

BACHELOR'S THESIS

De effecten van lelieteelt op beschermde natuurwaarden

Een literatuuronderzoek naar de eigenschappen van vijf in de Nederlandse lelieteelt veel gebruikte pesticiden en de effecten van deze pesticiden op de natuur in de omgeving van teeltvelden.

Duysinx, Mieke; van der Wouw, Rob; Van de gehuchte, Tim

Award date:
2023

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain.
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

Take down policy

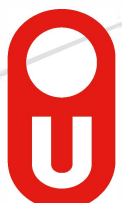
If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

pure-support@ou.nl

providing details and we will investigate your claim.

Downloaded from <https://research.ou.nl/> on date: 28. Oct. 2023

Open Universiteit
www.ou.nl





DE EFFECTEN VAN LELIETEELT OP BESCHERMDE NATUURWAARDEN

Een literatuuronderzoek naar de eigenschappen van vijf in de Nederlandse lelieteelt veel gebruikte pesticiden en de effecten van deze pesticiden op de natuur in de omgeving van teeltvelden.

Samenvatting	6
Abstract	7
1. Probleem	10
1.1. Probleemanalyse	10
1.2. Vraagstelling (milieuwetenschappelijk)	11
1.2.1. Hoofdvraag	11
1.2.2. Deelvragen	11
1.2.3. Relatie met de vragen vanuit de opdrachtgever	12
1.3. Doelstelling	12
1.3.1. Doelstelling van dit onderzoek richting opdrachtgever	12
1.3.2. Doelstelling van het onderzoek voor de milieuwetenschap	12
2. Methode	13
2.1. Kernbegrippen	13
2.2. Conceptueel model	14
2.3. Selectie pesticiden	16
2.4. Opzet van het onderzoek	20
3. Migratie	24
3.1. Algemeen	24
3.2. Literatuurreview: Tebuconazool (C ₁₆ H ₂₂ ClN ₃ O)	28
3.3. Literatuurreview: Deltamethrin (C ₂₂ H ₁₉ Br ₂ NO ₃)	28
3.4. Literatuurreview: Acetamiprid (C ₁₀ H ₁₁ ClN ₄)	29
3.5. Literatuurreview: Pendimethalin (C ₁₃ H ₁₉ N ₃ O ₄)	29
3.6. Literatuurreview: Pyraclostrobine (C ₁₉ H ₁₈ ClN ₃ O ₄)	29
4. Afbraak	30
4.1. Algemeen	30
4.2. Literatuurreview: Tebuconazool (C ₁₆ H ₂₂ ClN ₃ O)	30
4.3. Literatuurreview: Deltamethrin (C ₂₂ H ₁₉ Br ₂ NO ₃)	31
4.4. Literatuurreview: Acetamiprid (C ₁₀ H ₁₁ ClN ₄)	31
4.5. Literatuurreview: Pendimethalin (C ₁₃ H ₁₉ N ₃ O ₄)	32
4.6. Literatuurreview: Pyraclostrobine (C ₁₉ H ₁₈ ClN ₃ O ₄)	32
5. Effecten op ecosystemen	34
5.1. Algemeen	34
5.2. Literatuurreview: Tebuconazool (C ₁₆ H ₂₂ ClN ₃ O)	35
5.3. Literatuurreview: Deltamethrin (C ₂₂ H ₁₉ Br ₂ NO ₃)	37
5.4. Literatuurreview: Acetamiprid (C ₁₀ H ₁₁ ClN ₄)	39
5.5. Literatuurreview: Pendimethalin (C ₁₃ H ₁₉ N ₃ O ₄)	42
5.6. Literatuurreview: Pyraclostrobine (C ₁₉ H ₁₈ ClN ₃ O ₄)	43
6. Cocktaileffecten	45
6.1. Toxicologie van pesticidemengsels	45
6.2. Literatuurreview: Tebuconazool (C ₁₆ H ₂₂ ClN ₃ O)	49
6.3. Literatuurreview: Deltamethrin (C ₂₂ H ₁₉ Br ₂ NO ₃)	52
6.4. Literatuurreview: Acetamiprid (C ₁₀ H ₁₁ ClN ₄)	55
6.5. Literatuurreview: Pendimethalin (C ₁₃ H ₁₉ N ₃ O ₄)	59
6.6. Literatuurreview: Pyraclostrobine (C ₁₉ H ₁₈ ClN ₃ O ₄)	59
7. Discussie en conclusies	64
7.1. Discussie	64
7.1.1. Reflectie onderzoeksmethode	64
7.1.2. Migratie	65
7.1.3. Degradatie	66
7.1.4. Effecten op ecosystemen	67
7.1.5. Cocktaileffecten	68
7.1.6. Vertaling van resultaten naar praktijksituatie	69
7.1.7. Kennishiaten	71
7.2. Conclusies	71
7.2.1. Migratie	71
7.2.2. Degradatie	72

7.2.3. Effecten op ecosystemen	73
7.2.4. Cocktaileffecten	74
8. Aanbevelingen	75
9. Literatuur	77
10. Bijlage A. Onderzoeksdata migratie en degradatie Tebuconazool	88
11. Bijlage B. Onderzoeksdata migratie en degradatie Deltamethrin	92
12. Bijlage C. Onderzoeksdata migratie en degradatie Acetamiprid	95
13. Bijlage D. Onderzoeksdata migratie en degradatie Pendimethalin	102
14. Bijlage E. Onderzoeksdata migratie en degradatie Pyraclostrobine	107
15. Bijlage F. Onderverdeling van herbiciden, fungiciden en insecticiden op basis van werkingsmechanisme	110
16. Bijlage G. Onderzoeksdata effecten Tebuconazool	112
17. Bijlage H. Onderzoeksdata effecten deltamethrin	115
18. Bijlage I. Onderzoeksdata effecten Acetamiprid	121
19. Bijlage J. Onderzoeksdata effecten Pendimethalin	128
20. Bijlage K. Onderzoeksdata effecten Pyraclostrobine	130
21. Bijlage L. FRAC classificatie	132
22. Bijlage M. IRAC classificatie	133
23. Bijlage N. Onderzoeksdata cocktaileffecten: opgenomen studies	136

Samenvatting

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Vereniging Meten=Weten met als doel een overzicht te geven van de meest recente wetenschappelijke kennis over effecten van in de Nederlandse lelieteelt gebruikte en toegestane pesticiden op omringende natuur van de lelieteeltvelden.

Om de effecten van pesticiden op omringende natuurwaarden te bestuderen werden een aantal pesticide eigenschappen nader onderzocht. Er werd gekeken naar de fysicochemische eigenschappen zoals migratie en degradatie. Tevens werd onderzoek verricht naar de mengseffecten (cocktaileffecten), alsook naar de effecten van de afzonderlijke pesticiden op ecosystemen.

Door middel van een systematisch literatuuronderzoek in de database Web of Science zijn vijf pesticiden geselecteerd: tebuconazool, deltamethrin, acetamiprid, pendimethalin en pyraclostrobine. Deze pesticiden werden geselecteerd op basis van gebruik in de Nederlandse lelieteelt, ecotoxicologisch risico en beschikbare literatuur voor alle deelonderzoeken. Als laatste is een keuze gemaakt voor pesticiden met verschillende gebruikswijzen en verschillende chemische klassen. Er zijn resultaten verzameld met betrekking tot migratie, degradatie, ecosysteem- en cocktaileffecten.

Het onderzoek naar migratie geeft aan dat de geselecteerde pesticiden voornamelijk via lucht ('spray drift', verdamping of 'dust drift') en via water (uit- of afspoeling) migreren. Migratie via organismen wordt nauwelijks beschreven in de bestudeerde literatuur (enkel voor neonicotinoïden).

Migratie van pesticiden via water, door af- of uitspoeling naar het oppervlakte en/of grondwater, is de meest beschreven route. Hydrofiele pesticiden kunnen oplossen in water en uitspoelen. Hydrofobe pesticiden kunnen absorberen aan bodemdeeltjes en afspoelen.

Het onderzoek naar degradatie laat zien dat alle onderzochte stoffen gemiddeld tot zeer persistent zijn. Het blijkt dat het humusgehalte, de bodemstructuur en de pH van invloed kunnen zijn op de degradatiesnelheid. Tevens kan de aanwezigheid van andere pesticiden of bepaalde metaalionen van invloed zijn. Deze invloeden zijn niet voor alle stoffen gelijk.

Uit het deelonderzoek naar ecosystemen effecten kan geconcludeerd worden dat de voor dit onderzoek geselecteerde pesticiden effecten veroorzaken bij non-target organismen bij concentraties welke ook in de omgeving kunnen voorkomen. Ook zijn effecten te zien bij organismen welke niet gerelateerd zijn aan het doel van de pesticiden. De lethaliteit is verschillend tussen de vijf pesticiden. Vooral bij deltamethrin worden relatief meer lethale effecten gezien, voor pendimethalin zijn alleen sublethale effecten gevonden. Negatieve effecten op reproductie, productie en overleving van nageslacht, en parasitair vermogen zijn te zien over meerdere generaties. Op populatie- en ecosysteemniveau zijn

vooral effecten te zien met betrekking tot populatiegrootte. Een afname van populatiegrootte is te zien bij onder andere micro-organismen, insecten en zoogdieren.

Het deelonderzoek naar cocktaileffecten laat zien dat het bestuderen van de impact van pesticidecocktails uiterst complex is. Pesticiden kunnen op verschillende manieren interageren, volgens de verbinding zelf (chemische familie), de dosis/concentratie en het doelwit. Uit de resultaten valt niet altijd direct af te leiden wanneer een pesticide zal leiden tot synergie, additiviteit of antagonisme. Uit de analyse blijkt wel dat synergie vaak voorkomt met verscheidene chemische klassen voor zowel acetamiprid, tebuconazool, deltamethrin als pyraclostrobine.

Qua classificatie van persistentie van tebuconazool en acetamiprid zijn verschillen aangetroffen tussen de voor ecotoxicologische karakteristieken geraadpleegde database PPDB en gevonden literatuur. Hetzelfde geldt voor het degradatiepotentieel van acetamiprid door fotolyse. Voortschrijdend inzicht door wetenschappelijk onderzoek kan aanleiding geven om de toelating van bepaalde stoffen te herzien. Het daadwerkelijk optreden van effecten, alsmede de mate van effect, in praktijksituaties is onzeker. Dit omdat veelal labstudies gevonden zijn. Wel worden effecten gezien bij een diversiteit aan non-target organismen welke vergelijkbaar zijn met organismen die voorkomen in natuurgebieden in de omgeving van de teeltvelden. Als laatste wordt bij de huidige risicobeoordeling geen rekening gehouden met gecombineerde toxiciteit door cocktaileffecten, waardoor toxiciteit vaak onderschat wordt. Resultaten uit dit onderzoek geven dan ook aan dat effecten in praktijksituaties niet uit te sluiten zijn. In de Nederlandse lelieteelt toegestane pesticiden vormen een potentieel risico voor ecosystemen in de omgeving van de lelieteeltvelden in Drenthe.

Abstract

This research was commissioned by the association Meten=Weten with the aim of providing an overview of the most recent scientific knowledge about the effects of pesticides used and permitted in Dutch lily cultivation on the surrounding nature of the lily cultivation fields.

To study the effects of pesticides on surrounding nature, several pesticide properties were investigated. The physicochemical properties such as migration and degradation were examined. Research was also carried out into the mixture effects (cocktail effects), as well as into the effects of the individual pesticides on ecosystems.

Five pesticides were selected through a systematic literature search in the Web of Science database: tebuconazole, deltamethrin, acetamiprid, pendimethalin and pyraclostrobin. These pesticides were selected based on use in Dutch lily cultivation, ecotoxicological risk and available literature for all sub-studies. Finally, a choice was made for pesticides with different uses and different chemical classes. Results have been collected regarding migration, degradation, ecosystem, and cocktail effects.

The research into migration indicates that the selected pesticides mainly migrate via air (spray drift, evaporation, or dust drift) and via water (leaching or run-off). Migration via organisms is hardly described in the literature studied (only for neonicotinoids).

Migration of pesticides via water, by run-off or leaching into the surface- and/or groundwater, is the most described route. Hydrophilic pesticides can dissolve in water and leach out. Hydrophobic pesticides can absorb onto soil particles and run-off.

The degradation study shows that all the substances studied are medium to very persistent. It appears that humus content, soil structure and pH can influence the rate of degradation. The presence of other pesticides or certain metal ions can also have an influence. These influences are not the same for all substances.

It can be concluded from the study into ecosystem effects that the pesticides selected for this study cause effects in non-target organisms at concentrations that can also occur in the environment. Effects can also be seen in organisms that are not related to the target of the pesticide. The lethality is different between the five pesticides. Relatively more lethal effects are seen especially with deltamethrin, whereas only sublethal effects have been found for pendimethalin. Negative effects on reproduction, production and survival of offspring, and parasitic ability are seen over the course of several generations. At the population and ecosystem level, effects mainly relate to population size. A decrease in population size can be seen in micro-organisms, insects, and mammals, among others.

The cocktail effects research section shows that studying the impact of pesticide cocktails is extremely complex. Pesticides can interact in different ways, according to the compound itself (chemical family), the dose/concentration and the target. It is not always possible to deduce directly from the results whether a pesticide will lead to synergy, additivity, or antagonism. The analysis does show that synergy often occurs with several chemical classes for acetamiprid, tebuconazole, deltamethrin and pyraclostrobin.

Regarding the classification of persistence of tebuconazole and acetamiprid, differences were found between the PPDB database consulted for ecotoxicological characteristics and the literature found. The same applies to the degradation potential of acetamiprid by photolysis. Progressive insight through scientific research may lead to a review of the authorization of certain substances. The actual occurrence of effects, as well as the degree of effect, in practical situations is uncertain. This is because lab studies have often been found. However, effects are seen in a diversity of non-target organisms that are comparable to organisms that occur in nature reserves in the vicinity of the cultivation fields. Finally, the current risk assessment does not consider combined toxicity due to cocktail effects, because of which toxicity is often underestimated. The results of this study therefore indicate that effects in practical

situations cannot be ruled out. Pesticides permitted in Dutch lily cultivation pose a potential risk to ecosystems in the vicinity of the lily cultivation fields in Drenthe.

1. Probleem

1.1. Probleemanalyse

In de Nederlandse land- en tuinbouw wordt veel gebruik gemaakt van voornamelijk chemische pesticiden. Hoewel deze inzet dalende is, werd er in 2020 nog steeds 5 miljoen kilogram pesticiden ingezet (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2022b). Volgens het CBS is in 2020 20% minder ingezet dan in 2016. Vergeleken met 2019 is er echter toch weer sprake van een lichte stijging van ongeveer 5%.

Pesticiden worden door agrariërs dáár toegepast waar ze nodig zijn. Met andere woorden, bestrijdingsmiddelen worden specifiek toegepast op de plaats waar de daadwerkelijke teelt plaatsvindt. De manier waarop deze middelen worden verspreid over het doelgebied is veelal sproeien of strooien. Eenmaal in het doelgebied aangeland kunnen deze bestrijdingsmiddelen zich echter verspreiden buiten het doelgebied, via de lucht of via uitspoeling door water of eventueel door transport via dieren (Tudi et al., 2021).

Er wordt al vele jaren onderzoek gedaan naar de korte en lange termijneffecten van bepaalde concentraties bestrijdingsmiddelen op mensen. Daarnaast wordt ook veel ecologisch onderzoek gedaan naar de effecten van pesticiden op het milieu. Het IPCC legt een directe link met het grootschalige gebruik van pesticiden en het wereldwijde verlies aan biodiversiteit (Watson et al., 2019).

Op wetenschappelijk vlak ontbreekt overzicht over effecten van pesticiden op ecosystemen en organismen binnen deze ecosystemen. Met name op hoe pesticiden zich gedragen in het veld en welke effecten daaruit voortvloeien mist overzicht. Dit overzicht is nodig om beter te kunnen begrijpen wat daadwerkelijke effecten van pesticiden op organismen anders dan waar deze pesticiden voor bedoeld zijn (Cech et al., 2022; Tudi et al., 2021; Zubrod et al., 2019).

Een additioneel probleem dat zich voordoet bij het beoordelen van de toelaatbaarheid van bepaalde bestrijdingsmiddelen is dat de effecten ervan enkel worden beschouwd voor het betreffende middel zelf. Er wordt nauwelijks rekening gehouden met de effecten die een combinatie van verschillende middelen heeft (Berkhout, n.d.). Er wordt dus geredeneerd vanuit het middel en niet vanuit de toepassing.

Van de 5 miljoen kg die in 2020 is ingezet, is 601.000 kg (12%) ingezet voor de lelieteelt. De Vereniging Meten=Weten is een initiatief van inwoners in de gemeente Westerveld die zich zorgen maken over de effecten van het grote gebruik van pesticiden in de landbouw (met name in de lelieteelt) op natuur en gezondheid. De vereniging is belanghebbende bij de vergunningverlening over lelieteelt en in die hoedanigheid heeft zij behoefte aan kennis over de effecten van pesticiden op beschermde

natuurwaarden zodat zij op basis van relevante wetenschappelijke inzichten kan participeren in een vergunningverleningsproces. Om die redenen vragen zij het Virtueel Milieuadviesbureau van de Open Universiteit om advies.

Uit onderzoek van Buijs & Mantingh (2022) in Drenthe komt tevens naar voor dat pesticiden teruggevonden zijn, niet alleen in maar ook rondom landbouwgebieden zoals in de natuur of woonwijken. In een uitspraak van de rechtbank (Rechtbank Noord-Nederland, 2021) wordt aangegeven dat alvorens vergunning verleend kan worden voor de teelt, aangetoond moet worden dat deze geen negatieve gevolgen zal hebben voor beschermde natuurwaarden in nabijgelegen gebieden.

1.2. Vraagstelling (milieuwetenschappelijk)

1.2.1. Hoofdvraag

In dit onderzoek ligt de focus op het beantwoorden van de volgende milieuwetenschappelijke hoofdvraag:

Wat is er in de recente wetenschappelijke literatuur bekend over de effecten van de in de lelieteelt in Nederland wettelijk toegelaten pesticiden op ecosystemen in de omgeving van de teeltvelden?

Om de omvang van het onderzoek te beperken is een selectie gemaakt uit alle voor de lelieteelt toegestane pesticiden.

1.2.2. Deelvragen

Om deze hoofdvraag te kunnen beantwoorden, kan deze opgesplitst worden in een aantal deelvragen. Deze zijn:

1. Welke wettelijk toegelaten pesticiden worden er gebruikt in de lelieteelt in Nederland? In welke hoeveelheden en voor welk doel worden deze toegepast? Wat zijn de karakteristieken van deze stoffen?
2. Wat is er bekend over de migratie van deze middelen in de natuur?
3. Wat is er bekend over de biologische afbraak van deze middelen in de natuur?
4. Wat is er bekend over de effecten van de afzonderlijke middelen op ecosystemen?
5. Wat is er bekend over de effecten van gecombineerde middelen in de natuur (het 'cocktaileffect')?

1.2.3. Relatie met de vragen vanuit de opdrachtgever

De opdrachtgever heeft initieel twee vragen gesteld. De eerste vraag is gericht op het genereren van een overzicht van recente relevante kennis over het pesticidegebruik binnen de lelieteelt. De tweede vraag betreft het duiden van deze resultaten in de context van het proces van het vergunnen van dit type landbouwactiviteit. Dit vereist een meer juridische en beleidsmatige analyse van het onderwerp, waar de projectgroep met de beschikbare tijd, middelen en expertise niet in kan voorzien. De keuze van de hoofdvraag en de daaruit volgende deelvragen richt zich dus uitsluitend op de milieuwetenschappelijke inhoudelijke eerste vraag.

1.3. Doelstelling

1.3.1. Doelstelling van dit onderzoek richting opdrachtgever

Dit rapport zal naar de opdrachtgever een overzicht presenteren van de meest recente wetenschappelijke kennis rondom de inzet van pesticiden in de Nederlandse lelieteelt. Het gaat daarbij in het onderzoek niet om de effectiviteit van de middelen voor de teelt zelf, maar om de gevolgen van de inzet van deze middelen voor de omringende natuur. De focus zal liggen op de relatie tussen de bestrijdingsmiddelen en de natuur en nadrukkelijk niet ingaan op de gezondheidsaspecten voor de mensen in de omgeving van de lelieteelt.

1.3.2. Doelstelling van het onderzoek voor de milieuwetenschap

In dit onderzoek wordt gekeken naar een pesticide-intensieve landbouwtoepassing (de lelieteelt) en specifiek naar de gevolgen daarvan voor de omringende ecosystemen. Dit rapport zal daarmee een overzicht geven van de stand van de huidige wetenschap. Een nevendoeel van dit onderzoek is om een methode te presenteren waarmee vervolgonderzoek gedaan kan worden naar de overige stoffen of stoffen die buiten de lelieteelt worden gebruikt.

Tot slot: we willen in dit onderzoek vooral presenteren wat er wetenschappelijk bekend is over de geselecteerde pesticiden. Minstens net zo belangrijk is dan ook om vast te stellen waar nog niet zoveel (of helemaal geen) onderzoek naar is gedaan ('wat weten we niet?').

2. Methode

2.1. Kernbegrippen

In dit rapport zijn een aantal kernbegrippen gehanteerd, waarbij de navolgende omschrijvingen wordt gehanteerd.

BEGRIP	OMSCHRIJVING
Pesticide	De WHO omschrijft pesticiden (letterlijk vertaald citaat) als volgt: Elke stof, of mengsel van stoffen, of micro-organismen, waaronder: virussen, bedoeld voor het afweren, vernietigen of beheersen van ongedierte, inclusief vectoren van menselijke of dierlijke ziekte, hinderlijk ongedierte, ongewenste planten- of diersoorten die schade veroorzaken tijdens of anderszins de productie, verwerking, opslag, transport of marketing van voedsel, landbouwgrondstoffen, hout en houtproducten of diervoeders, of die aan dieren mag worden toegediend voor de bestrijding van insecten, spinachtigen of ander ongedierte in of op hun lichamen. De term omvat ook stoffen die bedoeld zijn voor gebruik als insecten- of plantengroei regulators; ontbladeringsmiddelen; droogmiddelen; middelen voor het uitharden, uitdunnen of voorkomen van de voortijdige val van fruit; stoffen die voor of na de oogst op gewassen worden aangebracht om het product tegen bederf tijdens opslag en transport. (World Health Organization (WHO), 2010)
Biocide	Een pesticide gebaseerd op een biologische substantie of organisme
Fungicide	Een pesticide specifiek gericht op het bestrijden van schimmels
Insecticide, larvicide	Een pesticide specifiek gericht op het bestrijden van insecten of larven daarvan
Herbicide	Een pesticide specifiek gericht op het bestrijden van ongewenste gewassen (zoals onkruid)
Nematicide	Een pesticide specifiek gericht op het bestrijden van bodemaaltjes
Rodenticide	Een pesticide specifiek gericht op het bestrijden van knaagdieren
Accumulatie	Ophoping van residuen van een stof in het milieu waarbij door gebrek aan biologische afbraak een steeds hogere dosis van de stof per volume of gewicht kan ontstaan
Residu	Een kleine hoeveelheid (rest) van een stof die door slechte afbreekbaarheid, verspreiding en verdunning wordt aangetroffen. Dit kan op de plaats van aanbrengen zijn maar ook op grote afstand daarvan
Migratie	Het transport van stoffen in het milieu

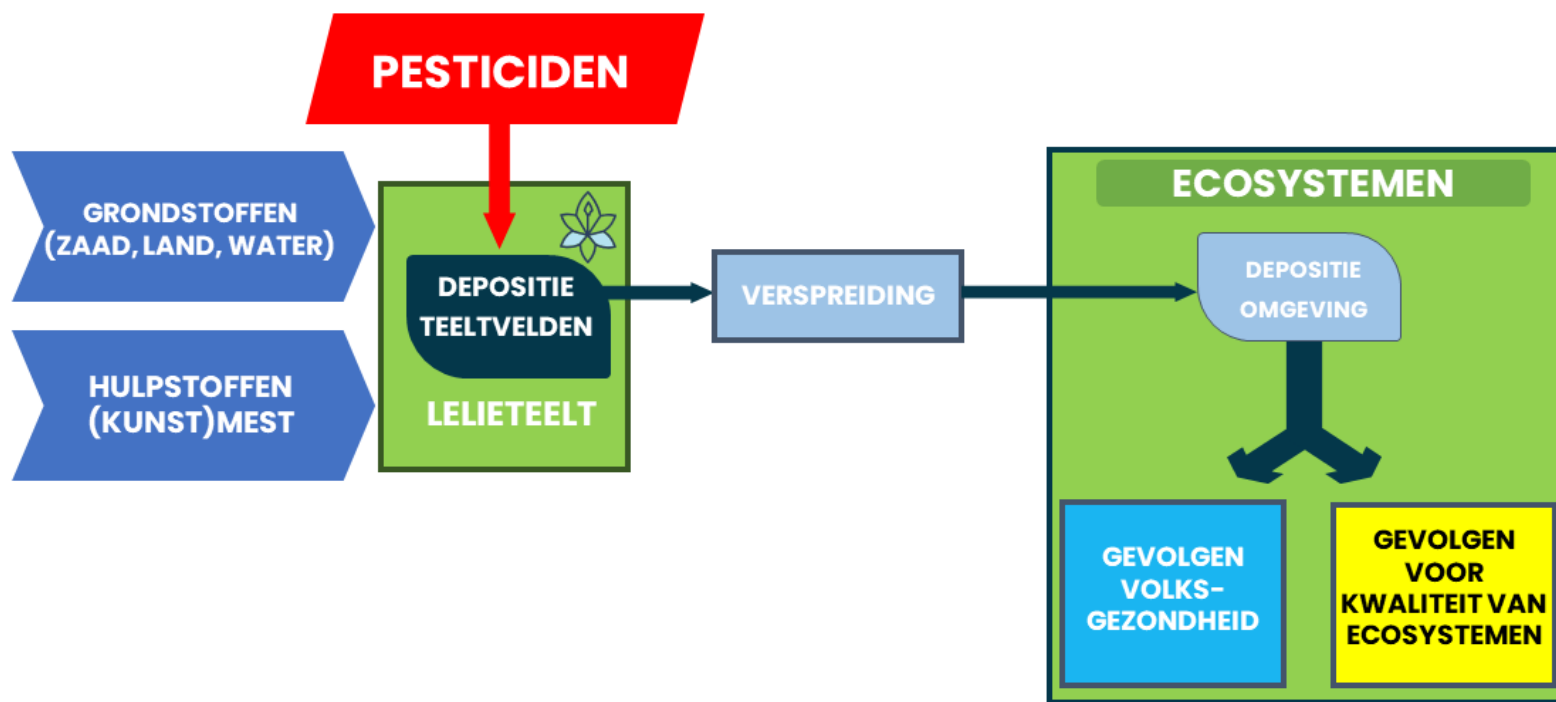
BEGRIIP	OMSCHRIJVING
Degradatie	Afbraak van een stof tot een (aantal) andere stof(fen), waarbij de werkzaamheid van de oorspronkelijke stof verloren gaat
Additief effect	Additief effect wordt gedefinieerd wanneer het gecombineerd effect van twee of meer stoffen gelijk is aan de optelsom van de effecten van de individuele stoffen (Roell et al., 2017)
Antagonisme	Antagonisme wordt gedefinieerd als het effect van twee of meer middelen die in combinatie werken, kleiner is dan het additieve effect (Roell et al., 2017)
Synergisme	Synergie wordt gewoonlijk gedefinieerd als het effect van twee of meer middelen die in combinatie werken, groter is dan het verwachte additieve effect van de afzonderlijke stoffen (Roell et al., 2017)
Non-target organisme	Elk organisme dat wordt beïnvloed door een pesticide, waar deze pesticide oorspronkelijk niet voor was bedoeld

2.2. Conceptueel model

Figuur 1 geeft de relaties en begrippen aan die in dit onderzoek een hoofdrol spelen. Centraal staan de pesticiden die worden ingezet bij de lelieteelt en de depositie daarvan op de teeltvelden, de verspreiding van deze stoffen naar de omliggende omgeving en de gevolgen daarvan.

Figuur 1

Conceptueel model gebruik pesticiden in lelieteelt



2.3. Selectie pesticiden

Om de omvang van het onderzoek te beperken is daarom een selectie gemaakt uit alle voor de lelieteelt toegestane pesticiden. Deze selectie is gemaakt op basis van een aantal criteria:

- Mate van gebruik in de Nederlandse lelieteelt (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2022a)
 - Meest gebruikte pesticiden krijgen prioriteit
- Wettelijke toelating (peildatum 1-1-2023) (ctgb, 2022; European Commission, 2022)
 - Pesticiden die per 1-1-2023 niet meer zijn toegelaten zijn uitgesloten
- Toxicologische karakteristieken van pesticide (ctgb, 2022; European Chemicals Agency, 2022)
 - Primair criterium is de LD50 waarde (bepaald voor ratten). Hoe lager deze waarde, hoe toxischer de stof wordt geacht te zijn. Hoog toxische stoffen krijgen prioriteit.
- Ecotoxicologische karakteristieken van het pesticide (Lewis et al., 2016))
 - Alleen pesticiden die in de database zijn geclassificeerd met een 'high' of 'moderate environmental fate' en een 'high ecotoxicological effect' zijn meegenomen
- De stof komt voor in de lijst met aangetroffen pesticiden in natuurgebieden uit het onderzoek van de Vereniging Meten=Weten (Buijs & Mantingh, 2022)
- Migratie en afbraak karakteristieken (European Chemicals Agency, 2022)
 - Stoffen waarvan is bekend dat ze erg snel afbreken naar non-toxische metabolieten zijn niet meegenomen
- Chemische klasse, beoogd gebruik (Agriculture and Agri-Food Canada & B.C. Ministry of Agriculture and the Investment Agriculture Foundation of BC, n.d.)
 - De initiële selectie zal bestaan uit stoffen met een verschillend beoogd gebruik of chemische klasse
- Beschikbare informatie in wetenschappelijke literatuur
 - Quick scan via Web of Science. Als er geen of erg weinig artikelen over de stof worden gevonden wordt dit als bevinding genoteerd en wordt de stof niet meegenomen in het onderzoek. Deze scan is uitgevoerd voor alle deelaspecten van het onderzoek.

De definitieve selectie is als volgt tot stand gekomen:

SELECTIE

**CBS DATA GEBRUIKTE
PESTICIDEN IN
NEDERLANDSE LELIETEELT**

PARAFFIN OIL, MANCOZEB,
METAMITRON,
CAPTAN, ASULAM (SODIUM),
FOLPET,
PENDIMETHALIN, GLYFOSAAT,
FOSTHIAZAAT,
THIOFANAAT-METHYL,
CHLOORPROFAM,
PROTHIOCONAZOOL,
METOBROMURON,
TEBUCONAZOOL,
TRIFLOXYSTROBIN,
OXAMYL, PROCHLORAZ,
FLUOPYRAM,
DIMETHENAMIDE-P,
PYRACLOSTOBINE,
THIACLOPRID, ESFENVALERAAT,
MEPANIPYRIM,
CHLORIDAZON, AZOXYSTROBIN,
ACETAMIPRID,
FLONICAMID, QUINMERAC,
BOSCALID,
FLUAZIFOP-P-BUTYL,
CLETHODIM, FLUPYRADIFURON
KRESOXIM-METHYL,
PIRIMICARB, CYCLOXYDIM
CLOFENTEZIN, SPIROTETRAMAT,
LAMBDA-CYHALOTHRIN
MCPA, DELTAMETHRIN

TOEGELATEN PER 2023

PARAFFIN OIL, METAMITRON,
CAPTAN, FOLPET,
PENDIMETHALIN, FOSTHIAZAAT,
THIOFANAAT-METHYL,
PROTHIOCONAZOOL,
METOBROMURON,
TEBUCONAZOOL,
TRIFLOXYSTROBIN,
OXAMYL, FLUOPYRAM,
DIMETHENAMIDE-P,
PYRACLOSTOBINE,
ESFENVALERAAT, MEPANIPYRIM,
AZOXYSTROBIN, ACETAMIPRID,
FLONICAMID, QUINMERAC,
BOSCALID,
FLUAZIFOP-P-BUTYL,
CLETHODIM, FLUPYRADIFURON
KRESOXIM-METHYL,
PIRIMICARB, CYCLOXYDIM
CLOFENTEZIN, SPIROTETRAMAT,
LAMBDA-CYHALOTHRIN
MCPA, DELTAMETHRIN

**HIGH ECOTOXICOLOGY &
HIGH OR MODERATE
ENVIRONMENTAL FATE**

FOLPET,
PENDIMETHALIN, FOSTHIAZAAT,
TEBUCONAZOOL,
TRIFLOXYSTROBIN,
OXAMYL, FLUOPYRAM,
ESFENVALERAAT, MEPANIPYRIM,
ACETAMIPRID,
FLUAZIFOP-P-BUTYL,
KRESOXIM-METHYL,
PIRIMICARB,
CLOFENTEZIN, LAMBDA-
CYHALOTHRIN
, DELTAMETHRIN

**BESCHIKBARE LITERATUUR VOOR ALLE
DEELONDERWERPEN GECOMBINEERD
MET BEOOGD GEBRUIK EN
CHEMISCHE KLASSE**

PENDIMETHALIN
TEBUCONAZOOL
PYRACLOSTROBINE
ACETAMIPRID
DELTAMETHRIN

Het resultaat van deze selectie is uitgekomen op de volgende vijf pesticiden:

Tabel 1

Overzicht geselecteerde pesticiden

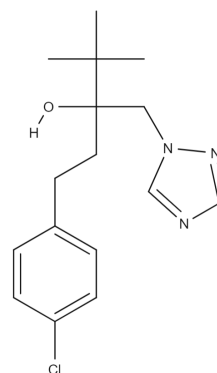
Pesticidenaam	Soort pesticide	Chemische klasse	Aangetroffen door Meten=Weten
Tebuconazool	Fungicide	Triazolen	Ja
Deltamethrin	Insecticide	Pyrethroïden	Nee
Acetamiprid	Insecticide	Neonicotinoïden	Nee
Pendimethalin	Herbicide	Dinitroaniline	Ja
Pyraclostrobine	Fungicide	Quinone outside Inhibitors / Strobilurines	Nee

Tebuconazool

Tebuconazool is een tertiair alcohol. Het is een lid van de monochloorbenzenen en een lid van de triazolen (National Library of Medicine, n.d.-a). Tebuconazool is een schimmelwerend middel (Hameed & Farooq, 2020) van de chemische klasse van "Triazolen" (Lewis et al., 2016). Tebuconazool heeft als doel het blokkeren van de biosynthese van ergosterol, een belangrijk onderdeel van het celmembraan van schimmels (Lushchak et al., 2018).

Figuur 2

Structuurformule van tebuconazool



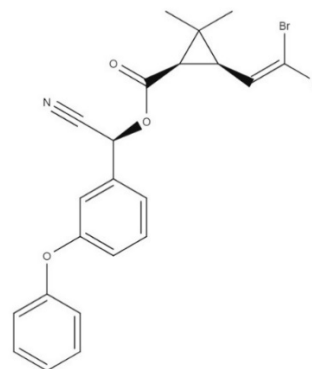
Noot: alle structuurformules zijn gemaakt met MolView v2.4 (v2.4) [Software], Bergwerf (2015).
<https://molview.org/>

Deltamethrin

Deltamethrin is een cyclopropanecarboxylaatester. Het is het actieve insecticide van het pro-insecticide tralomethrin. Het speelt een rol als pyrethroïde-esterinsecticide. Het is een aromatische ether, een organobromineverbinding, een nitril en een cyclopropanecarboxylaatester (National Library of Medicine, n.d.-b). Deltamethrin is een insecticide van de chemische klasse van "Pyrethroiden" (European Commission, 2022; Lewis et al., 2016). Pyrethroïden zijn synthetische insecticiden die zijn afgeleid van een natuurlijk insecticide (Pyrethrines), afkomstig uit de Pyrethrum-plant (Wikipedia, 2017). Deltamethrin bindt aan natriumkanalen, welke onder andere voorkomen in zenuwcellen. Deltamethrin zorgt ervoor dat deze natriumkanalen niet meer dicht gaan en open blijven staan, dit leidt bij insecten tot bevingen en uiteindelijk tot overlijden (Lushchak et al., 2018).

Figuur 3

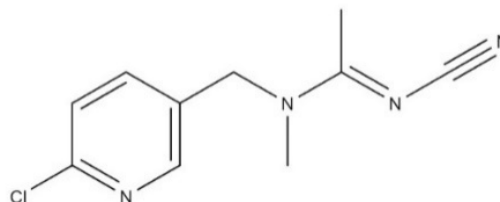
Structuurformule van deltamethrin

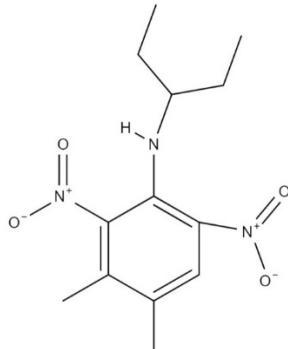
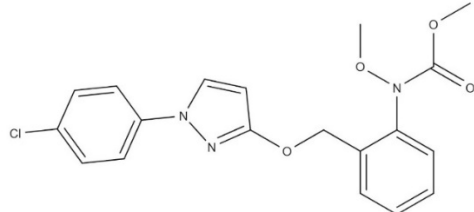
**Acetamiprid**

Acetamiprid is een carboxamide (algemene structuur $RC(=NR)NR_2$), namelijk acetamide (amide van azijnzuur), waarin de aminowaterstoffen zijn vervangen door een (6-chloorpyridine-3-yl)methyl- en een methylgroep, terwijl de waterstof die aan de aminostikstof is bevestigd, vervangen is door een cyangroep. Acetamiprid is een insecticide van de chemische klasse van "Neonicotinoïden" (European Commission, 2022; Lewis et al., 2016). Neonicotinoïden zijn derivaten van nicotinoïden (synthetische insecticiden), welke chemisch verwant zijn aan nicotine (Pang et al., 2020). Het is een monochloorpyridine, een nitril en een carboxamide. Het is functioneel verwant aan 2-chloorpyridine (National Library of Medicine, n.d.-c). Acetamiprid werkt in op het zenuwstelsel van doelinsecten. Het bindt aan de acetylcholine receptor, een neurotransmitter, waardoor het insect uiteindelijk overlijdt (Lushchak et al., 2018). De stof wordt vaak ingezet als bescherm laag rondom zaden (Hussain et al., 2016). 80% of meer van de aangebrachte stof verdwijnt meestal direct naar het omliggende milieu, omdat slechts 2% tot 20% door de plant wordt opgenomen (Bonmatin et al., 2015; Hussain et al., 2016).

Figuur 4

Structuurformule van acetamiprid



Pendimethalin	
<p>Pendimethalin behoort tot de klasse van de gesubstitueerde anilines, namelijk <i>N</i>-(pentaan-3-yl)aniline met twee extra nitrosubstituenten op positie 2 en 6, evenals twee methylsubstituenten op positie 3 en 4. Pendimethalin is een herbicide dat wordt ingezet tegen bepaalde eenjarige grassen en onkruiden. Het is een gesubstitueerde aniline, een secundaire aminoverbinding en een <i>C</i>-nitroverbinding (National Library of Medicine, n.d.-d). Pendimethalin is een herbicide van de chemische klasse van "Dinitroanilinen" (European Commission, 2022; University of Hertfordshire, n.d.). De stof wordt ingezet als onkruidbestrijdingsmiddel. Pendimethalin remt wortel- en scheutgroei bij grassen door remming van de celdeling (Lushchak et al., 2018).</p>	<p>Figuur 5 Structuurformule van pendimethalin</p> 
Pyraclostrobine	
<p>Pyraclostrobine is een carbamaatester. Het is een methylester van [2-({[1-(4-chloorfenyl)-1<i>H</i>-pyrazol-3-yl]oxy}methyl)fenyl]methoxycarbaminezuur. Pyraclostrobine is een fungicide dat wordt gebruikt om belangrijke plantpathogenen te bestrijden, waaronder <i>Septoria tritici</i>, <i>Puccinia spp.</i> en <i>Pyrenophora teres</i>. Het is een lid van de pyrazolen, een carbamaatester, een aromatische ether, een lid van monochloorbenzenen, een methoxycarbaniilaat-strobilurine-antischimmelmiddel en een carbanilaat-fungicide (National Library of Medicine, n.d.-e). Pyraclostrobine is een fungicide van de chemische klasse van "Quinone outside Inhibitors / Strobilurins" (European Commission, 2022; University of Hertfordshire, n.d.). De stof wordt ingezet als generiek schimmelbestrijdingsmiddel. Pyraclostrobine blokkeert de elektronenoverdracht bij coënzym <i>Q</i>, oftewel ubiquinon. Hierdoor kan geen ATP gevormd worden (Lushchak et al., 2018).</p>	<p>Figuur 6 Structuurformule van pyraclostrobine</p> 

2.4. Opzet van het onderzoek

Om na te gaan wat er bekend is over de migratie, degradatie, effecten op ecosystemen en cocktail-effecten van de geselecteerde pesticiden is voor elk genoemd aspect een systematisch literatuuronderzoek (Gerlak et al., 2018; Siviter et al., 2021) uitgevoerd. De database die is geraadpleegd is "Web of Science". Uit het vooronderzoek is gebleken dat de meeste literatuur over deze stoffen in deze database kan worden aangetroffen. Voor elk deelonderzoek is een passende aanpak gehanteerd die hieronder wordt toegelicht.

