

biologisch aktiv werden können. Die aromatischen Endmetaboliten dagegen vermögen mit ihren funktionellen Gruppen (-OH bzw. -NH₂) echte chemische Bindung mit den organischen Bodenbestandteilen einzugehen. Lassen sich Rückstände von Pflanzenschutzmitteln im Boden nach einem

genau festgelegten Aufarbeitungsschema nicht mehr extrahieren, so sind sie vermutlich nach ihrer Metabolisierung chemisch oder biochemisch in den hochmolekularen Humuskomplex eingebaut worden.

Umweltschadstoffe in Pflanzen

J. Scheunert

Die Erforschung des Vorkommens von Umweltschadstoffen in Pflanzen ist besonders von Interesse, da das Vorkommen von Umweltchemikalien in pflanzlichen Nahrungsmitteln von unmittelbarer Bedeutung für die Gesundheit des Menschen ist. Dies gilt besonders für Chemikalien, die absichtlich auf Nahrungspflanzen oder den Boden aufgebracht werden – die Pestizide. Die Untersuchung des Schicksals von Umweltchemikalien in Pflanzen hat jedoch noch einen zweiten bedeutenden Aspekt allgemeiner Art: Da höhere Pflanzen einen bedeutenden Teil der Erdoberfläche bedecken und bei weitem den Hauptanteil organisch gebundenen Kohlenstoffs in der Biosphäre darstellen, ist ihr Einfluß auf den Abbau von Chemikalien in der gesamten Biosphäre potentiell von erheblicher Bedeutung. Dies gilt gleichermaßen für alle Chemikalien, ob es sich nun um Pestizide oder andere Industriechemikalien handelt.

Zur Erfassung von Umweltschadstoffen in Pflanzen ist die routinemäßige Untersuchung von Feld- oder Marktproben allein nicht ausreichend. Sie gibt zwar eine Momentaufnahme zur praktischen Rückstandssituation, sagt aber weder etwas über die Quelle der Chemikalie noch etwas über Transportmechanismen oder gar Umwandlung zu Folgeprodukten aus. Es müssen vielmehr zusätzlich Modellversuche durchgeführt werden.

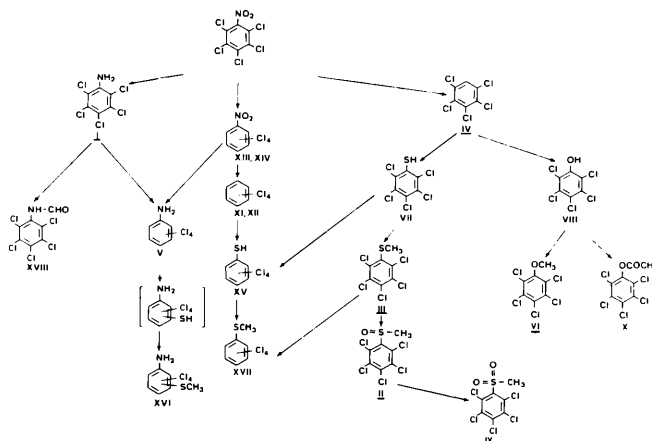
Zur Erforschung des ersten erwähnten Aspekts – *des Vorkommens von Umweltchemikalien in pflanzlichen Nahrungsmitteln* – muß zunächst die Aufnahme der Chemikalien in die Pflanze untersucht werden. Bei derartigen Modellversuchen ist zu beachten, daß Daten, die bei Laborexperimenten erhalten wurden, nicht ohne weiteres auf Feldbedingungen übertragbar sind. Bei Laborversuchen in kleinen Gefäßen ist wegen des beengten Wurzelraums die Substanzaufnahme durch die Wurzel aus der Erde wesentlich größer als auf dem freien Feld. Bei Versuchen, die zur Aufstellung einer Bilanz in geschlossenen oder halbgeschlossenen Systemen durchgeführt werden, tritt zusätzlich eine Aufnahme der Chemikalie aus dem Gasraum durch die Blätter auf – ein Effekt, der im Freiland zwar auch nachgewiesen wurde, aber im Vergleich zur Wurzelaufnahme normalerweise ohne Bedeutung ist. Modellversuche zur Aufnahme von Chemikalien in die Pflanze müssen deshalb so durchgeführt werden, daß diese Störfaktoren entweder von vornherein ausgeschlossen oder korrigiert werden können. Ein entsprechendes Modell wird unten vorgestellt.

