle Botanik der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich, vorgenommen, wofür wir ihr auch hier unsern besten Dank aussprechen.

### Der Welktest.

Die Welkkraft der verschiedenen Lösungen wurde an ganzen Fiederblättern junger Tomatenpflanzen geprüft. Es sei gleich vorweggenommen, daß es nicht gelang, einen auch nur einigermaßen quanti-

tativ auswertbaren Test zu erhalten, so daß die Isolierungsmethode hauptsächlich auf Grund chemischer Überlegungen ausgearbeitet werden mußte.

Als bestgeeignetes Testmaterial erwiesen sich Fiederblätter von 6—10 Wochen alten Tomatenpflanzen, deren Blattstiele 8—10 cm lang waren. Die Blätter wurden in kleine, 8 cm<sup>3</sup> fassende Präparatengläser, welche oben durch einen mit einer 6-mm-Bohrung versehenen Blechdeckel verschlossen waren, eingestellt. Um individuelle Unterschiede der einzelnen Blätter möglichst auszuschalten, wurden für jeden Test fünf Blätter verwendet. Meistens waren aber diese Unterschiede nicht sehr groß.

Die Wirkung des Welkstoffes wurde durch die Gegenwart bestimmter Stoffe stark gesteigert. Testlösungen, die wohl Welkstoff, aber keinen Aktivator enthielten, zeigten fast keine Welkwirkung. Dieser wichtige Befund, welcher die Isolierung anfangs sehr erschwerte, wird weiter unten noch näher besprochen. Hier sei nur gesagt, daß eine Spur von Ferrichlorid als Aktivator wirkt.

In allen Versuchen konnten zwei Welkbilder deutlich unterschieden werden :

1. Der Stiel blieb aufrecht, wurde etwas dürr, behielt aber annähernd den ursprünglichen Durchmesser. Die Blätter zeigten schwarze Flecken und wurden rasch spröde. Sie rollten sich am Blattrand etwas auf. Dieses Welkbild wurde von einer mit verdünnter Natronlauge auf pH 7 gebrachten, 0,1prozentigen Lösung des reinen Welkstoffes, der eine Spur Ferrichlorid zugegeben worden war, hervorgebracht.
2. Der Stiel bog sich, wurde weich und schlaff. Der aus der Lösung herausragende Teil trocknete schließlich ganz aus und schrumpfte zu einem dünnen Faden zusammen. Die Blätter rollten sich stark ein, wurden sehr schlaff und färbten sich schwarzgrün bis schwarz. Erst nach einiger Zeit wurden sie spröde und dürr. Dieser zweite Welktypus wurde an Blättern beobachtet, die in filtrierte Kulturflüssigkeit gestellt wurden.

Die beiden hier angegebenen Welktypen stellten nur zwei Grenzfälle dar. Während der Isolierung des Welkstoffes kamen ständig Fraktionen zur Prüfung, welche Zwischenformen der beiden Welkbilder verursachten.

Es war sehr schwierig, genau reproduzierbare Ergebnisse sowohl in bezug auf Welkbild wie auf Welkgeschwindigkeit zu erhalten, solange die Lösungen des Welkstoffes größere Mengen anderer Stoffe enthielten. Mit reinem Welkstoff und einer Spur Ferrichlorid als Aktivator war die Welkgeschwindigkeit dagegen in der Hauptsache nur von der Konzen-

tration abhängig. Das Welkbild bei Konzentrationen über 0,05 % glich immer dem ersten Typus.

7 cm<sup>3</sup> einer 0,05prozentigen Lösung des reinen Welkstoffes (mit wenig Ferrichlorid) brachten ein Tomatenblatt im gleichen Zeitraum zum Welken wie 7 cm<sup>3</sup> der Kulturflüssigkeit. 1 Liter Kulturflüssigkeit sollte also 500 mg Welkstoff enthalten, während wir in einem Fall bei der Verarbeitung von 3,7 Litern Kulturfiltrat (aus 50 Kolben) nur 89 mg/l analysenreiner Substanz isolieren konnten, was einem Verlust von ungefähr 80 % während der Aufarbeitung entspricht.

Obwohl eine Berechnung der Ausbeute auf Grund der Welkwirkung ohne Berücksichtigung der Begleitstoffe sehr unsicher ist, glauben wir, daß tatsächlich etwa  $\frac{2}{3}$  des Welkstoffes während der Isolierung verlorengehen, und zwar durch Inaktivierung. Diese Annahme würde auch mit den chemischen Eigenschaften des Welkstoffes übereinstimmen. Ein schonenderes Isolierungsverfahren als das von uns verwendete würde wahrscheinlich bessere Ausbeuten ergeben. Die Einfachheit unserer Methode ließ uns jedoch bis heute auf eine weitere Verfeinerung des Isolierungsverfahrens verzichten.

#### Welkversuche mit reinem Welkstoff.

2 mg Welkstoff + 0,04 mg Eisen als Ferrichlorid in 7 cm<sup>3</sup> Wasser gelöst und mit verdünnter Natronlauge auf pH 7 eingestellt, brachten ein Tomatenblatt innerhalb 36 bis 60 Stunden völlig zum Welken. Ohne Eisenzusatz setzte das Welken nach 70 bis 90 Stunden ein, und nach 100 bis 150 Stunden war das Blatt erst völlig welk.