Migratie

Zoekterm: [pesticidenaam] (All fields) AND migration OR migrate OR environmental fate (Topic) AND publicatiedatum van 01-01-2007 tot en met 31-12-2022.

Verfijning en selectie: artikelen die zijn voorzien van het label "Environmental Sciences" en Citation Topics Meso "Herbicides, pesticides & ground poisoning". Om publicaties die nog niet peer-reviewed zijn uit te sluiten, zijn "early access" documenten uitgesloten.

Alle gevonden documenten zijn beoordeeld op relevantie voor het onderwerp door een lezing van de samenvatting en indien nodig van het artikel zelf.

Degradatie

Zoekterm: [pesticide naam] (All fields) AND *degradation OR *transformation (Title) AND publicatiedatum van 01-01-2007 tot en met 31-12-2022.

Verfijning en selectie zoals bij migratie.

Effect op ecosystemen

Zoekterm: [pesticide naam] AND (effect OR effects) AND (non-target OR ecosystem*) AND publicatiedatum van 01-01-2017 tot en met 31-12-2022.

NB: aanvankelijk is de gekozen tijdsperiode 15 jaar (2007 – 2022). Deze tijdsperiode werd na het uitproberen van de uiteindelijke zoekstring verkort tot vijf jaar (2017 – 2022). Dit om het totaal aantal verkregen resultaten zo te krijgen dat het onderzoek binnen de projecttijd kan worden afgerond.

Verfijning en selectie: alle gevonden documenten zijn beoordeeld op relevantie voor het onderwerp door een lezing van de samenvatting en indien nodig van het artikel zelf. Review-artikelen zijn hierbij niet meegenomen. In review-artikelen worden veelal onderzoeken aangehaald welke buiten de te onderzoeken tijdsperiode vallen en zijn niet alle details van uitgevoerde onderzoeken terug te vinden. Verder komen meestal al gevonden artikelen terug in deze review-artikelen.

De focus bij dit deelonderzoek ligt op non-target effecten, dus effecten niet gericht op doelorganismen. Dit deelonderzoek is gericht op effecten op natuur en niet op de mens. Onderzoeken gedaan op cellen zijn niet meegenomen, dit omdat de focus in dit onderzoek ligt op organismen. Effecten bij cellen zijn moeilijker terug te vertalen naar effecten welke in de praktijk kunnen optreden. Ook ligt bij dit deelonderzoek de focus op effecten veroorzaakt door één pesticide en niet op cocktaileffecten (dit is onderzocht in het deelonderzoek 'cocktaileffecten').

Per pesticide zijn de volgende punten genoteerd in een tabel:

- Soort studie: veldstudie of labstudie?;
- Gebruikt organisme in onderzoek;
- In welk compartiment (bodem, land, oppervlaktewater, marien milieu) treedt effect op?;
 - In het geval van een labstudie is uitgezocht in welk compartiment het organisme voorkomt.

- Welk effect komt uit onderzoek?

Het gevonden effect werd vervolgens verder uitgesplitst naar:

- Direct effect op organisme;
- Indirect effect op organisme;
- Indirect effect op populatie- en ecosysteem.

Cocktaileffecten

Zoekterm: (tebuconazol OR deltamethrin OR acetamiprid OR pendimethalin OR pyraclostrobin) AND (mixtur* OR toxic* OR synerg*) AND publicatiedatum van 01-01-2007 tot en met 31-12-2022.

Verfijning en selectie:

Als er alleen samenvattingen beschikbaar zijn, werd dit artikel niet meegenomen in de analyse. Hieruit is er een set van 142 studies samengesteld die de impact beschrijft van mengsels die tenminste één van de voorheen geselecteerde pesticiden bevat. Na het screenen op relevantie, inclusie- en exclusiecriteria resteerden 23 studies. Deze 23 studies bevatten in totaal 192 testresultaten.

Studies werden in de analyse opgenomen wanneer ze voldeden aan de inclusiecriteria uit Tabel 2. De tabel vermeldt ook de criteria op basis waarvan artikelen zijn uitgesloten.

Tabel 2

Inclusie- en exclusiecriteria

Parameter	Inclusiecriteria	Exclusiecriteria
Publicatietaal	- Engelstalig	
Populatie	- Alle levende organismen. - Van organismen tot cellen. - In vivo en in vitro.	
Blootstelling	- Experimentele mengsels van pesticiden.	- Mengsels met niet-pesticide chemicaliën zware metalen, natuurlijke bestrijdingsmiddelen, plantenextracten (zoals terpenen), bacteriën, virussen,

		acetamiprid, pendimethalin of pyraclostrobine bevat.	mycotoxines en pesticide boosters.
			- Gebruik van nanodeeltjes
			- Mengsels waarbij de pesticiden afkomstig zijn van een commerciële formulatie
Resultaten	- Resultaten moeten vermelding maken van type interactie (synergie, antagonisme, additief)		- Geen vermelding van type interactie-effect

De volgende informatie werd uit elk artikel gehaald:

- De bestudeerde pesticiden;
- De dosis indien van belang;
- Doelorganisme;
- De conclusies van de auteurs in termen van synergisme, antagonisme en/of additieve effecten.

Wanneer een studie eenzelfde proefopzet bevat, maar met verschillende pesticide testconcentraties, werden de resultaten voor de afzonderlijke proeven elk apart opgenomen. Voor proefopzetten met verschillende eindpunten in de tijd, werd enkel het laatste samen met hun werkingswijze. Voor de bepaling van de werkingswijze werd gebruik gemaakt van volgende classificaties eindpunt beschouwd.

De verschillende soorten en combinaties van pesticiden (herbiciden (H), insecticiden (I), fungiciden (F) of mengsels hiervan) werden geïdentificeerd:

- De Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) classificatie voor fungiciden (Fungicide Resistance Action Committee, 2022), zie Bijlage L. FRAC classificatie;
- De Insecticide Resistance Action Committee (IRAC) classificatie voor insecticide (Insecticide Resistance Action Committee, 2022), zie Bijlage M. IRAC classificatie;

De verschillende pesticiden mengsels werden vervolgens geïdentificeerd en geanalyseerd volgens hun werkingswijze. Het doel is om te kijken of er voldoende studies verschillende werkingswijzen met elkaar combineren en of deze combinatie van werkingswijzen elkaar al dan niet versterken. Tevens werd ook gekeken naar de chemische familie en werd dezelfde analyse uitgevoerd.

3. Migratie

Dit hoofdstuk presenteert eerst een algemene uiteenzetting en daarna per onderzochte pesticide de informatie over migratie die uit het literatuuronderzoek is gevonden. De gevonden en gebruikte literatuur voor dit deelonderzoek is terug te vinden in de bijlagen.

3.1. Algemeen

Pesticiden die slecht of zeer langzaam afbreken én die ook nog eens makkelijk buiten het doelgebied terecht kunnen komen, kunnen ongewenste effecten op de omliggende natuur en ecosystemen veroorzaken. De mate waarin dit gebeurt hangt af van twee factoren: de snelheid van degradatie (de persistentie-eigenschappen van de stof) en de mogelijk manieren waarop de stof zich kan verplaatsen tijdens of na het aanbrengen ervan op het veld. Een uitgebreid overzicht hiervan is gepresenteerd in het "International journal of environmental research and public health" door Tudi et al. Het hiernavolgende overzicht is hier in grote mate op gebaseerd.

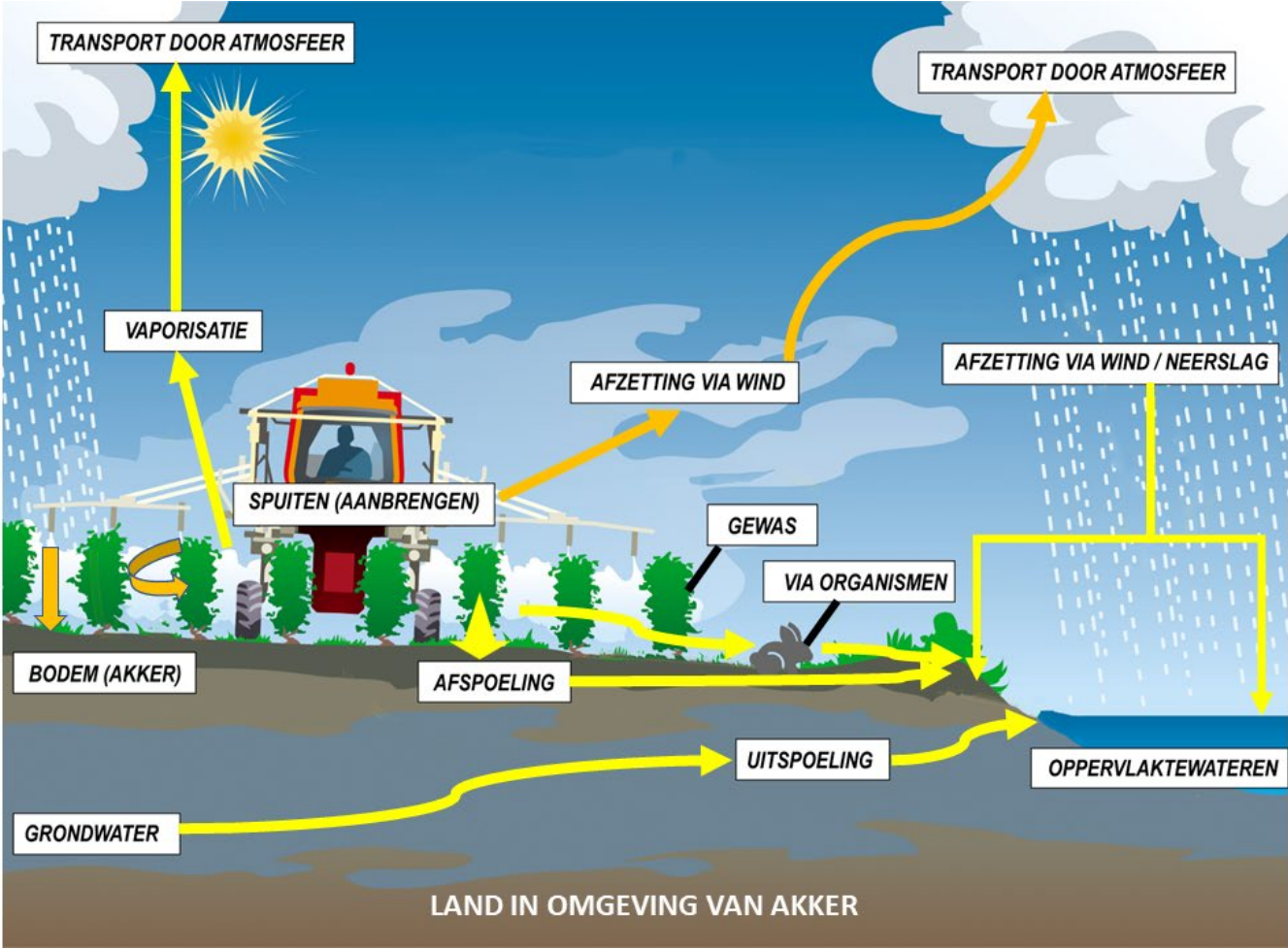
Pesticiden worden in een bepaalde hoeveelheid op een teeltveld aangebracht. Een deel van de stof zal neerdalen op het gewas en een deel zal neerdalen op de grond waarop het gewas staat. Zowel tijdens als na het aanbrengen kunnen deze stoffen ook terecht komen op andere plaatsen (Buijs & Mantingh, 2022; Gooijer et al., 2019).

Pesticiden kunnen op verschillende manieren migreren naar het omringende milieu:

1. Verplaatsing via wind (tijdens aanbrengen of later door vaporisatie)
2. Depositie op de bodem tijdens aanbrengen
3. Uitspoeling naar de bodem (en uiteindelijk naar grondwater) of naar oppervlaktewateren
4. Door transport via organismen

In Figuur 7 zijn deze migratieroutes schematisch in kaart gebracht. De oranje gekleurde routes zijn de routes die het directe gevolg zijn van het aanbrengen van de stof. Een stof zal deels op het gewas terecht komen en deels op de bodem waarop dit gewas staat. De hechting aan de bodem wordt in de literatuur "adsorption" genoemd, waarbij heropname in het gewas "absorption" wordt genoemd. Daarnaast kan zogenaamde "spray drift" ontstaan. Hierbij wordt de stof direct door de wind verplaatst via de atmosfeer naar de omgeving.

Figuur 7
Migratieroutes van pesticiden



NB: de dikte van de pijlen hebben geen betekenis als het gaat om hoeveelheden. Deze verschilt immers sterk per stof en is afhankelijk van de omgeving en de weersomstandigheden na de primaire depositie.

Secundaire migratieroutes (in geel aangegeven in de figuur) zijn de routes die ontstaan nadat de stof eenmaal is aangebracht in het doelgebied. Ook na het aanbrengen op het gewas kan de stof alsnog verdampen of in zijn originele vorm (bijvoorbeeld door winderosie van bodemdeeltjes waaraan pesticiden zijn gehecht) worden verplaatst door de wind. Dit kan onder andere het gevolg zijn van veranderende weersomstandigheden (Tudi et al., 2021). In beide gevallen zal de stof dan neerslaan in een gebied dat grenst aan het teeltveld, maar ook ver daarbuiten.

Eenmaal aangebracht op het gewas kan de stof als gevolg van neerslag afspoelen en alsnog in de bodem terecht komen. Eenmaal in de bodem kan een stof in deze bodem migreren door uitspoeling naar het grondwater of nabijgelegen oppervlaktewateren. Dit wordt in de literatuur respectievelijk "leaching" en "surface runoff" genoemd (Tudi et al., 2021).

Een laatste migratieroute is via organismen. Denk hierbij aan insecten, vogels en knaagdieren. Deze kunnen in aanraking komen met deze stoffen of deze via hun voedsel binnekrijgen en deze verspreiden (op of in hun lichaam) naar nabijgelegen gebieden (Lushchak et al., 2018).

In bovenstaand schema zijn een aantal verspreidingsroutes van pesticiden naar het "non-target"-milieu buiten beschouwing gelaten. Denk hierbij aan het productieproces, verliezen tijdens opslag en transport en voorbereiding van de toediening en behandeling van hierbij betrokken apparatuur. Een instructief overzicht van wat er bij de toepassing van pesticiden allemaal mis kan gaan (en hoe dit kan worden voorkomen) kan worden bekeken in een Youtube video van een lezing die in 2019 is gegeven door dr. Mickey Taylor voor "The Center for Urban Agriculture" (Taylor, 2019).

Migratie- en degradatiegedrag wordt bepaald door de chemische en fysische eigenschappen van een stof (Usepa et al., n.d.). De tabel is gebaseerd op het P2 framework voor het bepalen van de 'environmental fate' van stoffen (Usepa et al., n.d.), voor een toelichting op de waardes zie het tekstvak onder de tabel. Volgens de Pesticide Properties Database (PPDB), die is samengesteld door wetenschappers verbonden aan de University of Hertfordshire, zijn dit de waarden voor de geselecteerde pesticiden:

Tabel 3

Chemisch/fysische eigenschappen geselecteerde pesticiden (Lewis et al., 2016)

Stof	Log K _{ow}	Interpretatie Log K _{ow}	Oplosbaarheid water	Interpretatie oplosbaarheid	DT ₅₀ veld	DT ₉₀ veld	Interpretatie persistentie	Bodem adsorption Log K _{oc}	Interpretatie adsorptie	Fotolyse in water DT ₅₀	Hydrolyse in water DT ₅₀
Tebuconazool	3,7	Hydrofoob	36	Erg laag	47,1	177	Gemiddeld	Onbekend	Licht mobiel	Stabiel	Stabiel
Deltamethrin	4,6	Hydrofoob	0,0002	Niet	21	60	Gemiddeld	7,01	Niet mobiel	Onbekend	Stabiel bij pH 5-7; 8-9 dagen bij pH 9

Stof	Log K_{ow}	Interpretatie Log K_{ow}	Oplosbaarheid water	Interpretatie oplosbaarheid	DT ₅₀ veld	DT ₉₀ veld	Interpretatie persistentie	Bodem adsorptie Log K_{oc}	Interpretatie adsorptie	Fotolyse in water DT ₅₀	Hydrolyse in water DT ₅₀
Acetamiprid	0,8	Hydrofiel	2950	Hoog	3	20,2	Niet	2,30	Gemiddeld mobiel	Stabiel	Stabiel
Pendimethalin	5,4	Hydrofoob	0,33	Erg laag	100,6	423,2	Zeer	4,24	Niet mobiel	21 dagen	Stabiel
Pryaclostrobine	3,99	Hydrofoob	1,9	Erg laag	33,3	234	Persistent	3,97	Niet mobiel	1,5 uur	Stabiel

Deze tabel zal in dit hoofdstuk en het volgende hoofdstuk over de degradatie van pesticiden worden gebruikt om de te vergelijken met de literatuur.

Log K_{ow} <1: de stof is hydrofiel

Log K_{ow} >4: de stof is hydrofoob

Oplosbaarheid in water:

>10000 mg/l: erg hoog

1000 – 10000 mg/l: hoog

100 – 1000 mg/l: laag

0.1 – 100 mg/l: erg laag

<0.1 mg/l: niet oplosbaar

DT₅₀ veld: halfwaardetijd in dagen waarin de stof in het veld wordt afgebroken

DT₉₀ veld: tijd in dagen waarin 90% van de stof in het veld is afgebroken

Interpretatie persistentie op basis van DT₉₀:

- *< 21 dagen: niet persistent*
- *21 – 200 dagen: gemiddeld persistent*
- *200 - 400 dagen: persistent*
- *> 400 dagen: zeer persistent*

De interpretatie van de adsorptie (mobiliteit) is direct uit de database overgenomen en kan direct aan deze verdeling worden gerelateerd:

Log K_{oc} :

- *< 1,5: verwaarloosbare sorptie in bodem/sediment, snelle migratie naar grondwater*
- *1,5 – 2,4: lage sorptie in bodem/sediment, gematigde migratie naar grondwater*
- *2,4 – 3,4: gematigde sorptie in bodem/sediment, langzame migratie naar grondwater*
- *3,4 – 4,4: sterke sorptie in bodem/sediment, verwaarloosbare tot langzame migratie naar grondwater*
- *> 4,5: zeer sterke sorptie naar bodem/sediment, verwaarloosbare migratie naar grondwater*

De fotolyse en hydrolyse in water DT₅₀ zijn de halfwaardetijden waarin de stof wordt afgebroken in een waterig milieu op basis van fotolyse resp. hydrolyse.

3.2. Literatuurreview: Tebuconazool ($C_{16}H_{22}ClN_3O$)

Tebuconazool en diens afbraakproducten zijn zeer persistent volgens de European Food Safety Authority (Badawi et al., 2016; el Azhari et al., 2018). Dit is niet in overstemming met Tabel 3, waar deze als gemiddeld persistent wordt geclassificeerd. Helaas kan niet achterhaald worden op welke informatie de samenstellers van de Hertfordshire-database zich hebben gebaseerd aangezien de auteurs geen bronnen hebben vermeld bij de gedocumenteerde waarden.

Tebuconazool is een licht hydrofobe stof die erg makkelijk hecht aan vaste deeltjes in de bodem. Hierbij blijkt dat bodems met een hoog organisch (humus) gehalte de stof beter vasthouden dan schralere bodems (Čadková et al., 2012; Mosquera-Vivas et al., 2018). Transport via de lucht vindt dan logischerwijs enkel plaats als gevolg van "spray drift" en door winderosie van bodemdeeltjes.

Het meest besproken migratiepad van tebuconazool in de literatuur is uitspoeling via de bodem naar het grondwater of afspoeling naar oppervlaktewater (Aldana et al., 2011; Čadková et al., 2012; de Gerónimo et al., 2014). Deze uitspoeling naar grondwater vindt dan met name plaats in bodems met een laag humusgehalte en een goede porositeit. Afspoeling kan op alle bodems plaatsvinden. De stof migreert hierbij gehecht aan de vaste deeltjes (sediment) vanwege de lage oplosbaarheid van 36 mg per liter (de Gerónimo et al., 2014).

Tijdens deze migratie treedt logischerwijs een verdunning op ten opzichte van de teeltvelden, waarbij op enige afstand van de teeltvelden de hoeveelheid stof per oppervlak of inhoud vermindert waardoor de ecotoxiciteit eveneens naar rato afneemt. De geraadpleegde bronnen vermelden hierover geen meetresultaten van specifieke veldsituaties. Gezien de langzame degradatie (zie analyse over degradatie in de volgende paragraaf) is een accumulatie van de stof in de omringende natuur echter zeer aannemelijk. Vanwege de sterke hechting (adsorptie) aan bodemdeeltjes, gecombineerd met de langzame degradatie, kan tebuconazool lang in de akkerbodem verblijven en kunnen de uitspoel- en afspoeleffecten zich nog lange tijd ná de laatste toediening blijven manifesteren.

3.3. Literatuurreview: Deltamethrin ($C_{22}H_{19}Br_2NO_3$)

Deltamethrin is sterk hydrofoob, waardoor het sterk hecht aan bodemdeeltjes. Uitspoeling naar het grondwater is hierdoor niet aannemelijk, maar het kan wel verdwijnen in de toplaag van de bodem (Cycoń et al., 2014). Het kan naar het omringende milieu migreren via twee wegen: 'spray drift' en door uitspoeling, met name na hevige regen vlak nadat de stof is toegepast op het veld (I. Lopes et al., 2007; Rodríguez-Liébana et al., 2011; Ullah et al., 2019). Doordat (zie degradatie) de stof vrij snel wordt afgebroken worden andere migratiewegen in de literatuur niet benoemd.

3.4. Literatuurreview: Acetamiprid ($C_{10}H_{11}ClN_4$)

Acetamiprid is sterk hydrofiel, het hecht nauwelijks aan bodemdeeltjes en kan gemakkelijk afspoelen (Potts et al., 2022). De kans op uitspoeling naar het grondwater wordt laag ingeschat bij compacte, pH-neutrale bodems. Het kan wel verdwijnen in de toplaag van de bodem (Pitam et al., 2013). Het kan naar het omringende milieu migreren via drie wegen: 'spray/dust drift', door af- of uitspoeling en via non-target organismen. Als met acetamiprid bewerkte zaden worden uitgestrooid kan 'dust drift' plaatsvinden als gevolg van het schudden van de zaden. Dit is vergelijkbaar met 'spray drift' (Bonmatin et al., 2015). Uitspoeling (door regenval of door drainage) is de meest gedocumenteerde vorm van migratie. Acetamiprid is hierbij veel mobieler in bodems met een hoog organische-stofgehalte en/of een lage pH (Bonmatin et al., 2015; Pietrzak et al., 2020; Pitam et al., 2013). Tot slot verspreidt acetamiprid zich ook via non-target organismen, zoals bestuivende insecten, die in aanraking komen met de bewerkte planten. Denk hierbij bijvoorbeeld aan bijen (Y. Zhang et al., 2021).

3.5. Literatuurreview: Pendimethalin ($C_{13}H_{19}N_3O_4$)

Pendimethalin is sterk hydrofoob, het hecht sterk aan bodemdeeltjes. De stof heeft een hoge dampdruk en verspreiding via de lucht (spray drift en verdamping) is dan ook het belangrijkste aangetroffen migratiepad voor deze stof (Gooijer et al., 2019). Dit wordt bevestigd in de veldonderzoeken, waarbij via luchtfilters veel pendimethalin kan worden gedetecteerd (Buijs & Mantingh, 2022; Gooijer et al., 2019). Afspoeling naar oppervlaktewateren en uitspoeling naar het grondwater wordt onwaarschijnlijk geacht (Alister et al., 2009; Singh & Singh, 2016).

3.6. Literatuurreview: Pyraclostrobine ($C_{19}H_{18}ClN_3O_4$)

Pyraclostrobine is licht hydrofoob en hecht makkelijk aan bodemdeeltjes. De meest voorkomende vorm van migratie is afspoeling (Gobas et al., 2018; C. Zhang et al., 2020). Andere vormen van migratie worden in de literatuur niet benoemd. Tijdens afspoeling hecht pyraclostrobine zich makkelijk aan deeltjes (slecht oplosbaar in water), waardoor het snel in sediment neerslaat (Gobas et al., 2018).

4. Afbraak

Dit hoofdstuk presenteert eerst een algemene uiteenzetting en daarna per onderzochte pesticide de informatie over degradatie die uit het literatuuronderzoek is gevonden. De gevonden en gebruikte literatuur voor dit deelonderzoek is terug te vinden in de bijlagen.

4.1. Algemeen

Pesticiden kunnen worden afgebroken waardoor ze hun beoogde werking verliezen. Er zijn drie manieren waarop pesticiden kunnen worden afgebroken (Tudi et al., 2021):

1. Microbiële afbraak door bacteriën en/of schimmels
2. Chemische reacties met andere stoffen in de grond, water of lucht (hydrolyse)
3. Afbraak door zonlicht (fotodegradatie of fotolyse)

Bij de eerste twee genoemde afbraakwijzen spelen allerlei omgevingsfactoren een grote rol, zoals de zuurgraad (pH), beschikbaarheid van zuurstof, temperatuur, aanwezigheid van vocht en bodemstructuur. Afbraak kan plaatsvinden in een tijdsbestek van uren, dagen, maanden of zelfs jaren. In een aantal gevallen kunnen de metaboliëten (de restproducten die ontstaan tijdens afbraak) zelfs nog toxischer zijn dan het oorspronkelijke product (Zhao et al., 2017).

4.2. Literatuurreview: Tebuconazool (C₁₆H₂₂ClN₃O)

Tebuconazool degradeert dankzij bacteriële activiteit (L. Han et al., 2021; Sehnem et al., 2009; Siek & Paszko, 2019; X. Wang et al., 2018). Chemische degradatie en fotolyse (op basis van zonlicht) worden in de bestudeerde literatuur niet genoemd. Tebuconazool heeft een lange halfwaardetijd, die kan variëren van enkele weken tot meerdere jaren (Badawi et al., 2016; el Azhari et al., 2018). Hierbij spelen twee factoren een rol: de hoeveelheid organische stof in de bodem en intensiteit en herhaling waarmee de stof wordt aangebracht. Als de stof herhaaldelijk wordt aangebracht terwijl er nog een grote hoeveelheid in de bodem aanwezig is, dan neemt de bacteriële degradatie activiteit, sterk af (L. Han et al., 2021). Bij een hoog gehalte aan organische stof in de grond neemt de adsorptie van tebuconazool aan de bodemdeeltjes sterk toe en verblijft de stof langer in de bodem (Badawi et al., 2016; Čadková et al., 2012; Siek & Paszko, 2019). Een vochtige bodem leidt tot een snellere afbraak (Siek & Paszko, 2019). Tebuconazool breekt in stadia af tot (aangetoond) 22 metaboliëten, waarbij het uiteindelijke afbraakproduct H-1,2,4-triazole is (el Azhari et al., 2018), een stof uit de chemische klasse "Triazolen", waartoe tebuconazool zelf ook behoort. Deze stof wordt beschouwd als persistent en ecotoxisch en kan enkel afgebroken worden door zeer specifieke bacteriesoorten (H. Wu et al., 2016). Het verwijderen van de chlooratomen uit de metaboliëten van tebuconazool (dechlorinatie) op biologische wijze blijkt onder zeer specifieke omstandigheden mogelijk te zijn, waardoor de ecotoxiciteit sterk afneemt. Met name in drassige gebieden lijkt dit mogelijk te zijn (Kang et al., 2020).

4.3. Literatuurreview: Deltamethrin ($C_{22}H_{19}Br_2NO_3$)

Onder invloed van zonlicht breekt deltamethrin af binnen enkele dagen (fotodegradatie) (P. Liu et al., 2010; Zhu et al., 2020). Dit geldt uiteraard alleen als de stof is blootgesteld aan zonlicht. Voor de aan bodemdeeltjes gehechte residuen geldt dat hier vooral biodegradatie door bacteriën tot de mogelijkheden behoort. Er zijn diverse bacteriesoorten die deltamethrin goed kunnen afbreken, waardoor een bodem die sterk vervuild is met deltamethrin kan worden schoongemaakt door deze bacteriën aan de bodem toe te voegen, met een resulterende halfwaardetijd van 8-10 dagen (Bragança et al., 2019; Cycoń et al., 2014; Farghaly et al., 2013; Zhan et al., 2020; H. Zhang et al., 2016). Met een specifieke bacteriesoort (*B. thuringiensis*) kan afbraak zelfs binnen 2 dagen worden gerealiseerd (Guo et al., 2020).

In een bodem met veel organische stof en kleibodems verloopt deze biodegradatie aanzienlijk langzamer (Cycoń et al., 2014). Aanwezigheid van bepaalde metaalionen, zoals koperionen, kunnen de degradatiesnelheid positief beïnvloeden (Tariq et al., 2017).

In de onderzochte literatuur zijn geen bronnen aangetroffen die aangeven dat de metabolieten van deltamethrin de toxische eigenschappen van de moederstof behouden of verergeren. Wel blijken de metabolieten mobieler te zijn dan het sterk hydrofobe deltamethrin (Zhu et al., 2020).

4.4. Literatuurreview: Acetamiprid ($C_{10}H_{11}ClN_4$)

Over de afbraaktijd van acetamiprid werd tegenstrijdige informatie aangetroffen in de literatuur. Een enkel onderzoek geeft aan dat, onder de juiste omstandigheden (aangetoond in een lab, met gemiddelde regenval, zonlicht en een pH neutrale bodem), de stof binnen enkele dagen tot uiterlijk enkele weken kan worden afgebroken (Lewis et al., 2016; Pitam et al., 2013). Andere artikelen geven juist aan dat de stof uiterst persistent kan zijn, met een halfwaardetijd van 353 tot 450 dagen (Bonmatin et al., 2015; Hussain et al., 2016). Dit betekent dat het dus jaren kan duren voordat alle stof is afgebroken. Een verklaring voor deze discrepantie is niet gevonden in de literatuur.

Afbraak van acetamiprid is vooral een microbiologische aangelegenheid, waarbij bacteriën de hoofdrol spelen, maar ook schimmels en gisten kunnen hier een bijdrage leveren (Pang et al., 2020; Phugare & Jadhav, 2015). De vele mogelijke metabolieten van deze afbraak worden consistent in de genoemde literatuur als minder toxisch dan de oorspronkelijke stof zelf geclassificeerd.

In een licht zure bodem met veel organische stof verloopt de degradatie sneller, hetzelfde geldt ook voor hogere temperaturen ($>25^{\circ}C$) (Pang et al., 2020). De aanwezigheid van kalium- en calciumionen versnelt de afbraak, maar aanwezigheid van zink-, koper-, nikkel- en ijzerionen blijkt een sterk remmend effect op de afbraak te hebben (Q. Yang et al., 2018).

Acetamiprid is volgens de PPDB (zie Tabel 3) ongevoelig voor fotodegradatie door zonlicht. Het tegendeel van deze classificatie werd aangetroffen in twee artikelen. Binnen twee weken wordt het merendeel van

aan direct zonlicht blootgestelde acetamipridresiduen afgebroken (Gupta et al., 2008; Pitam et al., 2013). In waterzuiveringsinstallaties, onder invloed van katalysatoren, kan fotodegradatie ook snel verlopen (Tassalit et al., 2016), maar dit is minder relevant voor de veldsituatie. Voor deze discrepantie tussen de PPDB en deze onderzoeken is geen verklaring gevonden, aangezien de PPDB geen bronnen vermeldt waarop de classificatie is gebaseerd.

In de onderzochte literatuur zijn geen bronnen aangetroffen die aangeven dat de metabolieten van acetamiprid de toxische eigenschappen van de moederstof behouden of verergeren.

4.5. Literatuurreview: Pendimethalin ($C_{13}H_{19}N_3O_4$)

Pendimethalin kan middels fotolyse en micro-organismen worden afgebroken. Fotodegradatie is enkel van toepassing op oppervlakken, in de lucht en in de bovenste laag van oppervlaktewater. De halfwaardetijd hiervoor bedraagt 5 tot 8 dagen (Hennecke et al., 2020). De PPDB geeft hiervoor 21 dagen aan (Tabel 3).

Als de stof is gemigreerd naar de bodem buiten het bereik van zonlicht, dan is afbraak door bacteriën en schimmels mogelijk. In een grond met een hoog gehalte organische stof wordt dit proces vertraagd (Ni et al., 2016; Sharipov et al., 2021). Pendimethalin kent een halfwaardetijd van 10-27 dagen (best case) en 120-155 dagen (worst case) bij normale bacteriële afbraak (Sharipov et al., 2021). De PPDB classificeert de stof als zeer persistent (Tabel 3).

Er zijn bepaalde bacterieculturen, zoals de *B. subtilis* Y3, die dit proces sneller aankunnen dan andere bacteriën: binnen 2,5 dag kan alles afgebroken zijn. Dit effect wordt maximaal bereikt als ijzer-, magnesium- of calciumionen aanwezig zijn. Als er kwik-, nikkel-, lood-, kobalt-, zilver-, koper- of mangaanionen aanwezig zijn wordt het afbraakproces vertraagd (Ni et al., 2016).

Ook bepaalde schimmels, zoals *L. saksenae* en *L. edodes* blijken erg effectief zijn in het afbreken van pendimethalin (2-10 dagen) (Pinto et al., 2016).

In een specifiek onderzoek is aangetoond dat de microbiële afbraaksnelheid van pendimethalin negatief wordt beïnvloed als er andere pesticiden aanwezig zijn in de grond. In hetzelfde onderzoek is ook aangetoond dat een vochtige, anaerobe bodem, de afbraaksnelheid tot vier keer toe kan verhogen (Swarcewicz & Gregorczyk, 2012).

In de onderzochte literatuur zijn geen bronnen aangetroffen die aangeven dat de metabolieten van pendimethalin de toxische eigenschappen van de moederstof behouden of verergeren.

4.6. Literatuurreview: Pyraclostrobine ($C_{19}H_{18}ClN_3O_4$)

Pyraclostrobine kan door fotolyse, hydrolyse en microben worden afgebroken. Fotodegradatie is enkel van toepassing op oppervlakken en in de bovenste laag van oppervlaktewater. De halfwaardetijd hiervoor bedraagt 2 uur tot 17 dagen (Zeng et al., 2019). Hoewel de stof ook door hydrolyse kan worden afgebroken, is deze degradatie aanzienlijk trager (halfwaardetijden van 90 dagen), en zal deze door

fotolyse in water worden ingehaald (Zeng et al., 2019). Een neutrale of basische pH van het water versterkt de afbraaksnelheid. In een zuur milieu kan de afbraak vrijwel geheel tot stilstand komen.

Als de stof is gemigreerd naar de bodem buiten het bereik van zonlicht, dan is afbraak door bacteriën mogelijk (Birolli et al., 2020; Chen et al., 2018; F. M. Lopes et al., 2010). Pyraclostrobine kan binnen 5 tot 10 dagen worden afgebroken, mits de juiste bacterieculturen aanwezig zijn (Chen et al., 2018). De PPDB geeft echter aan dat de stof persistent is met een DT_{50} van 33 dagen en een DT_{90} van 234 dagen (Tabel 3).

Dit geeft aan dat waarschijnlijk onder normale veldcondities de snelle biodegradatie zoals in de genoemde onderzoeken beschreven is, niet zo snel verloopt.

In de onderzochte literatuur zijn geen bronnen aangetroffen die aangeven dat de metabolieten van pyraclostrobine de toxische eigenschappen van de moederstof behouden of verergeren.

5. Effecten op ecosystemen

Dit hoofdstuk presenteert eerst een algemene uiteenzetting en daarna per onderzochte pesticide de informatie over effecten op ecosystemen die uit het literatuuronderzoek is gevonden. De gevonden en gebruikte literatuur voor dit deelonderzoek is terug te vinden in de bijlagen.

5.1. Algemeen

Target effecten

De verschillende soorten pesticiden zijn ontwikkeld voor specifieke delen van planten en dieren waartegen ze gericht zijn. Werkwijzen en daaruit voortvloeiende effecten van de pesticiden voor doelplanten of -dieren zijn dan ook verschillend. Verder onderscheid in pesticiden is onder andere te maken in herbiciden, fungiciden en insecticiden, welke respectievelijk gericht zijn tegen onkruid, schimmels en insecten (Lushchak et al., 2018).

Zie: Bijlage F. Onderverdeling van herbiciden, fungiciden en insecticiden op basis van werkingsmechanisme. De gebruikte pesticiden in dit onderzoek zijn dikgedrukt weergegeven.

Non-target effecten

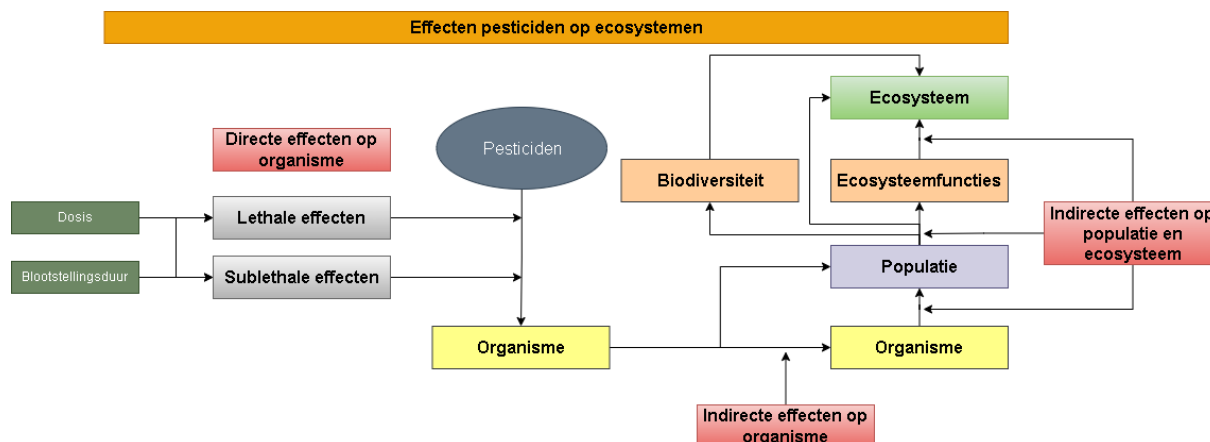
Pesticiden veroorzaken naast doelgerichte effecten tevens effecten bij non-target organismen. Deze effecten hangen voornamelijk af van blootstellingstijd aan en toxiciteit van het pesticide (Bantz et al., 2018; Connell et al., 2016). Toxische effecten kunnen acuut optreden, maar ook pas na langdurige, oftewel chronische, blootstelling. Voor chronische effecten zijn lagere doses afdoende, die voor langere tijd aanhouden (Leponiemi et al., 2021). Naast acute dodelijke effecten, treden er bij lagere dosissen sublethale effecten op. Sublethale effecten worden omschreven als effecten welke geen dodelijk effect hebben, maar wel veranderingen te weeg brengen op het gebied van fysiologie en gedrag van organismen (Desneux et al., 2007).

Naast directe effecten van pesticiden op organismen vinden er ook indirecte effecten binnen een ecosysteem plaats. Dit door interacties tussen soorten welke vervolgens weer gevolgen kunnen hebben voor ecosysteefuncties en het ecosysteem in zijn geheel (Beaumelle et al., 2021; Saaristo et al., 2018). Pesticiden kunnen bijvoorbeeld een nadelig effect hebben op het natuurlijk stikstoffixatieproces, een samenwerkingsverband van bacteriën met vlinderbloemige planten, door reductie van stikstof-fixerende bacteriën (Sharma et al., 2019). Veranderingen in verhoudingen tussen soorten kunnen een cascade-effect in gang zetten met veranderingen op diverse niveaus, waaronder trofische niveaus, binnen een ecosysteem. Dit kan gevolgen hebben voor de stabiliteit van een ecosysteem en biodiversiteit binnen dit systeem (Beaumelle et al., 2021). De effecten van pesticiden op ecosystemen zijn inzichtelijk gemaakt in een conceptueel diagram Figuur 8. Verder gaat het bij dit onderzoek om effecten welke kunnen optreden in natuurlijke ecosystemen. Veldstudies met pesticiden worden echter veelal gedaan op akkers, in het kader van de landbouw (de Armas et al., 2020; Giglio et al., 2019). Akkers kennen als ecosysteem

ook een diversiteit aan planten- en diersoorten en kunnen zodoende ook inzicht geven op effecten welke te verwachten zijn in natuurlijke ecosystemen.