Neben dem Nachweis der Aufnahme von Chemikalien selbst durch die Pflanze ist als zweiter, ebenso wichtiger Nachweis der von *Folgeprodukten* zu führen, die entweder außerhalb der Pflanze auf biotischem oder abiotischem Wege entstanden sind oder von ihr selbst durch Stoffwechselforgänge gebildet werden. Auch hierzu müssen Modellversuche durchgeführt werden. Als Beispiel für die Fülle möglicher Umwandlungsreaktionen wird das Fungizid Quintozen angeführt.

Die in Abb. 1 gezeigten Umwandlungsprodukte wurden (mit Ausnahme der in eckige Klammern gesetzten Substanz, die

ein hypothetisches Zwischenprodukt ist) alle in unserem Institut aus Zwiebelpflanzen isoliert, die in mit Quintozen behandeltem Boden gewachsen waren. Das Beispiel zeigt, daß nach Aufbringung nur einer einzigen Substanz eine Fülle neuer Produkte in der Pflanze auftreten kann, die alle als Umweltchemikalien zu betrachten sind. Grundsätzlich muß zum Nachweis jeder Chemikalie, die auf diese Art neu auftritt, eine eigene Analytik entwickelt werden. Dies bedeutet, daß man bereits vor der Analyse des Ernteguts wissen muß, nach welchen chemischen Substanzen gesucht werden muß.

Abbildung 1: Umwandlungsprodukte des Fungizids Penta-chlornitrobenzol (Quintozen) in Zwiebelpflanzen



Um dieser Schwierigkeit aus dem Weg zu gehen, kann man die Technik der radioaktiven Markierung des Ausgangsprodukts einsetzen. Hiermit kann man Ausgangsprodukt und Umwandlungsprodukte quantitativ erfassen.

Allerdings ist diese Methode aus Strahlenschutzgründen nicht im Feldversuch einsetzbar, und Laborversuche ergeben, wie am Anfang dieses Beitrags erläutert, für Feldbedingungen unzutreffende quantitative Daten. In unserem Institut wurde ein Modell entwickelt, das es erlaubt, Versuche mit radioaktiv markierten Substanzen durchzuführen, deren Ergebnisse dennoch auf Feldverhältnisse übertragbar sind. Die Versuche werden im Freiland in Kästen durchgeführt, die so groß sind, daß der bei kleinen Gefäßen auftretende Fehler bei der Substanzaufnahme nur noch minimal ist, die aber dennoch den Einsatz vertretbarer Mengen radioaktiv markierter Substanzen erlauben. Tab. 1 zeigt, daß der Modellversuch (letzte Spalte) für das Insektizid Aldrin und sein Umwandlungsprodukt Dieldrin Werte liefert, die zwar über dem Mittelwert der Feldversuche liegen, aber noch innerhalb des Schwankungsbereichs der Feldversuche. Zusätzlich liefert der Modellversuch aber noch Daten, die man durch Feldversuche nicht ermitteln kann: Umwandlungsprodukte, die nur mit radioaktiver Markierung aufgefunden werden können, weil es für sie eine spezielle Analytik noch nicht gibt.

Für alle Substanzen, die bisher mit unserem Modell untersucht worden sind, wurde eine Aufnahme in die Pflanzen

und auch eine Umwandlung festgestellt. Die Konzentration sowohl an Ausgangssubstanzen als auch an Umwandlungsprodukten in den eßbaren Teilen sind jedoch stets sehr niedrig.

Wie bereits erwähnt, zeigt Tab. 2 im Gegensatz zu entsprechenden Tabellen, die durch Analyse von Marktprodukten oder durch Feldversuche zustande gekommen sind,

