

CHEMISCHE ÖKOLOGIE

Die Krause Minze – ein stiller Killer

Die Krause Minze (*Mentha spicata* cv. *crispa*, **Abbildung 1**) kommt ursprünglich aus Westasien, ist aber ebenfalls im mediterranen Raum weitverbreitet. Man findet sie aufgrund ihres süßen und erfrischenden Geschmacks in vielen Küchen als Gewürz oder Teegetränk. Doch nicht nur zum Verzehr eignet sie sich, auch im Pflanzenreich ist diese Pflanze ein Phänomen. Denn die Krause Minze ist ihr eigener Bodyguard.



ABB. 1 Krause Minze (*Mentha spicata* cv. *crispa*) im Botanischen Garten des KITs in Karlsruhe. Foto: Nathalie Hering.

Als sessile Lebewesen verständigen und verteidigen sich Pflanzen durch chemische Interaktion. Dieses Phänomen wird als Allelopathie bezeichnet. So besitzt die Krause Minze Sekundärmetabolite, welche sie selbst nicht zwingend zum Überleben benötigt, aber durch die sie sich dennoch einen entscheidenden Vorteil gegenüber Konkurrenten verschaffen kann. Im ersten Schritt produziert sie aus Isopreneinheiten Monoterpene, die dann die Basis für ihr Waffenarsenal sind.

Ein Monoterpen-Keton, genannt Carvon (**Abbildung 2a**), ist der Hauptbestandteil des ätherischen Öls der Krause Minze [1]. Diese Verbindung wurde im Botanischen Institut I des Karlsruher Institut für Technologie, geleitet von Prof. Dr. Peter Nick, unter die Lupe genommen. Zuerst wurde der Einfluss von Carvon auf das Wachstum verschiedener Unkräuter nach drei und

sechs Tagen untersucht. Es zeigte sich, dass Carvon eine starke Hemmwirkung auf das Wachstum bewirkt (**Abbildung 3**). In einem Standard-Keimungstest mit Kresse (*Lepidium sativum*) konnte eine Inhibitionsrate von 98 Prozent nach drei und eine von 95 Prozent nach sechs Tagen nachgewiesen werden. Diese blieb bis zu einem Monat konstant. Aber auch Tests mit weiteren bekannten Unkräutern aus unterschiedlichen Gruppen der Angiospermen wie dem Klatschmohn (*Papaver rhoeas*), dem Breitweigerich (*Plantago major*) oder dem Gemeinen Windhalm (*Apera spica-venti*) zeigten, dass das Wachstum der Unkräuter durch Carvon wesentlich eingeschränkt wird.

Abbau der Mikrotubuli

Durch diese Entdeckungen sind Fragen nach der zellulären Wirkungsweise von Carvon aufgekommen. Ein naher Verwandter der Krause Minze ist die Pfefferminze. Für das im ätherischen Öl der Pfefferminze vorkommende Menthon (**Abbildung 2b**) wurde bereits eine Wirkung auf das Cytoskelett identifiziert. Hier bewirkt Menthon die Degradierung der Mikrotubuli; vermutlich verhindert es den Einbau neuer Mikrotubuli-Bauteile und führt

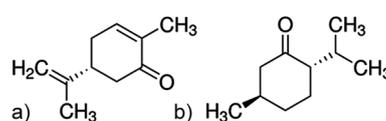


ABB. 2 Strukturformel von natürlich vorkommendem (-)-Carvon (a). Strukturformel von natürlich vorkommendem (-)-Menthon (b). Darstellung: www.sigmaaldrich.com.

damit zum Zerfall der Komplexe [2]. Aufgrund der nahezu identischen chemischen Struktur von Carvon und Menthon wird für Carvon ein ähnlicher Wirkmechanismus angenommen.

Mikrotubuli sind röhrenförmige Proteinkomplexe, die zusammen mit den Aktinfilamenten das Cytoskelett der Pflanzen bilden. Zum einen dienen sie der mechanischen Stabilisierung und der Formgebung der Zelle. Zum anderen sind sie zusammen mit weiteren Proteinen für intrazelluläre Bewegungen und Transporte verantwortlich. Ein Beispiel hierfür ist der Spindelfaserapparat, welcher sich zu Beginn der Mitose mittels der Mikrotubuli aufbaut, um eine korrekte Anordnung der Chromosomen in der Äquatorialebene sowie ihre Aufteilung auf die Tochterzellen zu gewährleisten. Des Weiteren gibt es auch kortikale Mikrotubuli, die sich unter der Membran befinden und dort ebenfalls für die Stabilisierung der Zellform verantwortlich sind [3]. Eine Destabilisierung der Mikrotubuli kann deshalb zu schwerwiegenden Folgen für eine Pflanze führen wie beispielsweise zum Arrest des Zellzyklus gefolgt vom programmierten Zelltod. Genau dieser Dominoeffekt scheint durch den Kontakt mit Carvon induziert zu werden: Die Mitose kann infolge der degradierten Mikrotubuli nicht korrekt ablaufen und daher bleibt das Wachstum aus.