Figuur 8

Effecten van pesticiden op ecosystemen



5.2. Literatuurreview: Tebuconazool (C₁₆H₂₂ClN₃O)

Uit de SLR voor tebuconazool komen 59 artikelen. Middels doorlezen van titel en abstract en indien nodig voor selectie na intensiever doorlezen blijven 15 artikelen over. Resultaten zijn terug te vinden in de bijlagen. Voor het bodemcompartiment zijn 4 onderzoeken gevonden, driemaal gedaan op bodemorganismen en één keer op de ringworm. Op het land is één onderzoek gevonden voor gisten en één voor planten. Negen studies naar effecten bij de volgende organismen in het water werden gevonden: micro-organismen (1x), zebravissen (3x), watervlooien (2x), vlokreeften (1x), mosselen (1x) en waterplanten (1x).

Directe effecten op non-target organismen

Naast het beoogde effect van tebuconazool geeft het ook onbedoelde effecten bij organismen. Bij plantensoorten welke vaak voorkomen in akkerranden, zoals gele kamille (*Anthemis tinctoria*) en korenbloem (*Centaurea cyanus*), is een remmend effect op wortel- en scheutgroei gevonden. Gebruikte concentraties in dit onderzoek komen overeen met relatief hoge concentraties tebuconazool welke in de omgeving worden aangetroffen (Serra et al., 2019). Bij rolklaver (*Lotus corniculatus*), fioringras/wit struisgras (*Agrostis stolonifera*) en Engels raaigras (*Lolium perenne*) versterkt tebuconazool juist wortelgroei, maar remt het wel scheutgroei (Serra et al., 2019). Bij waterplanten treedt ook een remmend effect op wortel- en plantengroei in aanwezigheid van omgevingsrelevante concentraties tebuconazool (Lebrun et al., 2021).

Er zijn twee experimenten in het lab gedaan met zebravissen (*Danio rerio*). Hierbij is bij omgevingsgerelateerde dosissen een afname te zien van het aantal zaadcellen, een afname in

vruchtbaarheid en daarnaast nog een verandering in differentiatie tussen beide geslachten ten voordele van het mannelijk geslacht (S. Li, Sun, et al., 2019; S. Li, Wu, et al., 2019). Een verminderde reproductiviteit wordt ook gezien bij een labstudie met ringwormen (*Enchytraeus crypticus*) welke in de bodemleven (Gomes et al., 2021). Als laatste is er een afname van schildklierhormoon bij zebravissen (S. Li, Wu, et al., 2019). Beschreven effecten bij zebravissen en ringwormen zijn nadelig voor productie van nageslacht door deze organismen.

Indirecte effecten op non-target organismen

Tebuconazool kan naast effecten op het organisme zélf ook effecten veroorzaken bij volgende generaties. Overdracht van tebuconazool op nageslacht is waargenomen bij een experiment met zebravissen, alsmede een nadelig effect op het uitkomen van larven uit eitjes en overleving van deze larven (S. Li, Wu, et al., 2019).

Indirecte effecten op populatie en ecosysteem

Bij een veldstudie met akkergewassen is te zien dat pesticiden naast een voordelig effect ook een nadelig effect kunnen veroorzaken bij gewassen. Wintertarwe kent een betere groei door aanwezigheid van bepaalde soorten gisten, deze gisten remmen bijvoorbeeld groei van pathogenen (Wachowska et al., 2018). Tebuconazool is bij maximaal toegestane residulimieten op of in levensmiddelen (MRL) toxisch voor de meeste geteste gisten (Wachowska et al., 2018). Dit kan een nadelig effect hebben op aantallen en samenstelling van gistgemeenschappen bij wintertarwe.

Bij drie experimenten met micro-organismen in de bodem zijn veranderingen in populatie-omvang waargenomen (Baćmaga et al., 2021; el Azhari et al., 2018; Roman et al., 2021). Dit kan een effect hebben op bodemprocessen ten behoeve van koolstof, stikstof en zwavelcycli (el Azhari et al., 2018). Aanwezigheid van pesticiden kan een verandering teweegbrengen die qua groei voor sommige groepen bacteriën, zoals organotrofe bacteriën, positief kan zijn, terwijl het voor andere groepen, zoals actinobacteriën, negatief kan zijn (Baćmaga et al., 2021). Hierdoor kunnen bestaande structuren van micro-organismen in de bodem verstoord worden (Roman et al., 2021). Lichte effecten op bacteriële diversiteit en samenstelling over de tijd zijn te zien waarbij effecten duidelijker te zien in de labomgeving dan in het veld (Storck et al., 2018). Er is echter meer onderzoek nodig naar normaal niveau van bacteriële diversiteit in de bodem om meer te kunnen zeggen over effecten hierop (Storck et al., 2018).

Bij een experiment met micro-organismen welke betrokken zijn bij afbraak van bladafval in beken en rivieren is een verandering in soortendominantie zien bij alle geteste concentraties van tebuconazool, maar zijn geen effecten te zien op het afbraakproces zelf. Het proces van afbraak van bladafval begint bij detritivore ongewervelden, zoals muggen, waarna micro-organismen dit overnemen. Bij deze detritivore ongewervelden is geen verschil te zien in voedingsactiviteit. De mate van consumptie van aan tebuconazool blootgestelde bladeren door *Chironomus riparius*, een muggensoort, en *Allogamus* sp., een schietmot, is niet anders dan van niet blootgestelde bladeren (Pimentão et al., 2020). Afname in

aantal van bepaalde soorten micro-organismen kan mogelijk wel op lange termijn gevolgen hebben voor microbiële decompositie (Pimentão et al., 2020).

In water zijn verder effecten gevonden op watervlooien (*Daphnia magna*), waarbij afname van parasitair gedrag te zien is van een schimmel (*Metschnikowia bicuspidata*) bij concentraties van tebuconazool welke ook in de omgeving voorkomen. Dit kan mogelijk effecten hebben op populatie- en ecosysteemniveau, doordat populatiegroei van watervlooien niet meer in evenwicht wordt gehouden door de aanwezige parasiet (Cuco et al., 2017, 2020). Een opvolgend experiment zonder tebuconazool laat wel zien dat virulentie en infectiviteit van deze parasitaire schimmel weer teruggaat naar het oude niveau (Cuco et al., 2020). Een studie naar waterplanten (*Bidens laevis*) laat een lagere groeisnelheid zien voor totale lengte en wortels in aanwezigheid van omgevingsrelevante concentraties tebuconazool. Afname van biomassa kan een effect veroorzaken op een hoger trofisch niveau (Lebrun et al., 2021). Als laatste zorgt tebuconazool bij mossels voor een verlaagde activiteit wat gevolgen kan hebben op waterfiltering door mossels (Chmist et al., 2019).

Duidelijk is dat er directe en indirecte nadelige effecten zijn op non-target organismen, welke zich bevinden in aquatische en terrestrische ecosystemen. Veelal zijn effecten gezien bij micro-organismen en planten welke weer gevolgen kunnen hebben voor andere organismen binnen een ecosysteem. Of en in welke mate dit gevolgen heeft voor andere organismen binnen een ecosysteem is lastig op te maken uit de verkregen resultaten. Uit de onderzoeken valt wel op te maken dat effecten op organismen gevolgen kunnen hebben op verschillende niveaus binnen een ecosysteem en kunnen optreden bij volgende generaties. Binnen gemeenschappen, zoals microbiële gemeenschappen, kan tebuconazool verschuivingen veroorzaken in samenstelling en structuur met onder andere gevolgen voor de nutriëntencycli. Ecosysteemfuncties, zoals afbraak van bladafval en waterfiltering, kunnen op de lange termijn mogelijk ook de negatieve gevolgen ondervinden van aanwezigheid van tebuconazool in het milieu.

5.3. Literatuurreview: Deltamethrin ($C_{22}H_{19}Br_2NO_3$)

De SLR van deltamethrin levert 92 artikelen op. 29 Artikelen blijven over na selectie middels doorlezen van titel en abstract. Resultaten zijn terug te vinden in de bijlagen. Eén studie werd gevonden voor bodemorganismen en wel voor springstaarten en roofmijten. In 9 studies werd onderzoek gedaan naar effecten bij de volgende organismen op het land: muizen, oorwurmen (2x), kever, mestkever, sluipwesp, roofwants, roofmijt, gaasvlieg, vliesvleugeligen en kruisspinnen. Voor het compartiment water zijn studies gevonden naar effecten bij raderdiertjes, diatomeeën, reuzenwaterwantsen, krabben, garnalen, mosselen, guppy's, straalvinnige vissensoorten (3x), zebra-vissen, muggen(larven) en micro-organismen (4x). Twee onderzoeken zijn gedaan naar kikkers welke zich gedeeltelijk in het water en op het land bevinden.

Directe effecten op non-target organismen

Bij een experiment gedaan met kunstmatige grond, waarbij de samenstelling is vastgelegd door de intergouvernementele organisatie OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), zijn alleen chronische effecten te zien voor springstaarten (*Folsomia candida*) in de bodem. Verschil in effecten en mate van effect is wel te zien bij gebruik van natuurlijke grond in plaats van door de OECD samengestelde grond. Toepassing van deltamethrin op Nigeriaanse grond geeft wel risico's op acute en chronische effecten voor springstaarten, terwijl dit bij Tunesische grond niet het geval is. Bij alle verschillende grondsoorten werd een verminderde overleving van roofmijten (*Hypoaspis aculeifer*) gezien vanaf 10 mg deltamethrin/kg grond (Jaabiri Kamoun et al., 2018).

Een veldstudie in de Verenigde Staten laat zien dat deltamethrin een negatief effect heeft op overleving van vier muizensoorten welke leven in de nabijheid van prairiehonden. Prairiehonden worden preventief behandeld met deltamethrin ter voorkoming van verspreiding van de pestbacterie via vlooiën (Goldberg et al., 2022). Ook worden lethale effecten gezien bij een labstudie met kikkervisjes (*Physalaemus gracilis*) bij concentraties deltamethrin welke voorkomen in de natuur. Meer dan 70% van deze kikkervisjes is dood na een week (Vanzetto et al., 2019).

Deze lethale effecten zijn ook te zien bij vier soorten vliegende insecten. Dit bij nimfen, jonge dieren, van roofwantsen (*Nesidiocoris tenuis*) en vrouwtjes van roofmijten (*Iphiseius degenerans*) bij maximaal aanbevolen veldconcentraties (Perdikis et al., 2020). Residuconcentraties van deltamethrin in een perzikboomgaard blijken ook een lethaal effect op larven van gaasvliegen te veroorzaken, maar niet op volwassen exemplaren (de Armas et al., 2020). Een onderzoek gedaan bij sluipwespen (*Trichogramma brassicae*) laat bij aanbevolen veldconcentraties een hoge mortaliteit zien bij sluipwespen gevoed met katoen doordrenkt met pesticide-oplossing en honing (Thubru et al., 2018). In water zijn lethale effecten te zien bij diatomeeën, eencellige algen (Kock et al., 2022).

Bij een studie in Botswana, Afrika is een lethaal effect te zien bij volwassen mestkevers (*Metacatharsius troglodytes*) welke mest koloniseren van vee dat behandeld is met deltamethrin. Verder wordt een verminderde overleving gezien van mestkeverlarven tot twee weken na toedienen van deltamethrin (Sands et al., 2018). Predatie van larven door een waterjuffer (*Coenagrion puella*) is minder in een labstudie waarbij sublethale concentraties deltamethrin gebruikt zijn (Kunce et al., 2017). Verminderde consumptie van prooi is ook terug te zien bij onderzoek naar kruisspinnen (*Araneus diadematus*) (Boyd et al., 2022).

Twee studies zijn gevonden waarbij experimenten met oormurmen zijn gedaan. Lage, sublethale dosissen deltamethrin geven bij onderzoek met oormurmen (*Forficula auricularia*) een positief effect op reproductie, de duur tot aan de tweede leg is verkort. Hiernaast wordt een verminderde voedselinname gezien en een mindere verdediging van het broedsel (Mauduit et al., 2021).

Indirecte effecten op non-target organismen

Omgevingsrelevante concentraties deltamethrin geven bij één onderzoek negatieve effecten op reproductie en vleugelvorm bij nageslacht van muggen (*Chironomus columbiensis*), dit tot aan twee volgende generaties. Na deze twee generaties worden geen effecten meer gezien (Montaño-Campaz et al., 2022).

Indirecte effecten op populatie en ecosysteem

Deltamethrin kan een afname van populatiegrootte veroorzaken bij muizen (Goldberg et al., 2022), , kikkers (*Physalaemus gracilis*) (Vanzetto et al., 2019), krabben (Gebauer et al., 2017), raderdiertjes (*Brachionus calyciflorus*) welke met deltamethrin geïnfecteerde algen eten (Xu et al., 2019), , mestkevers (*Metacatharsius troglodytes*) (Sands et al., 2018), muggen (*Chironomus columbiensis*) (Montaño-Campaz et al., 2022), roofmijten en roofwantsen (Perdikis et al., 2020) en sluipwespen (*Trichogramma brassicae*) (Thubru et al., 2018).

Hiernaast kan, voornamelijk door afname aan populatiegroottes, de effectiviteit van biologische bestrijding verminderd worden door onder andere roofmijten en roofwantsen (Perdikis et al., 2020), larven van gaasvliegen (*Chrysoperla externa*) (de Armas et al., 2020), sluipwespen (Thubru et al., 2018) en Hymenoptera parasitoïden (Khan & Alhewairini S, 2019). Verminderde consumptie van insecten is te zien bij twee onderzoeken gedaan bij reuzenwaterwantsen (*Belostoma anurum*) (Valbon et al., 2018) en kruisspinnen (*Araneus diadematus*) (Boyd et al., 2022), welke ook ingezet worden bij biologische bestrijding. Voor dit onderzoek is met name van belang dat populaties in omvang achteruitgaan. Daarnaast vindt mogelijk een verminderde consumptie van insecten plaats door organismen welke ook wel voor de biologische bestrijding in de landbouw worden ingezet.

Deltamethrin leidt tot lethale, dodelijke, effecten bij verscheidene diersoorten bij concentraties die ook in het veld kunnen voorkomen. Naast lethale effecten bij non-target insecten zijn ook lethale effecten te zien bij zoogdieren, zoals muizen (Goldberg et al., 2022) en bij amfibieën, zoals kikkers (Vanzetto et al., 2019). Bij één soort muggen worden negatieve effecten gezien over meerdere generaties (Montaño-Campaz et al., 2022). Verder kan deltamethrin afnames in populatiegrootte veroorzaken bij verscheidene diersoorten op het land en in het water. Als laatste kan het nog de effectiviteit van biologische bestrijding van insecten, en hiermee het in evenwicht houden van populaties binnen een ecosysteem, verstoren. Dit door afname van populaties aan insecten die ingezet worden voor de biologische bestrijding alsmede een afname aan consumptie van insecten door deze organismen.

5.4. Literatuurreview: Acetamiprid (C₁₀H₁₁ClN₄)

Uit de SLR voor acetamiprid komen 67 artikelen, na selectie middels doorlezen van titel en abstract blijven 29 artikelen over. Resultaten zijn terug te vinden in de bijlagen. Studies naar bodemorganismen zijn gevonden voor springstaarten (2x), regenwormen en ringwormen. Voor op het land levende

organismen zijn onderzocht gevonden voor schildwespen (2x), sluipwespen, zijdevlinders, honingbijen (3x), angelloze bijen, rosse metselbijen, vliesvleugeligen, roofmijten (2x), gevlekte gaasvliegen en lieveheersbeestjes. Als laatste zijn studies in het compartiment water gevonden voor de langsprietroofkreeft (2x), zebravis (2x), watervlo, vlokreeft (2x), zoetwaterslak (2x), zoetwatervis, karper, muggen, eendagsvliegen en schietmotten.

Directe effecten op non-target organismen

Bij bodemorganismen is bij twee studies een verminderde overleving te zien van *Folsomia candida* (springstaart) (Ahmed et al., 2021; Renaud et al., 2018), *Eisenia andrei* (regenworm) en *Enchytraeus crypticus* (ringworm) (Renaud et al., 2018). Ringwormen lijken echter wel minder gevoelig te zijn voor acetamiprid.

In het mariene milieu zijn twee onderzoeken gedaan met *Acartia tonsa* (langsprietroeipootkreeft). Eén onderzoek ziet wel remming in larvale ontwikkeling bij gebruikte concentraties, maar verwacht bij huidige vervuilingsniveaus alleen aantasting van ontwikkeling in estuaria waar water uit rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI) geloosd wordt en door afspoeling van pesticiden gebruikt in de landbouw tijdens het sproeiseizoen (Picone, Distefano, Marchetto, Russo, Baccichet, Zangrando, et al., 2022). Bij een ander onderzoek wordt verminderde overleving van larven en een lagere eitjesproductie gezien (Picone, Distefano, Marchetto, Russo, Baccichet, Brusò, et al., 2022). Een nadelig effect op groei en reproductie komt uit onderzoek naar watervlooien (Farkas et al., 2021).

Zoetwaterslakken zijn gebruikt in twee verschillende onderzoeken, waarbij geen effect op overleving van jonge en volwassen slakken (*Biomphalaria straminea*) is te zien (Cossi et al., 2020) en geen neurotoxische effecten bij *Chilina gibbosa* (Herbert et al., 2021). Verder zijn er nog afname in aantallen te zien bij *Gambusia holbrooki*, een zoetwatervis, door lethale effecten (Demirci & Güngördü, 2020) en is er een reductie in groei en overleving bij vlokreeften (*Hyalella azteca*) (Bartlett et al., 2019). Larven van eendagsvliegen welke zich bevinden in zoetwaterbodems laten een lagere overleving zien in de herstelperiode na toedienen van acetamiprid (Bartlett et al., 2018). Met acetamiprid gecontamineerd bladafval blijkt positief zijn voor kolonisatie door muggen. Dit kan komen doordat organisch materiaal sneller wordt afgebroken waardoor beschikbaarheid hiervan groter is voor deze muggen (Mutshekwa et al., 2022).

Indirecte effecten op non-target organismen

Een onderzoek met *Cotesia flavipes* (schildwesp) geeft als resultaat een afname in mate van parasitisme bij twee volgende generaties schildwespen. Schildwespen kregen in eerste instantie bladeren gecontamineerd met acetamiprid aangeboden. Op deze bladeren zaten eitjes van de stengelboorder (*Chilo partellus*), in deze eitjes legt de schildwesp zijn eigen eitjes. Twee generaties volgend uit de eerste generatie schildwespen laten bij aanbieden van niet-gecontamineerde bladeren, met eitjes van de stengelboorder, een verminderd aantal geparasiteerde larven zien (Akhtar et al., 2021).

Indirecte effecten op populatie en ecosysteem

Bij onderzoek naar biologische bestrijders worden bij 3 studies lethale effecten gezien bij veldconcentraties, met als gevolg lagere concentraties biologische bestrijders en een verminderde predatie van insecten (Harbi et al., 2017; Khan & Alhewairini S, 2019; Z. Wang et al., 2019). Bij roofmijten werd echter een lage mortaliteit gezien (S. Cheng, Lin, Zhang, et al., 2018). Een ander onderzoek van Cheng et al. laat wel verlaagde predatoractiviteit zien in alle ontwikkelingsfasen van de roofmijt, behalve in de larvefase waarin geen predatie plaats vindt (S. Cheng, Lin, Lin, et al., 2018).

Bij *Osmia bicornis*, een solitaire bijensoort, wordt een afname gezien van bijen die na de winter uit hun cocon komen. Een mindere populatiegroei kan een negatief effect hebben op bestuiving (Mokkapati et al., 2021). Een ander experiment met honingbijen (*Apis mellifera*) en angelloze bijen (*Scaptotrigona postica*) laat een verminderde gemiddelde snelheid en lagere afgelegde afstanden zien bij hoge dosissen waardoor bestuiving minder is (Jacob et al., 2019). Bij één veldonderzoek werd geen effect gezien op gezondheid en ontwikkeling van kolonies honingbijen, maar beschikbaarheid van pollen en nectar in de omgeving was laag tijdens het onderzoek (da Costa Domingues et al., 2022). Verder is in het onderzoek van da Costa Domingues et al. (2022) een oorzakelijk verband niet aangetoond, het gaat hier om observationeel onderzoek. In een ander veldonderzoek, waarbij honingbijen gevoed werden met een pesticide-oplossing, werd geen verschil gezien in het vermogen om naar huis terug te keren (Capela et al., 2022).

Bij een ander onderzoek naar vlokreeften, waarbij opname van acetamiprid gebeurt door gecontamineerde bladeren, is energie-opname minder wat mogelijk een nadelig effect heeft op de populatiegroei en vervolgens op bijdrage aan afbraak van bladeren. Ook kan het indirecte effecten hebben binnen het voedselweb van vlokreeften, het kan onder andere van invloed zijn interacties tussen soorten zoals predator-prooi interacties (Englert et al., 2017).

Uit testen met acetamiprid op non-target organismen komen nadelige directe en indirecte effecten op organismen naar voren. De mate van effect blijkt wel verschillend voor organismen. Ringwormen zijn bijvoorbeeld minder gevoelig voor acetamiprid dan springstaarten (Renaud et al., 2018). Verder zijn geen effecten gezien bij twee verschillende soorten zoetwaterslakken in labstudies (Cossi et al., 2020; Herbert et al., 2021). In één studie wordt aangegeven dat effecten alleen te verwachten zijn tijdens het sproeiseizoen door afspoeling van pesticiden (Picone, Distefano, Marchetto, Russo, Baccichet, Zangrando, et al., 2022). Ook worden effecten gezien over meerdere generaties. Daarnaast zijn effecten waargenomen die gevolgen hebben op populatie- en ecosysteemniveau. Deze kunnen gevolgen hebben voor de biodiversiteit, onder andere afname van populatiegrootte en ecosysteemfuncties, zoals bestuiving, biologische bestrijding en afbraak van organisch materiaal.

5.5. Literatuurreview: Pendimethalin ($C_{13}H_{19}N_3O_4$)

De SLR van pendimethalin geeft 13 resultaten in totaal. Dit levert na doorlezen van titel en abstract en eventueel na intensiever doorlezen uiteindelijk 7 relevante resultaten op. Resultaten zijn terug te vinden in de bijlagen. Alle vier de onderzoeken welke gedaan zijn in het bodemcompartiment zijn uitgevoerd met loopkevers. Voor het compartiment water zijn 3 onderzoeken gevonden voor zebravissen, karper en een forellensoort.

Directe effecten op non-target organismen

Vier van de zeven onderzoeken werden gedaan met een loopkever (*Pterostichus melas* of *Harpalus (Pseudoophonus) rufipes*). Effecten bij veldconcentraties zijn hierbij verstoring van de immuunrespons en een verstoring van de balans aan darmbacteriën. Deze twee effecten kunnen de gevoeligheid voor pathogenen en infecties verhogen (Aiello et al., 2022; Giglio et al., 2019, 2021; Vommaro et al., 2021). Eén onderzoek toont aan dat de immuunrespons zich wel weer herstelt indien het organisme niet meer in aanraking komt met pendimethalin (Vommaro et al., 2021). Een langere infectieduur, na infectie met een virus, is ook te zien bij regenboogforellen (*Oncorhynchus mykiss*) welke zijn blootgesteld aan pendimethalin (Dupuy et al., 2019).

Hiernaast worden effecten waargenomen met betrekking tot ontwikkeling bij één soort loopkever (*Pterostichus melas*) (Aiello et al., 2022) en bij embryo's van zebravissen. Verstoring van de embryonale ontwikkeling van zebravissen vindt plaats doordat pendimethalin ingrijpt op mitochondriële complexen I en V van de elektronentransportketen, waardoor remming van de energieproductie optreedt bij het embryo (Park et al., 2021). Bij een karpersoort (*Hypophthalmichthys Nobilis*) heeft pendimethalin gedragsafwijkingen tot gevolg, waaronder verlies van evenwicht en onregelmatig zwemgedrag. Verder is aantasting van nier- en leverweefsel te zien (J. Q. Wang et al., 2022).

Indirecte effecten op non-target organismen

In de geselecteerde artikelen is geen informatie gevonden over indirecte effecten op non-target organismen.

Indirecte effecten op populatie en ecosysteem

Loopkevers vervullen in de bodem een rol als biologische bestrijder, ze voeden zich hier met ongewervelden en graszaden (Aiello et al., 2022). Een verzwakt immuunsysteem, veroorzaakt door pendimethalin, kan mogelijk een nadelig effect hebben op deze ecosysteefunctie (Vommaro et al., 2021). Hoewel infecties bij regenboogforellen langer aanwezig zijn geeft het in één onderzoek uiteindelijk geen verschil in sterftcijfer tussen regenboogforellen blootgesteld aan pendimethalin en de controlegroep (Dupuy et al., 2019).

Voor pendimethalin zijn relatief weinig onderzoeken gevonden waarbij onderzoek is gedaan naar effecten bij non-target organismen. Uit deze onderzoeken komen wel sublethale effecten naar voren, zoals

verstoring van immuunreacties en ontwikkeling van organismen. Mogelijk kan een verstoorde immuunrespons een nadelig effect hebben op het niveau van ecosysteemfuncties, en wel bij biologische bestrijding van ongewervelden. Verder kunnen loopkevers mogelijk eenzelfde rol vervullen als pendimethalin, door het nuttigen van graszaden.

5.6. Literatuurreview: Pyraclostrobine ($C_{19}H_{18}ClN_3O_4$)

De SLR van pyraclostrobine leverde 24 artikelen op, waaruit 7 relevante resultaten komen. Resultaten zijn terug te vinden in de bijlagen. Twee onderzoeken zijn gevonden voor bodemorganismen: regenwormen en micro-organismen. Voor organismen op het land is één onderzoek gevonden met honingbijen. Voor waterorganismen zijn 3 studies gevonden: tweemaal voor zebravissen en één voor algen. Als laatste is nog één onderzoek gevonden voor kikkers welke zich zowel op het land en in het water kunnen bevinden.

Directe effecten op non-target organismen

Een veldstudie waarbij langdurig, voor twee jaar, de aanbevolen hoeveelheid pyraclostrobine toegediend is aan een tarwe/maïs rotatieveld is een afname van het aantal bacteriën, alsmede een afname in het totaal aantal schimmels in de bodem te zien (Hou et al., 2022). Bij honingbijen (*Apis mellifera*) zijn in een labstudie geen effecten te zien op post-embryonale ontwikkeling en overleving van volwassen bijen bij gebruik van veldconcentraties. Wel is bij een volgend experiment, waarbij honingbijen zijn geïnfecteerd met een pathogeen welke veelvuldig voorkomt bij bijenkolonies (*Nosema cerana*) te zien dat honingbijen minder weerbaar zijn tegen pathogenen door blootstelling aan pyraclostrobine. Deze pathogenen brengen dan meer schade toe aan darmen van volwassen bijen (Tadei et al., 2020). Experimenten met een kikkersoort (*Xenopus tropicalis*) geven als resultaat een verminderde overleving van embryo's en een verhoogd aantal misvormingen, onder andere microcefalie. Hierbij zijn ook concentraties gebruikt die in het veld voorkomen (S. Wu et al., 2018a).

Ten opzichte van iprodione, pyrimethanil en acetamiprid is pyraclostrobine het meest toxisch voor zebravissen, dit voor alle vier de geteste levensfasen (Y. Wang et al., 2018). Bij lagere concentraties remt pyraclostrobine het opblazen van de zwemblaas bij zebravis, met gevolgen voor zwemprestaties (L. Yang et al., 2021). Bij regenwormen (*Eisenia fetida*) en algen (*Chlorella pyrenoidsa* en *Chlorella vulgaris*) werkt pyraclostrobine in op processen die mogelijk tot DNA-schade kunnen leiden (X. Liu et al., 2018; Ma et al., 2019).

Indirecte effecten op non-target organismen

In de geselecteerde artikelen is geen informatie gevonden over indirecte effecten op non-target organismen.

Indirecte effecten op populatie en ecosysteem

De veldstudie waarbij twee jaar lang aanbevolen hoeveelheden pyraclostrobine zijn toegevoegd aan een akker met wisselteelt laten een afname zien van schimmels en bacteriën. Relatief voorkomen van *Sphingomonas* en *Lysobacter*, welke een rol spelen in de fosforcyclus, is lager in grond waaraan pyraclostrobine is toegevoegd ten opzichte van controlegrond. Ook is remming van het enzym urease te zien, dit enzym zorgt voor afbraak van ureum in ammonium en koolstofdioxide in de stikstofcyclus (Hou et al., 2022).

Net als bij pendimethalin zijn voor pyraclostrobine relatief weinig artikelen gevonden met betrekking tot effecten op non-target organismen. Maar bij deze experimenten zijn wel degelijk effecten te zien bij organismen anders dan waar pyraclostrobine voor bedoeld is. Pyraclostrobine is een fungicide en dus gericht tegen schimmels. In de bodem worden dan ook negatieve effecten gezien bij schimmels, maar ook bij bacteriën. Aantallen bacteriën en schimmels, welke betrokken zijn bij nutriëntencycli, nemen in aantal af door pyraclostrobine en dit kan mogelijk een negatief effect hebben op de verwerking van nutriënten zoals fosfor en stikstof (Hou et al., 2022). Ook bij kikkers wordt een negatief effect gezien op overleving van embryo's, en daarnaast worden meer misvormingen gezien bij kikkerembryo's (S. Wu et al., 2018b). Bij honingbijen is geen effect te zien op embryonale ontwikkeling, maar wel in de gevoeligheid voor infecties en de schade die deze infecties kunnen aanrichten (Tadei et al., 2020). Het gebruik van pyraclostrobine bij concentraties welke ook in het veld toegepast worden geeft effecten bij diverse organismen welke leven in de bodem, op het land en in het water.

6. Cocktaileffecten

Dit hoofdstuk presenteert eerst een algemene uiteenzetting en daarna per onderzochte pesticide de informatie over cocktaileffecten die in het literatuuronderzoek is gevonden. De gevonden en gebruikte literatuur voor dit deelonderzoek is terug te vinden in de bijlagen.

6.1. Toxicologie van pesticidemengsels

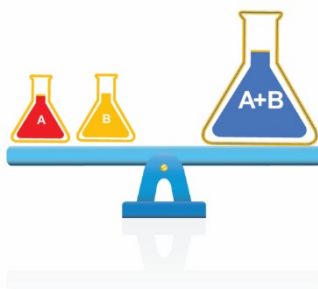
Een groot deel van de toxicologische informatie over de effecten van pesticiden, en van chemicaliën in een breder kader, zijn gebaseerd op studies van de enkelvoudige stoffen. Echter, ecosystemen worden vaak blootgesteld aan meerdere chemische stoffen terzelfdertijd (European Commission. Directorate General for Health & Consumers., 2013). De manier waarop pesticiden of pesticide residu met elkaar interageren kan beschreven worden via farmacologische principes. In hoofdzaak kunnen drie types effecten plaatsvinden (Roell et al., 2017):

1. Additief effect

Additieve effecten ontstaan wanneer de effecten van stoffen A,B,C,...die eenzelfde werkingwijze hebben, simpelweg opgeteld kunnen worden. In dit geval is effect $[AB] = \text{effect [A]} + \text{effect [B]}$.

Figuur 9

Additieve effecten



Noot. Aangepast van Hermes Furian, n.d., *Colored seesaw set - colorful balance toy collection - three positions, equal and unequal weightiness, balanced and unbalanced - isolated vector illustration on white background*, Adobe Stock, https://stock.adobe.com/nl/Library/urn:aaid:sc:EU:0784366f-e8d9-4ec0-88ca-42cea670bd5f?asset_id=458729040

2. Synergisme

Wanneer stoffen samenwerken en een effect veroorzaken dat groter is dan de optelsom van de afzonderlijke effecten, spreekt men synergisme. In dit geval is dus: effect $[AB] > \text{effect [A]} + \text{effect [B]}$. De combinatie resulteert in dit geval dus in een toxiciteit die groter is dan de optelsom van de afzonderlijke toxiciteit. Vaststellen van synergetische interacties is vooral van belang vermits de toxiciteit

van de meeste pesticiden in de huidige ERA als enkele stof beoordeeld worden. Synergisme tussen twee of meerdere pesticiden is van belang als de effecten op ecosystemen op basis van de huidige ERA onderschat kunnen worden (Brühl & Zaller, 2019).

Figuur 10

Synergetische effecten



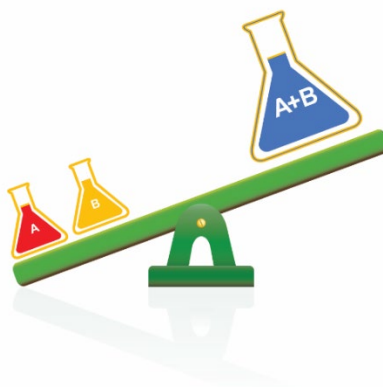
Noot. Aangepast van Hermes Furian, n.d., *Colored seesaw set - colorful balance toy collection - three positions, equal and unequal weightiness, balanced and unbalanced - isolated vector illustration on white background*, Adobe Stock, https://stock.adobe.com/nl/Library/urn:aaid:sc:EU:0784366f-e8d9-4ec0-88ca-42cea670bd5f?asset_id=458729040

3. Antagonisme

Wanneer stof B de werking van stof A verhindert, spreekt men van antagonisme. In dit geval is dus effect [AB] < effect [A] + effect [B].

Figuur 11

Antagonistische effecten



Noot. Aangepast van Hermes Furian, n.d., *Colored seesaw set - colorful balance toy collection - three positions, equal and unequal weightiness, balanced and unbalanced - isolated vector illustration on white background*, Adobe Stock, https://stock.adobe.com/nl/Library/urn:aaid:sc:EU:0784366f-e8d9-4ec0-88ca-42cea670bd5f?asset_id=458729040

Algemene bevindingen

Er werden 23 studies bestudeerd die in totaal 192 testresultaten bevatten. Om geen bias te creëren wat betreft de geselecteerde pesticiden werden studies die onderlinge mengsels van tebuconazool, deltamethrin, acetamiprid, pendimethalin of pyraclostrobine bevatten dubbel geteld, telkens per type pesticide, wat resulteert in 8 extra resultaten, zodat het totaal op 200 testresultaten komt.

Tabel 4 geeft een overzicht van het aantal proefopzetten die op zijn minst tebuconazool, deltamethrin, acetamiprid, pendimethalin of pyraclostrobine als pesticide bevatten. Pyraclostrobine had het meest aantal testresultaten (33%), gevolgd door acetamiprid (31%), tebuconazool (26%) en deltamethrin (10%). Er werden geen proefopzetten gevonden die pendimethalin bevatten als onderdeel van een pesticide mengsel.

Vierentachtig procent van de studieresultaten hadden betrekking op binaire mengsels, 13,5% had betrekking op ternaire mengsels en slechts 2,5% van de studies werden uitgevoerd op mengsels met meer dan drie pesticiden.

Zoals weergegeven in Tabel 4 en Tabel 6 zijn 50% van de studieresultaten afkomstig van fungicide mengsels, 35% zijn afkomstig van insecticide mengsels, en 15% van combinaties van fungiciden en insecticiden. Er werden geen proefopzetten gevonden die gebruik maakten van combinaties met herbiciden.

Tabel 4

Overzicht testresultaten per type pesticide mengsel

	Fungicide mengsels	Fungicide + insecticide mengsels	Aantal insecticidemengsels
Aantal testresultaten	101	29	70

Tabel 5

Overzicht testresultaten per type mengsel

Aantal pesticiden in mengsel	2	3	>3
Aantal testresultaten	164	29	7

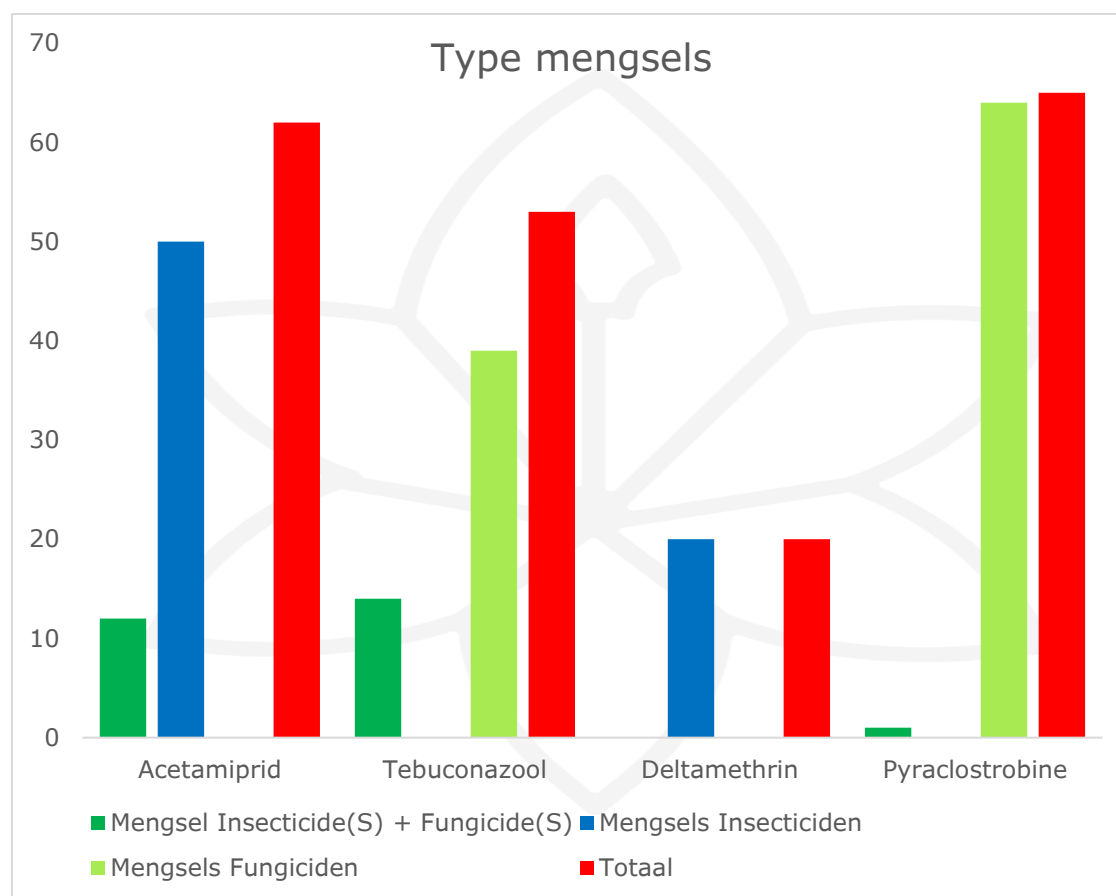
Tabel 6

Aantal testresultaten van tebuconazool, deltamethrin, acetamiprid, pendimethalin en pyraclostrobine

Pesticide	Acetamiprid	Tebuconazool	Deltamethrin	Pyraclostrobine	Pendimethalin
Aantal testresultaten	62	53	20	65	0

Tabel 7*Aantal type mengsels I+I, I+F en F+F per pesticide*

	Acetamiprid	Tebuconazool	Deltamethrin	Pyraclostrobine
Mengsel Insecticide(S) + Fungicide(S)	12	14	0	1
Mengsels Insecticiden	50	0	20	0
Mengsels Fungiciden	0	39	0	64
Totaal	62	53	20	65

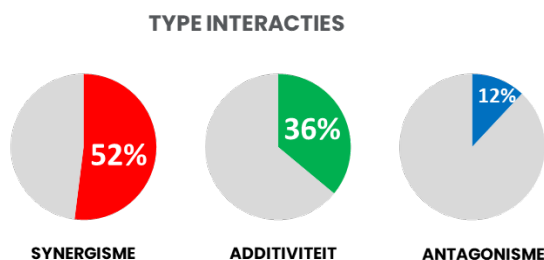
Figuur 12*Type pesticidemengsels per pesticide*

Uit Figuur 12 en Tabel 7 kan afgeleid worden dat acetamiprid voornamelijk in studies gecombineerd werd met insecticiden, tebuconazool voornamelijk met fungiciden, pyraclostrobine met fungiciden en deltamethrin enkel met insecticiden. Voor pendimethalin werden geen resultaten gevonden.

