



Foto: Schlüter

△ Hier sind mehrere Infektionswellen der Blattdürre (*Zymoseptoria tritici*) erkennbar. In den Fruchtkörpern gebildete Sporen setzen neue Infektionen.

top agrar
SERIE

FACHWISSEN
PFLANZENBAU

Teil 24 von 27

► Beispiele für Wirkorte

Kleine Hemmung, große Wirkung

Pflanzenschutzmittel wirken, indem sie an ganz bestimmten Stellen in den Schadorganismus eingreifen. Was dabei genau passiert, zeigt dieser Beitrag.

UNSER AUTOR

Prof. (i. R.) Dr. Klaus Schlüter,
vormals FH Kiel/FB Agrarwirtschaft

Die Serie

Die Autoren der Serie „Fachwissen Pflanzenbau“ stellen Zusammenhänge im Pflanzenbau kurz und knackig (wieder) her. Der aktuelle Themenblock heißt „Pflanzenschutz und Wachstumsregler“. Schon erschienen sind „Boden“, „Bodeneingriff“, „Pflanzenphysiologie“ sowie „Fruchtfolge, Zwischenfrüchte und Kulturen“. Alle Beiträge sammeln wir für unsere Leserinnen und Leser online unter www.topagrar.com/wissen-pflanzenbau

Die Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln wirken hochspezifisch an einem Ort in dem jeweiligen Schadorganismus (siehe auch Teil 23 in Ausgabe 7/2023). Wie genau das passiert und wie exakt die Wirkstoffe arbeiten, zeigt dieser Beitrag auf den folgenden Seiten beispielhaft für Fungizide, Herbizide und Insektizide.

FUNGIZIDE

Triazole hemmen Pilzsynthese

Für viele Kulturen sind Triazol-Fungizide (Markteinführung 1976) immer noch die Basis des Krankheitsmanagements. Altbekannte Wirkstoffe sind Te-

buconazol (z. B. in Folicur) und Prothioconazol (u. a. in Input Classic). Auch das relativ neue Mefentrifluconazol (Revystar) ist ein Triazol – es wirkt z. B. gegen die Weizenblattdürre *Septoria tritici*.

Die Wirkstoffe benötigen intaktes Pflanzengewebe. Dann verteilen sie sich über die lebenden Zellen im Blatt und dringen anschließend in das Pilzmyzel ein (Übersicht 1). Weil Triazole in den vielen Zellen des Myzels wirken, kommt die Synthese der Zellmembran zum Stillstand. Dadurch stirbt der Schadpilz ab.

VORWISSEN ERGOSTEROL

Wer es genau wissen will, benötigt etwas Vorwissen: Als höhere Organismen haben Pilze umfangreiche Zellmembranen und brauchen für deren Aufbau besondere Bausteine. Was beim Menschen das Cholesterin ist, stellt für Pilze das Ergosterol dar. Dieses wird beim Wachstum, aber auch beim Infektions-

SCHNELL GELESEN

Bei den Fungiziden hemmen Triazole den Aufbau der Zellmembranen von Echten Pilzen wie *Septoria tritici*. Gegen pilzähnliche Organismen wie Falscher Mehltau wirken sie nicht.

Die graminiziden FOPs, DIMs und DENs hemmen in Gräsern die ACCase – dadurch kommt die Fettsäuresynthese zum Stillstand.

Insekten nehmen Wirkstoffe meist über Füße und Beine auf. Pyrethroide verändern Natriumkanäle an den Nerven, sodass Muskeln dauerhaft verkrampfen.

vorgang, in großen Mengen synthetisiert und für den Aufbau der Zellmembranen verbraucht. Der Syntheseweg ist lang: Von der Ausgangssubstanz (Squalen) bis zur Umwandlung in Ergosterol sind bei Pilzen elf Enzyme und zwölf Zwischenprodukte erforderlich. Dort greifen Triazol-Fungizide ein.

