

holz und Hemelingen insgesamt 1563 Gebäude, von denen 1043 (= 67%) Befall aufwiesen. Von letzteren wurden 642 saniert, d. h. über 60% der befallenen. Außerdem ließen 20 Besitzer befallsfreier Häuser vorbeugende Maßnahmen durchführen. Mehrere Besichtigungsfahrten in dieses Befallsgebiet zeigten, daß die Sanierung in der Tat durchweg wünschenswert war. Von 47 wahllos herangezogenen behandelten Dachstühlen wiesen 29 ein Alter von 11—30 Jahren und 16 ein solches von 31—50 Jahren auf. Nur 2 Dachstühle standen länger als 50 Jahre.

Im Einzelfalle besteht der Schaden für den Hausbesitzer zunächst in den Kosten für die Bekämpfung, die je nach Größe des Dachstuhles und Umfang der Beschädigungen naturgemäß stark schwanken. Größenordnungsmäßig wird man bei einem mittleren Einfamilienhaus mit etwa 400—600 DM und mehr rechnen müssen. Falls Gebäkteile erneuerungsbedürftig sind, entstehen darüber hinaus weitere erhebliche Kosten. Schließlich

besteht der Schaden — auch nach erfolgreicher Bekämpfung — in einer Wertminderung des Dachstuhles, die ein recht beträchtliches Ausmaß annehmen kann (vgl. 2).

Wesentlich empfindlicher sind die Schäden naturgemäß bei Totalzerstörungen, die keineswegs selten sind: In der Gegend von Hannover wurde bei 21 von insgesamt 346 befallenen Dachstühlen die Sanierung als nicht mehr lohnend abgelehnt (1952—1954). Dasselbe traf in Lilienthal bei Bremen für 6 Dachstühle von 150 befallenen zu.

Literatur

1. Kaufmann, O. (1938): Folgerungen aus der Hausbockstatistik. Arb. üb. physiolog. u. angew. Entom. **5**, 318—332.
2. Körtling, A. (1955): Die Hausbockbekämpfung als Gewerbe. Zeitschr. Pflanzenkrankh. **62**, 602—605.
3. Schuch, K. (1945): Stand und Problematik der ökologischen Erforschung des Hausbockkäfers. Zeitschr. angew. Zool. **41**, 49—70.

Eingegangen am 16. Mai 1957

DK 632.89 Chlorpikrin

Zur phytotoxischen Wirksamkeit des Chlorpikrin

Von Christian Stark, Staatsinstitut für Angewandte Botanik — Pflanzenschutzamt — Hamburg

I. Einleitung

Bodenbewohnende parasitische Pilze schädigen in steigendem Maße unsere gärtnerischen Kulturpflanzen. Infolgedessen fällt den Bodenentseuchungsmaßnahmen eine wichtige Aufgabe zu, so daß neben der physikalischen Entseuchung durch Dampf oder trockene Hitze auch die chemische Entseuchung mittels Chlorpikrin heute an Bedeutung gewinnt. Nun ist aber Chlorpikrin nicht nur sehr giftig für den Menschen, sondern auch von erheblicher phytotoxischer Wirksamkeit.

So wurden aus der gärtnerischen Praxis wiederholt Fälle bekannt, in denen das zu Bodenentseuchungszwecken benutzte Gas irgendwie seinen Weg in benachbarte Gewächshäuser fand und erheblichen Schaden an den Kulturpflanzen anrichtete. Darum erscheint es wichtig, Genaueres über die Symptomatik der Chlorpikrinschäden und über die Höhe der phytotoxischen Grenzkonzentration zu erfahren, zumal es auch wünschenswert ist, Unterlagen für einen Vergleich mit anderen Mitteln, z. B. dem kürzlich eingeführten Vapam, zu gewinnen.