Zoals weergegeven in Figuur 13 zijn 52% van de interacties synergetisch, 13% antagonistisch en 36% additief.

Figuur 13

Type interactie in %



6.2. Literatuurreview: Tebuconazool (C₁₆H₂₂ClN₃O)

In het geval van mengsels F+F werden de volgende werkingsmechanismen gevonden:

In het geval van synergisme:

- FRAC 3 (G1): sterol biosynthese remmende (SBI) fungiciden, demethylering inhibitoren, triazolonen
- FRAC 12 (E2): PP-fungiciden (PhenylPyrrolonen)

In het geval van additiviteit werden de volgende werkingsmechanismen gevonden:

- FRAC 3 (G1): methionine biosynthese remmer, anilino-pyrimidine fungiciden
- FRAC 5 (G2): delokalisatie van spectrine-achtige eiwitten

In het geval van antagonisme werden de volgende werkingsmechanismen gevonden:

- FRAC 3 (G1): sterol biosynthese remmende (SBI) fungiciden, demethylering inhibitoren, triazolonen

In het geval van mengsels F+I werden de volgende werkingsmechanismen gevonden:

In het geval van antagonisme:

- IRAC 4A : nicotinische acetylcholine receptor (NACHR) competitieve modulatoren; neonicotinoïden

In het geval van synergisme:

- IRAC 4A: nicotinische acetylcholine receptor (NACHR) competitieve modulatoren; neonicotinoïden
- IRAC 3A: natrium kanaal modulatoren; pyrethroïden, pyrethrinen
- FRAC 3 (G1): sterol biosynthese remmende (SBI) fungiciden, demethylering inhibitoren, triazolen

In het geval van additiviteit:

- IRAC 3A: natrium kanaal modulatoren; pyrethroïden, pyrethrinen
- IRAC 4A: nicotinische acetylcholine receptor (NACHR) competitieve modulatoren, neonicotinoïden

Voor tebuconazool is een voorspelling van het type interactie op basis van werkingswijze niet mogelijk.

Op basis van chemische klasse vertoont tebuconazool synergetische interacties met de volgende chemische families of combinaties:

- dicarboximiden (DICARB)
- triazolen (TRIAZ)
- imidazolen (IMID)
- triazolen + dicarboximiden (TRIAZ + DICARB)
- fenylpyrrolen (FPYR)
- neonicotinoïden + imidazolen (NEO + IMID)
- pyrethroïden (PYRET)
- conazolen + imidazolen + triazolen + triazolen + triazolen (CON + IMID + TRIAZ + TRIAZ + TRIAZ)
- triazolen + conazolen + imidazolen + triazolen + triazolen + triazolen (TRIAZ + CON + IMID + TRIAZ + TRIAZ + TRIAZ)
- conazolen (CON)

Tebuconazool vertoont antagonistische interacties met de volgende chemische families of combinaties:

- dicarboximiden (DICARB)
- neonicotinoïden (NEO)

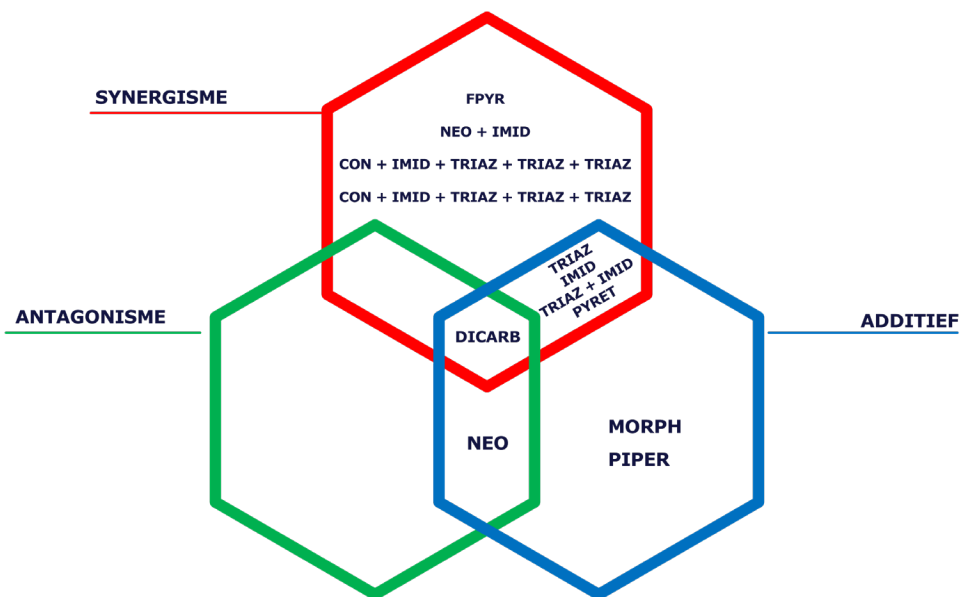
Tebuconazool vertoont additieve interacties met de volgende chemische families of combinaties:

- pyrethroïden (PYRET)
- triazolen (TRIAZ)
- imidazolen (IMID)
- dicarboximiden (DIARB)
- triazolen + dicarboximiden (TRIAZ + DICARB)
- neonicotinoïden (NEO)
- morpholinen (MORPH)
- piperidinen (PIPER)

Figuur 14 geeft een schematische weergave van het type interactie per chemische klasse.

Figuur 14

Venn diagram interacties tebuconazool met chemische families



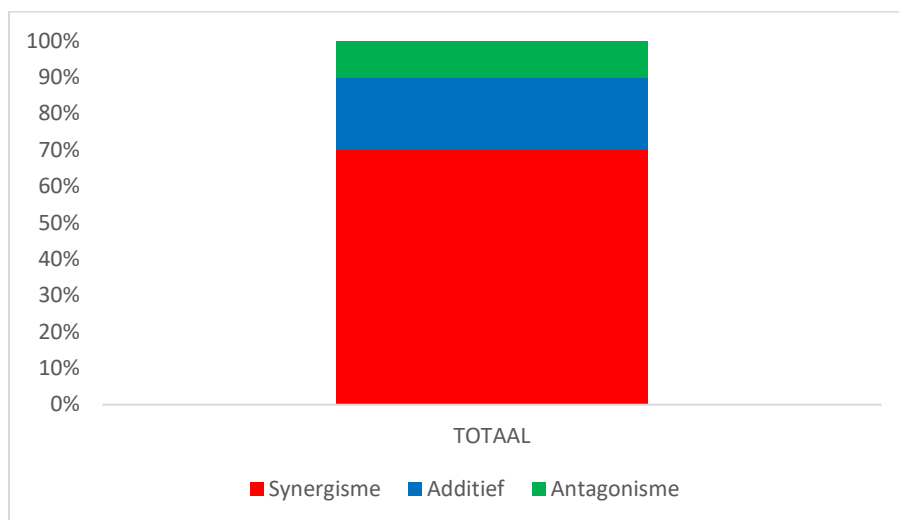
Uit de resultaten blijkt dat tebuconazool voornamelijk synergetische interacties veroorzaakt in combinatie met andere triazolen. Dat er ook additieve interacties gevonden worden met triazolen ligt voornamelijk aan de analysemethode die gebruikt wordt in de literatuur (Christen et al., 2014).

6.3. Literatuurreview: Deltamethrin ($C_{22}H_{19}Br_2NO_3$)

Deltamethrin, met werkingswijze IRAC 3A (natrium kanaal modulatoren; pyrethroïden, pyrethrinen) werd enkel getest in combinatie met andere insecticides. 70 % van de mengsels vertonen synergetische interactie, 10 % antagonistische interactie en 20 % additiviteit zoals weergegeven in Figuur 15.

Figuur 15

% interacties deltamethrin



In het geval van synergisme betreft het de volgende combinatie werkingsmechanismen in combinatie met IRAC 3A (deltamethrin):

- IRAC 4A: nicotinische acetylcholine receptor (NACHR) competitieve modulatoren; neonicotinoïden
- IRAC 1A: acetylcholinesterase (AChE) remmers; carbamaten
- IRAC 1B: acetylcholinesterase (AChE) remmers; organofosfaten

In het geval van additieve effecten betreft het de volgende combinatie werkingsmechanismen in combinatie met IRAC 3A (deltamethrin):

- IRAC 4A: nicotinische acetylcholine receptor (NACHR) competitieve modulatoren; neonicotinoïden
- IRAC 1B: acetylcholinesterase (AChE) remmers; organofosfaten
- IRAC 2B: gaba-gated chloride kanaalblokkers; fenylpyrazolen

In het geval van antagonisme betreft het de volgende combinatie werkingsmechanismen in combinatie met IRAC 3A (deltamethrin):

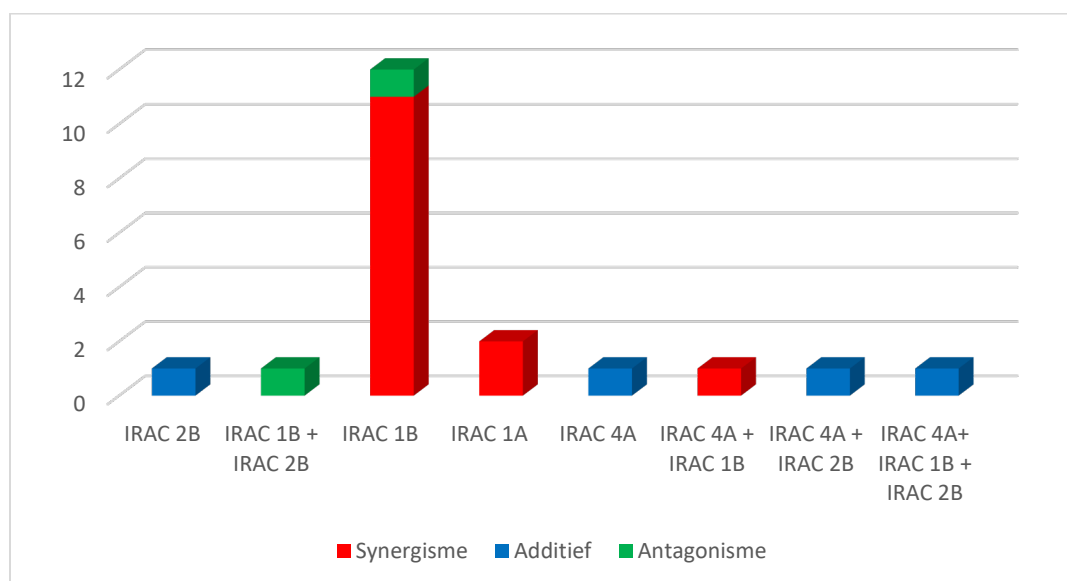
- IRAC 1B: acetylcholinesterase (AChE) remmers; organofosfaten
- IRAC 2B: gaba-gated chloride kanaalblokkers; fenylypyrazolen

Figuur 16 geeft een schematisch overzicht van de interacties per type werkingswijze

Op basis van de werkingswijze kan geen direct besluit gemaakt worden of deltamethrin synergetische, antagonistische of additieve interacties zal vertonen.

Figuur 16

% werkingswijze per type interactie



Op basis van chemische klasse vertoont deltamethrin synergetische interacties met de volgende chemische families of combinaties:

- organofosfaten (ORF);
- carbamaten (CARB);
- pyrethroiden + organofosfaten (PYRE + ORF).

Deltamethrin vertoont antagonistische interacties met de volgende chemische families of combinaties:

- organofosfaten + fenylypyrazolen (ORF + FPYRA);
- organofosfaten (ORF).

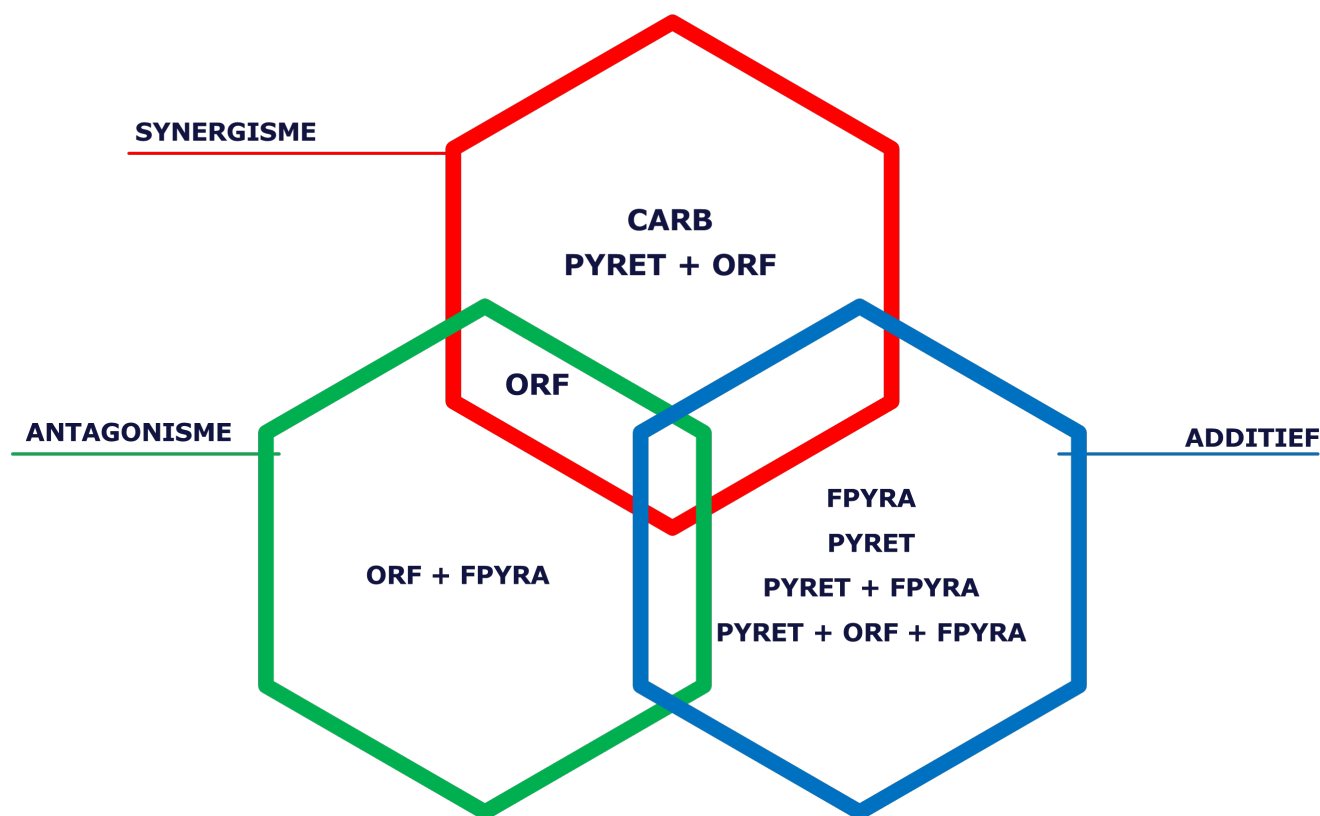
Deltamethrin vertoont additieve interacties met de volgende chemische families of combinaties:

- fenylpyrazolen (FPYRA);
- pyrethroïden (PYRET);
- pyrethroïden + fenylpyrazolen (PYRET + FPYRA);
- pyrethroïden + organofosfaten + fenylpyrazolen (PYRET + ORF + FPYRA).

Onderstaande Figuur 17 geeft een schematisch overzicht van de interacties.

Figuur 17

Venn diagram interacties deltamethrin met chemische families



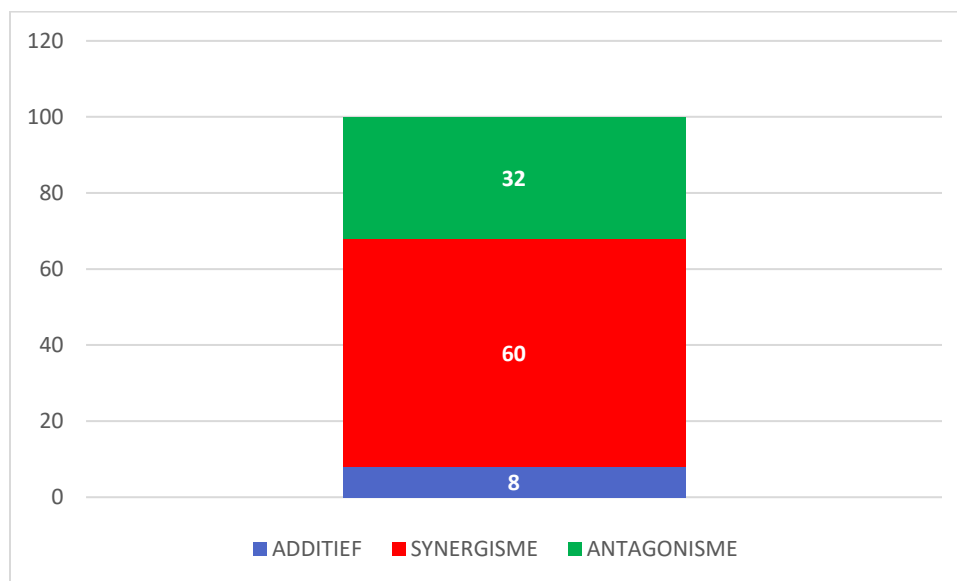
Op basis van de chemische klasse is het niet direct mogelijk voor deltamethrin om af te leiden welk type interactie deze zal ondergaan met andere pesticiden. Zo vertonen combinaties van deltamethrin met chlorpyrifos, een organofosfaat, zowel synergetische als antagonistische interacties. Hier blijkt dat het doelwit (lipide peroxidatie versus katalase activiteit in ratten hersenen) eerder van belang is (Arora et al., 2017).

6.4. Literatuurreview: Acetamiprid (C₁₀H₁₁ClN₄)

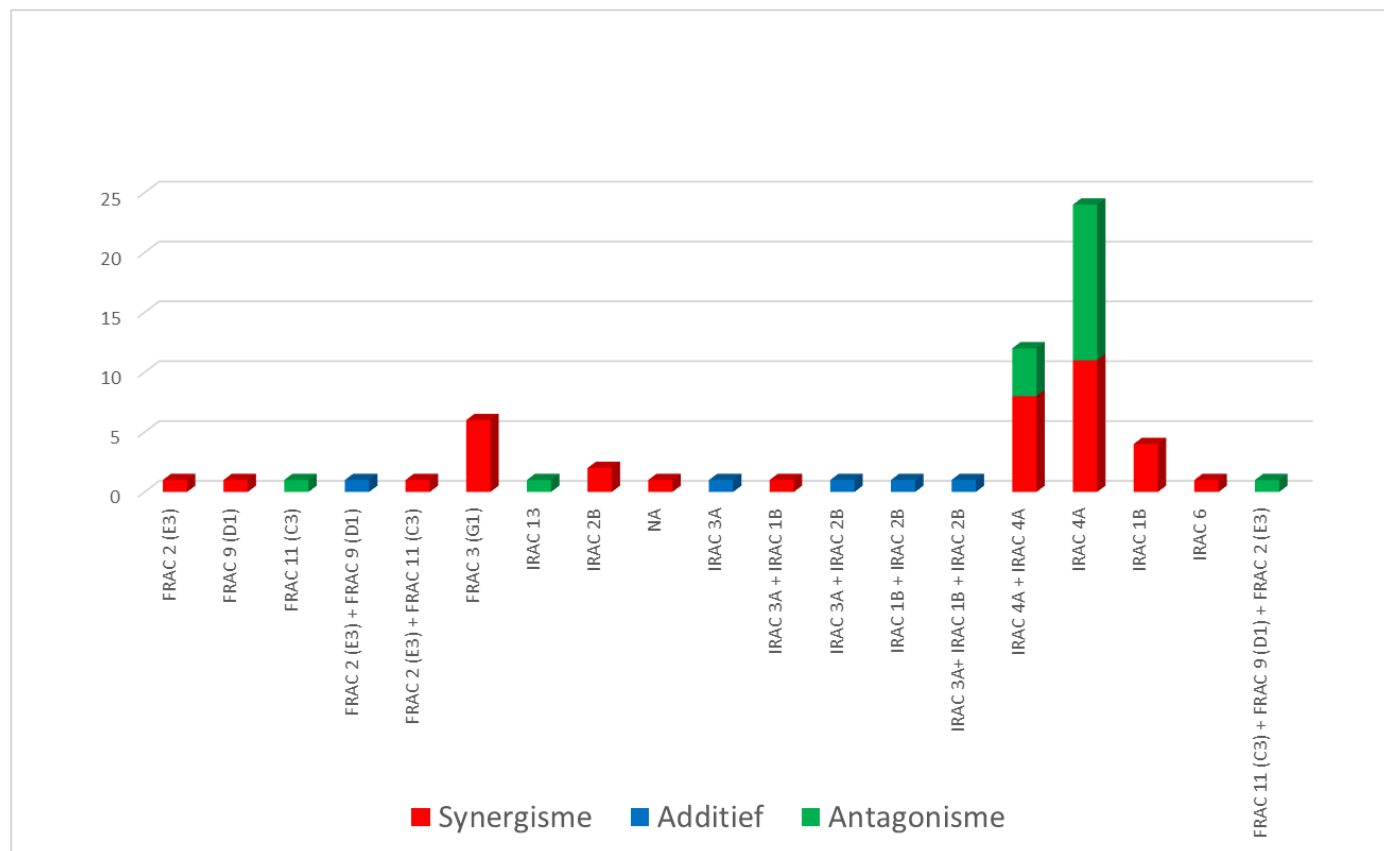
Zoals vermeld in Tabel 6 en weergegeven in Figuur 18 zijn er voor acetamiprid 62 proefresultaten gevonden. Van deze 62 proefresultaten zijn 60% synergetische interacties, 32% antagonistische interacties en 8% van additieve aard.

Figuur 18

% interacties acetamiprid



Acetamiprid, met werkingswijze IRAC 4A, werd het vaakst getest in combinatie met andere insecticiden. Voor de mengsels type I+I, vertonen 55% van de mengsels synergetische interactie, 38% antagonistische interactie en 1% slechts additiviteit. Tevens hebben de pesticiden in de mengsels I+I in 74% van de gevallen eenzelfde werkingswijze als acetamiprid, namelijk IRAC 4A: nicotinische acetylcholine receptor (NACHR) competitieve modulators. In het geval van mengsels I+I met werkingswijze IRAC 4A vertoont 53% synergie en 47% antagonisme. Een overzicht wordt weergegeven in Figuur 19.

Figuur 19*Type interacties met acetamiprid op basis van werkwijze*

In het geval van mengsels I+I waarbij de werkwijze van de overige insecticiden in het mengsel verschillend was van IRAC 4A, werd in 67% van de proeven synergisme gevonden, 25% betrof additiviteit en 8% antagonisme.

In het geval van synergisme betreft het de volgende combinatie werkingsmechanismen in combinatie met IRAC 4A (acetamiprid):

- IRAC 3A: natrium kanaal modulators;
- IRAC 1B: acetylcholinesterase (AChE) remmers (organofosfaten);
- IRAC 2B: gaba-gated chloride kanaalblokkers (fenylpyrazolen);
- IRAC 6: glutamaat-gated chloride kanaal (GLUCL) allosterische modulators.

In het geval van antagonisme betreft het de volgende combinatie werkingsmechanismen in combinatie met IRAC 4A (acetamiprid):

- IRAC 13: ontkoppelaars van oxidatieve fosforylering via verstoring van de protongradiënt.

In het geval van additieve effecten betreft het de volgende combinatie werkingsmechanismen in combinatie met IRAC 4A (acetamiprid):

- IRAC 3A: natrium kanaal modulators;
- IRAC 1B: acetylcholinesterase (AChE) remmers (organofosfaten);
- IRAC 2B: gaba-gated chloride kanaalblokkers (fenylpyrazolen).

Voor mengsels type I+F, vertonen 82% synergisme, 9% antagonisme en 9% additiviteit. In het geval van synergisme betreft het de volgende combinatie werkingsmechanismen in combinatie met IRAC 4A (acetamiprid):

- FRAC 2 (E3): osmotische signaaltransductie remmers, dicarboximide fungiciden;
- FRAC 3 (G1): sterol biosynthese remmende (SBI) fungiciden, demethylering inhibitoren, triazolen;
- FRAC 9 (D1): methionine biosynthese remmer, anilino-pyrimidine fungiciden;
- FRAC 11 (C3): remmers van ademhaling de in complex III op QO-site; QOI fungiciden.

In het geval van additiviteit betreft het de volgende combinatie werkingsmechanismen in combinatie met IRAC 4A (acetamiprid):

- FRAC 2 (E3): osmotische signaaltransductie remmers, dicarboximide fungiciden;
- FRAC 3 (G1): sterol biosynthese remmende (SBI) fungiciden, demethylering inhibitoren, triazolen;
- FRAC 9 (D1): methionine biosynthese remmer, anilino-pyrimidine fungiciden.

In het geval van antagonisme betreft het de volgende combinatie werkingsmechanismen in combinatie met IRAC 4A (acetamiprid):

- FRAC 11 (C3): remmers van de ademhaling in complex III op Qo-site; QoI fungiciden.

Er valt af te leiden dat er geen direct verband is tussen de werkingswijze van de pesticiden en het bepalen van synergisme, antagonisme of additiviteit.

Op basis van chemische klasse kan men met enige voorzichtigheid afleiden dat acetamiprid synergetische interacties met de volgende chemische families of combinaties:

- dicarboximiden (DICARB);
- anilino-pyrimidinen (APYRI);
- dicarboximiden + methoxy-carbamaten (DICARB + MCARB);
- triazolen (TRIAZ);
- fenylpyrazolen (FPYRA);
- macrocyclische lactonen (MACLAC);
- organofosfaten (ORF);
- pyrethroïden + organofosfaten (PYRE + ORF);
- neonicotinoïden (NEO);
- neonicotinoïden + neonicotinoïden (NEO + NEO);
- imidazolen (IMID);
- avermectinen (AMEC).

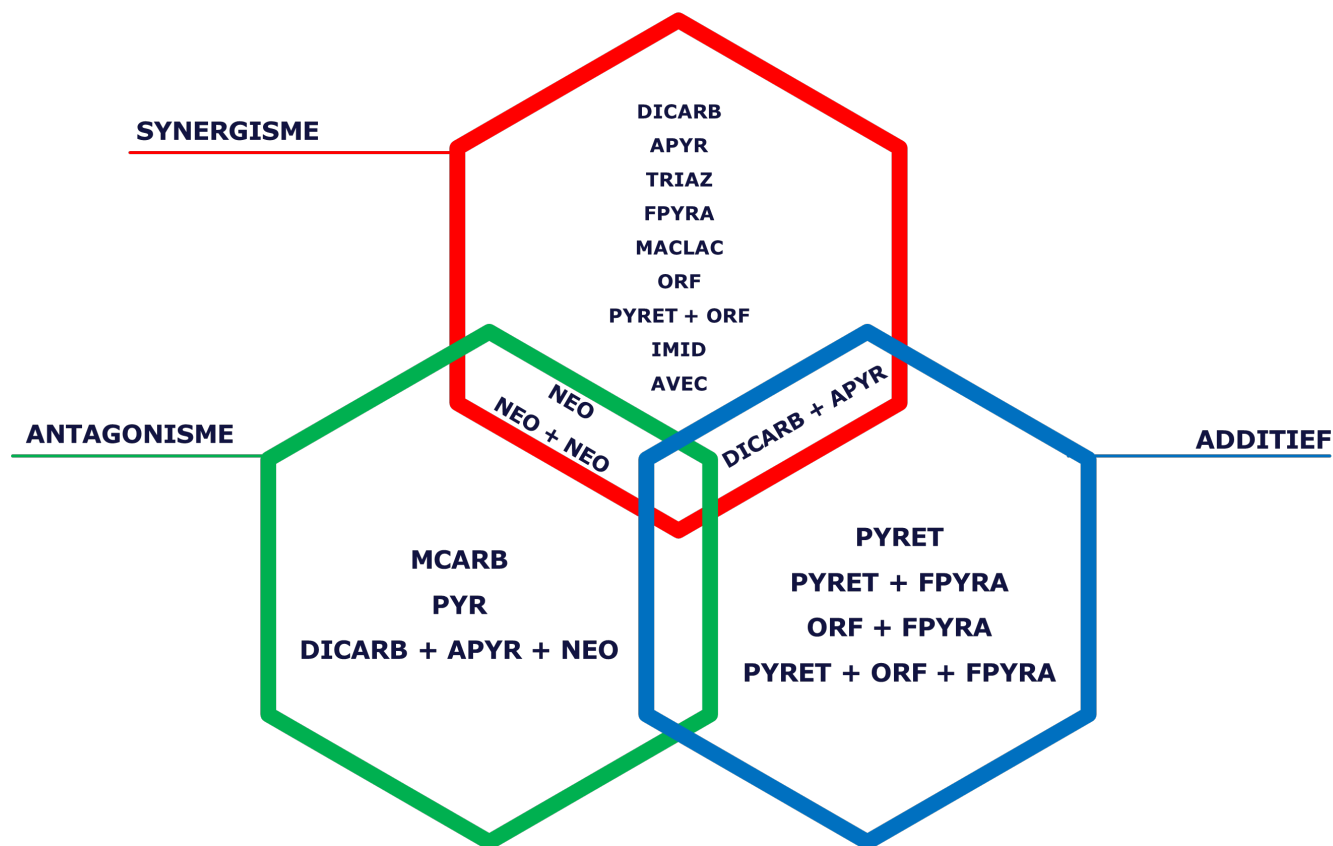
Acetamidrid vertoont antagonistische interacties met de volgende chemische families of combinaties:

- methoxy-carbamaten (MCARB);
- pyrrolen (PYR);
- neonicotinoïden (NEO);
- neonicotinoïden + neonicotinoïden (NEO + NEO);
- dicarboximiden + anilino-pyrimidinen + neonicotinoïden (DICARB + APYRI + NEO).

Acetamidrid vertoont additieve interacties met de volgende chemische families of combinaties:

- dicarboximiden + anilino-pyrimidinen (DICARB + APYRI);
- pyrethroïden (PYRET);
- pyrethroïden + fenylpyrazolen (PYRET + FPYRA);
- organofosfaten + fenylpyrazolen (ORF + FPYRA);
- pyrethroïden + organofosfaten + fenylpyrazolen (PYRET + ORF + FPYRA).

Figuur 20 geeft een schematisch overzicht van de interacties.

Figuur 20*Venn diagram interacties acetamiprid met chemische families*

Met enige voorzichtigheid kan men afleiden dat acetamiprid synergisme vertoont wanneer gecombineerd in hoofdzakelijk binaire mengsels met DICARB, APYRI, TRIAZ, FPYRA, MACLAC, ORF, IMID of AMEC. Echter wanneer men pesticiden combineert in mengsels van ten minste 3 stoffen, zoals acetamiprid + DICARB + APYR + NEO, verandert de situatie en vertoont het mengsel antagonisme (Y. Wang et al., 2018).

6.5. Literatuurreview: Pendimethalin ($C_{13}H_{19}N_3O_4$)

Zoals aangegeven in Tabel 6 zijn voor deze stof geen resultaten gevonden op basis van de gehanteerde zoekmethode.

6.6. Literatuurreview: Pyraclostrobine ($C_{19}H_{18}ClN_3O_4$)

Pyraclostrobine, met werkingswijze FRAC 11 (C3) (remmers van ademhaling in complex III op QO-site; QoI fungiciden) werd het vaakst getest in combinatie met andere fungiciden. Voor de mengsels type F+F, vertonen 68% van de mengsels synergetische interactie en 32% additiviteit. In het geval van

mengsels F+I vertoont 67% antagonisme en 33% synergisme. Figuur 21 en Figuur 22 geven een schematisch overzicht weer.

In het geval van mengsels F+F werden de volgende werkingsmechanismen gevonden:

In het geval van synergisme:

- FRAC 2 (E3): osmotische signaaltransductie remmers, dicarboximide fungiciden;
- FRAC 9 (D1): methionine biosynthese remmer, anilino-pyrimidine fungiciden;
- FRAC 43 (B5): delokalisatie van spectrine-achtige eiwitten;
- IRAC 4A: nicotinische acetylcholine receptor (NACHR) competitieve modulators; neonicotinoïden.

In het geval van additiviteit werden de volgende werkingsmechanismen gevonden:

- FRAC 9 (D1): methionine biosynthese remmer, anilino-pyrimidine fungiciden;
- FRAC 43 (B5): delokalisatie van spectrine-achtige eiwitten;
- FRAC 11 (C3): remmers van ademhaling de in complex III op QO-site; QOI fungiciden;
- FRAC 7 (C2): succinaat dehydrogenase inhibitoren.

In het geval van mengsels F+I werden de volgende werkingsmechanismen gevonden:

In het geval van antagonisme:

- IRAC 4A: nicotinische acetylcholine receptor (NACHR) competitieve modulators; neonicotinoïden;
- FRAC 9 (D1): methionine biosynthese remmer, anilino-pyrimidine fungiciden;
- FRAC 2 (E3): osmotische signaaltransductie remmers, dicarboximide fungiciden.

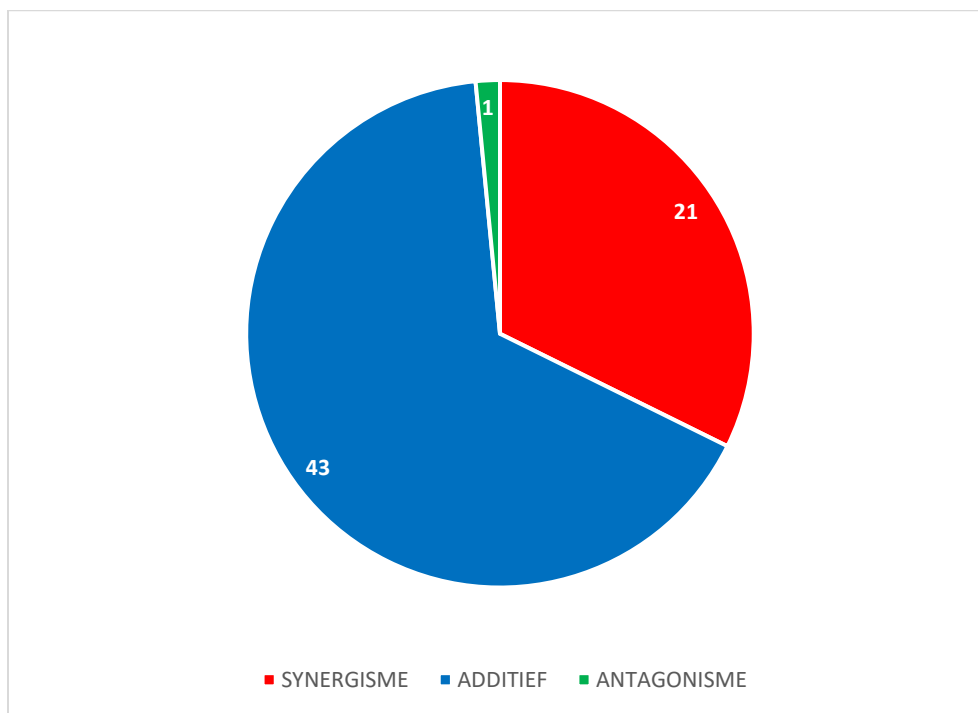
In het geval van synergisme:

- IRAC 4A: nicotinische acetylcholine receptor (NACHR) competitieve modulators; neonicotinoïden.

Ook in het geval van pyraclostrobine valt niet direct het type interactie af te leiden op basis van de combinatie van de werkingswijzen.

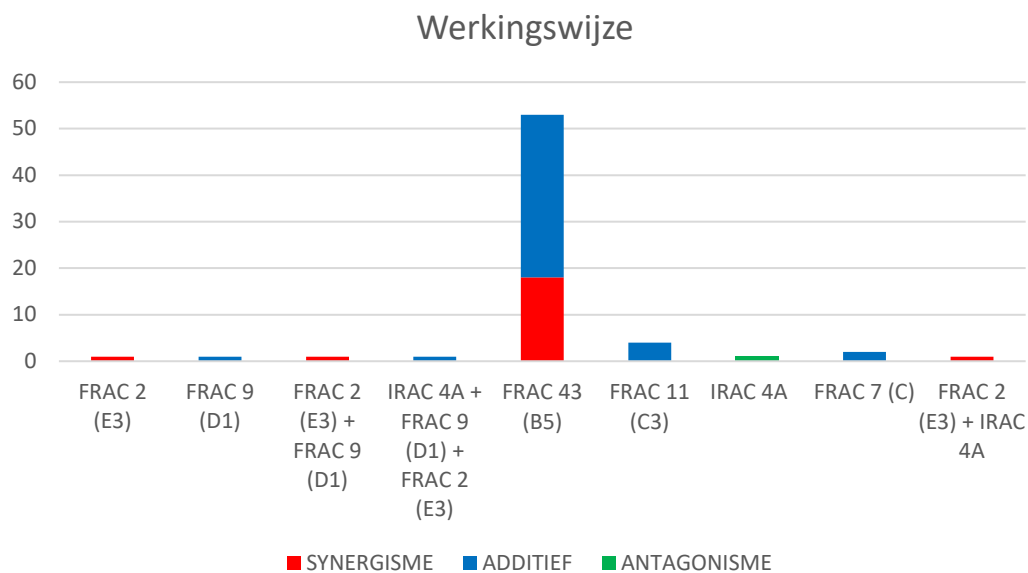
Figuur 21

Interactie types voor pyraclostrobine



Figuur 22

Werkingswijzen gecombineerd met pyraclostrobine en interactietypes



Op basis van chemische klasse vertoont pyraclostrobine synergetische interacties met de volgende chemische families of combinaties:

- dicarboximiden (DICARB);
- dicarboximiden + anilino-pyrimidinen (DICARB + APYR);
- pyridinylmethylbenzamiden (PMBENZA);
- dicarboximiden + neonicotinoïden (DICARB + NEO).

Pyraclostrobine vertoont antagonistische interacties met de volgende chemische families of combinaties:

- dicarboximide + anilino-pyrimidine + neonicotinoïden (DICARB + APYR + NEO);
- neonicotinoïden (NEO).

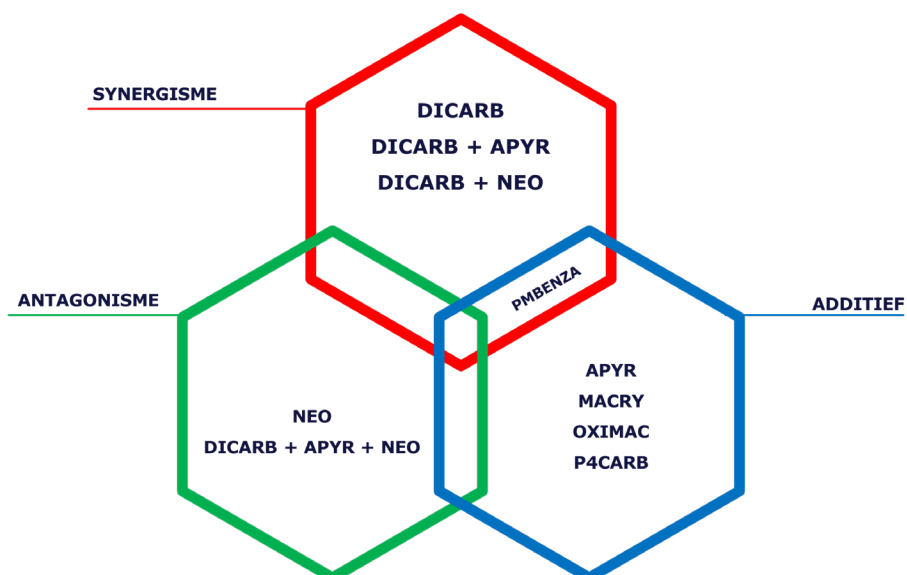
Pyraclostrobine vertoont additieve interacties met de volgende chemische families of combinaties:

- anilino-pyrimidinen (APYR);
- pyridinylmethylbenzamiden (PMBENZA);
- methoxy-acrylaten (MACRY);
- oximino-acetaten (OXIMAC);
- pyrazool-4-carboxamiden (P4CARB).

Figuur 23 geeft een schematisch overzicht van de interacties met verschillende chemische klassen.

Figuur 23

Venn diagram interacties pyraclostrobine met chemische families



Puur op basis van chemische klasse is het niet mogelijk een voorspelling te maken met betrekking tot het type interactie tussen pyraclostrobine + pesticide. Terwijl pyraclostrobine + dicarb, pyraclostrobine + dicarb + apyr of pyraclostrobine + dicarb + neo, synergetische interacties vertonen, is de combinatie pyraclostrobine + DICARB + APYR + NEO antagonistisch in hetzelfde organisme (zebravis) (Y. Wang et al., 2018).