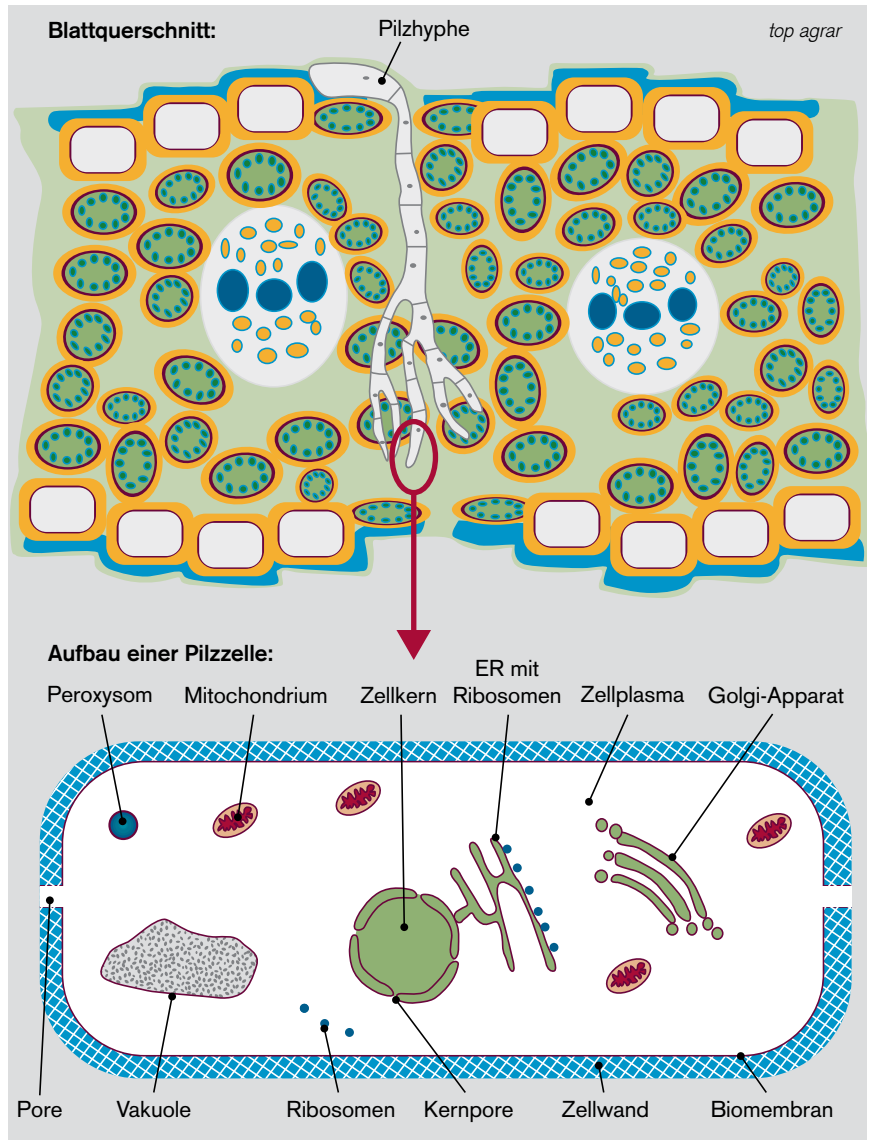
Bei den Echten Pilzen hemmen diese Fungizide ein Enzym, das am 3. Zwischenprodukt (siehe Übersicht 2) die am 14. Kohlenstoffatom vorhandene Methylgruppe (CH_3) abspaltet. Es handelt sich deshalb um eine **De-Methylase**. Der Syntheseweg wird unterbrochen und kein Ergosterol mehr gebildet. So können keine neuen Zellmembranen entstehen – die Pilzzellen kollabieren und sterben ab.

WIRKT NUR GEGEN ECHE PİLZE

Somit sind Triazole der Wirkstoffgruppe der sogenannten Sterol-Biosynthese-Hemmstoffe zugeordnet. Sie gehören zur Untergruppe der C14-De-methylierungs-Hemmstoffe und werden bei FRAC unter der Kennzeichnung G1 geführt (alte Bezeichnung FRAC 3). Die internationale Arbeitsgruppe FRAC klassifiziert Fungizide nach Wirkprinzip und ihrer Resistenzgefahr bei den Schadpilzen. Über die Homepage frac.info oder die App „FRAC MoA“ sind jederzeit alle relevanten Informationen zu Fungiziden abrufbar.