Wirkung als spezifisches Signal

Im Volksmund würde man Carvon wahrscheinlich als Gift deklarieren; doch so ganz stimmt das nicht. Carvon wirkt vermutlich nicht als Toxikum, sondern hemmt selektiv das Wachstum bestimmter Pflanzen. Der Produzent selbst wird dadurch nicht geschädigt. Daher wird vermutet, dass Carvon der Krause Minze als spezifisches Signal wirkt, welches nur von bestimmten Konkurrenten wahrgenommen werden kann. Dies erfolgt höchstwahrscheinlich durch einen Rezeptor, der das Signal weiterleitet und eine Signalkaskade auslöst. Diese wiederum amplifiziert

das Signal, um letzten Endes den Mechanismus für die Degradierung der Mikrotubuli zu aktivieren. Daher sind schon geringe Mengen an Carvon ausreichend, um eine Reaktion hervorzurufen – in diesem Fall eben die Wachstumshemmung von diversen Konkurrenten. Ein weiteres Argument für die Funktion als spezifisches Signal ist die Tatsache, dass chemisch ähnliche Moleküle nicht immer denselben Effekt auslösen, wie ein Gift es tun würde. Dies wurde bereits für Menthon und Menthol, die Hauptkomponenten des Pfefferminzöls, gezeigt. Menthol entsteht durch die Reduktion von Menthon und unterscheidet sich lediglich hinsichtlich einer einzigen Seitengruppe, die von einer Keto- zu einer Hydroxygruppe reduziert wird. Anders als für Menthon wurde für Menthol bisher weder eine Degradierung der Mikrotubuli noch eine Wachstumshemmung von Unkräutern festgestellt. Wären Monoterpene Gifte, so würden alle – auch Menthol – ab einer gewissen Konzentration dieselbe Wirkung aufweisen.

Sollte Carvon tatsächlich als spezifisches Signal wirken, bietet es sich hervorragend als potenzieller

Kandidat für die Anwendung als selektives Bioherbizid an, das spezifisch das Wachstum unerwünschter Unkräuter hemmt, nicht aber das unserer Nutzpflanzen. Durch die Anwendung selektiver Bioherbizide ließe sich deshalb die Biodiversität schützen und erhalten. Des Weiteren wäre denkbar, dass Carvon ebenfalls anthropogene Mikrotubuli degradieren kann und daher auch als Cytostatika in der Krebstherapie Verwendung finden könnte. Zielsetzung muss aber auch hier sein, dass spezifisch nur das Wachstum der Krebszellen und nicht das der gesunden Zellen gestoppt wird. Für eine solche spezifische Anwendung des Carvons bedarf es jedoch noch weiterer, intensiver Forschung.

Literatur

- [1] G. W. Turner, R. Croteau (2004). Organization of Monoterpene Biosynthesis in *Mentha*. Immunocytochemical Localizations of Geranyl Diphosphate Synthase, Limonene-6-Hydroxylase, Isopiperitenol Dehydrogenase, and Pulegone Reductase. *Plant Physiology* 136, 4215–4227.
- [2] M. M. Sarheed et al. (2020). Cellular Base of Mint Allelopathy: Menthone Affects Plant Microtubules. *Front. Plant Sci.* 11, 546345.
- [3] E. H. Newcomb (1969). Plant Microtubules. *Annu. Rev. Plant. Physiol.* 20, 253–288.



ABB. 3 Standard-Keimungstest mit Kresse (*Lepidium sativum*). 50 Samen wurden auf angefeuchtetem Filterpapier ausgelegt. In der Mitte wurde die zu testende Verbindung auf einem Deckglas aufgebracht, damit diese wie in der Natur nur über die Gasphase mit den Samen interagieren kann. Oben: Kontrolle mit Wasser. Unten: Behandlung mit dem Monoterpen Carvon. Fotos: Nina Spohrer.

Nathalie Hering,
Botanisches Institut I, Karlsruher
Institut für Technologie (KIT)

BESTÄUBERBIOLOGIE

Eine neue Partnerschaft mit Vögeln in der Neuen Welt

Der Fingerhut, eine attraktive, auch bei uns heimische Schlagflurpflanze, ist nach seiner Einführung in Mittel- und Südamerika eine neue Partnerschaft mit Vögeln als Bestäuber eingegangen. Innerhalb weniger Jahrzehnte hat dies zu morphologischen Anpassungen geführt.

Viele Blütenpflanzen sind von Bestäubern abhängig. Fehlen diese, etwa weil Bestäuber aussterben oder die Verbreitungsareale von Pflanzen und ihren Bestäubern infolge des Klimawandels nur noch eingeschränkt überlappen, so bekommen die Pflanzen ein Problem. Im günstigsten Fall können sie sich rasch durch Evolut-

ion anpassen (*evolutionary rescue*) oder sie finden andere Bestäuber. Besonders schwierig ist die Situation für Pflanzen, die auf einen einzigen, sehr speziellen Bestäuber angewiesen wird. Oft sind Blüten aber nur auf einen bestimmten Typus von Bestäubern spezialisiert (Bestäubungssyndrom). So unterscheidet

man z. B. zwischen robusten Käferblumen, langröhriigen Falterblumen, flachen Fliegenblumen und bilateral-symmetrischen (zygomorphen) Bienenblumen. Nehmen bestimmte Bestäubergruppen an Zahl ab oder fallen ganz weg, so kann durch Selbstbefruchtung, vegetative Vermehrung oder die rasche Anpassung an andere Bestäubergruppen das Problem umgangen werden. Wenig untersucht wurde aber bisher, was passiert, wenn keine Bestäuber wegfallen, sondern das Spektrum der Bestäuber größer wird.

Christopher Mackin et al. haben diesen Fall jetzt an dem auch bei uns heimischen Fingerhut (*Digitalis purpurea*) untersucht [1]. Ursprünglich nur in West- und Nordeuropa