7. Discussie en conclusies

7.1. Discussie

7.1.1. Reflectie onderzoeksmethode

In dit onderzoek zijn vijf pesticiden geselecteerd welke voor alle deelonderzoeken relevante resultaten opleverden. Dit onderzoek heeft een overzicht opgeleverd van wetenschappelijke informatie over effecten van een selectie van de in de lelieteelt in Nederland wettelijk toegelaten pesticiden op ecosystemen in de omgeving van de teeltvelden. Er zijn resultaten verzameld met betrekking tot migratie, degradatie, effecten en als laatste gecombineerde effecten oftewel cocktail-effecten van tebuconazool, deltamethrin, acetamiprid, pendimethalin en pyraclostrobine. Alleen voor pendimethalin werden geen studies gevonden op het vlak van cocktail-effecten.

Aanvankelijk is voor dit onderzoek een tijdsperiode van 15 jaar voor te selecteren wetenschappelijke artikelen vastgesteld. Dit leidde echter in het deelonderzoek van effecten op ecosystemen tot een dermate grote hoeveelheid documenten dat voor dit deelonderzoek (ecosysteem effecten) alsnog nader is ingeperkt tot de laatste vijf jaar. Deze korte tijdsperiode leverde ruim voldoende bruikbare resultaten op. Verder is een toename te zien in het aantal onderzoeken in de laatste 5 jaar ten opzichte van de 10 jaar daarvoor, waardoor mogelijk meer relevante resultaten verkregen worden uit deze laatste 5 jaar. Ook zijn ter beperking van de grote aantallen documenten nadere selecties gemaakt, die per deelvraag verschillend zijn geweest. Door deze manier van onderzoek kan eenvoudig relevante literatuur worden gemist. Het verder screenen van de artikelen berust geheel op het oordeel van de onderzoeker en maakt hierdoor de methode minder reproduceerbaar.

Het inzicht in optreden van effecten bij non-target organismen zou vergroot kunnen worden door een grotere tijdsperiode te kiezen. Voor pendimethalin en pyraclostrobine zijn relatief weinig artikelen gevonden voor ecosysteemeffecten in deze tijdsperiode, bij het vooronderzoek werd al duidelijk dat deze twee pesticiden relatief weinig resultaten zouden opleveren.

In dit onderzoek is er een beperkt aantal pesticiden meegenomen. Het inzicht in optredende effecten door pesticiden welke gebruikt worden in de Nederlandse lelieteelt kan nog vergroot kan worden door meer pesticiden mee te nemen. Een nevendoelstelling van dit onderzoek was om een methode te presenteren waarmee vervolgonderzoek gedaan kan worden naar de overige stoffen of stoffen die buiten de lelieteelt worden gebruikt. De toegepaste methodiek leent zich dus om verder onderzoek op een later moment te vervolgen. De keus is gevallen op pesticiden die volgens de PPDB- database een middel tot hoog ecotoxicologisch risico vormen voor ecosystemen én die de meeste relevante artikelen voor de verschillende deelonderzoeken opleverden. Stoffen waarvoor de meeste literatuur is gevonden zijn uiteindelijk geselecteerd. Dit wil niet zeggen dat effecten van andere stoffen per sé minder zijn, maar dat er nog weinig onderzoek of onderzoek binnen de gekozen tijdsperiode naar gedaan is.

Om zo een zo groot mogelijke diversiteit aan effecten terug te vinden zijn stoffen uitgekozen met een verschillende wijze van gebruik en afkomstig uit verschillende chemische klassen. Doordat alleen is

gekeken naar de wettelijk toegelaten stoffen en stoffen met een hoge lethaliteit (lage LD50) is onder andere glyphosaat uitgesloten. Dit is een van de meest toegepaste stoffen waarover ook veel onderzoek is gedaan, welke we nog jaren in het milieu kunnen aantreffen. Het was wellicht interessanter geweest om deze stof niet uit te sluiten en deze in plaats van deltamethrin mee te nemen. Deltamethrin is weliswaar erg toxisch, maar wordt relatief weinig toegepast in Nederland (6 kg/ha/jaar).

Bij het deelonderzoek naar cocktail-effecten werd enkel gekeken naar de pure stof oftewel het actieve ingrediënt van pesticiden. In de praktijk worden echter vaak additieven, zoals nanodeeltjes en boosters, toegevoegd die de absorptie en effectiviteit van pesticiden verhogen. Deze boosters kunnen ook mogelijk nog van invloed zijn op de residuele toxiciteit. Er is weinig data beschikbaar over het effect van boosters in combinatie met degradatieproducten afkomstig van pesticiden. In het deelonderzoek over effecten op ecosystemen zijn studies meegenomen waarin zowel alleen het actieve ingrediënt gebruikt is als het commerciële product. Het actieve ingrediënt wordt gebruikt met als reden dat gevonden effecten dan niet veroorzaakt kunnen worden door andere additieven (Y. Wang et al., 2018). Andere testen worden juist gedaan met het commerciële product om de echte situatie zoveel mogelijk na te bootsen (Renaud et al., 2018). De focus bij dit deelonderzoek ligt op effecten veroorzaakt door pesticiden welke in het veld gebruikt worden, hierbij is het van minder belang dat deze effecten door het actieve ingrediënt of additieven van het commerciële product veroorzaakt worden.

7.1.2. Migratie

Migratie via de lucht

Pesticiden belanden initieel grotendeels op het beoogde akkerveld, maar niet in alle gevallen. 'Spray drift' of 'dust drift' wordt bij vrijwel alle onderzochte pesticiden genoemd als één mogelijke bron van verspreiding. Pyraclostrobine is hierop de enige uitzondering. In de geraadpleegde literatuur werden geen indicaties gevonden van de afstand die deze pesticiden daarbij kunnen afleggen, hetgeen verklaard kan worden doordat het in de praktijk bijzonder lastig is bij een meting aan de lucht vast te stellen waar de deeltjes precies vandaan zijn gekomen. Daarnaast speelt de windsnelheid tijdens het sproeien uiteraard een grote rol.

Migratie via afspoeling

Verspreiding via afspoeling (regen of drainage van de toplaag) komt vaak voor, met uitzondering van pendimethalin. Dit kan enerzijds in opgeloste vorm (acetamiprid) of gehecht aan bodemdeeltjes (tebuconazool, deltamethrin, pyraclostrobine). De mobiliteit van acetamiprid wordt verhoogd bij zure bodems met een hoog humusgehalte. De afstand die pesticiden op deze wijze kunnen afleggen zijn in principe onbeperkt, al wordt hier in de geraadpleegde literatuur geen nadere expliciete uitspraken over gedaan.

Migratie via uitspoeling

Tebuconazool kan uitspoelen naar het grondwater in poreuze bodems met een laag humusgehalte. De overige stoffen worden geacht dit niet te doen op basis van hun eigenschappen.

Migratie via overige paden

Alleen bij acetamiprid wordt gesproken over verspreiding via non-target organismen. Mogelijk kan dit verklaard worden omdat er veel recent onderzoek wordt gedaan naar neonicotinoïden in relatie tot bijensterfte.

Toepasbaarheid op de Nederlandse situatie

Elk teeltgebied is anders. Zo is de nabijheid van oppervlaktewater (slootjes, vennen, meertjes, rivieren) bepalend voor de kans op uitspoeling naar deze wateren. De samenstelling van de bodem is sterk bepalend voor de kans op uitspoeling naar het grondwater: zo zal bij een humusarme zandgrond de uitspoeling van tebuconazool groter zijn dan op een humusrijke grond. Maar op diezelfde humusrijke grond zal acetamiprid dan weer makkelijker via uitspoeling migreren. Met andere woorden: er zijn geen algemene regels op te stellen voor de migratiemogelijkheden van pesticiden in het algemeen in relatie tot de aard van de teeltvelden.

Wat wel een groot verschil kan uitmaken zijn de weersomstandigheden tijdens en kort na het aanbrengen van de stoffen. Pesticiden spuiten op een winderige dag vergroot de kans op 'spray drift' en als er binnen enkele dagen na het aanbrengen forse regenbuien worden verwacht, dan vergroot dit de kans op afspoeling aanzienlijk. Dit is dus iets waar een teler rekening mee dient te houden.

Uit het veldonderzoek dat de opdrachtgever zelf heeft laten uitvoeren is in elk geval gebleken dat de migratie van pesticiden vanuit de oorspronkelijke teeltvelden zeker niet denkbeeldig is: er zijn veel pesticiden in allerlei verschillende concentraties aangetroffen in de natuurgebieden in de omgeving van de teeltvelden.

7.1.3. Degradatie**Biodegradatie (microbieel)**

Afbraak van pesticiden komt vooral voor rekening van bacteriën. Dit geldt voor alle onderzochte stoffen. De bodemgesteldheid (structuur, vochtgehalte, pH) kan hierbij de afbraaksnelheid beïnvloeden, als ook de aan- of afwezigheid van bepaalde metaalionen. Dit verschilt sterk per stof. Ook maakt het veel verschil uit welke bacterieculturen aanwezig zijn. Naast bacteriën kunnen schimmels (acetamiprid, pendimethalin) en gisten (acetamiprid) een rol spelen. Deze komen vooral naar boven in onderzoeken die ingaan op waterzuiveringsmethoden. Er is geen nader onderzoek verricht binnen deze studie om na te gaan in hoeverre de bacterieculturen en schimmels die in de bestudeerde literatuur worden genoemd ook in de Nederlandse akkers voorkomen.

Fotodegradatie

Afbraak door zonlicht (fotolyse) is een afbraakmechanisme dat bij vier stoffen is beschreven (deltamethrin, acetamiprid, pendimethalin en pyraclostrobine). Tebuconazool blijkt stabiel te zijn in zonlicht. Dit mechanisme werkt uiteraard alleen op de stof die is blootgesteld aan zonlicht (op plant, top van de bodem en in de bovenste lagen van oppervlaktewateren).

Overige chemische afbraak

Afbraak waarbij reacties plaatsvinden met in het milieu aanwezige stoffen (opgeloste metaalionen in water bijvoorbeeld), wordt enkel beschreven bij pyraclostrobine, waarbij wordt opgemerkt dat fotolyse veelal sneller verloopt en dat dit pad verwaarloosbaar is. Dit is op zich niet verwonderlijk aangezien alle onderzochte stoffen veelal lange complexe koolstofketens (of -ringen) bevatten die chemisch relatief stabiel zijn. Wel blijkt bij een aantal stoffen de microbiële afbraak sterk beïnvloed te kunnen worden bij aan- of afwezigheid van bepaalde metaalionen.

Metaboliëten

Enkel bij tebuconazool blijken de metaboliëten nog steeds een grote ecotoxiciteit te hebben, aangezien de metaboliëten veelal ook triazolen zijn (met wisselende toxiciteit). Bij de overige onderzochte stoffen werden geen uitspraken gedaan dat de metaboliëten de toxische eigenschappen van de moederstof behouden, verergeren of dat de metaboliëten vanuit ecologisch oogpunt onschadelijk zouden zijn.

7.1.4. Effecten op ecosystemen

Veelal worden effecten gezien bij bodemorganismen, waarbij afname van populaties alsmede veranderingen in structuren binnen een microbiële gemeenschap, bijvoorbeeld qua soortendominantie, gevonden zijn. Er is echter onduidelijkheid over welke variaties binnen microbiële gemeenschappen als normaal beschouwd kunnen worden, zoals voor bijvoorbeeld bacteriële diversiteit. Dit maakt interpretatie van data met betrekking tot risico's in de praktijksituatie lastig (Storck et al., 2018).

Veruit de meeste gevonden studies zijn labstudies, in maar een beperkt aantal studies is veldonderzoek gedaan. Voor labstudies is door middel van het gebruikte organisme een vertaling gemaakt naar het compartiment waar het organisme voorkomt. Labstudies kunnen echter niet zomaar geëxtrapoleerd worden naar situaties in het veld. In het veld is een grotere variatie in omstandigheden te zien. Weersomstandigheden kunnen variëren van jaar tot jaar, waardoor populatie-omvang van bijvoorbeeld insecten kan verschillen alsmede effecten welke veroorzaakt worden door pesticiden (Shearer et al., 2016). Verder zijn veldstudies met betrekking tot uitvoering van het onderzoek ook afhankelijk van deze lokale omstandigheden, zoals aanwezigheid van pollen en nectar voor bijen (da Costa Domingues et al., 2022). Verspreiding alsmede verdunning van een pesticide in water is onder andere afhankelijk van

stroming en temperatuur (Strachan & Kennedy, 2021). Ook heeft de grondsoort invloed op de mate van effect (Jaabiri Kamoun et al., 2018). Duidelijk is dus dat lokale omstandigheden invloed hebben op mate en voorkomen van effecten van pesticiden in de praktijk. Alhoewel bij screenen van labstudies gelet is op gebruik van concentraties pesticiden welke in het veld kunnen voorkomen kan het zo zijn dat concentraties anders zijn in en per praktijksituatie alsmede andere effecten veroorzaken door andere lokale omstandigheden op dat moment.

Uit labstudies en een paar veldstudies afkomstig uit wetenschappelijk onderzoek blijkt dat de vijf voor dit onderzoek geselecteerde pesticiden directe en indirecte effecten kunnen veroorzaken op organismen anders dan waar het pesticide voor bedoeld is. Verder kunnen deze effecten mogelijk gevolgen hebben op populatie- en ecosysteemniveau. Onzekerheid bestaat hierbij of deze effecten zullen optreden in praktijksituaties alsmede in bepaalde ecosystemen, zoals ecosystemen in de omgeving van de lelieteeltvelden in Drenthe. Duidelijk is echter wel dat effecten worden gezien bij een diversiteit aan non-target organismen welke vergelijkbaar zijn met organismen die voorkomen in natuurgebieden in de omgeving van de teeltvelden. Een potentieel risico voor organismen in deze ecosystemen is dan ook niet uit te sluiten.

7.1.5. Cocktaileffecten

Het doel van dit deelonderzoek was om de kennis over de effecten van cocktails of mengsels van acetamiprid, deltamethrin, pyraclostrobine, tebuconazool en pendimethalin te beschrijven. Uit de meeste studies blijkt dat onderzoek zich voornamelijk concentreert op binaire mengsels, terwijl in de realiteit meerdere types pesticiden worden ingezet.

Uit de verschillende resultaten blijkt dat mengsels van pesticiden op verschillende manieren op elkaar inwerken op een synergetische, antagonistische of additieve manier. Er wordt echter niet altijd onderzocht hoe dit tot stand komt. Enkele studies hebben wel reeds aangetoond dat dit onder meer het gevolg kan zijn van de effecten van pesticiden op genregulatie en expressie, wat synergie of antagonisme kan veroorzaken (Y. Wang et al., 2018, 2022).

Bovendien blijkt uit deze literatuurstudie dat het effect op organismen van elk pesticidemengsel kan verschillen in functie van de werkingswijze van de pesticiden, de chemische verbinding zelf, de concentratie of dosis en het doelwit. Zo blijkt bijvoorbeeld uit de studie van L. Cheng et al. (2020) dat het voorkomen van synergie of antagonisme van pesticiden in combinatie met acetamiprid afhankelijk is van het doelwit en concentratie. Zo vertoont het mengsel imidacloprid + acetamiprid antagonistische eigenschappen voor SK-N-SH-cellen maar synergetische eigenschappen bij lage concentraties < 50 mg/L voor Sf-9 cellen.

Bijzonder ook aan de mengsels acetamiprid + fungicide is dat in de studie van Y. Wang et al. (2018) een equitoxisch mengsel acetamiprid + pyraclostrobine antagonistische effecten vertoont, terwijl een equitoxisch ternair mengsel van acetamiprid + pyraclostrobine + iprodione dan weer synergetische vertoont. Andere studies duiden ook op het feit dat klasse IRAC 4 insecticiden gecombineerd met FRAC

11 (C3) fungiciden een antagonistisch effect veroorzaken (Tamburini et al., 2021). Uit de studie van Tüzmen et al., 2007 blijkt dat het effect van de combinatie van deltamethrin met chlorpyrifos voornamelijk afhangt van het doelwit. Zo werd er synergisme gevonden in het geval van katalase productie in ratten hersenen, maar antagonisme wanneer gekeken werd naar lipide peroxidatie. Wat betreft pyraclostrobine, komt uit de studie van W. qiao Wang et al., 2014 de concentratiegevoeligheid naar voor de verschillende pesticiden in een mengsel. Zo vertoont een ratio fluopicolide:pyraclostrobine van 10:1 synergetische effecten, maar gedraagt een 1:10 mengsel zich volgens additiviteit.

Op basis van chemische families lijkt het erop dat dat combinaties van chemische families van pesticiden effecten ontlokken in verschillende categorieën. Deze effecten zijn dan ook verbinding specifiek. Zo veroorzaakt tebuconazool in combinatie met neonicotinoïden verschillende types interacties. Een mengsel tebuconazool in combinatie met thiamethoxam resulteert in synergie terwijl een combinatie van tebuconazool met imidacloprid (een andere neonicotinoïde) resulteert in additiviteit of antagonisme (X. Li et al., 2020; Raby et al., 2019).

Deze literatuurstudie toont aan dat de analyse van pesticide mengsels of cocktails heel complex is. Niettegenstaande dat zowel werkingswijze, chemische families als organismen/doelwitten een invloed hebben op het type interactie, zal in het veld de situatie nog complexer zijn door de aanwezigheid van veel andere en verscheidene chemische contaminanten of natuurlijk voorkomende stoffen, die op hun beurt ook weer interactie kunnen vertonen.

Wat betreft de onderzoeksmethode dient wel genoteerd te worden dat verschillende onderzoeken verschillende analysemethoden hebben aangewend om te bepalen welk type interactie er voorkomt. Tevens is het aantal studies op pure stoffen schaars. Dit maakt dat er bijkomend onderzoek nodig is om verdere verbanden te valideren.

7.1.6. Vertaling van resultaten naar praktijksituatie

Vertaling van de resultaten naar een veldsituatie is moeilijk. De meeste studies worden uitgevoerd in gecontroleerde laboratoriumcondities. In de realiteit is er geen controlegroep en komen pesticiden in contact met talrijke chemicaliën waarvan de combinatie effecten niet bestudeerd of gekend zijn.

In het veld is een grotere variatie in omstandigheden te zien. Weersomstandigheden kunnen variëren van jaar tot jaar, waardoor populatie-omvang van bijvoorbeeld insecten en de effecten welke veroorzaakt worden door pesticiden kunnen verschillen (da Costa Domingues et al., 2022; Shearer et al., 2016). Verspreiding en verdunning van een pesticide in water is onder andere afhankelijk van stroming en temperatuur (Strachan & Kennedy, 2021). Ook heeft de grondsoort invloed op de mate van effect (Jaabiri Kamoun et al., 2018). Duidelijk is dus dat lokale omstandigheden invloed hebben op de mate en voorkomen van effecten van pesticiden in de praktijk. Bij het screenen van labstudies is gelet op gebruik van concentraties pesticiden welke in het veld kunnen voorkomen. Toch kan het zo zijn dat

concentraties anders zijn in specifieke praktijksituaties en ook andere effecten kunnen veroorzaken door andere lokale omstandigheden op dat moment.

Doordat vijf stoffen zijn geselecteerd op basis van een hele set aan selectiecriteria is het overzicht dat hiermee is gegenereerd nog steeds relatief klein ten opzichte van de grote hoofdvraag welke kijkt naar de gehele Nederlandse lelieteelt. In de Nederlandse lelieteelt zijn in het recente verleden ruim 40 stoffen gebruikt. De toepasbaarheid op een concrete veldsituatie is daarmee ook ingeperkt. Het is immers op voorhand lastig om vast te stellen welke exacte pesticiden een teler voornemens is in te zetten. Deze informatie is veelal ook achteraf niet te verkrijgen omdat de telers niet verplicht zijn deze gegevens te delen.

De mate van verspreiding en het ontstaan van effecten hangt voor een groot deel af van de wijze van gebruik van pesticiden, vooral met betrekking tot weersomstandigheden. Pesticiden spuiten op een winderige dag vergroot de kans op 'spray drift'. Als er binnen enkele dagen na het aanbrengen forse regenbuien worden verwacht, dan vergroot dit de kans op afspoeling aanzienlijk.

Er zijn weinig studies gevonden die indirecte effecten van geselecteerde pesticiden onderzoeken. Met betrekking tot directe effecten is wel een redelijk aantal resultaten verkregen, maar er is nog een grote mate van onzekerheid wat vervolgens indirecte effecten zijn op andere organismen binnen een ecosysteem en daarmee de gevolgen voor ecosystemen zelf.

Bij het afbakenen van het onderzoek is besloten de tweede vraag van de opdrachtgever, het duiden van deze resultaten in de context van het proces van het vergunnen van dit type landbouwactiviteit, buiten beschouwing te laten. Op basis van de gevonden resultaten kan wel worden gereflecteerd op de resultaten van dit onderzoek in het kader van de milieuwetgeving. De lelieteeltvelden in Drenthe bevinden zich in de nabijheid van Natura2000 gebieden zoals het Holtingerveld. Dit houdt in dat op basis van artikel 6 van de Habitatrictlijn vereisten zijn ter bescherming van deze Natura2000-gebieden. Uit artikel 6 van de Habitatrictlijn komt het voorzorgsbeginsel voort. Dit om snel maatregelen te kunnen nemen als er nog enige mate van onzekerheid is, maar wel een gegrond vermoeden bestaat van mogelijk schadelijke gevolgen voor het milieu. Alhoewel organismen welke gebruikt zijn in gevonden studies, zoals zebnavissen, niet voorkomen in ecosystemen in de nabijheid van lelieteeltvelden in Drenthe, is een potentieel risico voor organismen in deze ecosystemen niet uit te sluiten. Uit dit onderzoek komt duidelijk naar voren dat effecten optreden bij een verscheidenheid aan organismen welke vergelijkbaar zijn met organismen welke voorkomen in natuurgebieden in de omgeving van de teeltvelden. Verder is er wetenschappelijke consensus over de wereldwijde achteruitgang in biodiversiteit als gevolg van menselijke activiteit. Toepassing van het voorzorgsbeginsel ter preventie van mogelijke schadelijke gevolgen voor non-target organismen en ecosystemen lijkt hier dus gerechtvaardigd. Dit betekent dat er nadere eisen gesteld zouden moeten worden aan het gebruik van pesticiden in de omgeving van beschermde natuurgebieden.

Verder is de veelgebruikte stelling dat pesticiden noodzakelijk zouden zijn voor de voedselzekerheid géén argument dat in het geval van lelieteelt kan worden gehanteerd. Lelies dienen namelijk slechts twee 'luxe' belangen: de esthetische waarde die de consument eraan ontleent en het daarop gebaseerde economische verdienmodel van de telers.

7.1.7. Kennishiaten

Uit dit onderzoek komen de volgende kennishiaten naar voren:

- Er is een gebrek aan informatie over het doelorgaan en/of werkingsmechanisme van sommige stoffen;
- Er is een tekort aan kennis over de effecten van pesticiden op verscheidene organismen, meestal worden dezelfde organismen gebruikt zoals bijen en watervlooien;
- Er is weinig informatie bekend over de ecotoxicologische eigenschappen van pesticidemengsels;
- De toxicologische kennis van pesticidemengsels is beperkt tot gevallen waar pesticiden gelijktijdig worden gebruikt/gemengd. Er wordt geen rekening gehouden met sequentiële toepassing en de gevolgen hiervan met betrekking tot mengseltoxiciteit;
- Studies gaan vaak uit van binaire mengsels terwijl in de realiteit vaak soms mengsels van meer dan 30 soorten pesticiden worden aangetroffen (Weisner et al., 2021);
- Studies beperken zich vaak tot lethale eindpunten. Over de chronische effecten van concentraties onder de No Observed Adverse Effect Level (NOAEL) is weinig bekend;
- Er is weinig informatie beschikbaar over de combinatie van pesticiden met niet-pesticide chemicaliën.

7.2. Conclusies

De eerste deelvraag van dit onderzoek betreft het maken van een selectie. Deze is uitgebreid toegelicht bij het hoofdstuk "Methode" en behoeft geen nadere conclusies.

7.2.1. Migratie

De tweede deelvraag in dit onderzoek luidt: "Wat is er bekend over de migratie van deze middelen in de natuur?". Het uitgevoerde literatuuronderzoek laat zien dat de degradatiesnelheid uiterst relevant is voor de kans op migratie naar het omringende milieu. Een persistente stof, ofwel een stof met een zeer lange afbraaktijd onder veldcondities, heeft meer kans zich te verspreiden dan een stof die snel wordt afgebroken. De wijze en snelheid waarop deze migratie naar het omringende milieu kan plaatsvinden is sterk afhankelijk van abiotische eigenschappen zoals adsorptievermogen en mate van wateroplosbaarheid. Er zijn drie migratiepaden: via de lucht, via water en via organismen. Het laatste pad wordt nauwelijks beschreven in de bestudeerde literatuur (enkel voor neonicotinoïden). Migratie via de lucht vindt vooral plaats door 'spray drift', ofwel het verspreiden van het middel buiten het doelgebied als gevolg van wind tijdens het sproeien. Verdamping van de stof na aanbrengen wordt ook beschreven als een mogelijkheid en is in dit onderzoek gevonden bij pendimethalin. 'Dust drift', ofwel verspreiding van de stoffen door winderosie van bodemdeeltjes, is eveneens een mogelijke route die wordt genoemd voor migratie ná het aanbrengen van de stof.

Migratie van pesticiden via water, door afspoeling tijdens (hevige) regen of door uitspoeling naar het grondwater, is de meest beschreven route. Voor hydrofiële pesticiden is er sprake van het oplossen van de stof in water, waarbij uitspoeling naar grondwater waarschijnlijker is. Voor hydrofobe pesticiden worden bodemdeeltjes waaraan de pesticiden zich hebben gehecht (adsorptie) via water verplaatst, vooral via afspoeling door regen.

Tabel 8

Overzicht migratie per stof op basis van literatuuronderzoek

Stof	Migratie	Bepalende factoren migratie
Tebuconazool	S, A, U	Humusgehalte, Bodemstructuur
Deltamethrin	S, A	Bodemstructuur
Acetamiprid	S, A, U	Humusgehalte, pH
Pendimethalin	S, V	Windsnelheid
Pyraclostrobin	A	Bodemstructuur

Toelichting bij de tabel: S: Spray Drift, A: Afspoeling, U: Uitspoeling, V: Verdamping

7.2.2. Degradatie

De derde deelvraag in dit onderzoek luidt: "Wat is er bekend over de biologische afbraak van deze middelen in de natuur?". Het uitgevoerde literatuuronderzoek laat zien dat er drie manieren zijn waarop pesticiden kunnen worden afgebroken: biodegradatie (microbieel), fotolyse (zonlicht) en hydrolyse (chemische reacties met andere stoffen). Hierbij lijkt de hoofdrol weggelegd te zijn voor biodegradatie door bacteriën, schimmels en soms gisten. Fotolyse is voor een aantal pesticiden ook mogelijk, maar dit heeft logischerwijs een beperkt bereik (de zon moet schijnen en de stof moet aan de oppervlakte van de plant, bodem of water zijn). Hydrolyse speelt een ondergeschikte rol, hoewel de aanwezigheid van bepaalde metaalionen de biodegradatiesnelheid aanzienlijk kan beïnvloeden, en ook factoren zoals vochtigheid en zuurgraad. Dit laatste kan worden verklaard door de chemische samenstelling van de meeste pesticiden: lange koolwaterstofketens of complexe ringstructuren, die chemisch erg stabiel zijn. De degradatiesnelheid is uiterst relevant voor de kans op migratie naar het omringende milieu. Een persistente stof, ofwel een stof met een zeer lange afbraaktijd onder veldcondities, heeft meer kans zich te verspreiden dan een stof die snel wordt afgebroken.

Tabel 9

Overzicht degradatie per stof op basis van literatuuronderzoek

Stof	Persistentie	Degradatie	Bepalende factoren degradatie
Tebuconazool	Gemiddeld	B	Humusgehalte Frequentie van aanbrengen
Deltamethrin	Gemiddeld	F, B	Humusgehalte, bodemstructuur, koperionen
Acetamiprid	Zeer	F, B	Humusgehalte, pH, temperatuur en metaalionen
Pendimethalin	Zeer	B	Humusgehalte, vochtigheid, metaalionen, aanwezigheid andere pesticiden
Pyraclostrobin	Persistent	F, B	pH

Alle onderzochte stoffen zijn gemiddeld tot zeer persistent. Het blijkt dat voor alle stoffen het gehalte aan organische stof (humusgehalte), de bodemstructuur en de pH van invloed kunnen zijn op de degradatiesnelheid. Sommige stoffen zijn ook gevoelig voor de aanwezigheid van bepaalde metaalionen. Die invloeden zijn niet voor alle stoffen gelijk. Bij één stof is het (negatieve) effect van de aanwezigheid van andere pesticiden in de bodem op het degradatieproces onderzocht en aangetoond.

Bij tebuconazool en acetamiprid zijn verschillen aangetroffen qua classificatie van de persistentie in de database (PPDB) die als uitgangspunt is gehanteerd en de gevonden literatuur. Hetzelfde geldt voor het degradatiepotentieel van acetamiprid door fotolyse. Aangezien in beide gevallen de oorzaak van dit verschil niet valt te achterhalen (de bronnen die zijn gebruikt voor de PPDB zijn niet openbaar), maakt dat er met de nodige voorzichtigheid gekeken dient te worden naar dit soort databases en dat een verificatie in de beschikbare literatuur van hetgeen daar wordt aangetroffen niet altijd hetzelfde resultaat zal opleveren. Dit is ook een van de redenen waarom op Europees niveau dit soort stoffen periodiek opnieuw wordt beoordeeld, omdat voortschrijdend inzicht door wetenschappelijk onderzoek aanleiding kan geven om de toelating van bepaalde stoffen te herzien.

7.2.3. Effecten op ecosystemen

De vierde deelvraag van dit onderzoek luidt: "Wat is er bekend over de effecten van de afzonderlijke middelen op ecosystemen?". Bij concentraties welke ook mogelijk in de omgeving kunnen voorkomen zijn effecten gevonden bij non-target organismen voor tebuconazool, deltamethrin, acetamiprid, pendimethalin en pyraclostrobine. Ook worden effecten gezien bij organismen welke niet gerelateerd zijn aan de doelorganismen van het pesticide. Bij tebuconazool zijn effecten gezien bij planten, terwijl tebuconazool een fungicide gericht tegen schimmels is. Deltamethrin geeft effecten bij zoogdieren en amfibieën. Verder zijn voor pyraclostrobine, een fungicide, effecten te zien bij bacteriën welke zich in de bodem bevinden. De lethaliteit, de mate waarin dodelijke effecten optreden, is verschillend tussen de vijf pesticiden. Vooral bij deltamethrin worden vaker lethale effecten gezien, ook bij grotere organismen zoals kikkers en muizen. Voor pendimethalin zijn alleen sublethale effecten gevonden, zoals verstoring van de immunrespons.

Negatieve effecten zijn te zien over meerdere generaties. Gevonden effecten zijn nadelig voor reproductie, productie en overleving van nageslacht, en parasitair vermogen.

Op het niveau van populatie en ecosysteem zijn vooral effecten te zien welke betrekking hebben op populatiegrootte. Een afname van populatiegrootte is te zien bij onder andere micro-organismen, insecten en zoogdieren. Een aantal van deze insecten is betrokken bij biologische bestrijding van insecten, mogelijk kan afname van populatiegrootte de effectiviteit van biologische bestrijding verminderen. Verder is voor deltamethrin een verminderd vermogen tot predatie van prooi-insecten aangetoond bij kruissspinnen, reuzenwaterwantsen en waterjuffers.

Onzekerheid is er wel over het daadwerkelijk optreden van effecten, alsmede de mate van effect, in praktijksituaties. Dit omdat in dit onderzoek vooral studies in een laboratoriumsetting zijn gevonden. Resultaten uit dit onderzoek geven echter ook aan dat effecten in praktijksituaties niet uit te sluiten zijn.

In de Nederlandse lelieteelt toegestane pesticiden kunnen een potentieel risico vormen voor non-target organismen en mogelijk voor ecosystemen in de omgeving van de lelieteeltvelden.

7.2.4. Cocktaileffecten

De vijfde en laatste deelvraag van dit onderzoek luidt: "Wat is er bekend over de effecten van gecombineerde middelen in de natuur (het 'cocktaileffect')?". Het bestuderen van de impact van pesticidecocktails is uiterst complex. Pesticiden kunnen op verschillende manieren interageren, volgens de verbinding zelf (chemische familie), de dosis/concentratie en het doelwit. Uit de resultaten valt niet altijd direct af te leiden wanneer een pesticide zal leiden tot synergie, additiviteit of antagonisme. Uit de analyse blijkt wel dat synergie vaak voorkomt met verscheidene chemische klassen voor zowel acetamiprid, tebuconazool, deltamethrin als pyraclostrobine. Dit is reden tot bezorgdheid omdat de huidige risicobeoordeling vaak uitgaat van enkelvoudige stoffen. Voor pendimethalin werden geen mengsel studies gevonden met pure pesticide stoffen. In de praktijk betekent dit dat in veldsituaties de gecombineerde toxiciteit vaak onderschat wordt, wat negatieve gevolgen kan hebben voor naburige ecosystemen in termen van biodiversiteit bijvoorbeeld.

8. Aanbevelingen

In dit onderzoek is naast een review van de wetenschappelijke literatuur gebruik gemaakt van één database over pesticiden die is samengesteld door een Britse universiteit. Er bestaan nog meer van dit soort databases. Deze zouden in een vervolgonderzoek naast elkaar gezet kunnen worden, waarbij er nadrukkelijk gekeken kan worden naar de redenen waarom databases verschillende gegevens hanteren, hoe dit verklaard kan worden en wat dit zegt over de betrouwbaarheid van deze databases in het beslissingsproces voor het gebruik van dit soort stoffen.

Opvallend is ook dat er bijzonder weinig onderzoek is aangetroffen waarin wordt gekeken naar de effecten van de combinatie van verschillende soorten pesticiden die in de loop van een plantseizoen over een akker worden uitgesproeid op degradatie. Dit maakt het bijzonder lastig om de daadwerkelijke praktijk te toetsen aan de informatie die beschikbaar is over individuele stoffen.

Pesticiden welke gebruikt worden en toegestaan zijn in de Nederlandse lelieteelt kunnen nadelige effecten veroorzaken bij non-target organismen. Deze effecten kunnen mogelijk gevolgen hebben op populatie- en ecosysteemniveau. Resultaten uit dit onderzoek geven aan dat toepassing van het voorzorgsbeginsel, voortkomend uit de Habitatrichtlijn, gerechtvaardigd is. Dit ter preventie van mogelijke schadelijke gevolgen voor non-target organismen alsmede ecosystemen. Het voorzorgsbeginsel maakt het mogelijk om snel maatregelen te kunnen nemen indien er nog enige mate van onzekerheid is maar wel een gegronde vermoeden van mogelijk schadelijke gevolgen voor het milieu is.

Inzicht in optreden van effecten bij non-target organismen kan nog vergroot worden door gebruikte onderzoeksmethode toe te passen op meer pesticiden en ook studies uit meer jaren mee te nemen.

Verder is meer inzicht nodig in het optreden van effecten op non-target organismen in praktijksituaties en moet het onderzoek uit het lab zijn weg vinden naar reële veldsituaties om een beter beeld te krijgen van daadwerkelijke effecten in de praktijk.

Gezien het complex karakter van pesticidemengsels is het raadzaam in de toekomst meer onderzoek uit te voeren naar de interactie tussen verschillende types pesticiden gebaseerd op de verbinding en de chemische familie waartoe ze behoren. Meer aandacht moet ook besteed worden aan de manier waarop pesticiden op verschillende doelorganismen inwerken, het cellulair metabolisme en ook hun cellulaire doelwitten. Hiervoor dient gebruik gemaakt te worden van zowel in vitro als in vivo modellen. Deze twee modellen zijn belangrijk om in de eerste plaats relatief snel mengselstudies te kunnen uitvoeren op celniveau (in vitro). Deze kunnen dan op basis van hun resultaat vertaald worden naar praktijkniveau via in vivo studies of veldstudies. Tot die tijd is het raadzaam om een beperking in te stellen op het aantal pesticiden (chemische klasse-type verbinding) dat gebruikt mag worden per teelt.

De huidige risicobeoordeling van pesticiden voor de omgeving is gebaseerd op het beoordelen van pesticideconcentraties met een aanvaardbaar risico. Dit is niet hetzelfde als "veilig voor de omgeving". Het lijkt daarom wenselijk om op educatief vlak opleidingen/voorlichting met betrekking tot risico's van pesticiden voor de omgeving te realiseren (Brühl & Zaller, 2019).

Voor het gebruik van pesticiden zijn een aantal handelingsperspectieven aan te dragen:

- Gezien de vele onzekerheden is het raadzaam het aantal pesticiden voor gebruik te beperken tot een aantal waarvan de toxicologische eigenschappen, zowel voor enkelvoudig gebruik als in mengsels, bekend zijn;
- Stel een bufferzone in van enkele kilometers rondom de beschermde natuurgebieden waarin geen pesticiden mogen worden toegepast;
- Meer onderzoek moet uitgevoerd worden naar sequentiële toepassing en chronische toxiciteit van pesticiden en hun mengsels bij concentraties onder de NOAEL;
- Het gebruik van gentechnologie en biomarkers in het onderzoek naar door pesticiden veroorzaakte effecten op non-target organismen en ecosystemen kan beter inzicht geven in de diversiteit aan effecten, zoals sublethale effecten, welke optreden;
- Voor het bestuderen effecten moet het daadwerkelijke gebruik (volume, gewicht, oppervlakte) van pesticiden beter in kaart gebracht worden en bijgehouden worden;
- Het gebruik van afgesloten teeltvelden voor de groei van lelies, zoals bijvoorbeeld kassen, kan een mogelijkheid zijn. Deze afgesloten teeltvelden zijn beter te controleren;
- Tot meer studieresultaten gekend zijn moet een "Mixture Assessment Factor" (MAF) factor van ten minste 10 toegepast worden (European Commission, 2020).

9. Literatuur

- Agriculture and Agri-Food Canada, & B.C. Ministry of Agriculture and the Investment Agriculture Foundation of BC. (n.d.). *Chemical Classification & Pesticide Resistance Management | BC Tree Fruit Production Guide*. Retrieved October 22, 2022, from <https://www.bctfpg.ca/resources/reference/chemical-classification-pesticide-resistance-management/>
- Ahmed, S., Asif, M. U., & Hassan, B. (2021). Toxicity of soil accumulated insecticides on the survival of *Isotoma decorata* (Brown, 1923) in laboratory. *International Journal of Pest Management*. <https://doi.org/10.1080/09670874.2021.1973689>
- Aiello, D., Giglio, A., Talarico, F., Vommaro, M. L., Tagarelli, A., & Napoli, A. (2022). Mass Spectrometry-Based Peptide Profiling of Haemolymph from *Pterostichus melas* Exposed to Pendimethalin Herbicide. *Molecules*, 27(14). <https://doi.org/10.3390/molecules27144645>
- Akhtar, Z. R., Tariq, K., Handler, A. M., Ali, A., Ullah, F., Ali, F., Zang, L. S., Gulzar, A., & Ali, S. (2021). Toxicological risk assessment of some commonly used insecticides on *Cotesia flavipes*, a larval parasitoid of the spotted stem borer *Chilo partellus*. *Ecotoxicology*, 30(3), 448–458. <https://doi.org/10.1007/s10646-021-02372-y>
- Aldana, M., de Prado, R., & Martinez, M. J. (2011). Leaching of oxadixil and tebuconazole in Colombian soil. In *Article in Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*. <https://www.researchgate.net/publication/227160346>
- Alister, C. A., Gomez, P. A., Rojas, S., & Kogan, M. (2009). Pendimethalin and oxyfluorfen degradation under two irrigation conditions over four years application. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 44(4), 337–343. <https://doi.org/10.1080/03601230902800986>
- Arora, S., Balotra, S., Pandey, G., & Kumar, A. (2017). Binary combinations of organophosphorus and synthetic pyrethroids are more potent acetylcholinesterase inhibitors than organophosphorus and carbamate mixtures: An in vitro assessment. *Toxicology Letters*, 268, 8–16. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2016.12.009>
- Baćmaga, M., Wyszowska, J., & Kucharski, J. (2021). Bacterial diversity and enzymatic activity in a soil recently treated with tebuconazole. *Ecological Indicators*, 123. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107373>
- Badawi, N., Rosenbom, A. E., Jensen, A. M. D., & Sørensen, S. R. (2016). Degradation and sorption of the fungicide tebuconazole in soils from golf greens. *Environmental Pollution*, 219, 368–378. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2016.10.045>
- Bantz, A., Camon, J., Froger, J.-A., Goven, D., Raymond, V., ré my Camon, J., & rie Raymond, V. (2018). *Exposure to sublethal doses of insecticide and their effects on insects at cellular and physiological levels*. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.09.008>
- Bartlett, A. J., Hedges, A. M., Intini, K. D., Brown, L. R., Maisonneuve, F. J., Robinson, S. A., Gillis, P. L., & de Solla, S. R. (2018). Lethal and sublethal toxicity of neonicotinoid and butenolide insecticides to the mayfly, *Hexagenia* spp. *Environmental Pollution*, 238, 63–75. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.03.004>
- Bartlett, A. J., Hedges, A. M., Intini, K. D., Brown, L. R., Maisonneuve, F. J., Robinson, S. A., Gillis, P. L., & de Solla, S. R. (2019). Acute and chronic toxicity of neonicotinoid and butenolide insecticides to the freshwater amphipod, *Hyalella azteca*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 175, 215–223. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.03.038>
- Beaumelle, L., Thouvenot, L., Hines, J., Jochum, M., Eisenhauer, N., & Phillips, H. R. P. (2021). Soil fauna diversity and chemical stressors: a review of knowledge gaps and roadmap for future research. *Ecography*, 44(6), 845–859. <https://doi.org/10.1111/ecog.05627>
- Berkhout, P. (n.d.). *Bestrijdingsmiddelen: gif of gewasbeschermingsmiddelen?* Retrieved September 15, 2022, from <https://www.wur.nl/nl/show-longread/Bestrijdingsmiddelen-gif-of-gewasbeschermingsmiddelen.htm>
- Birilli, W. G., da Silva, B. F., & Rodrigues-Filho, E. (2020). Biodegradation of the fungicide Pyraclostrobin by bacteria from orange cultivation plots. *Science of the Total Environment*, 746. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140968>
- Bonmatin, J. M., Giorio, C., Girolami, V., Goulson, D., Kreuzweiser, D. P., Krupke, C., Liess, M., Long, E., Marzaro, M., Mitchell, E. A., Noome, D. A., Simon-Delso, N., & Tapparo, A. (2015).

- Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1), 35–67. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3332-7>
- Boyd, K. M., Hesselberg, T., & Alexander, M. E. (2022). Determination of the functional response in the orb-weaving spider *Araneus diadematus* (Araneae: Araneidae) according to insecticide type. *Ecological Entomology*, 47(5), 791–800. <https://doi.org/10.1111/een.13169>
- Bragança, I., Mucha, A. P., Tomasino, M. P., Santos, F., Lemos, P. C., Delerue-Matos, C., & Domingues, V. F. (2019). Deltamethrin impact in a cabbage planted soil: Degradation and effect on microbial community structure. *Chemosphere*, 220, 1179–1186. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2019.01.004>
- Brühl, C. A., & Zaller, J. G. (2019). Biodiversity Decline as a Consequence of an Inappropriate Environmental Risk Assessment of Pesticides. *Frontiers in Environmental Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00177>
- Buijs, J., & Mantingh, M. (2022). *Onderzoek verspreiding bestrijdingsmiddelen in Drenthe en omstreken*. <https://www.metenweten.nl/files/2022-Onderzoek-verspreiding-bestrijdingsmiddelen.pdf>
- Čadková, E., Komárek, M., Kaliszová, R., Koudelková, V., Dvořák, J., Vaněk, A., Eva, E., Evačádková, E. E., Komárek, M., Kaliszová, R., Kaliszová, K., Koudelková, E., Koudelková, K., Jiř, J., Jiř, J., Dvořák, J., Dvoř, D., Dvořák, D., & Vaňek, A. S. (2012). Journal of Environmental Science and Health, Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes Sorption of tebuconazole onto selected soil minerals and humic acids Sorption of tebuconazole onto selected soil minerals and humic acids. *Journal of Environmental Science and Health*, 47, 336–342. <https://doi.org/10.1080/03601234.2012.640918>
- Capela, N., Sarmiento, A., Simões, S., Azevedo-Pereira, H. M. V. S., & Sousa, J. P. (2022). Sub-lethal doses of sulfoxaflor impair honey bee homing ability. *Science of the Total Environment*, 837. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155710>
- Cech, R. M., Jovanovic, S., Kegley, S., Hertoge, K., Leisch, F., & Zaller, J. G. (2022). Reducing overall herbicide use may reduce risks to humans but increase toxic loads to honeybees, earthworms and birds. *Environmental Sciences Europe*, 34(1). <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00622-2>
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2022a). *Gewasbeschermingsmiddelen in de landbouw; werkzame stof, gewas, toepassing*. https://opendata.cbs.nl/portal.html?_la=nl&_catalog=CBS&tableId=85130NED&_theme=229
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2022b, January 14). *Landbouw gebruikt minder gewasbeschermingsmiddelen*. <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2022/02/landbouw-gebruikt-minder-gewasbeschermingsmiddelen>
- Chen, X., He, S., Liang, Z., Li, Q. X., Yan, H., Hu, J., & Liu, X. (2018). Biodegradation of pyraclostrobin by two microbial communities from Hawaiian soils and metabolic mechanism. *Journal of Hazardous Materials*, 354, 225–230. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.04.067>
- Cheng, L., Lu, Y., Zhao, Z., Hoogenboom, R. L. A. P., Zhang, Q., Liu, X., Song, W., Guan, S., Song, W., & Rao, Q. (2020). Assessing the combined toxicity effects of three neonicotinoid pesticide mixtures on human neuroblastoma SK-N-SH and lepidopteran Sf-9 cells. *Food and Chemical Toxicology*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111632>
- Cheng, S., Lin, R., Lin, T., You, Y., Zeng, Z., Zhou, X., Zhou, Y., Jiang, H., Wei, H., Fu, J., & Yu, C. (2018). Effects of acetamiprid on life cycle development of predatory mite *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) after contact exposure. *Chemosphere*, 210, 889–895. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.07.096>
- Cheng, S., Lin, R., Zhang, N., Yuan, S., Zhou, X., Huang, J., Ren, X., Wang, S., Jiang, H., & Yu, C. (2018). Toxicity of six insecticides to predatory mite *Amblyseius cucumeris* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae) in- and off-field. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 161, 715–720. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.06.018>
- Chmíst, J., Szoszkiewicz, K., & Drożdżyński, D. (2019). Behavioural Responses of *Unio tumidus* Freshwater Mussels to Pesticide Contamination. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 77(3), 432–442. <https://doi.org/10.1007/s00244-019-00649-2>
- Christen, V., Crettaz, P., & Fent, K. (2014). Additive and synergistic antiandrogenic activities of mixtures of azol fungicides and vinclozolin. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 279(3), 455–466. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2014.06.025>
- Connell, D. W., Yu, Q. J., & Verma, V. (2016). Influence of exposure time on toxicity-An overview. In *Toxicology* (Vols. 355–356, pp. 49–53). Elsevier Ireland Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2016.05.015>

- Coors, A., Vollmar, P., Sacher, F., & Kehrer, A. (2018). Is there synergistic interaction between fungicides inhibiting different enzymes in the ergosterol biosynthesis pathway in toxicity tests with the green alga *Raphidocelis subcapitata*? *Ecotoxicology*, 27(7), 936–944. <https://doi.org/10.1007/s10646-018-1917-5>
- Cossi, P. F., Herbert, L. T., Yusseppone, M. S., Pérez, A. F., & Kristoff, G. (2020). Toxicity evaluation of the active ingredient acetamiprid and a commercial formulation (Assail® 70) on the non-target gastropod *Biomphalaria straminea* (Mollusca: Planorbidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 192. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110248>
- ctgb. (2022). *ctgb Toelatingenbank*. <https://toelatingen.ctgb.nl/nl/authorisations>
- Cuco, A. P., Abrantes, N., Gonçalves, F., Wolinska, J., & Castro, B. B. (2017). Interplay between fungicides and parasites: Tebuconazole, but not copper, suppresses infection in a *Daphnia-Metschnikowia* experimental model. *PLoS ONE*, 12(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172589>
- Cuco, A. P., Wolinska, J., Santos, J. I., Abrantes, N., Gonçalves, F. J. M., & Castro, B. B. (2020). Can parasites adapt to pollutants? A multigenerational experiment with a *Daphnia* × *Metschnikowia* model system exposed to the fungicide tebuconazole. *Aquatic Toxicology*, 226. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2020.105584>
- Cycoń, M., Żmijowska, A., & Piotrowska-Seget, Z. (2014). Enhancement of deltamethrin degradation by soil bioaugmentation with two different strains of *Serratia marcescens*. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11(5), 1305–1316. <https://doi.org/10.1007/s13762-013-0322-0>
- da Costa Domingues, C. E., Sarmiento, A. M. P., Capela, N. X. J., Costa, J. M., Mina, R. M. R., da Silva, A. A., Reis, A. R., Valente, C., Malaspina, O., Azevedo-Pereira, H. M. V. S., & Sousa, J. P. (2022). Monitoring the effects of field exposure of acetamiprid to honey bee colonies in Eucalyptus monoculture plantations. *Science of the Total Environment*, 844. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157030>
- de Armas, F. S., Dionei Grutzmacher, A., Edson Nava, D., Antonio Pasini, R., Rakes, M., & de Bastos Pazini, J. (2020). Non-target toxicity of nine agrochemicals toward larvae and adults of two generalist predators active in peach orchards. *Ecotoxicology*, 29(3), 327–339. <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02177-5>
- de Gerónimo, E., Aparicio, V. C., Bárbaro, S., Portocarrero, R., Jaime, S., & Costa, J. L. (2014). Presence of pesticides in surface water from four sub-basins in Argentina. *Chemosphere*, 107, 423–431. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2014.01.039>
- Demirci, Ö., & Güngördü, A. (2020). Evaluation of the biochemical effects of an acetamiprid-based insecticide on a non-target species, *Gambusia holbrooki*. *Water and Environment Journal*, 34(S1), 481–489. <https://doi.org/10.1111/wej.12549>
- Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J. M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. In *Annual Review of Entomology* (Vol. 52, pp. 81–106). <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440>
- Dupuy, C., Cabon, J., Louboutin, L., le Floch, S., Morin, T., & Danion, M. (2019). Cellular, humoral and molecular responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to a herbicide and subsequently infected with infectious hematopoietic necrosis virus. *Aquatic Toxicology*, 215, 105282. <https://doi.org/10.1016/J.AQUATOX.2019.105282>
- el Azhari, N., Dermou, E., Barnard, R. L., Storck, V., Tourna, M., Beguet, J., Karas, P. A., Lucini, L., Rouard, N., Botteri, L., Ferrari, F., Trevisan, M., Karpouzas, D. G., & Martin-Laurent, F. (2018). The dissipation and microbial ecotoxicity of tebuconazole and its transformation products in soil under standard laboratory and simulated winter conditions. *Science of The Total Environment*, 637–638, 892–906. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.05.088>
- Englert, D., Zubrod, J. P., Link, M., Mertins, S., Schulz, R., & Bundschuh, M. (2017). Does Waterborne Exposure Explain Effects Caused by Neonicotinoid-Contaminated Plant Material in Aquatic Systems? *Environmental Science & Technology*, 51(10), 5793–5802. <https://doi.org/10.1021/ACS.EST.7B00827>
- European Chemicals Agency. (2022). *Chemicals Database*. <https://echa.europa.eu/>
- European Commission. (2020). *Progress report on the assessment and management of combined exposures to multiple chemicals (chemical mixtures) and associated risks*. https://ec.europa.eu/environment/pdf/chemicals/2020/10/SWD_mixtures.pdf
- European Commission. (2022). *EU Pesticides database*. <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/active-substances>

- European Commission. Directorate General for Health & Consumers. (2013). *Toxicity and assessment of chemical mixtures*. European Commission. <https://data.europa.eu/doi/10.2772/21444>
- Farghaly, M. F. M., Zayed, S. M. A. D., & Soliman, S. M. (2013). Deltamethrin degradation and effects on soil microbial activity. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 48(7), 575–581. <https://doi.org/10.1080/03601234.2013.774900>
- Farkas, A., Somogyvári, D., Kovács, A. W., & Győri, J. (2021). *Physiological and metabolic alterations induced by commercial neonicotinoid formulations in Daphnia magna*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-429401/v1>
- Fungicide Resistance Action Committee. (2022). *FRAC Mode of Action Groups*. <https://www.frac.info/fungicide-resistance-management/by-frac-mode-of-action-group>
- Gebauer, P., Paschke, K., Vera, C., Toro, J. E., Pardo, M., & Urbina, M. (2017). Lethal and sub-lethal effects of commonly used anti-sea lice formulations on non-target crab *Metacarcinus edwardsii* larvae. *Chemosphere*, 185, 1019–1029. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.07.108>
- Gerlak, A. K., Heikkilä, T., Smolinski, S. L., Huitema, D., & Armitage, D. (2018). Learning our way out of environmental policy problems: a review of the scholarship. *Policy Sciences*, 51(3), 335–371. <https://doi.org/10.1007/s11077-017-9278-0>
- Giglio, A., Cavaliere, F., Giulianini, P. G., Kurtz, J., Vommaro, M. L., & Brandmayr, P. (2019). Continuous agrochemical treatments in agroecosystems can modify the effects of pendimethalin-based herbicide exposure on immunocompetence of a beneficial ground beetle. *Diversity*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/D11120241>
- Giglio, A., Vommaro, M. L., Gionechetti, F., & Pallavicini, A. (2021). Gut microbial community response to herbicide exposure in a ground beetle. *Journal of Applied Entomology*, 145(10), 986–1000. <https://doi.org/10.1111/jen.12919>
- Gobas, F. A. P. C., Lai, H. F., Mackay, D., Padilla, L. E., Goetz, A., & Jackson, S. H. (2018). AGRO-2014: A time dependent model for assessing the fate and food-web bioaccumulation of organic pesticides in farm ponds: Model testing and performance analysis. *Science of the Total Environment*, 639, 1324–1333. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.115>
- Goldberg, A. R., Biggins, D. E., Ramakrishnan, S., Bowser, J. W., Conway, C. J., Eads, D. A., & Wimsatt, J. (2022). Deltamethrin reduces survival of non-target small mammals. *Wildlife Research*. <https://doi.org/10.1071/WR21153>
- Gomes, S. I. L., Ammendola, A., Casini, S., & Amorim, M. J. B. (2021). Toxicity of fungicides to terrestrial non-target fauna – Formulated products versus active ingredients (azoxystrobin, cyproconazole, prothioconazole, tebuconazole) – A case study with *Enchytraeus crypticus* (Oligochaeta). *Science of the Total Environment*, 754. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142098>
- Gooijer, Y. M., Hoftijser, G. W., Lageschaar, L. C. C., Oerlemans, A., Scheepers, P. T. J., Kivits, C. M., Duyzer, J., Gerritsen-Ebben, M. G., Figueiredo, D. M., Huss, A., & others. (2019). *Research on exposure of residents to pesticides in the Netherlands: OBO flower bulbs= Onderzoek Bestrijdingsmiddelen en Omwonenden*.
- Guo, H., Yu, X., Liu, Z., Li, J., Ye, J., & Zha, Z. (2020). Deltamethrin transformation by *Bacillus thuringiensis* and the associated metabolic pathways. *Environment International*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106167>
- Gupta, S., Gajbhiye, V. T., & Gupta, R. K. (2008). Effect of light on the degradation of two neonicotinoids viz acetamiprid and thiacloprid in soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 81(2), 185–189. <https://doi.org/10.1007/s00128-008-9405-x>
- Haas, J., & Nauen, R. (2021). Pesticide risk assessment at the molecular level using honey bee cytochrome P450 enzymes: A complementary approach. *Environment International*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106372>
- Hameed, A., & Farooq, T. (2020). Triazole-Based Plant Growth-Regulating Agents: A Recent Update. *Advances in Triazole Chemistry*, 169–185. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817113-4.00008-1>
- Han, L., Kong, X., Xu, M., & Nie, J. (2021). Repeated exposure to fungicide tebuconazole alters the degradation characteristics, soil microbial community and functional profiles. *Environmental Pollution*, 287, 117660. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2021.117660>
- Han, W., Yang, Y., Gao, J., Zhao, D., Ren, C., Wang, S., Zhao, S., & Zhong, Y. (2019). Chronic toxicity and biochemical response of *Apis cerana cerana* (Hymenoptera: Apidae) exposed to acetamiprid and propiconazole alone or combined. *Ecotoxicology*, 28(4), 399–411. <https://doi.org/10.1007/s10646-019-02030-4>

- Harbi, A., Abbes, K., Sabater-Muñoz, B., Beitia, F., & Chermiti, B. (2017). Residual toxicity of insecticides used in Tunisian citrus orchards on the imported parasitoid *Diachasmimorpha longicauda* (Hymenoptera: Braconidae): Implications for IPM program of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 15(3).
<https://doi.org/10.5424/sjar/2017153-10734>
- Hennecke, D., Hassink, J., Klein, J., & Kruse, M. (2020). Impact of simulated sunlight on the degradation of pendimethalin in surface water in a scale-up experiment in accordance to OECD TG 309. *Environmental Sciences Europe*, 32(1). <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00402-w>
- Herbert, L. T., Cossi, P. F., Paineilú, J. C., Mengoni Goñalons, C., Luquet, C. M., & Kristoff, G. (2021). Acute neurotoxicity evaluation of two anticholinesterasic insecticides, independently and in mixtures, and a neonicotinoid on a freshwater gastropod. *Chemosphere*, 265.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129107>
- Hermes Furian, P. (n.d.). *Colored seesaw set - colorful balance toy collection - three positions, equal and unequal weightiness, balanced and unbalanced - isolated vector illustration on white background*. Adobe Stock. Retrieved February 3, 2023, from
https://stock.adobe.com/nl/Library/urn:aaid:sc:EU:0784366f-e8d9-4ec0-88ca-42cea670bd5f?asset_id=458729040
- Hou, K., Lu, C., Shi, B., Xiao, Z., Wang, X., Zhang, J., Cheng, C., Ma, J., Du, Z., Li, B., & Zhu, L. (2022). Evaluation of agricultural soil health after applying pyraclostrobin in wheat/maize rotation field based on the response of soil microbes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 340.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108186>
- Hussain, S., Hartley, C. J., Shettigar, M., & Pandey, G. (2016). Bacterial biodegradation of neonicotinoid pesticides in soil and water systems. In *FEMS Microbiology Letters* (Vol. 363, Issue 23). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnw252>
- Ilyushina, N. A., Egorova, O. v., Masaltsev, G. v., Averianova, N. S., Revazova, Y. A., Rakitskii, V. N., Goumenou, M., Vardavas, A., Stivaktakis, P., & Tsatsakis, A. (2020). Genotoxicity of mixture of imidacloprid, imazalil and tebuconazole. *Toxicology Reports*, 7, 1090–1094.
<https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.08.021>
- Insecticide Resistance Action Committee. (2022, June). *THE IRAC MODE OF ACTION CLASSIFICATION ONLINE*. <https://irac-online.org/mode-of-action/classification-online/>
- Jaabiri Kamoun, I., Jegede, O. O., Owojori, O. J., Bouzid, J., Gargouri, R., & Römbke, J. (2018). Effects of deltamethrin, dimethoate, and chlorpyrifos on survival and reproduction of the collembolan *Folsomia candida* and the predatory mite *Hypoaspis aculeifer* in two African and two European soils. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 14(1), 92–104.
<https://doi.org/10.1002/ieam.1966>
- Jacob, C. R. O., Malaquias, J. B., Zanardi, O. Z., Silva, C. A. S., Jacob, J. F. O., & Yamamoto, P. T. (2019). Oral acute toxicity and impact of neonicotinoids on *Apis mellifera* L. and *Scaptotrigona postica* Latreille (Hymenoptera: Apidae). *Ecotoxicology*, 28(7), 744–753.
<https://doi.org/10.1007/s10646-019-02070-w>
- Kang, D., Doudrick, K., Park, N., Choi, Y., Kim, K., & Jeon, J. (2020). Identification of transformation products to characterize the ability of a natural wetland to degrade synthetic organic pollutants. *Water Research*, 187, 116425. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116425>
- Khan, F., & Alhewairini S. (2019). Effects of insecticides on natural population of hymenopterous parasitoids in alfalfa (*Medicago sativa* L.) agro-ecosystem. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 56(4), 1087–1093. <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/19.7065>
- Kock, A., Smit, N. J., Taylor, J. C., Wolmarans, N. J., & Wepener, V. (2022). A lentic microcosm approach to determine the toxicity of DDT and deltamethrin on diatom communities. *Environmental Pollution*, 312. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120037>
- Kunce, W., Stoks, R., & Johansson, F. (2017). Single and mixture impacts of two pyrethroids on damselfly predatory behavior and physiological biomarkers. *Aquatic Toxicology*, 190, 70–77.
<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2017.06.025>
- Lasch, A., Marx-Stoelting, P., Braeuning, A., & Lichtenstein, D. (2021). More than additive effects on liver triglyceride accumulation by combinations of steatotic and non-steatotic pesticides in HepaRG cells. *Archives of Toxicology*, 95(4), 1397–1411. <https://doi.org/10.1007/s00204-021-02997-2>
- Lebrun, J. D., de Jesus, K., & Tournebize, J. (2021). Individual performances and biochemical pathways as altered by field-realistic exposures of current-use fungicides and their mixtures in a

- non-target species, *Gammarus fossarum*. *Chemosphere*, 277. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130277>
- Leponiemi, M., Schultner, J., Eva, D., Dickel, F., Dalial, F., & Robson, S. K. A. (2021). *Chronic sublethal pesticide exposure affects brood production, morphology and endosymbionts, but not immunity in the ant, Cardiocondyla obscurior*. <https://doi.org/10.1111/een.13111>
- Levchenko, M. A., & Silivanova, E. A. (2019). Synergistic and antagonistic effects of insecticide binary mixtures against house flies (*Musca domestica*). *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 10(1), 75–82. <https://doi.org/10.15421/021912>
- Lewis, K. A., Tzilivakis, J., Warner, D. J., & Green, A. (2016). An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22(4), 1050–1064.
- Li, S., Sun, Q., Wu, Q., Gui, W., Zhu, G., & Schlenk, D. (2019). Endocrine disrupting effects of tebuconazole on different life stages of zebrafish (*Danio rerio*). *Environmental Pollution*, 249, 1049–1059. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.03.067>
- Li, S., Wu, Q., Sun, Q., Coffin, S., Gui, W., & Zhu, G. (2019). Parental exposure to tebuconazole causes thyroid endocrine disruption in zebrafish and developmental toxicity in offspring. *Aquatic Toxicology*, 211, 116–123. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2019.04.002>
- Li, X., Mao, L., Zhang, Y., Wang, X., Wang, Y., & Wu, X. (2020). Joint toxic impacts of cadmium and three pesticides on embryonic development of rare minnow (*Gobiocypris rarus*). *Environmental Science and Pollution Research*, 27(29), 36596–36604. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09769-y>
- Liu, P., Liu, Y., Liu, Q., & Liu, J. (2010). Photodegradation mechanism of deltamethrin and fenvalerate. *Journal of Environmental Sciences*, 22(7), 1123–1128. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(09\)60227-8](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(09)60227-8)
- Liu, X., Wang, Y., Chen, H., Zhang, J., Wang, C., Li, X., & Pang, S. (2018). Acute toxicity and associated mechanisms of four strobilurins in algae. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 60, 12–16. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.03.021>
- Liu, X., Yu, F., Schnabel, G., Wu, J., Wang, Z., & Ma, Z. (2011). Paralogous cyp51 genes in *Fusarium graminearum* mediate differential sensitivity to sterol demethylation inhibitors. *Fungal Genetics and Biology*, 48(2), 113–123. <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2010.10.004>
- Lopes, F. M., Batista, K. A., Batista, G. L. A., Mitidieri, S., Bataus, L. A. M., & Fernandes, K. F. (2010). Biodegradation of epoxyconazole and piraclostrobin fungicides by *Klebsiella* sp. from soil. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 26(7), 1155–1161. <https://doi.org/10.1007/s11274-009-0283-0>
- Lopes, I., Moreira-Santos, M., da Silva, E. M., Sousa, J. P., Guilhermino, L., Soares, A. M. V. M., & Ribeiro, R. (2007). In situ assays with tropical cladocerans to evaluate edge-of-field pesticide runoff toxicity. *Chemosphere*, 67(11), 2250–2256. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2006.12.009>
- Lushchak, V. I., Matviishyn, T. M., Husak, V. v., Storey, J. M., & Storey, K. B. (2018). Pesticide toxicity: A mechanistic approach. In *EXCLI Journal* (Vol. 17, pp. 1101–1136). Leibniz Research Centre for Working Environment and Human Factors. <https://doi.org/10.17179/excli2018-1710>
- Lv, L., Gao, Z., Mao, L., Liu, X., Wang, Q., Shen, W., & Wang, Y. (2022). Insights into the combined toxic impacts of phoxim and deltamethrin on the embryo-larval stage of zebrafish (*Danio rerio*). *Environmental Sciences Europe*, 34(1). <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00672-6>
- Ma, J., Cheng, C., Du, Z., Li, B., Wang, J., Wang, J., Wang, Z., & Zhu, L. (2019). Toxicological effects of pyraclostrobin on the antioxidant defense system and DNA damage in earthworms (*Eisenia fetida*). *Ecological Indicators*, 101, 111–116. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.01.015>
- Mauduit, E., Lécureuil, C., & Meunier, J. (2021). Sublethal exposure to deltamethrin stimulates reproduction and has limited effects on post-hatching maternal care in the European earwig. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(29), 39501–39512. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13511-7>
- Menegola, E., di Renzo, F., Metruccio, F., Moretto, A., & Giavini, E. (2013). Effects of mixtures of azole fungicides in postimplantation rat whole-embryo cultures. *Archives of Toxicology*, 87(11), 1989–1997. <https://doi.org/10.1007/s00204-013-1048-y>
- Mokkapati, J. S., Bednarska, A. J., & Laskowski, R. (2021). The development of the solitary bee *Osmia bicornis* is affected by some insecticide agrochemicals at environmentally relevant concentrations. *Science of the Total Environment*, 775. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145588>

- Montaño-Campaz, M. L., Dias, L. G., Bacca, T., Toro-Restrepo, B., & Oliveira, E. E. (2022). Exposures to deltamethrin on immature *Chironomus columbiensis* drive sublethal and transgenerational effects on their reproduction and wing morphology. *Chemosphere*, 296. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134042>
- Mosquera-Vivas, C. S., Martínez, M. J., García-Santos, G., & Guerrero-Dallos, J. A. (2018). Adsorption-desorption and hysteresis phenomenon of tebuconazole in Colombian agricultural soils: Experimental assays and mathematical approaches. *Chemosphere*, 190, 393–404. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2017.09.143>
- Mutshewa, T., Mugwedi, L., Wasserman, R. J., Cuthbert, R. N., Dondofema, F., & Dalu, T. (2022). Pesticides drive differential leaf litter decomposition and mosquito colonisation dynamics in lentic conditions. *Science of the Total Environment*, 839. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156320>
- National Library of Medicine. (n.d.-a). *PubChem*. Retrieved December 9, 2022, from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/40585>
- National Library of Medicine. (n.d.-b). *PubChem*. Retrieved December 1, 2022, from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/86102>
- National Library of Medicine. (n.d.-c). *PubChem*. Retrieved December 9, 2022, from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6422843>
- National Library of Medicine. (n.d.-d). *PubChem*. Retrieved January 5, 2023, from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/38479>
- National Library of Medicine. (n.d.-e). *PubChem*. Retrieved December 9, 2022, from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6422843>
- Ni, H., Yao, L., Li, N., Cao, Q., Dai, C., Zhang, J., He, Q., & He, J. (2016). Biodegradation of pendimethalin by *Bacillus subtilis* Y3. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 41, 121–127. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2015.04.035>
- Nørgaard, K. B., & Cedergreen, N. (2010). Pesticide cocktails can interact synergistically on aquatic crustaceans. *Environmental Science and Pollution Research*, 17(4), 957–967. <https://doi.org/10.1007/s11356-009-0284-4>
- Pang, S., Lin, Z., Zhang, W., Mishra, S., Bhatt, P., & Chen, S. (2020). Insights Into the Microbial Degradation and Biochemical Mechanisms of Neonicotinoids. *Frontiers in Microbiology*, 11, 868. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2020.00868/BIBTEX>
- Park, H., Lee, J. Y., Lim, W., & Song, G. (2021). Assessment of the in vivo genotoxicity of pendimethalin via mitochondrial bioenergetics and transcriptional profiles during embryogenesis in zebrafish: Implication of electron transport chain activity and developmental defects. *Journal of Hazardous Materials*, 411. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125153>
- Perdikis, D., Psaroudaki, S., & Papadoulis, G. (2020). Compatibility of *Nesidiocoris tenuis* and *Iphiseius degenerans* with insecticides, miticides and fungicides used in tomato crops. *Bulletin of Insectology*, 73(2), 181–192.
- Phugare, S. S., & Jadhav, J. P. (2015). Biodegradation of Acetamiprid by Isolated Bacterial Strain *Rhodococcus* sp. BCH2 and Toxicological Analysis of Its Metabolites in Silkworm (*Bombax mori*). *Clean - Soil, Air, Water*, 43(2), 296–304. <https://doi.org/10.1002/clen.201200563>
- Picone, M., Distefano, G. G., Marchetto, D., Russo, M., Baccichet, M., Brusò, L., Zangrando, R., Gambaro, A., & Volpi Ghirardini, A. (2022). Long-term effects of neonicotinoids on reproduction and offspring development in the copepod *Acartia tonsa*. *Marine Environmental Research*, 181. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2022.105761>
- Picone, M., Distefano, G. G., Marchetto, D., Russo, M., Baccichet, M., Zangrando, R., Gambaro, A., & Ghirardini, A. V. (2022). Inhibition of Larval Development of Marine Copepods *Acartia tonsa* by Neonicotinoids. *Toxics*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/toxics10040158>
- Pietrzak, D., Kania, J., Kmiecik, E., Malina, G., & Ważor, K. (2020). Fate of selected neonicotinoid insecticides in soil–water systems: Current state of the art and knowledge gaps. *Chemosphere*, 255. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126981>
- Pimentão, A. R., Pascoal, C., Castro, B. B., & Cássio, F. (2020). Fungistatic effect of agrochemical and pharmaceutical fungicides on non-target aquatic decomposers does not translate into decreased fungi- or invertebrate-mediated decomposition. *Science of the Total Environment*, 712. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135676>
- Pinto, A. P., Rodrigues, S. C., Caldeira, A. T., & Teixeira, D. M. (2016). Exploring the potential of novel biomixtures and *Lentinula edodes* fungus for the degradation of selected pesticides. Evaluation for

- use in biobed systems. *Science of the Total Environment*, 541, 1372–1381.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.046>
- Pitam, S., Mukherjee, I., & Kumar, A. (2013). Evaluation of environmental fate of acetamiprid in the laboratory. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(3), 2807–2816.
<https://doi.org/10.1007/s10661-012-2750-6>
- Potts, J., Jones, D. L., Macdonald, A., Ma, Q., & Cross, P. (2022). Acetamiprid fate in a sandy loam with contrasting soil organic matter contents: A comparison of the degradation, sorption and leaching of commercial neonicotinoid formulations. *Science of the Total Environment*, 842.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156711>
- Raby, M., Maloney, E., Poirier, D. G., & Sibley, P. K. (2019). Acute Effects of Binary Mixtures of Imidacloprid and Tebuconazole on 4 Freshwater Invertebrates. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 38(5), 1093–1103. <https://doi.org/10.1002/etc.4386>
- Rechtbank Noord-Nederland. (2021, June 18). *Uitspraak/jurisprudentie/ECLI:NL:RBNNE:2021:2483 - Rechtbank Noord-Nederland, 18- 06-2021 / LEE 19/1028*.
<https://deeplink.rechtspraak.nl/uitspraak?id=ECLI:NL:RBNNE:2021:2483>
- Renaud, M., Akeju, T., Natal-da-Luz, T., Leston, S., Rosa, J., Ramos, F., Sousa, J. P., & Azevedo-Pereira, H. M. V. S. (2018). Effects of the neonicotinoids acetamiprid and thiacloprid in their commercial formulations on soil fauna. *Chemosphere*, 194, 85–93.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.11.102>
- Rodríguez-Liébana, J. A., Mingorance, M. D., & Peña, A. (2011). Sorption of hydrophobic pesticides on a Mediterranean soil affected by wastewater, dissolved organic matter and salts. *Journal of Environmental Management*, 92(3), 650–654. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2010.10.009>
- Roell, K. R., Reif, D. M., & Motsinger-Reif, A. A. (2017). An introduction to terminology and methodology of chemical synergy-perspectives from across disciplines. In *Frontiers in Pharmacology* (Vol. 8, Issue APR). Frontiers Research Foundation.
<https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00158>
- Roman, D. L., Voiculescu, D. I., Filip, M., Ostafe, V., & Isvoran, A. (2021). Effects of triazole fungicides on soil microbiota and on the activities of enzymes found in soil: A review. In *Agriculture (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/agriculture11090893>
- Saaristo, M., Brodin, T., Balshine, S., Bertram, M. G., Brooks, B. W., Ehlman, S. M., McCallum, E. S., Sih, A., Sundin, J., Wong, B. B. M., & Arnold, K. E. (2018). Direct and indirect effects of chemical contaminants on the behaviour, ecology and evolution of wildlife. In *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 285, Issue 1885). Royal Society Publishing.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2018.1297>
- Sands, B., Mgidiswa, N., Nyamukondiwa, C., & Wall, R. (2018). Environmental consequences of deltamethrin residues in cattle feces in an African agricultural landscape. *Ecology and Evolution*, 8(5), 2938–2946. <https://doi.org/10.1002/ece3.3896>
- Sehnm, N. T., Souza-Cruz, P., do Carmo Peralba, M. R., Záchia Ayub, M. A., Souza-cruz, P., Carmo R Peralba, M. do, Z, M. A., & Ayub, A. (2009). Biodegradation Of Tebuconazole By Bacteria Isolated From Contaminated Soils.
[Http://Dx.Doi.Org.Ezproxy.Elib10.Ub.Unimaas.Nl/10.1080/03601230903404499](http://Dx.Doi.Org.Ezproxy.Elib10.Ub.Unimaas.Nl/10.1080/03601230903404499), 45(1), 67–72.
<https://doi.org/10.1080/03601230903404499>
- Serra, A. A., Miqueau, A., Ramel, F., Couée, I., Sulmon, C., & Gouesbet, G. (2019). Species- and organ-specific responses of agri-environmental plants to residual agricultural pollutants. *Science of the Total Environment*, 694. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133661>
- Sharipov, U., Kočárek, M., Jursík, M., Nikodem, A., & Borůvka, L. (2021). Adsorption and degradation behavior of six herbicides in different agricultural soils. *Environmental Earth Sciences*, 80(20). <https://doi.org/10.1007/s12665-021-10036-7>
- Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Tanveer, M., Sidhu, G. P. S., Handa, N., Kohli, S. K., Yadav, P., Bali, A. S., Parihar, R. D., Dar, O. I., Singh, K., Jasrotia, S., Bakshi, P., Ramakrishnan, M., Kumar, S., Bhardwaj, R., & Thukral, A. K. (2019). Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. In *SN Applied Sciences* (Vol. 1, Issue 11). Springer Nature.
<https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>
- Shearer, P. W., Amarasekare, K. G., Castagnoli, S. P., Beers, E. H., Jones, V. P., & Mills, N. J. (2016). Large-plot field studies to assess impacts of newer insecticides on non-target arthropods in Western U.S. orchards. *Biological Control*, 102, 26–34.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.05.004>

- Siek, M., & Paszko, T. (2019). Factors affecting coupled degradation and time-dependent sorption processes of tebuconazole in mineral soil profiles. *Science of The Total Environment*, 690, 1035–1047. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.06.409>
- Singh, B., & Singh, K. (2016). Microbial degradation of herbicides. In *Critical Reviews in Microbiology* (Vol. 42, Issue 2, pp. 245–261). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.3109/1040841X.2014.929564>
- Siviter, H., Bailes, E. J., Martin, C. D., Oliver, T. R., Koricheva, J., Leadbeater, E., & Brown, M. J. F. (2021). Agrochemicals interact synergistically to increase bee mortality. *Nature*, 596(7872), 389–392.
- Storck, V., Nikolaki, S., Perruchon, C., Chabanis, C., Sacchi, A., Pertile, G., Baguelin, C., Karas, P. A., Spor, A., Devers-Lamrani, M., Papadopoulou, E. S., Sibourg, O., Malandain, C., Trevisan, M., Ferrari, F., Karpouzas, D. G., Tsiamis, G., & Martin-Laurent, F. (2018). Lab to field assessment of the ecotoxicological impact of chlorpyrifos, isoproturon, or tebuconazole on the diversity and composition of the soil bacterial community. *Frontiers in Microbiology*, 9(JUN). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01412>
- Strachan, F., & Kennedy, C. J. (2021). The environmental fate and effects of anti-sea lice chemotherapeutants used in salmon aquaculture. *Aquaculture*, 544. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737079>
- Swarcewicz, M. K., & Gregorczyk, A. (2012). The effects of pesticide mixtures on degradation of pendimethalin in soils. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(5), 3077–3084. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2172-x>
- Tadei, R., Menezes-Oliveira, V. B., & Silva-Zacarin, E. C. M. (2020). Silent effect of the fungicide pyraclostrobin on the larval exposure of the non-target organism Africanized *Apis mellifera* and its interaction with the pathogen *Nosema ceranae* in adulthood. *Environmental Pollution*, 267. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115622>
- Taillebois, E., & Thany, S. H. (2016). The differential effect of low-dose mixtures of four pesticides on the pea aphid *Acyrtosiphon pisum*. *Insects*, 7(4). <https://doi.org/10.3390/insects7040053>
- Tamburini, G., Wintermantel, D., Allan, M. J., Dean, R. R., Knauer, A., Albrecht, M., & Klein, A. M. (2021). Sulfoxaflor insecticide and azoxystrobin fungicide have no major impact on honeybees in a realistic-exposure semi-field experiment. *Science of the Total Environment*, 778. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146084>
- Tariq, S. R., Ahmed, D., Farooq, A., Rasheed, S., & Mansoor, M. (2017). Photodegradation of bifenthrin and deltamethrin—effect of copper amendment and solvent system. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(2), 1–9. <https://doi.org/10.1007/S10661-017-5789-6/FIGURES/7>
- Tassalit, D., Chekir, N., Benhabiles, O., Mouzaoui, O., Mahidine, S., Merzouk, N. K., Bentahar, F., & Khalil, A. (2016). Effect and interaction study of acetamiprid photodegradation using experimental design. *Water Science and Technology*, 74(8), 1953–1963. <https://doi.org/10.2166/wst.2016.382>
- Taylor, M. (2019). *Pesticides Movement in the Environment with Dr. Mickey Taylor*. Youtube. https://youtu.be/mqVofR_LRwo
- Teng, M., Zhao, X., Wang, C., Zhou, L., Wu, X., & Wu, F. (2022). Combined toxicity of chlorpyrifos, abamectin, imidacloprid, and acetamiprid on earthworms (*Eisenia fetida*). *Environmental Science and Pollution Research*, 29(36), 54348–54358. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18025-w>
- Thubru, D. P., Firake, D. M., & Behere, G. T. (2018). Assessing risks of pesticides targeting lepidopteran pests in cruciferous ecosystems to eggs parasitoid, *Trichogramma brassicae* (Bezdenko). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(4), 680–688. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.04.007>
- Tudi, M., Daniel Ruan, H., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., Chu, C., & Phung, D. T. (2021). Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1112.
- Tüzmen, M. N., Candan, N., & Kaya, E. (2007). The evaluation of altered antioxidative defense mechanism and acetylcholinesterase activity in rat brain exposed to chlorpyrifos, deltamethrin, and their combination. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 17(9), 535–540. <https://doi.org/10.1080/15376510701380463>
- Ullah, S., Li, Z., Zuberi, A., Arifeen, M. Z. U., & Baig, M. M. F. A. (2019). Biomarkers of pyrethroid toxicity in fish. In *Environmental Chemistry Letters* (Vol. 17, Issue 2, pp. 945–973). Springer. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-00852-y>

- University of Hertfordshire. (n.d.). *PPDB: Pesticides Properties Database*. Retrieved October 11, 2022, from <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm>
- Usepa, Ocspp, Oppt, & Rad. (n.d.). *Sustainable Futures / P2 Framework Manual 2012 EPA-748-B12-001 5. Estimating Physical / Chemical and Environmental Fate Properties with EPI Suite™*. <http://www.epa.gov/oppt/exposure/pubs/episuite.htm>.
- Valbon, W. R., Cruz, F. M., Ramos, G. S., Tomé, H. V. V., & Oliveira, E. E. (2018). Sublethal exposure to deltamethrin reduces the abilities of giant water bugs to prey upon *Aedes aegypti* larvae. *Chemosphere*, *191*, 350–356. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.061>
- Vanzetto, G. v., Slaviero, J. G., Sturza, P. F., Rutkoski, C. F., Macagnan, N., Kolcenti, C., Hartmann, P. A., Ferreira, C. M., & Hartmann, M. T. (2019). Toxic effects of pyrethroids in tadpoles of *Physalaemus gracilis* (Anura: Leptodactylidae). *Ecotoxicology* *2019* *28*:9, 28(9), 1105–1114. <https://doi.org/10.1007/S10646-019-02115-0>
- Vommaro, M. L., Giulianini, P. G., & Giglio, A. (2021). Pendimethalin-based herbicide impairs cellular immune response and haemocyte morphology in a beneficial ground beetle. *Journal of Insect Physiology*, *131*. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2021.104236>
- Wachowska, U., Irzykowski, W., & Jędrzycka, M. (2018). Agrochemicals: Effect on genetic resistance in yeasts colonizing winter wheat kernels. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *162*, 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.06.042>
- Wang, J. Q., Hussain, R., Ghaffar, A., Afzal, G., Saad, A. Q., Ahmad, N., Nazir, U., Ahmad, H. I., Hussain, T., & Khan, A. (2022). Clinicohematological, Mutagenic, and Oxidative Stress Induced by Pendimethalin in Freshwater Fish Bighead Carp (*Hypophthalmichthys nobilis*). *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, *2022*. <https://doi.org/10.1155/2022/2093822>
- Wang, W. qiao, Zhang, P., Meng, R. jie, Zhao, J. jiang, Huang, Q. liang, Han, X. ying, Ma, Z. qiang, & Zhang, X. feng. (2014). Fungitoxicity and synergism of mixtures of fluopicolide and pyraclostrobin against *Phytophthora infestans*. *Crop Protection*, *57*, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.11.027>
- Wang, X., Hou, X., Liang, S., Lu, Z., Hou, Z., Zhao, X., Sun, F., & Zhang, H. (2018). Biodegradation of fungicide Tebuconazole by *Serratia marcescens* strain B1 and its application in bioremediation of contaminated soil. *International Biodeterioration & Biodegradation*, *127*, 185–191. <https://doi.org/10.1016/J.IBIOD.2017.12.001>
- Wang, Y., Chen, C., Yang, G., Wang, X., Wang, Q., Weng, H., Zhang, Z., & Qian, Y. (2022). Combined lethal toxicity, biochemical responses, and gene expression variations induced by tebuconazole, bifenthrin and their mixture in zebrafish (*Danio rerio*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *230*. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113116>
- Wang, Y., Wu, S., Chen, J., Zhang, C., Xu, Z., Li, G., Cai, L., Shen, W., & Wang, Q. (2017). Single and joint toxicity assessment of four currently used pesticides to zebrafish (*Danio rerio*) using traditional and molecular endpoints. *Chemosphere*, *192*, 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.129>
- Wang, Y., Wu, S., Chen, J., Zhang, C., Xu, Z., Li, G., Cai, L., Shen, W., & Wang, Q. (2018). Single and joint toxicity assessment of four currently used pesticides to zebrafish (*Danio rerio*) using traditional and molecular endpoints. *Chemosphere*, *192*, 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.129>
- Wang, Z., Dai, P., Yang, X., Ruan, C. C., Biondi, A., Desneux, N., & Zang, L. S. (2019). Selectivity of novel and traditional insecticides used for management of whiteflies on the parasitoid *Encarsia formosa*. *Pest Management Science*, *75*(10), 2716–2724. <https://doi.org/10.1002/ps.5380>
- Watson, R., Baste, I., Larigauderie, A., Leadley, P., Pascual, U., Baptiste, B., Demissew, S., Dziba, L., Erpul, G., Fazel, A., & others. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn, Germany: IPBES Secretariat.
- Weisner, O., Frische, T., Liebmann, L., Reemtsma, T., Roß-Nickoll, M., Schäfer, R. B., Schäfer, A., Scholz-Starke, B., Vormeier, P., Knillmann, S., & Liess, M. (2021). Risk from pesticide mixtures – The gap between risk assessment and reality. *Science of the Total Environment*, *796*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149017>
- Wikipedia. (2017). *Pyrethroïde*. <https://nl.wikipedia.org/w/index.php?title=Pyrethro%C3%AFde&oldid=50216008>
- World Health Organization (WHO). (2010). *International code of conduct on the distribution and use of pesticides: Guidelines for the Registration of Pesticides*.