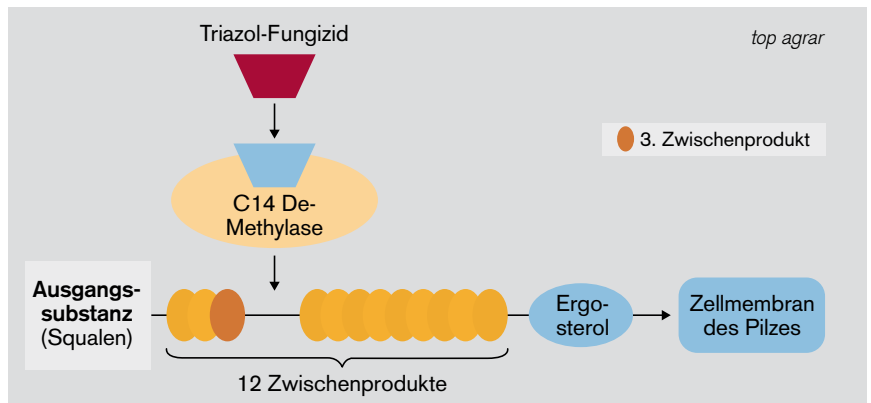
Wichtig: Triazole wirken nicht gegen pilzähnliche Organismen (Oomyzeten wie Krautfäule, Falscher Mehltau u.a.)! Diese Erreger haben einen anderen Stoffwechselweg für Ergosterol – es fehlt der Wirkort und somit das „passende“ Enzym, an dem die Triazole angreifen können. ▶

ÜBERSICHT 1: DER WEG VOM BLATT ZUR PILZZELLE



△ Oben: Weizenblattdürre dringt über Spaltöffnungen in ein Blatt ein. Nur im grünen, lebenden Gewebe nimmt der Pilz Triazole auf. Abgestorbene Zellen leiten den Wirkstoff nicht mehr weiter. Unten: Im Zellplasma der Pilzzelle wirken Triazole auf Enzyme der Zellmembranbildung.

ÜBERSICHT 2: SO ERFOLGT DIE ENZYMHEMMUNG DURCH TRIAZOLE



△ Triazole hemmen die wichtige C14-De-Methylase. Der pilzliche Schaderreger kann dann kein Ergosterol mehr synthetisieren und somit auch keine Zellmembran aufbauen – er stirbt ab.



Foto: Schlüter

△ Ackerfuchsschwanz zählt zu den hartnäckigsten Ungräsern und lässt sich mit ACCase-Hemmern längst nicht mehr überall bekämpfen.

HERBIZIDE

ACCase-Hemmer blockieren Fettsäuren

Herbizide gegen Unkräuter und Graminizide gegen Ungräser haben besondere Eigenschaften: Die Wirkstoffe finden bei Warmblütern und anderen Nichtzielorganismen keinen passenden Wirkort. Deshalb waren sie in der Giftigkeit schon immer als sehr gering eingestuft.

Graminizide mit FOP-, DIM- oder DEN-Wirkstoffen spielen seit Mitte der 1980er-Jahre zur gezielten Nachaufregulierung von Ungräsern eine sehr wichtige Rolle. Pflanzen mit einer gut gequollenen Kutikula nehmen Graminizide schnell auf und verteilen die Wirkstoffe intensiv. Diese sind hoch systemisch und wandern über die Leitbündel – anders als Triazol-Fungizide – akropetal und basipetal in alle Richtungen (siehe auch Teil 20 der Serie in Ausgabe top agrar 3/2023). Gut bekannte Beispiele sind

- bei den FOPs die Wirkstoffe Fluazifop-P (z.B. in Fusilade Max), Clodinafop (Sword) oder Quizalofop (Targa),
- unter den DIMs Clethodim (enthalten in Select 240 EC) und Cycloxydim in Focus Ultra sowie
- der DEN-Wirkstoff Pinoxaden aus Axial 50.

VORWISSEN FETTSÄURESYNTHESE

Viele Stoffwechselprozesse der Pflanzen laufen im Zellplasma ab (siehe Übersicht 3). Manch andere sind dagegen von Zellorganellen abhängig, insbesondere von den Chloroplasten. Diese sind in Pflanzen nicht nur wichtig, um Zucker zu bilden. Sie synthetisieren auch Aminosäuren als Proteinbausteine und viele andere Stoffe wie z.B. Fettsäuren.