II. Durch welche Faktoren wird die phytotoxische Wirksamkeit beeinflusst?

Wie die Erfahrung gelehrt hat, ist die Schädigung von Chemikalien auf Pflanzen von folgenden Faktoren abhängig:

1. Disposition der Pflanze (z. B. Düngungszustand, Bodenverhältnisse, Wasserversorgung, Aufwuchsbedingungen, Luftfeuchtigkeit, Lichtintensität).
2. Alter der Pflanze.
3. Entwicklungszustand der betroffenen Pflanzenteile. Bei Einwirkung von gasförmigen Chemikalien dürften weiterhin zu berücksichtigen sein:
 4. Öffnungszustand der Spaltöffnungen,
 5. Luftbewegung, die den Gasaustausch fördert,
 6. Tendenz der Temperatur zu steigen oder zu sinken, wodurch sich das Volumen der Interzellularluft verändert.

Aus einer Veröffentlichung von Bertrand (1920 b) wissen wir weiter, daß die Schädigung des Chlorpikrin durch folgende drei Faktoren beeinflusst wird:

7. Konzentration des Gases,
8. Einwirkungsdauer,
9. Temperatur,

und zwar nimmt die Schädigung bei ansteigenden Werten für diese drei Daten zu. Ferner berichtet Bertrand über

10. den Einfluß des Lichtes, daß es gleichgültig ist, ob die Versuche bei diffusem Licht oder bei Dunkelheit durchgeführt werden. Ganz erheblich verstärkt wird die Wirkung des Chlorpikrin jedoch durch direktes Sonnenlicht.

III. Symptomatik und Grenzkonzentration

Um einerseits in der Praxis auftretende Chlorpikrinschäden auf Grund ihrer Symptome einigermaßen sicher diagnostizieren zu können, andererseits aber auch um Unterlagen über die phytotoxische Grenzkonzentration des Chlorpikrin zu gewinnen, wurden Begasungsversuche mit 49 Arten von Kulturpflanzen (Zierpflanzen und Gemüse) durchgeführt. Es wurden teils ganze Pflanzen (in Töpfen oder in Pikierkästen), teils abgeschnittene oberirdische Teile (insbesondere die Sprosse blühender Sommerblumen und Stauden) mit verschiedenen Konzentrationen des Gases bei verschiedener Einwirkungsdauer behandelt. Für die Versuche wurde ein gasdichter 120-l-Schrank, eine fahrbare 120-cbm-Begasungsanlage und ein gasdichter, 10 cbm großer Raum benutzt. Obzwar die Versuche mit einfachen Hilfsmitteln durchgeführt wurden, können doch gewisse Feststellungen von allgemeiner Gültigkeit getroffen werden. Die Ver-

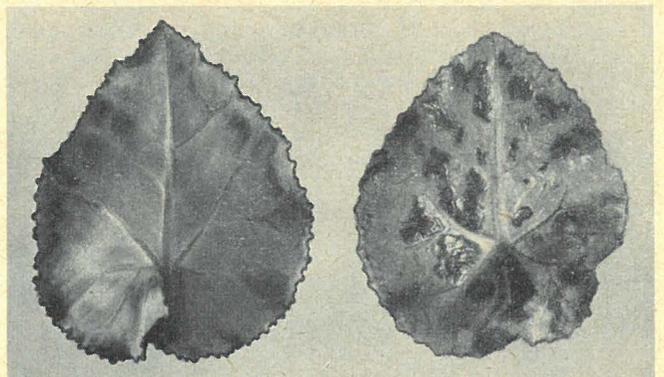


Abb. 1. Cyclamenblätter von der Unterseite. Links unbehandelt, rechts 12 Tage nach der Behandlung mit Chlorpikrin (68 mg/m³, 14 Std.). Die Nekrosen haben sich stark ausgebreitet. Das Blatt fängt unten rechts an abzusterben.

suchsergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Das Schadbild

Die Einwirkung hoher Konzentrationen führt zum Absterben der ganzen Blätter. Ist der Schaden schwächer, so zeigen sich Blattnekrosen. Es treten auf: Punkt-, Flächen- und Blattrandnekrosen. Blattstiele und Stengel sind viel widerstandsfähiger als die Blattspreite. Bei dünnen, empfindlichen Blättern kommt es häufig zu einem Absterben der Blätter von der Spitze her (z. B. Spinat, Rapunzel). Die Farbe der frischen Nekrosen schwankt stark. Selbst auf verschiedenen alten Blättern derselben Pflanze kann sie variieren. Entweder behalten die geschädigten Partien zunächst ihre grüne Farbe bei, oder es tritt eine sofortige Verfärbung in dunkle Töne ein (schwärzlich, z. B. Dahlie, Saintpaulie). Wieder andere Pflanzen zeigen sogar eine Aufhellung der frisch geschädigten Stellen (z. B. *Asparagus sprengeri* und Kohlrabi). Späterhin färben sich die abgestorbenen Blattpartien braun oder gelblich.

2. Die Reaktionsweise der Pflanze

Der Schaden wird je nach Pflanzenart und Schadstärke alsbald oder verzögert sichtbar. Im einen Extrem wird der Schaden sofort in vollem Umfange sichtbar (z. B. *Coleus*) und weitet sich in der Folgezeit nicht weiter aus. Dies ist besonders bei Pflanzen mit dünnen, weichen Blättern der Fall. Im andern Extrem zeigt sich der Schaden erst nach einiger Zeit (etwa 3 Tagen) und kann sich in der Folgezeit (etwa 10 Tage nach der Behandlung) weiter ausbreiten. Dieser Erscheinungstyp tritt bevorzugt bei Pflanzen mit derben, etwas fleischigen Blättern auf. Gründlich wurde er an *Cyclamen* studiert. Er zeigte sich aber auch sehr typisch an *Anthurium* und *Nidularium*. Zwischen diesen beiden Extremtypen gibt es alle Übergänge. Im übrigen ist es so, daß bei hoher Einwirkungsstärke der Schaden meist schnell in vollem Umfange sichtbar wird, während bei geringer Einwirkungsstärke die Tendenz zu verzögertem Auftreten vorherrscht.

3. Unterschiedliche Empfindlichkeit der Arten

Die Zahl der Versuche reichte leider nicht aus, um zu allgemeingültigen Resultaten kommen zu können. Immerhin zeigten sich doch gewisse Unterschiede in der Empfindlichkeit. So sind z. B. Gloxinie und Saintpaulie besonders empfindlich, während *Bryophyllum tubiflorum* relativ widerstandsfähig ist.

Auffällig ist die Tatsache, daß bei bestimmter Konzentration der zarte *Asparagus plumosus* nicht geschädigt wird, während der robustere *Asparagus sprengeri* fast alle Phyllokladien verliert. Im übrigen wurden keine besonders hervorstechenden Unterschiede in der Empfindlichkeit sichtbar.

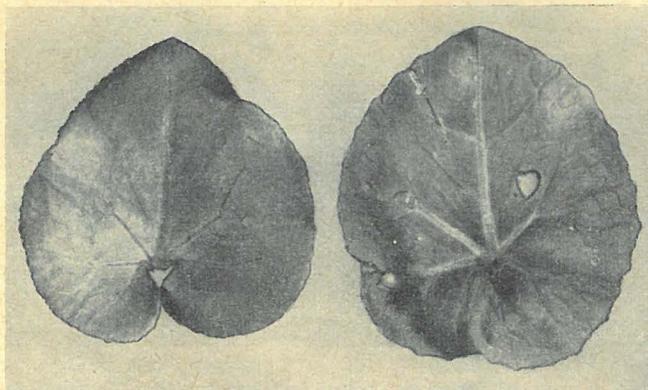


Abb. 2. Rechts leicht geschädigtes *Cyclamen*blatt von unten, 15 Tage nach der Behandlung.