- https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/70293/WHO_HTM_NTD_WHOPEPES_2010.7_eng.pdf
- Wu, H., Shen, J., Wu, R., Sun, X., Li, J., Han, W., & Wang, L. (2016). Biodegradation mechanism of 1H-1,2,4-triazole by a newly isolated strain *Shinella* sp. NJUST26 OPEN. *Nature Publishing Group*. <https://doi.org/10.1038/srep29675>
- Wu, S., Lei, L., Liu, M., Song, Y., Lu, S., Li, D., Shi, H., Raley-Susman, K. M., & He, D. (2018a). Single and mixture toxicity of strobilurin and SDHI fungicides to *Xenopus tropicalis* embryos. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 153, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.01.045>
- Wu, S., Lei, L., Liu, M., Song, Y., Lu, S., Li, D., Shi, H., Raley-Susman, K. M., & He, D. (2018b). Single and mixture toxicity of strobilurin and SDHI fungicides to *Xenopus tropicalis* embryos. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 153, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.01.045>
- Xu, X. P., Xi, Y. L., & Li, J. Y. (2019). Effects of deltamethrin and endosulfan on the population growth of *Brachionus calyciflorus* at different algal (*Scenedesmus obliquus*) densities. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(1), 407–414. <https://doi.org/10.15244/pjoes/81560>
- Yang, L., Huang, T., Li, R., Souders, C. L., Rheingold, S., Tischuk, C., Li, N., Zhou, B., & Martyniuk, C. J. (2021). Evaluation and comparison of the mitochondrial and developmental toxicity of three strobilurins in zebrafish embryo/larvae. *Environmental Pollution*, 270. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116277>
- Yang, Q., Wang, Y., Wang, G., Li, F., & others. (2018). PROGRESS IN THE BIODEGRADATION OF CHLORONICOTINYL INSECTICIDE ACETAMIPRID. *FEB-FRESENIUS ENVIRONMENTAL BULLETIN*, 2735.
- Zeng, L. R., Shi, L. H., Meng, X. G., Xu, J., Jia, G. F., Gui, T., Zhang, Y. P., & Hu, D. Y. (2019). Evaluation of photolysis and hydrolysis of pyraclostrobin in aqueous solutions and its degradation products in paddy water. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 54(4), 317–325. <https://doi.org/10.1080/03601234.2019.1571360>
- Zhan, H., Huang, Y., Lin, Z., Bhatt, P., & Chen, S. (2020). New insights into the microbial degradation and catalytic mechanism of synthetic pyrethroids. In *Environmental Research* (Vol. 182). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109138>
- Zhang, C., Zhou, T., Xu, Y., Du, Z., Li, B., Wang, J., Wang, J., & Zhu, L. (2020). Ecotoxicology of strobilurin fungicides. In *Science of the Total Environment* (Vol. 742). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140611>
- Zhang, H., Zhang, Y., Hou, Z., Wang, X., Wang, J., Lu, Z., Zhao, X., Sun, F., & Pan, H. (2016). Biodegradation potential of deltamethrin by the *Bacillus cereus* strain Y1 in both culture and contaminated soil. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 106, 53–59. <https://doi.org/10.1016/J.IBIOD.2015.10.005>
- Zhang, Y., Chen, D., Du, M., Ma, L., Li, P., Qin, R., Yang, J., Yin, Z., Wu, X., & Xu, H. (2021). Insights into the degradation and toxicity difference mechanism of neonicotinoid pesticides in honeybees by mass spectrometry imaging. *Science of the Total Environment*, 774. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145170>
- Zhao, Y., Wendling, L. A., Wang, C., & Pei, Y. (2017). Behavior of chlorpyrifos and its major metabolite TCP (3, 5, 6-trichloro-2-pyridinol) in agricultural soils amended with drinking water treatment residuals. *Journal of Soils and Sediments*, 17(4), 889–900.
- Zhu, Q., Yang, Y., Zhong, Y., Lao, Z., O'Neill, P., Hong, D., Zhang, K., & Zhao, S. (2020). Synthesis, insecticidal activity, resistance, photodegradation and toxicity of pyrethroids (A review). *Chemosphere*, 254, 126779. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2020.126779>
- Zubrod, J. P., Bundschuh, M., Arts, G., Brühl, C. A., Imfeld, G., Knäbel, A., Payraudeau, S., Rasmussen, J. J., Rohr, J., Scharmüller, A., Smalling, K., Stehle, S., Schulz, R., & Schäfer, R. B. (2019). Fungicides: An Overlooked Pesticide Class? *Environmental Science and Technology*, 53(7), 3347–3365. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b04392>

10. Bijlage A. Onderzoeksdata migratie en degradatie Tebuconazool

Zoekstrategie migratie

De gehanteerde zoektermen in Web of Science voor het onderwerp migratie voor deze stof is:

Tebuconazole (All fields) AND migration OR migrate OR environmental fate (Topic)

NB: De Engelse term voor tebuconazool is tebuconazole, deze is daarom gebruikt in de zoekterm.

Dit levert, na verfijning zoals in onderzoeksmethode beschreven, in totaal 20 documenten op die individueel zijn beoordeeld op relevantie voor het onderwerp migratie van deze stof.

Eindselectie

Na een snelle lezing van alle documenten zijn er 4 artikelen overgebleven waarin daadwerkelijk relevante informatie over de migratiekarakteristieken van tebuconazool aangetroffen werd. 2 additionele artikelen werden gevonden (hiernaar werd in de gevonden artikelen naar gerefereerd) waarin de aanwezigheid van de stof in oppervlaktewateren en zeewater werd aangetoond: (Aldana et al., 2011; Čadková et al., 2012)

Resultaten

Vetgedrukte artikelen zijn aangemerkt als relevant voor dit onderzoek en meegenomen in de thematische analyses.

Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Degrendele, C; Klanova, J; Prokes, R; Pribylova, P; Senk, P; Sudoma, M; Roosli, M; Dalvie, MA; Fuhrmann, S	Current use pesticides in soil and air from two agricultural sites in South Africa: Implications for environmental fate and human exposure	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2022
Wang, L; Zheng, MG; Xu, HY; Hua, Y; Liu, AF; Li, Y; Fang, LD; Chen, XF	Fate and ecological risks of current-use pesticides in seawater and sediment of the Yellow Sea and East China Sea	ENVIRONMENTAL RESEARCH	2022
Chuang, SC; Yang, HX; Wang, X; Xue, C; Jiang, JD; Hong, Q	Potential effects of <i>Rhodococcus qingshengii</i> strain djl-6 on the bioremediation of carbendazim-contaminated soil and the assembly of its microbiome	JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	2021
Fuhrmann, S; Klanova, J; Pribylova, P; Kohoutek, J; Dalvie, MA; Roosli, M; Degrendele, C	Qualitative assessment of 27 current-use pesticides in air at 20 sampling sites across Africa	CHEMOSPHERE	2020
Bakanov, N; Wiczorek, MV; Schulz, R	The role of organic matrices in the fate of hydrophobic pesticides: An outdoor stream mesocosm study	CHEMOSPHERE	2020
Nelieu, S; Delarue, G; Amosse, J; Bart, S; Pery, ARR; Pelosi, C	Soil dissipation and bioavailability to earthworms of two fungicides under laboratory and field conditions	ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH	2020
Zhang, WL; Zhang, DQ; Zagorevski, DV; Liang, YN	Exposure of <i>Juncus effusus</i> to seven perfluoroalkyl acids: Uptake, accumulation and phytotoxicity	CHEMOSPHERE	2019
Mosquera-Vivas, CS; Martinez, MJ; Garcia-Santos, G; Guerrero-Dallos, JA	Adsorption-desorption and hysteresis phenomenon of tebuconazole in Colombian agricultural soils: Experimental assays and mathematical approaches	CHEMOSPHERE	2018
Perez, DJ; Okada, E; De Geronimo, E; Menone, ML; Aparicio, VC; Costa, JL	Spatial and temporal trends and flow dynamics of glyphosate and other pesticides within an agricultural watershed in Argentina	ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY	2017

Vu, HT; Keough, MJ; Long, SM; Pettigrove, VJ	EFFECTS OF TWO COMMONLY USED FUNGICIDES ON THE AMPHIPOD AUSTROCHILTONIA SUBTENUIS	ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY	2017
Zhou, JH; Zhang, JY; Li, FX; Liu, J	Triazole fungicide tebuconazole disrupts human placental trophoblast cell functions	JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	2016
Wluka, AK; Rudel, H; Pohl, K; Schwarzbauer, J	Analytical method development for the determination of eight biocides in various environmental compartments and application for monitoring purposes	ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH	2016
Martinez, RS; Di Marzio, WD; Saenz, M	Genotoxic effects of commercial formulations of Chlorpyrifos and Tebuconazole on green algae	ECOTOXICOLOGY	2015
Cao, MC; Li, SY; Wang, QS; Wei, P; Liu, YN; Zhu, GN; Wang, MC	Track of fate and primary metabolism of trifloxystrobin in rice paddy ecosystem	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2015
Herrero-Hernandez, E; Marin-Benito, JM; Andrades, MS; Sanchez-Martin, MJ; Rodriguez-Cruz, MS	Field versus laboratory experiments to evaluate the fate of azoxystrobin in an amended vineyard soil	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	2015
De Geronimo, E; Aparicio, VC; Barbaro, S; Portocarrero, R; Jaime, S; Costa, JL	Presence of pesticides in surface water from four sub-basins in Argentina	CHEMOSPHERE	2014
Boithias, L; Sauvage, S; Merlina, G; Jean, S; Probst, JL; Perez, JMS	New insight into pesticide partition coefficient K-d for modelling pesticide fluvial transport: Application to an agricultural catchment in south-western France	CHEMOSPHERE	2014
Boutron, O; Margoum, C; Chovelon, JM; Guillemain, C; Gouy, V	Effect of the submergence, the bed form geometry, and the speed of the surface water flow on the mitigation of pesticides in agricultural ditches	WATER RESOURCES RESEARCH	2011
White, PM; Potter, TL; Culbreath, AK	Fungicide dissipation and impact on metolachlor aerobic soil degradation and soil microbial dynamics	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2010
Kahle, M; Buerge, IJ; Hauser, A; Muller, MD; Poiger, T	Azole fungicides: Occurrence and fate in wastewater and surface waters	ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY	2008

Zoekstrategie degradatie

De gehanteerde zoektermen in Web of Science voor het onderwerp degradatie voor deze stof zijn:

Tebuconazole (All fields) AND *degradation OR *transformation (Title)

Dit levert, na verfijning zoals in onderzoeksmethode beschreven, in totaal 20 documenten op die individueel zijn beoordeeld op relevantie voor het onderwerp migratie van deze stof. NB: initieel is gezocht naar de sleutelwoorden met als zoekbereik topic (titel, abstract, keywords), maar dit leverde een aanzienlijke hoeveelheid (83) irrelevante documenten op, vandaar dat deze bevraging is beperkt tot de titel. Dit leverde ruimschoots voldoende materiaal ter bestudering op.

Eindselectie

Na een snelle lezing van alle documenten zijn er 8 artikelen overgebleven waarin daadwerkelijk relevante informatie over de degradatiekarakteristieken van Tebuconazool aangetroffen werd.

Resultaten

Vetgedrukte artikelen zijn aangemerkt als relevant voor dit onderzoek en meegenomen in de thematische analyses.

Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Sehnm, NT; Souza-Cruz, P; Peralba, MDR; Ayub, MAZ	Biodegradation of tebuconazole by bacteria isolated from contaminated soils	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART B- PESTICIDES FOOD CONTAMINANTS AND AGRICULTURAL WASTES	2010
Wang, XH; Hou, XJ; Liang, S; Lu, ZB; Hou, ZG; Zhao, XF; Sun, FJ; Zhang, H	Biodegradation of fungicide Tebuconazole by <i>Serratia marcescens</i> strain B1 and its application in bioremediation of contaminated soil	INTERNATIONAL BIODETERIORATION & BIODEGRADATION	2018
Han, LX; Kong, XB; Xu, M; Nie, JY	Repeated exposure to fungicide tebuconazole alters the degradation characteristics, soil microbial community and functional profiles*	ENVIRONMENTAL POLLUTION	2021
Siek, M; Paszko, T	Factors affecting coupled degradation and time-dependent sorption processes of tebuconazole in mineral soil profiles	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2019
Papadopoulou, ES; Karas, PA; Nikolaki, S; Storck, V; Ferrari, F; Trevisan, M; Tsiamis, G; Martin-Laurent, F; Karpouzas, DG	Dissipation and adsorption of isoproturon, tebuconazole, chlorpyrifos and their main transformation products under laboratory and field conditions	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2016
El Azhari, N; Dermou, E; Barnard, RL; Storck, V; Tourna, M; Beguet, J; Karas, PA; Lucini, L; Rouard, N; Botteri, L; Ferrari, F; Trevisan, M; Karpouzas, DG; Martin-Laurent, F	The dissipation and microbial ecotoxicity of tebuconazole and its transformation products in soil under standard laboratory and simulated winter conditions	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2018
Arsand, DR; da Cunha, SS; Fuentes-Guevara, MD; Araujo, TR; Primel, EG; Barbosa, SC; Correa, EK	PHOTODEGRADATION OF TEBUCONAZOLE IN AQUEOUS SOLUTION AND PHYTOTOXIC EFFECTS	ENVIRONMENTAL ENGINEERING AND MANAGEMENT JOURNAL	2021
Youness, M; Sancelme, M; Combourieu, B; Besse-Hoggan, P	Identification of new metabolic pathways in the enantioselective fungicide tebuconazole biodegradation by <i>Bacillus</i> sp 3B6	JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	2018
Badawi, N; Rosenbom, AE; Jensen, AMD; Sorensen, SR	Degradation and sorption of the fungicide tebuconazole in soils from golf greens	ENVIRONMENTAL POLLUTION	2016
Storck, V; Lucini, L; Mamy, L; Ferrari, F; Papadopoulou, ES; Nikolaki, S; Karas, PA; Servien, R; Karpouzas, DG; Trevisan, M; Benoit, P; Martin-Laurent, F	Identification and characterization of tebuconazole transformation products in soil by combining suspect screening and molecular typology	ENVIRONMENTAL POLLUTION	2016
White, PM; Potter, TL; Culbreath, AK	Fungicide dissipation and impact on metolachlor aerobic soil degradation and soil microbial dynamics	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2010
Tiam, SK; Libert, X; Morin, S; Gonzalez, P; Feurtet-Mazel, A; Mazzella, N	Single and mixture effects of pesticides and a degradation product on fluvial biofilms	ENVIRONMENTAL MONITORING AND ASSESSMENT	2014

Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Pogacean, MO; Hlihor, RM; Gavrilesco, M	MONITORING PESTICIDES DEGRADATION IN APPLE FRUITS AND POTENTIAL EFFECTS OF RESIDUES ON HUMAN HEALTH	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING AND LANDSCAPE MANAGEMENT	2014
Delgado-Moreno, L; Nogales, R; Romero, E	Biodegradation of high doses of commercial pesticide products in pilot-scale biobeds using olive-oil agroindustry wastes	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	2017
Wang, F; Gao, J; Zhai, WJ; Liu, DH; Zhou, ZQ; Wang, P	The influence of polyethylene microplastics on pesticide residue and degradation in the aquatic environment	JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	2020
Rosch, A; Anliker, S; Hollender, J	How Biotransformation Influences Toxicokinetics of Azole Fungicides in the Aquatic Invertebrate Gammarus pulex	ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY	2016
Fu, YW; Dou, XW; Lu, Q; Qin, JA; Luo, JY; Yang, MH	Comprehensive assessment for the residual characteristics and degradation kinetics of pesticides in Panax notoginseng and planting soil	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2020
Celeiro, M; Facorro, R; Dagnac, T; Vilar, VJP; Llompant, M	Photodegradation of multiclass fungicides in the aquatic environment and determination by liquid chromatography-tandem mass spectrometry	ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH	2017
Kang, D; Doudrick, K; Park, N; Choi, Y; Kim, K; Jeon, J	Identification of transformation products to characterize the ability of a natural wetland to degrade synthetic organic pollutants	WATER RESEARCH	2020
Shi, YH; Ye, Z; Hu, P; Wei, D; Gao, Q; Zhao, ZY; Xiao, JJ; Liao, M; Cao, HQ	Removal of prothioconazole using screened microorganisms and identification of biodegradation products via UPLC-QqTOE-MS	ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY	2020

11. Bijlage B. Onderzoeksdata migratie en degradatie Deltamethrin

Zoekstrategie migratie

De gehanteerde zoektermen in Web of Science voor het onderwerp migratie voor deze stof is:

Deltamethrin (All fields) AND migration OR migrate OR environmental fate (Topic)

Dit levert, na verfijning zoals in onderzoeksmethode beschreven, in totaal 8 documenten op die individueel zijn beoordeeld op relevantie voor het onderwerp migratie van deze stof.

Eindselectie

Na een snelle lezing van alle documenten zijn er 3 artikelen overgebleven waarin daadwerkelijk relevante informatie over de migratiekarakteristieken van deltamethrin aangetroffen werd.

Resultaten

Vetgedrukte artikelen zijn aangemerkt als relevant voor dit onderzoek en meegenomen in de thematische analyses.

Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Liu, PY; Liu, YJ; Liu, QX; Liu, JW	Photodegradation mechanism of deltamethrin and fenvalerate	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES	2010
Lopes, I; Moreira-Santos, M; da Silva, EM; Sousa, JP; Guilhermino, L; Soares, AMVM; Ribeiro, R	In situ assays with tropical cladocerans to evaluate edge-of-field pesticide runoff toxicity	CHEMOSPHERE	2007
Rosendahl, I; Laabs, V; Atcha-Ahove, C; James, B; Amelung, W	Insecticide dissipation from soil and plant surfaces in tropical horticulture of southern Benin, West Africa	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MONITORING	2009
Rodriguez-Liebana, JA; Mingorance, MD; Pena, A	Sorption of hydrophobic pesticides on a Mediterranean soil affected by wastewater, dissolved organic matter and salts	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	2011
Tsaboula, A; Papadakis, EN; Vryzas, Z; Kotopoulou, A; Kintzikoglou, K; Papadopoulou-Mourkidou, E	Environmental and human risk hierarchy of pesticides: A prioritization method, based on monitoring, hazard assessment and environmental fate	ENVIRONMENT INTERNATIONAL	2016
Ramos, L; Berenstein, G; Hughes, EA; Zalts, A; Montserrat, JM	Polyethylene film incorporation into the horticultural soil of small periurban production units in Argentina	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2015
Kim, Y; Jung, J; Oh, S; Choi, K	Aquatic toxicity of cartap and cypermethrin to different life stages of <i>Daphnia magna</i> and <i>Oryzias latipes</i>	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART B-PESTICIDES FOOD CONTAMINANTS AND AGRICULTURAL WASTES	2008
Ullah, S; Li, ZQ; Zuberi, A; UI Arifeen, MZ; Baig, MMFA	Biomarkers of pyrethroid toxicity in fish	ENVIRONMENTAL CHEMISTRY LETTERS	2019

Zoekstrategie degradatie

De gehanteerde zoektermen in Web of Science voor het onderwerp degradatie voor deze stof zijn:

Deltamethrin (All fields) AND *degradation OR *transformation (Title)

Dit levert, na verfijning zoals in onderzoeksmethode beschreven, in totaal 19 documenten op die individueel zijn beoordeeld op relevantie voor het onderwerp migratie van deze stof. NB: initieel is gezocht naar de sleutelwoorden met als zoekbereik topic (titel, abstract, keywords), maar dit leverde een aanzienlijke hoeveelheid irrelevante documenten op, vandaar dat deze bevraging is beperkt tot de titel. Dit leverde ruimschoots voldoende materiaal ter bestudering op.

Eindselectie

Na een snelle lezing van alle documenten zijn er 8 artikelen overgebleven waarin daadwerkelijk relevante informatie over de degradatiekarakteristieken van Deltamethrin aangetroffen werd.

Resultaten

Vetgedrukte artikelen zijn aangemerkt als relevant voor dit onderzoek en meegenomen in de thematische analyses.

Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Guo, HY; Yu, XL; Liu, ZY; Li, JR; Ye, JS; Zha, ZG	Deltamethrin transformation by <i>Bacillus thuringiensis</i> and the associated metabolic pathways	ENVIRONMENT INTERNATIONAL	2020
Tariq, SR; Ahmed, D; Farooq, A; Rasheed, S; Mansoor, M	Photodegradation of bifenthrin and deltamethrin-effect of copper amendment and solvent system	ENVIRONMENTAL MONITORING AND ASSESSMENT	2017
Farghaly, MFM; Zayed, SMAD; Soliman, SM	Deltamethrin degradation and effects on soil microbial activity	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART B-PESTICIDES FOOD CONTAMINANTS AND AGRICULTURAL WASTES	2013
Zhang, H; Zhang, YM; Hou, ZG; Wang, XM; Wang, J; Lu, ZB; Zhao, XF; Sun, FJ; Pan, HY	Biodegradation potential of deltamethrin by the <i>Bacillus cereus</i> strain Y1 in both culture and contaminated soil	INTERNATIONAL BIODETERIORATION & BIODEGRADATION	2016
Braganca, I; Mucha, AP; Tomasino, MP; Santos, F; Lemos, PC; Delerue-Matos, C; Domingues, VF	Deltamethrin impact in a cabbage planted soil: Degradation and effect on microbial community structure	CHEMOSPHERE	2019

Liu, PY; Liu, YJ; Liu, QX; Liu, JW	Photodegradation mechanism of deltamethrin and fenvalerate	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES	2010
Cycon, M; Zmijowska, A; Piotrowska-Seget, Z	Enhancement of deltamethrin degradation by soil bioaugmentation with two different strains of <i>Serratia marcescens</i>	INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY	2014
Zhang, SB; Zhang, DY; Liu, Y; Luo, XW; Cheng, FX; Luo, YH; Cheng, JE; Ma, XM	DEGRADATION CHARACTERISTICS AND PATHWAY OF FENPROPATHRIN BY <i>Rhodopseudomonas</i> sp STRAIN PSB07-6	FRESENIUS ENVIRONMENTAL BULLETIN	2009
Radford, SA; Panuwet, P; Hunter, RE; Barr, DB; Ryan, PB	Degradation of Organophosphorus and Pyrethroid Insecticides in Beverages: Implications for Risk Assessment	TOXICS	2018
Xi, NN; Li, Y; Chen, J; Yang, YX; Duan, JJ; Xia, XH	Elevated Temperatures Decrease the Photodegradation Rate of Pyrethroid Insecticides on Spinach Leaves: Implications for the Effect of Climate Warming	ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY	2021
Mattei, C; Dupont, J; Wortham, H; Quivet, E	Influence of pesticide concentration on their heterogeneous atmospheric degradation by ozone	CHEMOSPHERE	2019
Chen, SH; Hu, MY; Liu, JJ; Zhong, GH; Yang, L; Rizwan-ul-Haq, M; Han, HT	Biodegradation of beta-cypermethrin and 3-phenoxybenzoic acid by a novel <i>Ochrobactrum lupini</i> DG-S-01	JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	2011
Djouaka, R; Soglo, MF; Kusimo, MO; Adeoti, R; Talom, A; Zeukeng, F; Paraiso, A; Afari-Sefa, V; Saethre, MG; Manyong, V; Tamo, M; Waage, J; Lines, J; Mahuku, G	The Rapid Degradation of Lambda-Cyhalothrin Makes Treated Vegetables Relatively Safe for Consumption	INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RESEARCH AND PUBLIC HEALTH	2018
Tang, J; Yao, K; Liu, SL; Jia, DY; Chi, YL; Zeng, CY; Wu, S	BIODEGRADATION OF 3-PHENOXYBENZOIC ACID BY A NOVEL SPHINGOMONAS SP SC-1	FRESENIUS ENVIRONMENTAL BULLETIN	2013
Xie, JM; Wang, PL; Liu, J; Lv, XM; Jiang, DL; Sun, C	PHOTODEGRADATION OF LAMBDA-CYHALOTHRIN AND CYPERMETHRIN IN AQUEOUS SOLUTION AS AFFECTED BY HUMIC ACID AND/OR COPPER: INTERMEDIATES AND DEGRADATION PATHWAYS	ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY	2011
Lin, ZQ; Pang, SM; Zhou, Z; Wu, XZ; Li, JY; Huang, YH; Zhang, WP; Lei, QQ; Bhatt, P; Mishra, S; Chen, SH	Novel pathway of acephate degradation by the microbial consortium ZQ01 and its potential for environmental bioremediation	JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	2022
Zhan, H; Huang, YH; Lin, ZQ; Bhatt, P; Chen, SH	New insights into the microbial degradation and catalytic mechanism of synthetic pyrethroids	ENVIRONMENTAL RESEARCH	2020
Zhu, QY; Yang, Y; Zhong, YY; Lao, ZT; O'Neill, P; Hong, D; Zhang, K; Zhao, SQ	Synthesis, insecticidal activity, resistance, photodegradation and toxicity of pyrethroids (A review)	CHEMOSPHERE	2020
Kurek, M; Barchanska, H; Turek, M	Degradation Processes of Pesticides Used in Potato Cultivations	REVIEWS OF ENVIRONMENTAL CONTAMINATION AND TOXICOLOGY, VOL 242	2017

12. Bijlage C. Onderzoeksdata migratie en degradatie Acetamiprid

Zoekstrategie migratie

De gehanteerde zoekterm voor het onderwerp migratie voor deze stof is:

Acetamiprid (All fields) AND migration OR migrate OR environmental fate (Topic)

Dit levert, na verfijning op 'Environmental Sciences', in totaal 34 documenten op die individueel zijn beoordeeld op relevantie voor het onderwerp migratie van deze stof.

Eindselectie

Na een snelle lezing van alle documenten zijn er 3 artikelen overgebleven waarin daadwerkelijk relevante informatie over de migratiekarakteristieken van acetamiprid aangetroffen werd. Opvallend is dat de artikelen die zijn gevonden voor 'degradatie' meer (impliciete) informatie over migratie opleveren dan de hier gehanteerde query.

Resultaten

Vetgedrukte artikelen zijn aangemerkt als relevant voor dit onderzoek en meegenomen in de thematische analyses.

Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Pitam, S; Mukherjee, I; Kumar, A	Evaluation of environmental fate of acetamiprid in the laboratory	ENVIRONMENTAL MONITORING AND ASSESSMENT	2013
Yu, XY; Mu, CL; Gu, C; Liu, C; Liu, XJ	Impact of woodchip biochar amendment on the sorption and dissipation of pesticide acetamiprid in agricultural soils	CHEMOSPHERE	2011
Potts, J; Jones, DL; Macdonald, A; Ma, QX; Cross, P	Acetamiprid fate in a sandy loam with contrasting soil organic matter contents: A comparison of the degradation, sorption and leaching of commercial neonicotinoid formulations	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2022
Wang, GL; Zhu, DF; Xiong, MH; Zhang, H; Liu, Y	Construction and analysis of an intergeneric fusion from <i>Pigmentiphaga</i> sp strain AAP-1 and <i>Pseudomonas</i> sp CTN-4 for degrading acetamiprid and chlorothalonil	ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH	2016
Zhang, SQ; He, FR; Fang, XQ; Zhao, XY; Liu, YY; Yu, GB; Zhou, Y; Feng, YH; Li, JC	Enhancing soil aggregation and acetamiprid adsorption by ecofriendly polysaccharides hydrogel based on Ca ²⁺ -amphiphilic sodium alginate	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES	2022
Picone, M; Distefano, GG; Marchetto, D; Russo, M; Baccichet, M; Brusio, L; Zangrando, R; Gambaro, A; Ghirardini, AV	Long-term effects of neonicotinoids on reproduction and offspring development in the copepod <i>Acartia tonsa</i>	MARINE ENVIRONMENTAL RESEARCH	2022

Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Aseperi, AK; Busquets, R; Hooda, PS; Cheung, PCW; Barker, J	Behaviour of neonicotinoids in contrasting soils	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	2020
Mahai, G; Wan, YJ; Wang, AZ; Xia, W; Shi, LS; Wang, P; He, ZY; Xu, SQ	Selected transformation products of neonicotinoid insecticides (other than imidacloprid) in drinking water	ENVIRONMENTAL POLLUTION	2021
Wang, YH; Wu, SG; Chen, JE; Zhang, CP; Xu, ZL; Li, G; Cai, LM; Shen, WF; Wang, Q	Single and joint toxicity assessment of four currently used pesticides to zebrafish (Danio rerio) using traditional and molecular endpoints	CHEMOSPHERE	2018
Naumann, T; Bento, CPM; Wittmann, A; Gandrass, J; Tang, JH; Zhen, XM; Liu, L; Ebinghaus, R	Occurrence and ecological risk assessment of neonicotinoids and related insecticides in the Bohai Sea and its surrounding rivers, China	WATER RESEARCH	2022
Miranda, GRB; Raetano, CG; Silva, E; Daam, MA; Cerejeira, MJ	Environmental Fate of Neonicotinoids and Classification of Their Potential Risks to Hypogean, Epygean, and Surface Water Ecosystems in Brazil	HUMAN AND ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT	2011
Thompson, DA; Kolpin, DW; Hladik, ML; Barnes, KK; Vargo, JD; Field, RW	Prevalence of neonicotinoids and sulfoxaflor in alluvial aquifers in a high corn and soybean producing region of the Midwestern United States	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2021
Lu, Z; Challis, JK; Wong, CS	Quantum Yields for Direct Photolysis of Neonicotinoid Insecticides in Water: Implications for Exposure to Nontarget Aquatic Organisms	ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY LETTERS	2015
Lu, CS; Lu, ZB; Lin, S; Dai, W; Zhang, Q	Neonicotinoid insecticides in the drinking water system - Fate, transportation, and, their contributions to the overall dietary risks	ENVIRONMENTAL POLLUTION	2020
Pietrzak, D; Kania, J; Kmiecik, E; Malina, G; Wator, K	Fate of selected neonicotinoid insecticides in soil-water systems: Current state of the art and knowledge gaps	CHEMOSPHERE	2020
Barbieri, MV; Peris, A; Postigo, C; Moya-Garces, A; Monllor-Alcaraz, LS; Rambla-Alegre, M; Eljarrat, E; de Alda, ML	Evaluation of the occurrence and fate of pesticides in a typical Mediterranean delta ecosystem (Ebro River Delta) and risk assessment for aquatic organisms	ENVIRONMENTAL POLLUTION	2021
Zhang, C; Yi, XH; Chen, C; Tian, D; Liu, HB; Xie, LT; Zhu, XP; Huang, MZ; Ying, GG	Contamination of neonicotinoid insecticides in soil-water-sediment systems of the urban and rural areas in a rapidly developing region: Guangzhou, South China	ENVIRONMENT INTERNATIONAL	2020

Huang, ZB; Li, HZ; Wei, YL; Xiong, JJ; You, J	Distribution and ecological risk of neonicotinoid insecticides in sediment in South China: Impact of regional characteristics and chemical properties	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2020
Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Li, XT; Chen, JH; He, XP; Wang, ZW; Wu, DN; Zheng, XL; Zheng, L; Wang, BD	Simultaneous determination of neonicotinoids and fipronil and its metabolites in environmental water from coastal bay using disk-based solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry	CHEMOSPHERE	2019
Todey, SA; Fallon, AM; Arnold, WA	Neonicotinoid insecticide hydrolysis and photolysis: Rates and residual toxicity	ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY	2018
Picone, M; Distefano, GG; Marchetto, D; Russo, M; Baccichet, M; Zangrando, R; Gambaro, A; Ghirardini, AV	Inhibition of Larval Development of Marine Copepods <i>Acartia tonsa</i> by Neonicotinoids	TOXICS	2022
Xu, LW; Xu, XX; Guo, LL; Wang, ZX; Wu, XL; Kuang, H; Xu, CAL	Potential Environmental Health Risk Analysis of Neonicotinoids and a Synergist	ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY	2021
Englert, D; Bakanov, N; Zubrod, JP; Schulz, R; Bundschuh, M	Modeling Remobilization of Neonicotinoid Residues from Tree Foliage in Streams-A Relevant Exposure Pathway in Risk Assessment?	ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY	2017
Hladik, ML; Kolpin, DW	First national-scale reconnaissance of neonicotinoid insecticides in streams across the USA	ENVIRONMENTAL CHEMISTRY	2016
Liu, ZK; Zhang, LM; Zhang, ZL; An, LH; Hough, R; Hu, P; Li, YF; Zhang, FX; Wang, S; Zhao, YQ; Ke, YX; Cui, S	A review of spatiotemporal patterns of neonicotinoid insecticides in water, sediment, and soil across China	ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH	2022
Menon, M; Mohanraj, R; Sujata, W	Monitoring of Neonicotinoid Pesticides in Water-Soil Systems Along the Agro-Landscapes of the Cauvery Delta Region, South India	BULLETIN OF ENVIRONMENTAL CONTAMINATION AND TOXICOLOGY	2021
Bonmatin, JM; Mitchell, EAD; Glauser, G; Lumawig-Heitzman, E; Claveria, F; van Lexmond, MB; Taira, K; Sanchez-Bayo, F	Residues of neonicotinoids in soil, water and people's hair: A case study from three agricultural regions of the Philippines	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2021
Silvanima, J; Sunderman-Barnes, S; Copeland, R; Woeber, A; Miller, E	Regional extent, environmental relevance, and spatiotemporal variability of neonicotinoid insecticides detected in Florida's ambient flowing waters	ENVIRONMENTAL MONITORING AND ASSESSMENT	2022
Saka, M; Tada, N	Acute and chronic toxicity tests of systemic insecticides, four neonicotinoids and fipronil, using the tadpoles of the western clawed frog <i>Silurana tropicalis</i>	CHEMOSPHERE	2021

Zhou, Y; Lu, XX; Yu, B; Wang, D; Zhao, C; Yang, Q; Zhang, Q; Tan, Y; Wang, XY; Guo, JY	Comparison of neonicotinoid residues in soils of different land use types	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2021
Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Zheng, TH; Zhang, J; Tang, CJ; Zhang, YF; Duan, J	Persistence and vertical distribution of neonicotinoids in soils under different citrus orchards chronosequences from southern China	CHEMOSPHERE	2022
Li, X; He, S; Xiao, H; He, TT; Zhang, JD; Luo, ZR; Ma, JZ; Yin, YL; Luo, L; Cao, LY	Neonicotinoid insecticides promote breast cancer progression via G protein-coupled estrogen receptor: In vivo, in vitro and in silico studies	ENVIRONMENT INTERNATIONAL	2022
Richards, LA; Kumari, R; White, D; Parashar, N; Kumar, A; Ghosh, A; Kumar, S; Chakravorty, B; Lu, CH; Civil, W; Lapworth, DJ; Krause, S; Polya, DA; Goody, DC	Emerging organic contaminants in groundwater under a rapidly developing city (Patna) in northern India dominated by high concentrations of lifestyle chemicals	ENVIRONMENTAL POLLUTION	2021
Wang, ZW; Chen, JH; Zhan, TR; He, XP; Wang, BD	Simultaneous determination of eight neonicotinoid insecticides, fipronil and its three transformation products in sediments by continuous solvent extraction coupled with liquid chromatography-tandem mass spectrometry	ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY	2020

Zoekstrategie degradatie

De gehanteerde zoektermen in Web of Science voor het onderwerp degradatie voor deze stof zijn:

Acetamiprid (All fields) AND *degradation OR *transformation (Title)

Initieel is gekeken naar de beschikbare review artikelen (3) en daarna is verfijning toegepast op "Environmental Science". De verfijning levert in totaal 32 documenten op die individueel zijn beoordeeld op relevantie voor het onderwerp migratie van deze stof.

NB: initieel is gezocht naar de sleutelwoorden met als zoekbereik topic (titel, abstract, keywords), maar dit leverde een aanzienlijke hoeveelheid irrelevante documenten op, vandaar dat deze bevraging is beperkt tot de titel. Dit leverde ruimschoots voldoende materiaal ter bestudering op. Verdere filtering op "topic meso" leverde juist te weinig resultaten op, vandaar dat in dit geval is weggelaten. De 3 review artikelen vielen weg na verfijning, maar 2 ervan zijn desondanks toch meegenomen in de bestudering.