Dabei spielt das Enzym ACCase (Acetyl-CoA-Carboxylase) eine zentrale Rolle: Es ist das erste Enzym bei der Synthese der Fettsäuren und ist überwiegend in den Chloroplasten zu finden. Das Enzym hat die Aufgabe, Moleküle mit zwei Kohlenstoffatomen zum Enzym Fettsäuresynthase zu transportieren. Dazu bindet eine ACCase aktiviertes CO₂ an sich, daraus entsteht das sogenannte reaktionsfähige Malonyl-CoA.

Diese Verbindung gelangt an die Fettsäuren-Synthase (ein Multi-Enzym-Komplex). Dort werden von Malonyl-CoA jeweils zwei Kohlenstoffatome abgespalten (siehe Übersicht 4). Der Prozess verläuft in schneller Folge, sodass aus vielen C₂-Körpern kettenförmige Fettsäuremoleküle hervorgehen. Es entstehen Palmitinsäure, Stearinsäure und Ölsäure. Für die Synthese weiterer Fettsäuren schließen sich dann komplexe Reaktionen an anderen Zellorganellen an.

Aus Fettsäuren und Alkoholen (z.B. Glycerin) entstehen später Fette, die Pflanzen als Reservestoffe, Membranbausteine oder für die Wachsschicht der Blätter benötigen.

WIRKUNG IN EINKEIMBLÄTTRIGEN BESONDERS AUSGEPRÄGT

Gelangen Wirkstoffe der FOPs, DIMs oder DENs in die Zellen der Gräser, z.B. Ackerfuchsschwanz, hemmen sie die ACCase. Dann kommt die gesamte Fettsäuresynthese zum Stillstand. Die Zellen verbrauchen die noch vorhandenen Reste, dann tritt Mangel ein und die behandelten Gräser sterben ab.

Die Hemmwirkung ist bei Einkeimblättrigen besonders stark ausgeprägt. Die Ursache: Bei Zweikeimblättrigen (Raps, Zuckerrüben, Kartoffeln) ist das Target, also die ACCase, anders strukturiert und aufgebaut, die Wirkstoffe können nicht andocken und keinen Schaden anrichten. Deshalb erfolgte die Einführung dieser Graminizide zuerst in zweikeimblättrigen Kulturen.

Erst später wurde es möglich, FOPs, DIMs und DENs in einkeimblättrigen

Kulturen wie Weizen einzusetzen. Dazu müssen den Präparaten Substanzen beigefügt werden, die z.B. in Getreide den Entgiftungsmechanismus beschleunigen. So bauen sie den Wirkstoff ab und sind vor der zerstörerischen Wirkung geschützt. Diese Stoffe werden als „Safener“ bezeichnet.

Die internationale Arbeitsgruppe HRAC stellt die enzymatischen Wirkstoffe in die neue Gruppe HRAC 1 (früher HRAC A) und definiert sie als Hemmstoffe der Fettsäuren-Synthese, genauer als ACCase-Hemmer. Weitere Informationen zu den Klassifizierungen finden Sie online unter hracglobal.com oder in der App „Global Resistance Management“.

INSEKTIZIDE

Pyrethroide stören Natriumkanäle

Auf der Basis des seit Jahrhunderten bekannten Natur-Pyrethrum, das bei Sonnenlicht sehr schnell zerfällt, wurden Ende der 1960er-Jahre synthetische Pyrethroide entwickelt und ab Mitte der 1970er in den Markt eingeführt. Gegenüber Naturpyrethrum sind diese Wirkstoffe sehr viel stabiler und wirken