4. Unterschiedliche Empfindlichkeit verschieden alter Pflanzenteile

Sehr häufig wurde beobachtet, daß die ältesten Blätter (und auch Blüten) stärkere Schäden aufwiesen als die jüngeren, obwohl sich dafür durchaus keine starre Regel aufstellen läßt. Aber auch Bertrand (1920a) weist schon darauf hin, daß die jungen Blätter weniger empfindlich sind als die alten. Die stärkere Empfindlichkeit der ältesten Blätter konnte u. a. bei *Cyclamen* deutlich beobachtet werden und tritt z. B. bei *Chrysanthemum indicum* Sorte „La Rayonnante“ und bei *Coleus* besonders typisch in Erscheinung. Eine Ausnahme bildet aber z. B. *Bryophyllum tubiflorum*, bei dem nur die jüngsten, eben entfaltenen Blätter getroffen wurden.

Verallgemeinernd lassen sich zwei Punkte festhalten:

a) Diejenigen Blätter, die bereits den Höhepunkt ihrer Entwicklung überschritten haben, werden besonders leicht durch Chlorpikrin geschädigt.

b) Die jüngsten, noch nicht entfaltenen Blätter besitzen die größte Widerstandsfähigkeit. Ebenso ist der Vegetationspunkt relativ unempfindlich.

5. Regenerationsvermögen

Ist die Pflanze nicht gerade durch eine Überdosis abgetötet, so kann sie sich auch nach Absterben aller Blätter aus den Vegetationspunkten und Achselknospen regenerieren.

6. Unterschiedliche Empfindlichkeit von Pflanzen verschiedenen Alters

Diese Fragestellung konnte nur am Rande berücksichtigt werden. Gleichzeitig miteinander behandelt wurden ältere und jüngere Pflanzen von *Nicotiana tabacum* „Samsun“ und Blumenkohljungpflanzen der Sorte „Erfurter Zwerg“. In beiden Fällen erwiesen sich die jungen Pflanzen als auffällig empfindlicher als die alten.

7. Verhalten der Blüte

Eine überraschende Erscheinung ist es, daß die Blütenblätter bei einer ganzen Reihe der untersuchten Pflanzenarten erheblich widerstandsfähiger als die Laubblätter sind. Am deutlichsten tritt das Phänomen bei allen acht untersuchten Kompositenarten in Erscheinung. Besonders auffällig ist bei ihnen, daß an einer Blüte die Hüllkelchblätter völlig abgetötet sein können, während die dazugehörigen Blütenblätter nicht angegriffen wurden. An Dahlien ließ sich letzteres sehr gut demonstrieren. In der Praxis dürften besonders Schäden an blühenden Chrysanthemen im Bereich des Möglichen liegen. Dasselbe Verhalten wie die Kompositen zeigten *Antirrhinum majus*, *Anemone japonica* und *Phlox drummondii*.

Demgegenüber stellte sich heraus, daß bei *Cyclamen* die Blüte etwa denselben Empfindlichkeitsgrad aufweist wie das Blatt oder gar etwas empfindlicher ist, besonders dann, wenn die Blüte schon auf dem Wege zum

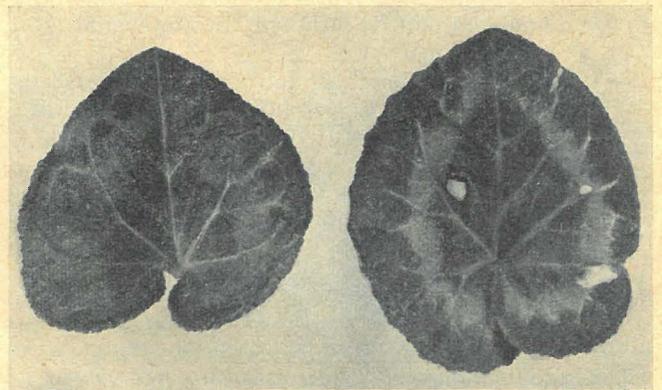


Abb. 3. Dasselbe Blatt wie in Abb. 2, von oben gesehen. Die Ausbreitung des Schadens ist zum Stillstand gekommen.