Tabelle 1: Rückstände von Aldrin und seinem Umwandlungsprodukt Dieldrin in eßbaren Pflanzenteilen nach Bodenapplikation – Vergleich Feldbedingungen mit einem C-14-markierten Modellversuch

| Pflanzenprobe | Feldversuche | | | | ¹⁴ C-Versuch (3 kg/ha) Mittelwert (ppm) |
|----------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------------|---------------------|---|
| | Applikationsrate | Literatur | Mittelwert oder Bereich (ppm) | Höchstwert (ppm) | |
| ganze Kartoffeln | 2 – 4 kg/ha | Shell, Privatmitt., 1968 | 0,04 – 0,06 | 0,10 | 0,17 |
| ganze Kartoffeln | 2 – 4 kg/ha | Shell, Privatmitt., 1974 | 0,08 | 0,24 – 0,27 | |
| geschälte Kartoffeln | 2 – 4 kg/ha | Shell, Privatmitt., 1968 | 0,01 – 0,03 | 0,03 | 0,06 |
| geschälte Kartoffeln | 3 – 4 kg/ha | Lee, 1968 (U.K. Ministry of Agriculture) | 0,01 | 0,14 | |
| ganze Kartoffeln | 2 – 5 kg/ha, im Vorjahr appl. | Shell, Privatmitteilung, 1974 | 0,04 | 0,11 | 0,10 |
| ganze Kartoffeln | 2 – 5 kg/ha, 2 Jahre vorher appl. | Shell, Privatmitteilung, 1974 | < 0,01 | 0,02 | 0,05 |
| ganze Zuckerrüben | 2 – 4 kg/ha | Shell, Privatmitt., 1974 | < 0,01 – 0,05 | 0,05 | 0,04 |
| ganze Zuckerrüben | 2 – 3 kg/ha | Onsager et al., 1970 | 0,06 | | |
| ganze Zuckerrüben | 2 – 4 kg/ha, im Vorjahr appl. | Shell, Privatmitteilung, 1974 | < 0,01 | 0,02 – 0,03 | 0,02 |
| ganze Zuckerrüben | 2 – 3 kg/ha, im Vorjahr appl. | Onsager et al., 1970 | 0,01 | | |
| Zuckerrübenkraut | 1 – 6 kg/ha | Shell, Privatmitt., 1974 | bis 0,01 | 0,01 | bis 0,01 |
| Maiskörner | 1 – 6 kg/ha | Shell, Privatmitt., 1974 | < 0,01 – 0,02 | 0,02 | < 0,01 |
| trockene Maisblätter | 1 – 6 kg/ha | Shell, Privatmitt., 1974 | 0,01 – 0,07 | 0,07 | 0,04 |
| Weizenkörner | 1 – 6 kg/ha | Shell, Privatmitt., 1974 | < 0,01 – 0,01 | 0,01 | < 0,01 |
| Weizenstroh | 2 – 4 kg/ha | Shell, Privatmitt., 1974 | < 0,01 – 0,16 | 0,16 | 0,10 |

Tabelle 2: Rückstände von Umweltchemikalien und ihrer Umwandlungsprodukte in pflanzlichen Nahrungsmitteln

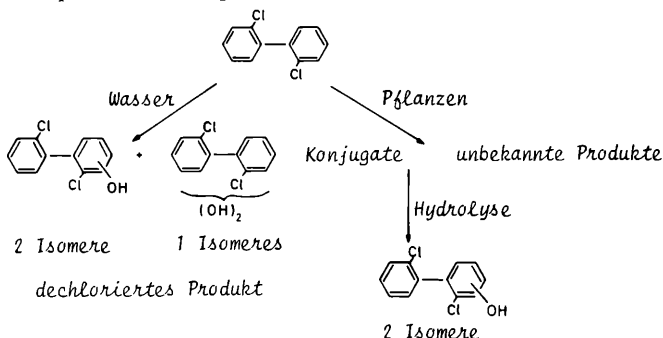
(µg/g bezogen auf Frischgewicht; eine Vegetationsperiode nach Dosierung in den Boden; Freilandversuche, nur Allylalkohol, Gewächshaus)