Bei größerer Verdünnung nimmt die aktivierende Wirkung des Eisens ab. So brachten 0,3 mg Welkstoff, in 7 cm<sup>3</sup> Wasser gelöst, ein Blatt nach starker Chlorose in zirka 150 Stunden zum Welken, und zwar sowohl mit als auch ohne Zusatz von 0,003 mg Eisen.

Um diese bemerkenswerte Aktivierung des Welkstoffes durch Eisen näher zu untersuchen, haben wir geprüft, ob vielleicht einige andere Verbindungen (u.a. Hydrochinon) ähnliche Wirkung besitzen; sie waren jedoch alle inaktiv. Dagegen erwies sich ein von P a s c a l (1908) beschriebener alkalilöslicher Eisenkomplex von der Zusammensetzung  $\text{Na}_5\text{Fe}_2(\text{P}_2\text{O}_7)_3$  ebenfalls als aktiv. Auch durch größere Mengen anorganischer Salze, u. a. solcher, die in der Kulturlösung vorhanden sind, konnte die Aktivität etwas erhöht werden.

Ob sich in der Kulturlösung ein Aktivator befindet, dessen Wirkung mit der des Eisens vergleichbar ist, ließ sich nicht sicher entscheiden. Jedenfalls ist das ursprünglich als Ferrichlorid zugesetzte Eisen nicht mehr als Ferri-Ion vorhanden. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß während des Pilzwachstums alkalilösliche Eisenkomplexverbindungen,

wie der obenerwähnte anorganische Pyrophosphatkomplex, entstanden sind. Auch organische Eisenkomplexverbindungen können sich in der Kulturflüssigkeit befinden. So bildet z. B. Zitronensäure, die als Pilzstoffwechselprodukt häufig beobachtet worden ist, Verbindungen mit Eisen, die beim pH der Kulturflüssigkeit (ca. 8) nicht gefällt werden.

### Über den Verlauf des Welkprozesses.

Lindford (1931) zeigte, daß das Transpirationsverhältnis bei mit *Fusarium* infizierten Erbsen nach einem stetigen Abfall in einigen Fällen kurz vor dem Absterben der Pflanze etwas anstieg. Er schloß aus seinen Versuchen, daß die vom Pilz ausgeschiedenen Toxine die Fähigkeit der Pflanze, ihre Transpiration zu regulieren, zerstört hatten. Lindfords experimentelles Material war nicht sehr reichhaltig. Andere Autoren konnten später seine Beobachtungen bei Versuchen mit andern Pflanzen nicht bestätigen (Harris, 1940). Es wurde nur eine stetige Abnahme des Transpirationsverhältnisses festgestellt.

Bei unsern vorläufigen qualitativen Versuchen mit einzelnen Blättern haben wir eine ähnliche Beobachtung gemacht wie Lindford. Die in eine Welkstofflösung eingestellten Blätter nahmen bis zur völligen Welke mehr Wasser auf als in Brunnenwasser stehende Kontrollblätter. Das Transpirationsverhältnis, über die ganze Periode genommen, war also größer als 1.

Ein anderer Versuch zeigte, daß das Welken bei Blättern, die im Dunkeln gehalten wurden, überhaupt nicht einsetzte. 5 in Töpfen wachsende Tomatenpflanzen wurden 15 Stunden im Dunkelraum aufbewahrt. Von jeder Pflanze wurde darauf ein Fiederblatt abgeschnitten und im Dunkeln in einer 0,03prozentigen Welkstofflösung mit Ferrichloridzusatz geprüft. Nachdem die Pflanzen 3 Stunden im Tageslicht gestanden hatten, wurden nochmals 5 Blätter abgenommen und in der gleichen Lösung bei Licht geprüft. Nach 50 Stunden waren die Lichtblätter völlig welk und ein Teil des Wassers in den Testgläsern verbraucht. Zur gleichen Zeit waren die Dunkelblätter noch ganz frisch und hatten nur eine kaum merkbare Wassermenge aufgenommen. Die Dunkelblätter wurden jetzt ins Licht gebracht; sie welkten nun vollständig in 40 Stunden unter starker Wasseraufnahme. Es scheint also, daß das Welken einzelner Tomatenblätter mit reinem Welkstoff bei geringer Transpiration nicht eintritt.

**Zitierte Literatur.**

- Harris, H. A., 1940. Comparative wilt induction by *Erwinia Tracheiphila* and *Phytomonas Stewarti*. *Phytopath.* **30**, 1940, p. 625—637.
- Lindford, T., 1931. Transpirational history as a key to the nature of wilting in the *Fusarium* wilt of peas. *Phytopath.* **21**, 1931, p. 791—833.
- Lüdtke, M. und Ahmet, H., 1933. Über einen pflanzlichen Welkstoff. *Biochem. Z.* **257**, 1933, p. 256—266.
- Luz, G., 1934. Über den Stoffwechsel von *Fusarium lycopersici* und *Fusarium lini*. Diss. ETH Zürich, 1934.
- Pascal, P. 1908. Sur quelques sels complexes du fer où le fer est masqué. *C. R. hebdomadaire des Séances Acad. Sci. (Paris)* **146**, 1908, p. 231—233.
- Plattner, Pl. A. und Clauson-Kaas, N., 1945. Erscheint demnächst in *Helv. Chim. Acta* **28**, 1945.
- Wolf, F. T., 1933. The pathology of tobacco black shank. *Phytopath.* **23**, 1933, p. 605—612.
- 

Dem Otto-Mønsted-Fonds in Kopenhagen und der Rockefeller Foundation in New York danken wir für die Unterstützung dieser Arbeit.

---