Abb. 4. Kohlrabi 1 Tag nach der Behandlung mit Chlorpikrin (38 mg/m³, 15 Std.). Charakteristisch sind die hell verfärbten Nekrosen.

Ablühen ist. Ähnlich scheinen sich *Begonia semperflorens*, Gloxinie und Saintpaulie zu verhalten.

8. Einfluß der Feuchtigkeit

Während dieser Faktor für die Wirkung der Blausäure von erheblicher Bedeutung ist, wird die Wirkung des Chlorpikrin nach Bertrand (1920b) nicht durch tropfbar flüssiges Wasser auf den Blättern beeinflusst.

Eigene Beobachtungen konnten diesen Befund nur bestätigen.

9. Freiwerden von Duftstoffen

Bertrand (1920a) machte darauf aufmerksam, daß durch die Behandlung gewisse Duftstoffe aus den Pflanzen frei werden. Er führt das Auftreten dieser Duftstoffe auf eine Hydrolyse von Glykosiden (z. B. Blausäure aus Amygdalin) zurück.

Eigene Beobachtungen über derartige Erscheinungen wurden nur am Rande gemacht. Auffällig war z. B. der Geruch, der bei Kohljungpflanzen in Erscheinung trat und etwa dem des Rapsöls entsprach.

10. Ölfleckenartige Erscheinungen an den Blättern

Bei *Cyclamen* und *Anthurium* wurden nach der Behandlung häufiger glasige, durchscheinende Flecke auf der Epidermis der Blattunterseite beobachtet. Dem Aussehen nach zu urteilen, handelt es sich um das Auftreten von Flüssigkeit in den Interzellularen. Die Flecke wurden mit Tusche markiert, und es konnte immer wieder beobachtet werden, daß sie nach einiger Zeit verschwanden. Die genaue Beobachtung zeigte allerdings, daß diese Flecke zu bestimmten Zeiten auch an einzelnen unbehandelten Pflanzen auftreten können.

11. Grenzkonzentration

Diejenige Konzentration, die gerade noch ausreicht, um eine phytotoxische Wirkung hervorzurufen, ist von allen oben genannten Faktoren abhängig. Wir mußten uns darauf beschränken, einen gewissen Anhaltspunkt für die Höhe dieses Wertes zu finden.

Bei einer Konzentration von 4,9 mg/m³ bei 18 °C, einer Einwirkungsdauer von 14 Std. und Dunkelheit zeigten sich an Blumenkohljungpflanzen („Erfurter Zwerg“ im 4–5-Blatt-Stadium) Nekrosen von 10–15% der Blattspaltenfläche. Unter denselben Bedingungen wurde bei einer Konzentration von 3,3 mg/m³ kein Schaden mehr beobachtet. Die Kohlpflanzen waren sehr warm bei 21 °C herangezogen worden und dementsprechend weich im Blatt. Andere Pflanzen jedoch zeigten sich erheblich widerstandsfähiger. *Cyclamen* (1½-jährige Pflanzen) und *Chrysanthemum indicum* „La Rayonnante“ wurden bei einer Konzentration von 16,4 mg/m³ unter denselben Bedingungen nur geringfügig geschädigt. Durch die doppelte Konzentration: 32,8 mg/m³

wurden bei *Cyclamen* mittlere bis schwere Verbrennungen verursacht, während die Chrysanthemen nur leichte bis mittlere Schäden davontrugen.