| Chemikalie | Dosierung (kg/ha) | Nahrungsmittel | Gesamtrückstand (µg/g) |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| p-Chloranilin | 1,4 | Gerstenkörner | 0,01 |
| 3,4-Dichloranilin | 1,4 | Gerstenkörner | 0,02 |
| Allylalkohol | 170 | Salatblätter | 2,0 |
| Pentachlornitrobenzol | 36 | geschälte Zwiebeln | < 0,1 |
| Dieldrin | 0,8 | geschälte Kohlrabi | 0,01 |
| Kelevan | 1,8 | geschälte Kartoffeln | < 0,001 |
| Kepone | 1,2 | geschälte Kartoffeln | 0,01 |
| Hexachlorbutadien | 6,2 | geschälte Kartoffeln | 0,02 |
| Trichloräthylen | 5,4 | geschälte Kartoffeln | 0,03 |
| 2,4,6-Trichlorphenol | 1,0 | geschälte Kartoffeln | 0,08 |
| Metribuzin | 1,4 | geschälte Kartoffeln | 0,14 |
| Monolinuron | 2,5 | geschälte Kartoffeln | 0,90 |
| Pentachlorphenol | 1,1 | Möhren | 0,03 |
| 2,2'-Dichlorbiphenyl | 1,1 | Möhren | 0,25 |
| 2,4,6,2',4'-Pentachlorbiphenyl | 1,1 | Möhren | 0,50 |
| 2,5,4'-Trichlorbiphenyl | 1,3 | Möhren | 0,86 |
| Chloralkylen-9 | 1,3 | Möhren | 0,95 |
| Allylalkohol | 170 | Möhren | 4,5 |

nicht nur den Rückstand der angewandten Chemikalie selbst, sondern den gesamten Rückstand einschließlich der Umwandlungsprodukte. Sie zeigt, daß – erwartungsgemäß – nach Bodenapplikation in oberirdischen Pflanzenteilen wie Getreidekörnern oder Salatblättern weniger Rückstände auftreten als in unterirdischen Pflanzenteilen. Von diesen wiederum haben Möhren höhere Rückstände als andere Wurzeln oder Knollen, eine Tatsache, die mit ihrem Gehalt an Ölen zusammenhängt, die eine Affinität der Wurzeln zu lipophilen Umweltchemikalien zur Folge haben. Die höheren Rückstände bei Applikation des Herbizids Allylalkohol in dieser Tabelle sind einerseits auf die Aufwandmenge zurückzuführen, die viel höher ist als bei allen anderen hier aufgeführten Substanzen, andererseits auf die Tatsache, daß die Versuche gemäß praktischer Anwendungsempfehlung dieses Herbizids im Gewächshaus durchgeführt wurden, während alle anderen unter Freilandbedingungen stattfanden.

Der anfangs erwähnte zweite Aspekt der Bedeutung der Umweltschadstoffe in Pflanzen, nämlich der *allgemeine Zusammenhang zwischen Umweltchemikalien, Flora und Umweltqualität* ergibt sich ebenfalls aus Aufnahme, Umwandlung sowie der Abgabe von Ausgangsprodukt und Umwandlungsprodukten an die Umgebung, die im Fall von Landpflanzen Boden und Atmosphäre, im Fall von untergetaucht lebenden Wasserpflanzen z.B. Schlamm und Wasser sind. Als Beispiel wird die Umwandlung eines polychlorierten Biphenyls durch untergetaucht lebende Wasserpflanzen angeführt. Abb. 2 zeigt die Umwandlung eines Vertreters der polychlorierten Biphenyle durch Wasser- und Sumpfpflanzen – einer Ranunculus-, einer Callitriche- und einer Veronica-Art. Qualitativ war die Umwandlung des Biphenyls für alle drei Spezies gleich, jedoch war die quantitative Zusammensetzung der Rückstände verschieden.

Abbildung 2: Umwandlung von 2,2'-Dichlorbiphenyl in Sumpf- und Wasserpflanzen und Wasser



Das Bild zeigt, daß die Pflanzen das lipophile Ausgangsprodukt hydroxylieren und damit wasserlöslichere Produkte erzeugen, die ins umgebende Wasser übergehen. Blindversuche haben gezeigt, daß diese hydroxylierten Produkte in Wasser ohne Pflanzen nicht entstehen. Dieses Beispiel zeigt, daß die Pflanzen durch Abgabe von Metaboliten der Chemikalien in das Wasser ein indirekter Fremdstofflieferant für Gewässer sein können.

Neben diesem unerwünschten Beitrag, den die Pflanzen zur chemischen Umweltqualität leisten, gibt es jedoch noch einen positiven Aspekt – ihren Beitrag zum Totalabbau von naturfremden Stoffen zu Kohlendioxid und Wasser und damit zur Rückführung in natürliche Kreisläufe. Zur Untersuchung dieser Rolle, die Pflanzen global beim Abbau von Umweltchemikalien spielen, sind noch umfangreiche Arbeiten notwendig.