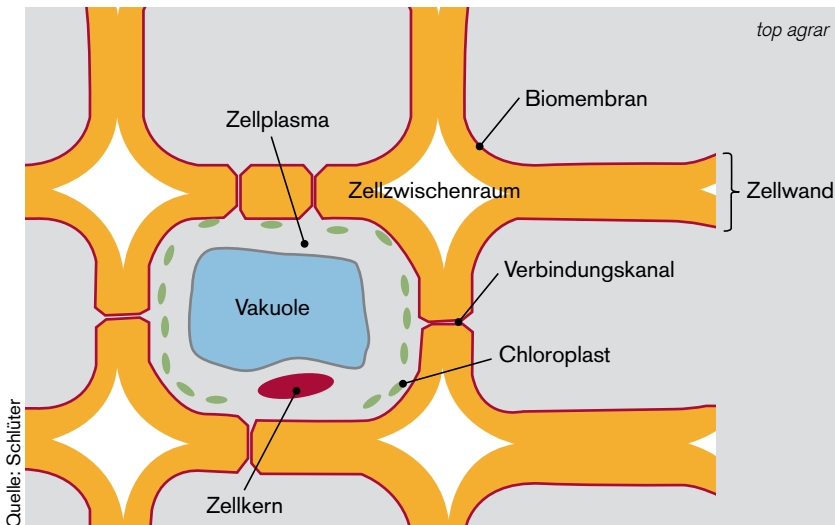
Foto: Schlüter

△ Insekten wie die Große Getreideblattlaus nehmen Pyrethroide über die Fußglieder auf.

Sortenempfehlung Hybridwintergerste

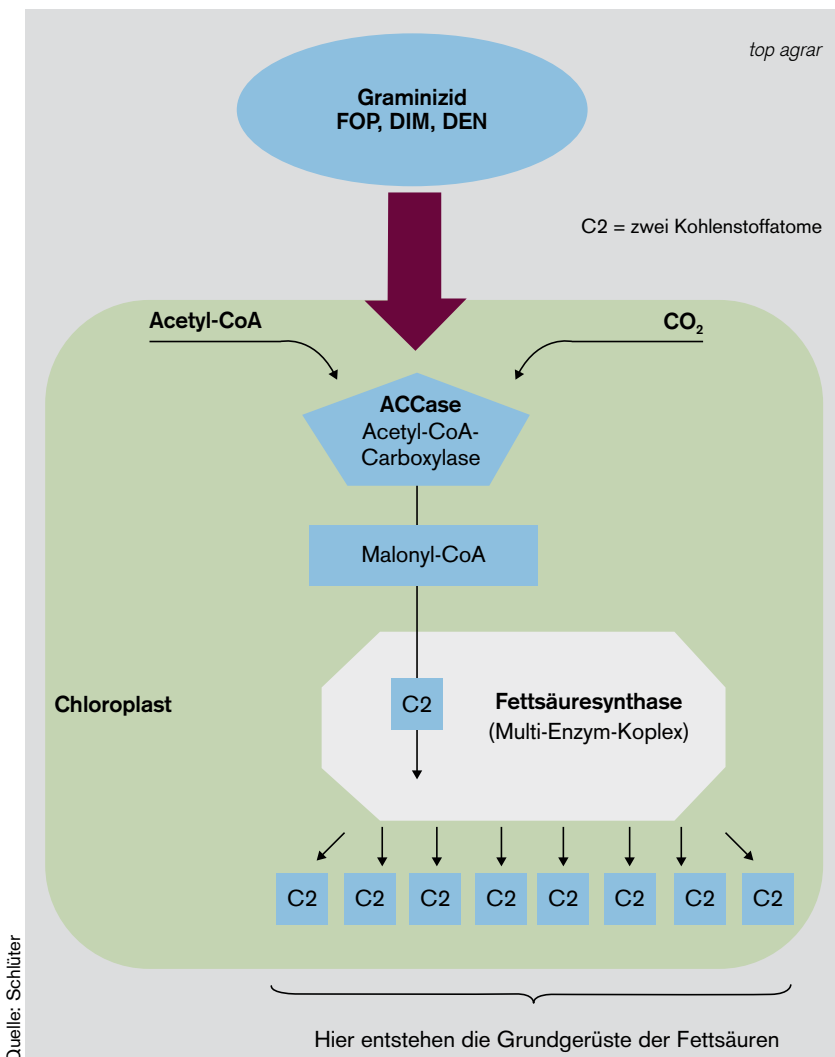
Let's go and grow together

ÜBERSICHT 3: PFLANZENZELLEN IM GEWEBEVERBUND



△ Die wichtigsten Bestandteile der Pflanzenzellen sind Zellplasma, Zellkern und Chloroplasten. Letztere sind Zielort der ACCase-Hemmer.