12. Augenreiz

Nach Gildemeister und Heubner (1921) reagiert beim Menschen die Hornhaut des Auges am empfindlichsten auf die Reizwirkung des Chlorpikrin. Die Angaben verschiedener Autoren über die Reizschwelle weichen z. T. erheblich voneinander ab. Dies dürfte sich daraus erklären, daß 1. die Definition der Reizwirkung schwierig ist, 2. keine Angaben über den Temperaturfaktor und nur lückenhafte Angaben über die Einwirkungsdauer gemacht wurden, 3. die subjektive Empfindlichkeit gewissen Schwankungen ausgesetzt ist und auch von der Disposition (z. B. vorangegangener Reizung) abhängt. U. E. sind die Angaben von Wirth und Muntsch (1920) am zutreffendsten, daß nämlich ein Gehalt von 2–5 mg/m³ Luft bereits Tränenreiz erzeugt. Der Ausdruck „Tränenreiz“ dürfte besser durch den Ausdruck „Augenreiz“ ersetzt werden, da es u. E. nicht in allen Fällen zum Tränen der Augen kommt.

Eigene Untersuchungen zeigten, daß schon eine Konzentration von 3,28 mg/m³ bei 18 °C nach Einwirkung von 1 Minute einen zwar schwachen, doch deutlich wahrnehmbaren, stechenden Augenreiz auslöst. 0,49 mg verursachen unter denselben Bedingungen sofort einen starken Augenreiz und ein Kratzen im Halse. Zu den Testen wurden mehrere männliche und weibliche Personen herangezogen. Alle, auch die nicht erwähnten Autoren, geben die Reizschwelle über 2 mg/m³ an.

IV. Schlußbetrachtung und Zusammenfassung

Es wurde die Symptomatik von Chlorpikrinschäden an höheren Pflanzen auf experimentellem Wege untersucht. Der Schaden zeigt sich an durch Blattnekrosen verschiedener Form und Farbe. Die Nekrosen treten bevorzugt an den ältesten Blättern auf. Stengelteile, Blattstiele und Vegetationspunkte sind viel widerstandsfähiger als die Blätter. Die Schädigung kann verzögert sichtbar werden. Es wurden Anhaltspunkte für Unterschiede in der Empfindlichkeit der Pflanzen gesammelt. Ferner wurde diejenige Konzentration festgelegt, bei der nennenswerte Schäden zu erwarten sind, wenn eine Chlorpikrinatmosphäre durch unvorhergesehene Umstände über Nacht in einem mit Pflanzen besetzten Gewächshause eingefangen wird. Sie beträgt für empfindliche Pflanzen etwa 5 mg/m³, für widerstandsfähigere etwa 25–40 mg/m³. Bei Sonnenschein genügt wahrscheinlich eine noch geringere Menge. Daraus ergibt sich, daß äußerste Vorsicht geboten ist beim Gebrauch des Mittels in unmittelbarer Nachbarschaft besetzter Gewächshäuser. — Die Reizschwelle für den Menschen liegt bei 2–3,5 mg/m³. Ein Vergleich der ermittelten Grenzkonzentration für empfindliche Pflanzen mit diesem Reizschwellenwert zeigt, daß schädigende Konzentrationen in der Regel durch den Menschen bemerkt werden können. In Fällen, in denen die phytotoxische Wirkung durch direktes Sonnenlicht verstärkt wird, ist es theoretisch denkbar, daß schon Konzentrationen unter der Reizschwelle Unheil anrichten. Immerhin kann man von einem ausgeprägten Warncharakter des Chlorpikrin sprechen.

Literatur

- Bertrand, M. G.: Action de la chloropicrine sur les plantes supérieures. Compt. rend. hebdomadaires séances Acad. Sc. Paris 170. 1920a, 858–860.
 — Des conditions qui peuvent modifier l'activité de la chloropicrine vis-à-vis de plantes supérieures. Ibid. 1920b, 952–954.
 Gildemeister, M., und Heubner, W.: Über Kampfgasvergiftungen. Zeitschr. f. d. ges. exp. Med. 13. 1921, 291.
 Wirth, F., und Muntsch, O.: Die Gefahren der Luft und ihre Bekämpfung. 3. Aufl. Berlin 1940.

Eingegangen am 24. Februar 1957.