Zusammenfassung

Die Erforschung des Vorkommens von Umweltschad-

stoffen in Pflanzen ist besonders von Interesse, da das Vorkommen von Umweltchemikalien in pflanzlichen Nahrungsmitteln von unmittelbarer Bedeutung für die Gesundheit des Menschen ist. Die Untersuchung des Schicksals von Umweltchemikalien in Pflanzen hat jedoch noch einen zweiten bedeutenden Aspekt allgemeiner Art: da höhere Pflanzen einen bedeutenden Teil der Erdoberfläche bedecken und bei weitem den Hauptanteil organisch gebundenen Kohlenstoffs in der Biosphäre darstellen, ist ihr Einfluß auf den Abbau von Chemikalien in der gesamten Biosphäre potentiell von erheblicher Bedeutung.

Zur Erfassung von Umweltschadstoffen in Pflanzen ist die routinemäßige Untersuchung von Feld- oder Marktproben allein nicht ausreichend. Sie gibt zwar eine Momentaufnahme zur praktischen Rückstandssituation, sagt aber weder etwas über die Quelle der Chemikalien noch etwas über Transportmechanismen oder gar Umwandlung zu Folgeprodukten aus. Es müssen vielmehr zusätzlich Modellversuche durchgeführt werden.

Zur Erfassung von *Umweltchemikalien in pflanzlichen Nahrungsmitteln* muß zunächst die *Aufnahme* der Chemikalien in die Pflanze untersucht werden. Bei derartigen Modellversuchen ist zu beachten, daß Daten, die bei Laborexperimenten erhalten wurden, nicht ohne weiteres auf Feldbedingungen übertragbar sind. Neben dem Nachweis der Aufnahme der Chemikalie selbst durch die Pflanze ist als zweiter, ebenso wichtiger Nachweis der von *Folgeprodukten* zu führen, die entweder außerhalb der Pflanze auf biotischem oder abiotischem Wege entstanden sind oder von ihr selbst durch Stoffwechselforgänge gebildet werden. Auch hierzu müssen Modellversuche durchgeführt werden. Als Beispiel für die Fülle möglicher Umwandlungsreaktionen wird das Fungizid Quintozen angeführt. Grundsätzlich muß zum Nachweis jeder Chemikalie, die auf diese Art neu auftritt, eine eigene Analytik entwickelt werden.

Um dieser Schwierigkeit aus dem Wege zu gehen, kann man die Technik der radioaktiven Markierung des Ausgangsprodukts einsetzen. Hiermit kann man Ausgangsprodukt und Umwandlungsprodukte quantitativ erfassen. Allerdings ist diese Methode aus Strahlenschutzgründen nicht im Feldversuch einsetzbar. In unserem Institut wurde ein Modell entwickelt, das es erlaubt, Versuche mit radioaktiv markierten Substanzen durchzuführen, deren Ergebnisse dennoch auf Feldverhältnisse übertragbar sind. Als Modellsubstanz diente hier das Insektizid Aldrin. Für alle Substanzen, die bisher auf diese Weise untersucht wurden, wurde eine Aufnahme in die Pflanzen und eine Umwandlung festgestellt. Die Konzentrationen sowohl an Ausgangssubstanzen als auch an Umwandlungsprodukten in den eßbaren Teilen sind jedoch stets sehr niedrig.

Der allgemeine Zusammenhang zwischen Umweltchemikalien, Flora und Umweltqualität ergibt sich ebenfalls aus Aufnahme, Umwandlung sowie der Abgabe von Ausgangsprodukt und Umwandlungsprodukten an die Umgebung, die im Fall von Landpflanzen Boden und Atmosphäre, im Fall von untergetaucht lebenden Wasserpflanzen z.B. Schlamm und Wasser sind. Als Beispiel wird die Umwandlung eines polychlorierten Biphenyls durch untergetaucht lebende Wasserpflanzen angeführt. Dieses Beispiel zeigt, daß die Pflanzen durch Abgabe von Metaboliten der Chemikalien in das Wasser ein indirekter Fremdstofflieferant für Gewässer sein können. Zur Untersuchung der Rolle, die Pflanzen global beim Abbau von Umweltchemikalien spielen, sind noch umfangreiche Arbeiten notwendig.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: [9_1980](#)

Autor(en)/Author(s): Scheunert J.

Artikel/Article: [Umweltschadstoffe in Pflanzen 41-43](#)