ÜBERSICHT 4: SO WIRKT DIE ACCASE IN DEN CHLOROPLASTEN



△ Graminizide, die ACCase-Hemmer enthalten, stören fettsäurebildende Enzyme in den Chloroplasten der Ungräser.

Jetzt bis 4.8.2023 bestellen
und bis zu 8,- €/EH sparen!

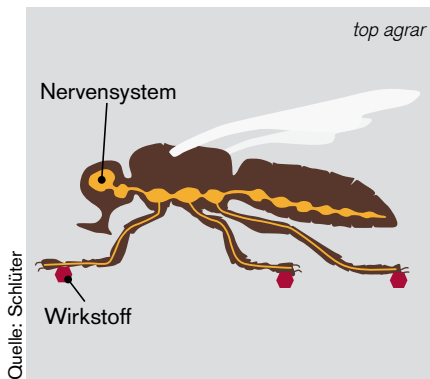
SY Galileo
Geniale Gerste

SY Loona <<Neu>>
Galaktisch gut



syngenta®

ÜBERS. 5: WIRKSTOFFAUFNAHME



△ Insekten nehmen Wirkstoffe meist über Füße und Beine auf.

lange. In der biochemischen Wirkung gibt es keinen Unterschied.

Pyrethroide waren seinerzeit eine wichtige Errungenschaft, denn ihre Giftigkeit gegen Warmblüter ist etwa 500-mal geringer als bei den seinerzeit üblichen Insektiziden wie dem hoch giftigen „E 605“, einem Phosphorsäure-Ester. Angriffspunkt der Insektizide ist überwiegend das Nervensystem (siehe Übersicht 5).

Insekten haben einen großen Nervenknoten im Kopf. Von dort ziehen sich Nervenfasern in zwei parallelen Bahnen durch den Körper (Strickleiter-Nervensystem). Von weiteren Nervenknoten

zweigen Nerven in den gesamten Insektenkörper ab. Besonders wichtig sind sie für die Flugmuskeln im Brustbereich sowie für die Beinmuskeln. Bei Kontakt mit einem Pyrethroid – z.B. über die Füße oder Beine – gelangt der Wirkstoff in das Insekt. Die zirkulierende Körperflüssigkeit verteilt ihn schnell und so erfolgt eine Wirkung auf das gesamte Nervensystem.

VORWISSEN ZUM NERVENSYSTEM

Nervenfasern transportieren Signale in Form elektrischer Impulse von einer Nervenzelle zu anderen. Den Kontakt stellen Synapsen am Ende eines Axons zu den Dendriten der nächsten Nervenzelle her (siehe Übersicht 6). Bestimmte Nervenzellen docken über motorische Endplatten an Muskelfaserzellen an. Ankommende Signale führen dann zur Kontraktion der Muskeln. Gelangen Pyrethroide in die Nervenzellen, entsteht ein Dauerreiz bis zu den motorischen Endplatten. Die Muskeln ziehen sich zusammen, es kommt zu dauerhaften Muskelkrämpfen.

SO WIRKEN PYRETHROIDE AUF DIE NATRIUMKANÄLE

Die Abgrenzung der Nervenzellen erfolgt durch Biomembranen. Und genau dort befinden sich die Wirkorte für Pyrethroide in Form spezieller Proteine, den Natriumkanälen. Nervenzellen im

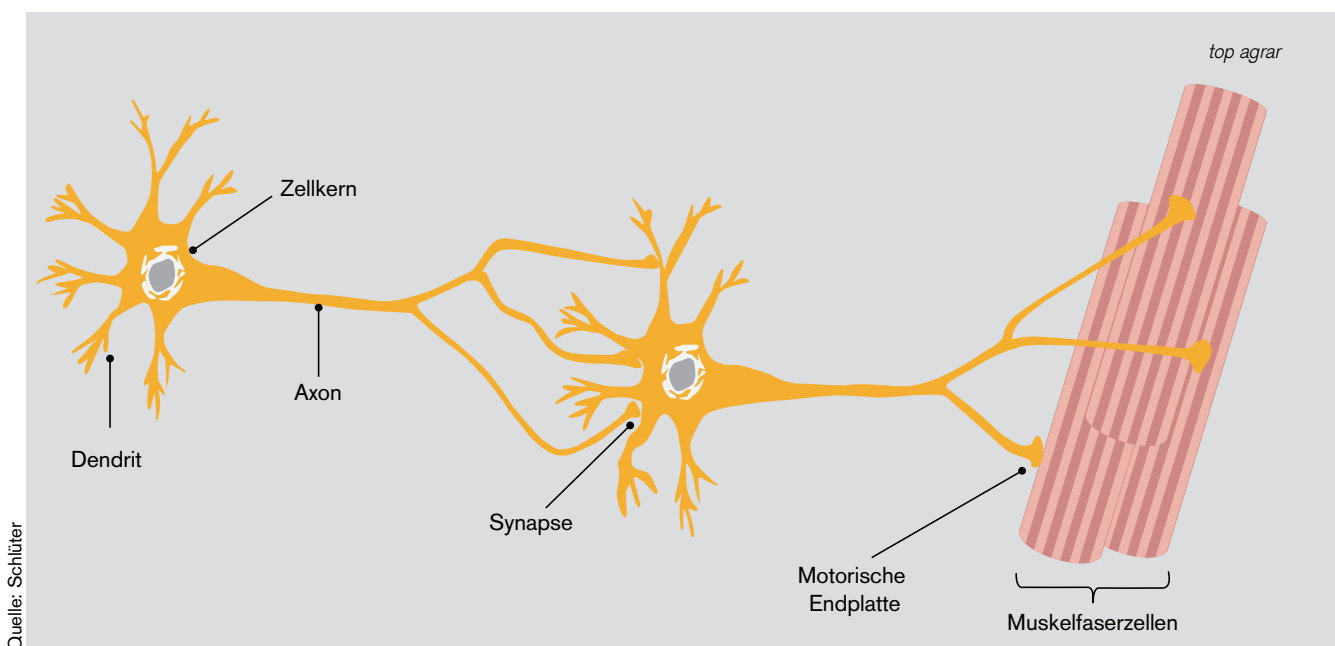


△ Auch Nützlinge wie Schlupfwespen nehmen Pyrethroide auf und sterben dadurch.

Ruhezustand haben eine hohe Konzentration an Natrium-Ionen im Außenbereich und viele negativ geladene Ionen im Innenraum (siehe Übersicht 7).

Pyrethroide lagern sich bei Insekten, z.B. Blattläusen, an die Natrium-Kanäle der Nervenzellen an und öffnen sie. So wandert viel Natrium unkontrolliert in den gesamten Innenraum der Nervenzellen. Die Folge: Es kommt zu einer Überreizung und die angesteuerten Muskeln verkrampfen. Insekten

ÜBERS. 6: GRUNDSÄTZLICHER AUFBAU EINES NERVENSYSTEMS



△ Die Nervenzellen transportieren blitzschnell Informationen als elektrische Impulse, bis sie an einer Muskelfaserzelle enden. Diese reagiert daraufhin.

sterben deshalb durch Atemlähmung. Durch diese Wirkweise hat die internationale Arbeitsgruppe IRAC die Wirkstoffe in die Gruppe 3A klassifiziert (Natriumkanal-Modulatoren). Mehr zu den Klassifikationen finden Sie unter irac-online.org oder in der App „IRAC MoA“.

WARUM WERDEN WARMBLÜTER NICHT GESCHÄDIGT?

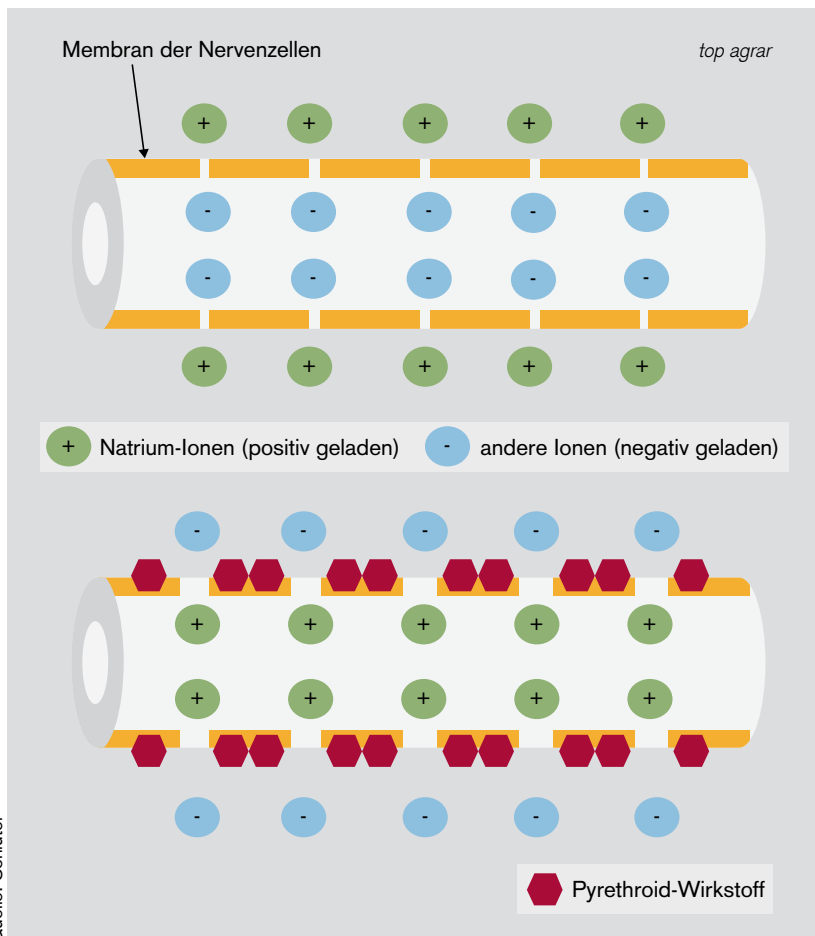
Generell sind die Nervenzellen der Organismen sehr ähnlich aufgebaut und haben die gleiche Funktion. Frühere Insektizide (Phosphorsäure-Ester, Carbamate) waren nicht selektiv und für Insekten, andere Tiere und den Menschen sehr giftig, weil das Target (ein Enzym) identisch aufgebaut ist. Pyrethroide dagegen wirken stark auf Insekten, aber in den typischen Anwendungskonzentrationen

nicht auf Warmblüter. Der Grund: Deren Targets – die Natriumkanäle – sind anders aufgebaut. Deshalb kommen Pyrethroide auch gegen Tierparasiten zum Einsatz und beim Menschen gegen Kopfläuse, andere Lästlinge und Hygieneschädlinge.

Nachteil der Pyrethroide: Sie haben – bis auf ganz wenige Ausnahmen – als Kontaktinsektizide eine starke Wirkung auch auf nützliche Insekten. Das gilt für Räuber (Larven der Schwebfliegen, Marienkäfer, Florfliegen u. a.) und auch für parasitisch lebende Schlupfwespen. Auch auf Fische wirken Pyrethroide sehr stark, sodass früher beim Einsatz von Spritzdüsen nach alter Bauart schon die Abdrift von Spritzbrühe auf Gewässer zum Fischsterben führte.

Ihr Kontakt zur Redaktion:
friederike.mund@topagrar.com

ÜBERS. 7: SO WIRKEN PYRETHROIDE AN NERVENZELLEN



Quelle: Schlüter

△ Nervenzellen im Ruhezustand (oben) sind außen durch viele Natrium-Ionen positiv geladen. Bei Kontakt mit einem Pyrethroid lagern sich die Wirkstoffe an die Natriumkanäle an – sie öffnen sich und die positiv geladenen Natrium-Ionen strömen nach innen. Damit sind diese Nervenzellen aktiviert und senden Signale an die angesteuerten Muskeln, die deshalb verkrampfen.

FÜR SICHERE MARKTWARE.



NEU RGT MELA

HL und Vollgerste stimmen

- Mehrzeilige, Hohertrags-Wintergerste
- Ausgezeichnete Sortierung bei hohem Hektolitergewicht
- Langstrohiger Typ mit überdurchschnittlicher Standfestigkeit

ragt-saaten.de