Eindselectie

Na een snelle lezing van alle documenten zijn er 9 artikelen overgebleven waarin daadwerkelijk relevante informatie over de degradatiekarakteristieken van acetamiprid aangetroffen werd.

Resultaten

Vetgedrukte artikelen zijn aangemerkt als relevant voor dit onderzoek en meegenomen in de thematische analyses.

Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Sun, SL; Zhou, JS; Jiang, JH; Dai, YJ; Sheng, MM	Nitrile Hydratases: From Industrial Application to Acetamiprid and Thiacloprid Degradation	JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY	2021
Hussain, S; Hartley, CJ; Shettigar, M; Pandey, G	Bacterial biodegradation of neonicotinoid pesticides in soil and water systems	FEMS MICROBIOLOGY LETTERS	2016
Pang, SM; Lin, ZQ; Zhang, WP; Mishra, S; Bhatt, P; Chen, SH	Insights Into the Microbial Degradation and Biochemical Mechanisms of Neonicotinoids	FRONTIERS IN MICROBIOLOGY	2020
Miyashiro, CS; Hamoudi, S	Aqueous Acetamiprid Degradation Using Combined Ultrasonication and Photocatalysis Under Visible Light	WATER AIR AND SOIL POLLUTION	2022
Yang, QQ; Wang, YR; Wang, GL; Li, F	PROGRESS IN THE BIODEGRADATION OF CHLORONICOTINYL INSECTICIDE ACETAMIPRID	FRESENIUS ENVIRONMENTAL BULLETIN	2018
Yang, HX; Wang, X; Zheng, J; Wang, GL; Hong, Q; Li, SP; Li, R; Jiang, JD	Biodegradation of acetamiprid by Pigmentiphaga sp D-2 and the degradation pathway	INTERNATIONAL BIODETERIORATION & BIODEGRADATION	2013
Tassalit, D; Chekir, N; Benhabiles, O; Mouzaoui, O; Mahidine, S; Merzouk, NK; Bentahar, F; Khalil, A	Effect and interaction study of acetamiprid photodegradation using experimental design	WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	2016
Yang, QQ; Wang, YR; Wang, GL; Li, F	PROGRESS IN THE BIODEGRADATION OF CHLORONICOTINYL INSECTICIDE ACETAMIPRID	FRESENIUS ENVIRONMENTAL BULLETIN	2018
Cara, M; Vorpsi, V; Harizaj, F; Merkuri, J; Vladi, V	DEGRADATION OF THE INSECTICIDE ACETAMIPRID IN GREENHOUSE CUCUMBERS AND AN ESTIMATION OF THE LEVEL OF RESIDUES	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AND ECOLOGY	2011
Guo, LL; Yang, WL; Cheng, X; Fan, ZX; Chen, XM; Ge, F; Dai, YJ	Degradation of neonicotinoid insecticide acetamiprid by two different nitrile hydratases of Pseudaminobacter salicylatoxidans CGMCC 1.17248	INTERNATIONAL BIODETERIORATION & BIODEGRADATION	2021
Gupta, S; Gajbhiye, VT; Gupta, RK	Effect of light on the degradation of two neonicotinoids viz acetamiprid and thiacloprid in soil	BULLETIN OF ENVIRONMENTAL CONTAMINATION AND TOXICOLOGY	2008
Nicol, E; Varga, Z; Vujovic, S; Bouchonnet, S	Laboratory scale UV-visible degradation of acetamiprid in aqueous marketed mixtures - Structural elucidation of photoproducts and toxicological consequences	CHEMOSPHERE	2020
Mitsika, EE; Christophoridis, C; Fytianos, K	Fenton and Fenton-like oxidation of pesticide acetamiprid in water samples: Kinetic study of the degradation and optimization using response surface methodology	CHEMOSPHERE	2013

Wang, JQ; Ohno, H; Ide, Y; Ichinose, H; Mori, T; Kawagishi, H; Hirai, H	Identification of the cytochrome P450 involved in the degradation of neonicotinoid insecticide acetamiprid in <i>Phanerochaete chrysosporium</i>	JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	2019
---	--	--------------------------------	------

Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Guzsvany, V; Rajic, L; Jovic, B; Orcic, D; Csanadi, J; Lacic, S; Abramovic, B	Spectroscopic monitoring of photocatalytic degradation of the insecticide acetamiprid and its degradation product 6-chloronicotinic acid on TiO ₂ catalyst	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART A-TOXIC/HAZARDOUS SUBSTANCES & ENVIRONMENTAL ENGINEERING	2012
Potts, J; Jones, DL; Macdonald, A; Ma, QX; Cross, P	Acetamiprid fate in a sandy loam with contrasting soil organic matter contents: A comparison of the degradation, sorption and leaching of commercial neonicotinoid formulations	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2022
Phugare, SS; Jadhav, JP	Biodegradation of Acetamiprid by Isolated Bacterial Strain <i>Rhodococcus</i> sp BCH2 and Toxicological Analysis of Its Metabolites in Silkworm (<i>Bombax mori</i>)	CLEAN-SOIL AIR WATER	2015
Tabasum, A; Bhatti, IA; Nadeem, N; Zahid, M; Rehan, ZA; Hussain, T; Jilani, A	Degradation of acetamiprid using graphene-oxide-based metal (Mn and Ni) ferrites as Fenton-like photocatalysts	WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	2020
Duan, PJ; Ma, TF; Yue, Y; Li, YW; Zhang, X; Shang, YA; Gao, BY; Zhang, QZ; Yue, QY; Xu, X	Fe/Mn nanoparticles encapsulated in nitrogen-doped carbon nanotubes as a peroxymonosulfate activator for acetamiprid degradation	ENVIRONMENTAL SCIENCE-NANO	2019
Martinez-Haya, R; Gomis, J; Arques, A; Amat, AM; Miranda, MA; Marin, ML	Direct detection of the triphenylpyrylium-derived short-lived intermediates in the photocatalyzed degradation of acetaminophen, acetamiprid, caffeine and carbamazepine	JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	2018
Carra, I; Sirtori, C; Ponce-Robles, L; Perez, JAS; Malato, S; Aguera, A	Degradation and monitoring of acetamiprid, thiabendazole and their transformation products in an agro-food industry effluent during solar photo-Fenton treatment in a raceway pond reactor	CHEMOSPHERE	2015
Fenoll, J; Garrido, I; Hellin, P; Flores, P; Navarro, S	Photodegradation of neonicotinoid insecticides in water by semiconductor oxides	ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH	2015
Mahai, G; Wan, YJ; Wang, AZ; Xia, W; Shi, LS; Wang, P; He, ZY; Xu, SQ	Selected transformation products of neonicotinoid insecticides (other than imidacloprid) in drinking water	ENVIRONMENTAL POLLUTION	2021
Zhang, Y; Chen, D; Du, MY; Ma, LL; Li, P; Qin, R; Yang, JR; Yin, ZB; Wu, XZ; Xu, HH	Insights into the degradation and toxicity difference mechanism of neonicotinoid pesticides in honeybees by mass spectrometry imaging	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2021
Marin, ML	Direct Detection of the Triphenylpyrylium-Derived Short-Lived Intermediates in the Photocatalyzed Degradation of Acetaminophen, Acetamiprid, Caffeine and Carbamazepine (vol 342, pg 633, 2017)	JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	2018

Banic, ND; Sojic, DV; Krstic, JB; Abramovic, BF	Photodegradation of Neonicotinoid Active Ingredients and Their Commercial Formulations in Water by Different Advanced Oxidation Processes	WATER AIR AND SOIL POLLUTION	2014
---	---	------------------------------	------

Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Wan, YJ; Tran, TM; Nguyen, VT; Wang, AZ; Wang, JW; Kannan, K	Neonicotinoids, fipronil, chlorpyrifos, carbendazim, chlorotriazines, chlorophenoxy herbicides, bentazon, and selected pesticide transformation products in surface water and drinking water from northern Vietnam	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2021
Dankyi, E; Gordon, C; Carboo, D; Apalangya, VA; Fomsgaard, IS	Sorption and degradation of neonicotinoid insecticides in tropical soils	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART B- PESTICIDES FOOD CONTAMINANTS AND AGRICULTURAL WASTES	2018
Liu, X; Li, CS; Zhang, BJ; Yuan, M; Ma, YQ; Kong, FY	A facile strategy for photocatalytic degradation of seven neonicotinoids over sulfur and oxygen co-doped carbon nitride	CHEMOSPHERE	2020
Zou, ZY; Huang, X; Guo, XL; Jia, CH; Li, BT; Zhao, ER; Wu, JX	Efficient degradation of imidacloprid in soil by thermally activated persulfate process: Performance, kinetics, and mechanisms	ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY	2022
Jiang, HY; Wu, HK; Yuan, PP; Guo, JJ; Wang, L; Dai, YJ	Biodegradation of sulfoxaflor by <i>Pseudomonas stutzeri</i> CGMCC 22915 and characterization of the nitrile hydratase involved	INTERNATIONAL BIODETERIORATION & BIODEGRADATION	2022
Achermann, S; Mansfeldt, CB; Muller, M; Johnson, DR; Fenner, K	Relating Metatranscriptomic Profiles to the Micropollutant Biotransformation Potential of Complex Microbial Communities	ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY	2020
Zabar, R; Dolenc, D; Jerman, T; Franko, M; Trebse, P	Photolytic and photocatalytic degradation of 6-chloronicotinic acid	CHEMOSPHERE	2011
Wang, ZW; Chen, JH; Zhan, TR; He, XP; Wang, BD	Simultaneous determination of eight neonicotinoid insecticides, fipronil and its three transformation products in sediments by continuous solvent extraction coupled with liquid chromatography-tandem mass spectrometry	ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY	2020
Mao, XM; Li, M; Li, MY	Fabrication of Bi ₄ O ₅ Br ₂ photocatalyst for carbamazepine degradation under visible-light irradiation	WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	2021

13. Bijlage D. Onderzoeksdata migratie en degradatie Pendimethalin

Zoekstrategie migratie

De gehanteerde zoektermen in Web of Science voor het onderwerp migratie voor deze stof is:

Pendimethalin (All fields) AND migration OR migrate OR environmental fate (Topic)

Dit levert, zonder verfijning, in totaal 13 documenten op die individueel zijn beoordeeld op relevantie voor het onderwerp migratie van deze stof.

Eindselectie

Na een snelle lezing van alle documenten zijn er géén artikelen overgebleven waarin daadwerkelijk relevante informatie over de migratiekarakteristieken van pendimethalin aangetroffen werd. Opvallend is dat de artikelen die zijn gevonden voor 'degradatie' meer (impliciete) informatie over migratie opleveren dan de hier gehanteerde query.

Omdat pendimethalin door de onderzoekers in opdracht van de Vereniging Meten=Weten toch veelvuldig is aangetroffen, is het rapport hiervan (Buijs & Mantingh, 2022) hierop nageslagen en is uiteindelijk in een onderzoek waarnaar wordt gerefereerd in dit rapport (het OBO-rapport) door TNO, De Universiteit Wageningen en de Universiteit Utrecht enige informatie over de migratie van de stof gevonden (Gooijer et al., 2019).

Resultaten

Geen van de hier genoemde artikelen zijn gehanteerd bij de analyse.

Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Luks, AK; Zegarski, T; Nowak, KM; Miltner, A; Kastner, M; Matthies, M; Schmidt, B; Schaffer, A	Fate of pendimethalin in soil and characterization of non-extractable residues (NER)	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2021
Hakala, JA; Chin, YP	Abiotic Reduction of Pendimethalin and Trifluralin in Controlled and Natural Systems Containing Fe(II) and Dissolved Organic Matter	JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY	2010
Veerakumar, P; Sangili, A; Saranya, K; Pandikumar, A; Lin, KC	Palladium and silver nanoparticles embedded on zinc oxide nanostars for photocatalytic degradation of pesticides and herbicides	CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL	2021

Mattei, C; Wortham, H; Quivet, E	Heterogeneous degradation of pesticides by OH radicals in the atmosphere: Influence of humidity and particle type on the kinetics	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2019
-------------------------------------	---	----------------------------------	------

Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Rodriguez-Liebana, JA; Mingorance, MD; Pena, A	Sorption of hydrophobic pesticides on a Mediterranean soil affected by wastewater, dissolved organic matter and salts	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	2011
Pavlidis, G; Tsihrintzis, VA; Karasali, H; Alexakis, D	Tree uptake of excess nutrients and herbicides in a maize-olive tree cultivation system	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART A-TOXIC/HAZARDOUS SUBSTANCES & ENVIRONMENTAL ENGINEERING	2018
Oh, SY; Son, JG; Chiu, PC	Black carbon-mediated reductive transformation of nitro compounds by hydrogen sulfide	ENVIRONMENTAL EARTH SCIENCES	2015
Oh, SY; Son, JG; Chiu, PC	Biochar-mediated reductive transformation of nitro herbicides and explosives	ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY	2013
Abdelrady, A; Sharma, S; Sefelnasr, A; Abogbal, A; Kennedy, M	Investigating the impact of temperature and organic matter on the removal of selected organic micropollutants during bank filtration: A batch study	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL CHEMICAL ENGINEERING	2019
Rasanen, K; Mattila, T; Porvari, P; Kurppa, S; Tiilikkala, K	Estimating the development of ecotoxicological pressure on water systems from pesticides in Finland 2000-2011	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	2015
Lee, J; Bartelt-Hunt, SL; Li, YS	Development of Quantitative Structure-Activity Relationships for Nanoparticle Titanium Dioxide Aggregation in the Presence of Organic Contaminants	ENVIRONMENTAL ENGINEERING SCIENCE	2018
Coleman, NV; Rich, DJ; Tang, FHM; Vervoort, RW; Maggi, F	Biodegradation and Abiotic Degradation of Trifluralin: A Commonly Used Herbicide with a Poorly Understood Environmental Fate	ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY	2020
Chowdhury, IF; Rohan, M; Stodart, BJ; Chen, CR; Wu, HW; Doran, GS	Persistence of atrazine and trifluralin in a clay loam soil undergoing different temperature and moisture conditions	ENVIRONMENTAL POLLUTION	2021

Zoekstrategie degradatie

De gehanteerde zoektermen in Web of Science voor het onderwerp degradatie voor deze stof zijn:

Pendimethalin (All fields) AND *degradation OR *transformation (Title)

Initieel is gekeken naar de beschikbare review artikelen (2) en daarna is verfijning toegepast op "Environmental Science". De verfijning levert in totaal 17 documenten op die individueel zijn beoordeeld op relevantie voor het onderwerp migratie van deze stof.

NB: initieel is gezocht naar de sleutelwoorden met als zoekbereik topic (titel, abstract, keywords), maar dit leverde een aanzienlijke hoeveelheid irrelevante documenten op, vandaar dat deze bevraging is beperkt tot de titel. Dit leverde ruimschoots voldoende materiaal ter bestudering op. Het relevante review artikel viel weg na verfijning, maar toch meegenomen in de bestudering.

Eindselectie

Na een snelle lezing van alle documenten zijn er 9 artikelen overgebleven waarin daadwerkelijk relevante informatie over de degradatiekarakteristieken van pendimethalin aangetroffen werd.

Resultaten

Vetgedrukte artikelen zijn aangemerkt als relevant voor dit onderzoek en meegenomen in de thematische analyses.

Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Singh, B; Singh, K	Microbial degradation of herbicides	CRITICAL REVIEWS IN MICROBIOLOGY	2016
Ni, HY; Yao, L; Li, N; Cao, Q; Dai, C; Zhang, J; He, Q; He, J	Biodegradation of pendimethalin by Bacillus subtilis Y3	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES	2016
Baglieri, A; Gennari, M; Arena, M; Abbate, C	The adsorption and degradation of chlorpyrifos-methyl, pendimethalin and metalaxyl in solid urban waste compost	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART B- PESTICIDES FOOD CONTAMINANTS AND AGRICULTURAL WASTES	2011
Swarcewicz, MK; Gregorczyk, A	The effects of pesticide mixtures on degradation of pendimethalin in soils	ENVIRONMENTAL MONITORING AND ASSESSMENT	2012
Pinto, AP; Serrano, C; Pires, T; Mestrinho, E; Dias, L; Teixeira, DM; Caldeira, AT	Degradation of terbuthylazine, difenoconazole and pendimethalin pesticides by selected fungi cultures	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2012
Ramakrishna, M; Mohan, SV; Shailaja, S; Narashima, R; Sarma, PN	Identification of metabolites during biodegradation of pendimethalin in bioslurry reactor	JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	2008
Archana; Prasad, FM	INFLUENCE OF SOIL MOISTURE AND TEMPERATURE ON PENDIMETHALIN DEGRADATION IN CULTIVATED AND FORESTED LANDS	CARPATHIAN JOURNAL OF EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCES	2012

Hennecke, D; Hassink, J; Klein, J; Kruse, M	Impact of simulated sunlight on the degradation of pendimethalin in surface water in a scale-up experiment in accordance to OECD TG 309	ENVIRONMENTAL SCIENCES EUROPE	2020
---	--	--------------------------------------	-------------

Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Alister, CA; Gomez, PA; Rojas, S; Kogan, M	Pendimethalin and oxyfluorfen degradation under two irrigation conditions over four years application	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART B- PESTICIDES FOOD CONTAMINANTS AND AGRICULTURAL WASTES	2009
Pinto, AP; Rodrigues, SC; Caldeira, AT; Teixeira, DM	Exploring the potential of novel biomixtures and Lentinula edodes fungus for the degradation of selected pesticides. Evaluation for use in biobed systems	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2016
Sharipov, U; Kocarek, M; Jursik, M; Nikodem, A; Boruvka, L	Adsorption and degradation behavior of six herbicides in different agricultural soils	ENVIRONMENTAL EARTH SCIENCES	2021
Huang, B; Yan, DD; Wang, XN; Wang, XL; Fang, WS; Zhang, DQ; Ouyang, CB; Wang, QX; Cao, AC	Soil fumigation alters adsorption and degradation behavior of pesticides in soil	ENVIRONMENTAL POLLUTION	2019
Saitoh, T; Yamaguchi, M; Hiraide, M	Surfactant-coated aluminum hydroxide for the rapid removal and biodegradation of hydrophobic organic pollutants in water	WATER RESEARCH	2011
Mattei, C; Dupont, J; Wortham, H; Quivet, E	Influence of pesticide concentration on their heterogeneous atmospheric degradation by ozone	CHEMOSPHERE	2019
Herrero-Hernandez, E; Simon-Egea, AB; Sanchez-Martin, MJ; Rodriguez-Cruz, MS; Andrades, MS	Monitoring and environmental risk assessment of pesticide residues and some of their degradation products in natural waters of the Spanish vineyard region included in the Denomination of Origin Jumilla	ENVIRONMENTAL POLLUTION	2020

Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Pramanik, SK; Joarder, S; Das, S; Roy, S; Bhattacharyya, A	Photodegradation of Oryzalin in aqueous isopropanol and acetonitrile	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART B-PESTICIDES FOOD CONTAMINANTS AND AGRICULTURAL WASTES	2016
Coleman, NV; Rich, DJ; Tang, FHM; Vervoort, RW; Maggi, F	Biodegradation and Abiotic Degradation of Trifluralin: A Commonly Used Herbicide with a Poorly Understood Environmental Fate	ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY	2020

14. Bijlage E. Onderzoeksdata migratie en degradatie Pyraclostrobine

Zoekstrategie migratie

De gehanteerde zoektermen in Web of Science voor het onderwerp migratie voor deze stof is:

Pyraclostrobin (All fields) AND migration OR migrate OR environmental fate (Topic)

NB: De Engelse term voor pyraclostrobine is pyraclostrobin, deze is daarom gebruikt in de zoekterm.

Dit levert, na verfijning, in totaal 8 documenten op die individueel zijn beoordeeld op relevantie voor het onderwerp migratie van deze stof.

Eindselectie

Na een snelle lezing van alle documenten zijn er slechts 2 artikelen overgebleven waarin enigszins relevante informatie over de migratiekarakteristieken van pyraclostrobine aangetroffen werd. Opvallend is dat de artikelen die zijn gevonden voor 'degradatie' meer (impliciete) informatie over migratie opleveren dan de hier gehanteerde query.

Resultaten

Vetgedrukte artikelen zijn aangemerkt als relevant voor dit onderzoek en meegenomen in de thematische analyses.

Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Smalling, KL; Reilly, TJ; Sandstrom, MW; Kuivila, KM	Occurrence and persistence of fungicides in bed sediments and suspended solids from three targeted use areas in the United States	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2013
Cooper, EM; Rushing, R; Hoffman, K; Phillips, AL; Hammel, SC; Zylka, MJ; Stapleton, HM	Strobilurin fungicides in house dust: is wallboard a source?	JOURNAL OF EXPOSURE SCIENCE AND ENVIRONMENTAL EPIDEMIOLOGY	2020
Wang, YH; Wu, SG; Chen, JE; Zhang, CP; Xu, ZL; Li, G; Cai, LM; Shen, WF; Wang, Q	Single and joint toxicity assessment of four currently used pesticides to zebrafish (<i>Danio rerio</i>) using traditional and molecular endpoints	CHEMOSPHERE	2018
Smalling, KL; Kuivila, KM; Orlando, JL; Phillips, BM; Anderson, BS; Siegler, K; Hunt, JW; Hamilton, M	Environmental fate of fungicides and other current-use pesticides in a central California estuary	MARINE POLLUTION BULLETIN	2013
Hockemeyer, KR; Latin, R	Spatial and Temporal Distribution of Fungicides Applied to Creeping Bentgrass	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL QUALITY	2015
Gobas, FAPC; Lai, HF; Mackay, D; Padilla, LE; Goetz, A; Jackson, SH	AGRO-2014: A time dependent model for assessing the fate and food-web bioaccumulation of organic pesticides in farm ponds: Model testing and performance analysis	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2018

Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Zhang, C; Zhou, TT; Xu, YQ; Du, ZK; Li, B; Wang, JH; Wang, J; Zhu, LS	Ecotoxicology of strobilurin fungicides	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2020
Jiang, WK; Zhang, ML; Zhu, Q; Wu, CL; Jiang, ML; Ke, ZJ; Zhou, YD; Qiu, JG; Dong, WL; Hong, Q	Esterase TriH responsible for the hydrolysis of trifloxystrobin in <i>Hyphomicrobium</i> sp. B1	INTERNATIONAL BIODETERIORATION & BIODEGRADATION	2022

Zoekstrategie degradatie

De gehanteerde zoektermen in Web of Science voor het onderwerp degradatie voor deze stof zijn:

Pyraclostrobin (All fields) AND *degradation OR *transformation (Title)

Dit levert, na verfijning (enkel op Topic Meso), in totaal 14 documenten op die individueel zijn beoordeeld op relevantie voor het onderwerp migratie van deze stof.

Eindselectie

Na een snelle lezing van alle documenten zijn er 5 artikelen overgebleven waarin daadwerkelijk relevante informatie over de degradatiekarakteristieken van pyraclostrobine aangetroffen werd.

Resultaten

Vetgedrukte artikelen zijn aangemerkt als relevant voor dit onderzoek en meegenomen in de thematische analyses.

Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Chen, XX; He, S; Liang, ZB; Li, QX; Yan, H; Hu, JY; Liu, XL	Biodegradation of pyraclostrobin by two microbial communities from Hawaiian soils and metabolic mechanism	JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	2018
Zeng, LR; Shi, LH; Meng, XG; Xu, J; Jia, GF; Gui, T; Zhang, YP; Hu, DY	Evaluation of photolysis and hydrolysis of pyraclostrobin in aqueous solutions and its degradation products in paddy water	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART B-PESTICIDES FOOD CONTAMINANTS AND AGRICULTURAL WASTES	2019
Shi, KW; Wu, XJ; Ma, JW; Zhang, JF; Zhou, L; Wang, H; Li, L	Effects of Planting and Processing Modes on the Degradation of Dithianon and Pyraclostrobin in Chinese Yam (<i>Dioscorea</i> spp.)	JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY	2017
Birulli, WG; da Silva, BF; Rodrigues, E	Biodegradation of the fungicide Pyraclostrobin by bacteria from orange cultivation plots	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2020

Authors	Article Title	Source Title	Publication Year
Sun, CX; Cang, T; Wang, ZW; Wang, XQ; Yu, RX; Wang, Q; Zhao, XP	Degradation of three fungicides following application on strawberry and a risk assessment of their toxicity under greenhouse conditions	ENVIRONMENTAL MONITORING AND ASSESSMENT	2015
Dornellas, RM; Nogueira, DB; Aucelio, RQ	The boron-doped diamond electrode voltammetric method for ultra-trace determination of the fungicide pyraclostrobin and evaluation of its photodegradation and thermal degradation	ANALYTICAL METHODS	2014
Skanes, B; Ho, J; Warriner, K; Prosser, RS	Degradation of boscalid, pyraclostrobin, fenbuconazole, and glyphosate residues by an advanced oxidative process utilizing ultraviolet light and hydrogen peroxide	JOURNAL OF PHOTOCHEMISTRY AND PHOTOBIOLOGY A-CHEMISTRY	2021
Lopes, FM; Batista, KA; Batista, GLA; Mitidieri, S; Bataus, LAM; Fernandes, KF	Biodegradation of epoxyconazole and piraclostrobin fungicides by Klebsiella sp from soil	WORLD JOURNAL OF MICROBIOLOGY & BIOTECHNOLOGY	2010
Wolejko, E; Lozowicka, B; Kaczynski, P; Jankowska, M; Piekut, J	The influence of effective microorganisms (EM) and yeast on the degradation of strobilurins and carboxamides in leafy vegetables monitored by LC-MS/MS and health risk assessment	ENVIRONMENTAL MONITORING AND ASSESSMENT	2016
Jiang, WK; Gao, QQ; Zhang, L; Liu, YL; Zhang, ML; Ke, ZJ; Zhou, YD; Hong, Q	Detoxification Esterase StrH Initiates Strobilurin Fungicide Degradation in Hyphomicrobium sp. Strain DY-1	APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY	2021
Feng, YM; Zhang, WP; Pang, SM; Lin, ZQ; Zhang, YM; Huang, YH; Bhatt, P; Chen, SH	Kinetics and New Mechanism of Azoxystrobin Biodegradation by an Ochrobactrum anthropi Strain SH14	MICROORGANISMS	2020
Jiao, XY; Li, ZL; He, J; Wang, CJ	Enhanced photodegradation of applied dithianon fungicides on plant leaves by dissolved substances in atmosphere under simulated sunlight	CHEMOSPHERE	2020
Wang, PY; Gravel, V; Bueno, V; Galhardi, JA; Ghoshal, S; Wilkinson, KJ; Bayen, S	Thermal Degradation of Conventional and Nanoencapsulated Azoxystrobin due to Processing in Water, Spiked Strawberry, and Incurred Strawberry Models	ACS AGRICULTURAL SCIENCE & TECHNOLOGY	2022
Feng, YM; Huang, YH; Zhan, H; Bhatt, P; Chen, SH	An Overview of Strobilurin Fungicide Degradation: Current Status and Future Perspective	FRONTIERS IN MICROBIOLOGY	2020

15. Bijlage F. Onderverdeling van herbiciden, fungiciden en insecticiden op basis van werkingsmechanisme

Tabel 10

Herbiciden, onderverdeeld in groepen op basis van werkingsmechanisme (Bagale, 2022; Lushchak et al., 2018).

Groep	Werking	Voorbeelden
Groeiregulatoren	Grijpen in op groei-mechanismen van plant, verstoren hormoonbalans door competitie met natuurlijke hormonen	2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)
Groeiremmers voor zaailingen	Scheut- en wortelgroeiremmers, remmen celdeling	Dinitroanilines, pendimethalin
Fotosynthese inhibitoren	Blokkeren elektrontransport fotosynthese	triazines
Aminozyur biosynthese remmers	Blokkeren synthese van bepaalde aminozuren	glyfosaat
Lipide biosynthese remmers	Blokkeren synthese van lipiden waardoor geen celmembranen gevormd kunnen worden	fluazifop, sethoxydim
Celmembraan verstoorders	Verstoren celmembraanactiviteit waardoor structuren en functies binnen het celmembraan aangetast worden.	paraquat, diquat
Pigment biosynthese remmers	Remmen synthese van pigmenten oftewel caretenoïden waardoor chlorofyl niet beschermd wordt tegen licht en vernietigd wordt. Geen fotosynthese meer mogelijk.	clomazone

Tabel 11

Fungiciden, onderverdeeld in groepen op basis van werkingsmechanisme (Lushchak et al., 2018).

Groep	Werking	Voorbeelden
Ergosterol biosynthese blokkers	Blokkeren synthese ergosterol, belangrijk onderdeel van celmembraan fungi.	Conazolen, tebuconazool, difenoconazool
Eiwit biosynthese remmers	Remmen synthese eiwitten door bijvoorbeeld modificatie van SH-groepen waardoor geen kieming van sporen en vorming van schimmeldraden plaats vindt	Dithianon, benzimidazolen
Mitochondriale ademhalingsremmers	Blokkeren van elektronenoverdracht bij coënzym Q oftewel ubiquinon waardoor geen ATP gevormd kan worden	Pyraclostrobine, azoxystrobine
Multi-site fungiciden	Aspecifiek, tasten meerdere biochemische processen aan in fungi	Dithiocarbamaten

Tabel 12

Insecticiden, onderverdeeld in groepen op basis van werking (Lushchak et al., 2018).

Groep	Werking	Voorbeelden
<i>Spier- en zenuwstelsel</i>		
Cholinesterase remmers	Remming van cholinesterase met als gevolg overstimulatie van zenuwstelsel waardoor insect uiteindelijk overlijdt.	Carbamaten, organofosfaten
Acetylcholine receptor stimulators	Binding aan neurotransmitter acetylcholine receptor waarna door langdurige stimulatie insect overlijdt.	Neonicotinoïden, acetamiprid
Chloridekanaal regulators	Activatie van chloridekanalen, remmen van gamma-aminobutyric acid (GABA) receptor, activatie / verhoging activiteit GABA-aangestuurde chloridekanalen	Avermectines, organochlorines, bifenazaat
Natriumkanal modulatoren	Binding aan natriumkanalen waardoor ze open blijven staan wat leidt tot bevingen en uiteindelijk overlijden.	Pyrethrines, pyrethroïdes, deltamethrin
<i>Groei & ontwikkeling</i>		
Chitine synthese remmers	Remmen van synthese chitine waardoor insecten snel sterven tijdens ontwikkeling van embryo of vervellen.	
Insect groei regulatoren	Verstoring van productie hormonen voor groei & ontwikkeling, waardoor geen metamorfose plaats vindt.	
Aspecifieke groeiregulatoren	Werkingsmechanisme nog niet goed gekend	hexythiazox
<i>Energieproductie</i>		
Elektronentransport remmers	Grijpt in op elektronenoverdracht, waardoor insect niet in zijn energie kan voorzien	Alifatische organochlorine insecticiden
Oxidatieve fosforylering verstoorders	Remming van elektronentransport of ontkoppeling elektronentransport en oxidatieve fosforylering waardoor geen ATP gevormd kan worden	Organotin miticides, pyrrolen

16. Bijlage G. Onderzoeksdata effecten Tebuconazool

Nr	Auteurs	Jaar	Gebruikt product: Actief ingrediënt (AI) of commercieel product (naam)	Soort studie	Organisme	Compartment	Wat is effect	Directe effecten op organisme	Indirecte effecten op organisme	Indirecte effecten op populatie en ecosysteem
1	Cuco, AP; Wolinska, J; Santos, JI; Abrantes, N; Goncalves, FJM; Castro, BB	2020	AI	Labstudie	<i>Metschnikowia bicuspidata</i> (non- target parasitaire fungi) in <i>Daphnia magna</i> (watervlo)	Water	Afname van infecties en sporenvorming van parasitaire fungus (minder virulent en infectieus) bij watervlooiën bij blootstelling aan reële omgevingsconcentraties van tebuconazool tijdens meerdere generaties, langere levensduur watervlo. Opvolgend experiment zonder tebuconazool laat zien dat virulentie en infectiviteit van parasitaire fungus weer teruggaat naar normale niveau.	Afname infecties bij watervlooiën door parasitaire schimmel en langere levensduur.	Afname infecties bij watervlooiën door parasitaire schimmel en langere levensduur bij meerdere generaties.	
2	Gomes, SIL; Ammendola, A; Casini, S; Amorim, MJB	2021	AI	Labstudie	<i>Enchytraeus crypticus</i> (ringworm)	Bodem	Toxisch mbt reproductie	Verminderde reproductiviteit		Verminderde reproductiviteit
3	Pimentao, AR; Pascoal, C; Castro, BB; Cassio, F	2020	AI	Labstudie	Aquatische microbiële decomposerende gemeenschap (afbraak van bladafval)	Zoetwater	Veranderingen in soortendominantie bij alle geteste concentraties, geen effecten op afbraakproces van bladafval. Reductie biomassa en reproductie fungi.		Veranderingen in soortendominantie bij afbraakproces van bladafval.	
4	Li, SY; Sun, QQ; Wu, Q; Gui, WJ; Zhu, GN; Schlenk, D	2019	AI	Labstudie	<i>Danio rerio</i> (zebravis)	Water	Bij omgevingsgerelateerde dosis: Effect op differentiatie naar mannelijk / vrouwelijk: meer mannetjes. Afname aantal zaadcellen. Remming eierproductie. Gedraagt zich als anti-oestrogeen achtige stof: verzwakken van biosynthese steroïden en hormonen waardoor lagere vruchtbaarheid. Afname reproductie.	Verminderde reproductiviteit		Verminderde reproductiviteit
5	Lebrun, JD; De Jesus, K; Tournebize, J	2021	AI	Labstudie	<i>Gammarus fossarum</i> (vlokreeft)	Zoetwater	Verandering in mobiliteit en respiratoire activiteit bij veldrealistische concentraties. Cytotoxiciteit door verminderde antioxidant verdediging.			
6	Macirella, R; Curcio, V; Ahmed, AIM; Pellegrino, D; Brunelli, E	2022	AI	Labstudie	<i>Danio rerio</i> (zebravis)	Water	Pathologische veranderingen in lever bij omgevingsrelevante concentratie waardoor verstoring morfologie en functie lever mbt homeostase en fysiologie. Geen lethale effecten bij deze concentratie.			

Nr	Auteurs	Jaar	Gebruikt product: Actief ingrediënt (AI) of commercieel product (naam)	Soort studie	Organisme	Compartiment	Wat is effect	Directe effecten op organisme	Indirecte effecten op organisme	Indirecte effecten op populatie en ecosysteem
7	El Azhari, N; Dermou, E; Barnard, RL; Storck, V; Tourna, M; Beguet, J; Karas, PA; Lucini, L; Rouard, N; Botteri, L; Ferrari, F; Trevisan, M; Karpouzas, DG; Martin-Laurent, F	2018	Folicur SE® (43.1 g AI/L, Bayer Garden CropScience, Germany)	Labstudie	Bodem micro-organismen	Bodem	Inductie van veranderingen in abundantie bij een beperkt aantal specifieke prokaryote groepen welke betrokken zijn bij C, N en S-cycli, variërend bij verschillende incubatie-omstandigheden.			Veranderingen in populatiegroottes van micro-organismen betrokken bij koolstof-, stikstof- en zwavel-cyclus.
8	Bacmaga, M; Wyszowska, J; Kucharski, J	2021	AI	Labstudie	Bodem micro-organismen	Bodem	Veranderingen in populatie-aantallen bodem micro-organismen en biochemische activiteit grond. Stimuleren van vermeerdering organotrofe bacteriën en remming van proliferatie actinobacteriën. Verhoogde activiteit dehydrogenase, zure en basische fosfatase en arylsulfatase. Remming van katalase en urease.			Veranderingen in populatiegroottes van micro-organismen betrokken bij koolstof-, stikstof- en zwavel-cyclus. Positief effect op organotrofe bacteriën en verminderde groei actinobacteriën.
9	Li, SY; Wu, Q; Sun, QQ; Coffin, S; Cui, WJ; Zhu, GN	2019	AI	Labstudie	<i>Danio rerio</i> (zebravis)	Water	Blootstelling aan tebuconazool toxisch voor nageslacht: overleving en uitkomen van larven uit eitjes lager. Afname schildklierhormoon-gehaltes bij ouders en nageslacht: Ontregeling schildklierhormoon. Overdracht tebuconazool via moeder naar nageslacht.	Afname schildklier-hormoongehaltenes	Overdracht tebuconazool via moeder naar nageslacht. Afname schildklier-hormoongehaltenes. Uitkomen van larven uit eitjes en overleving lager.	Afname reproductie
10	Moreyra, LD; Garanzini, DS; Medici, S; Menone, ML	2019	AI	Labstudie	<i>Bidens laevis</i> (tandzaad, aquatische macrofyte, waterplant)	Zoetwater	Groeisnelheid voor totale lengte en wortels lager. Cyto- en genotoxiciteit bij realistische (omgevings)concentraties.	Lagere groeisnelheid wortels en plant.		
11	Storck, V; Nikolaki, S; Perruchon, C; Chabanis, C; Sacchi, A; Pertile, G; Baguelin, C; Karas, PA; Spor, A; Devers-Lamrani, M; Papadopoulou, ES; Sibourg, O; Malandain, C; Trevisan, M; Ferrari, F; Karpouzas, DG; Tsiamis, G; Martin-Laurent, F	2018	Commercieel product Folicur	Lab/veldstudie	Bacteriën	Bodem	Lichte effecten op bacteriële diversiteit en samenstelling over tijd, duidelijker te zien in de labomgeving (microkosmos) dan in veldstudie. Laag risico voor bodem micro-organismen (conclusie komt overeen met EFSA). Meer onderzoek nodig naar normale niveau bacteriële diversiteit in bodem om meer te kunnen zeggen over effecten hierop.			Lichte effecten op bacteriële diversiteit en samenstelling over tijd, duidelijker te zien in de labomgeving (microkosmos) dan in veldstudie

Nr	Auteurs	Jaar	Gebruikt product: Actief ingrediënt (AI) of commercieel product (naam)	Soort studie	Organisme	Compartment	Wat is effect	Directe effecten op organisme	Indirecte effecten op organisme	Indirecte effecten op populatie en ecosysteem
12	Wachowska, U; Irzykowski, W; Jedryczka, M	2018	Commercieel product Tarcza Łan 250 EW	Veldstudie	Non-target gisten welke winterarwe pitten koloniseren en welke gunstig (remming groei pathogenen) zijn voor winterarwe.	Land	Toxisch voor meeste geteste gisten bij maximale residu niveaus (MRL). Kan nadelig effect hebben op abundantie en samenstelling gist-gemeenschap, vooral veroorzaakt door verschillen in resistentie tussen gistsoorten.			Nadelige effecten op aantallen en samenstelling soorten gisten bij winterarwe. Deze non-target gisten hebben een gunstig effect op winterarwe door onder andere remming van groei pathogenen)
13	Cuco, AP; Abrantes, N; Goncalves, F; Wolinska, J; Castro, BB	2017	AI	Labstudie	<i>Metschnikowia bicuspidata</i> (non-target parasitaire fungi) in <i>Daphnia</i> spp. (watervlo)	Water	Infectie van watervlo door parasiet wordt onderdrukt door tebuconazool bij omgevings relevante concentraties. Parasieten houden natuurlijke populaties in evenwicht en zijn drivers voor genetische diversiteit.	Onderdrukking infecties door parasiet bij watervlooien.		Onderdrukking van parasieten kan natuurlijk evenwicht verstoren bij natuurlijke populaties doordat watervlooien beter kunnen groeien.
14	Chmist, J; Szoszkiewicz, K; Drozdzyński, D	2019	AI? (niet duidelijk vermeld)	Labstudie	<i>Unio tumidus</i> (bolle stroommossel, zoetwatermossel, tweekleppigen)	Zoetwater	Verlaagde dagelijkse tijd van activiteit. Geen significant verschil in sluitingstijd van schelpen, schelpen sluiten bij significante contaminatie van water omdat dit energieverliezen tot gevolg kan hebben (Kramer & Foekema, 2001).			Verlaagde activiteit kan effect hebben op waterfiltering door mossels.
15	Serra, AA; Miqueau, A; Ramel, F; Couee, I; Sulmon, C; Gouesbet, G	2019	AI? (niet duidelijk vermeld)	Labstudie	Plantensoorten welke gebruikt worden bij akkerranden en vegetatieve filter strips, onder andere <i>Anthemis tinctoria</i> (gele kamille), <i>Centaurea cyanus</i> (korenbloem). <i>Lotus corniculatus</i> (rolklaver), <i>Agrostis stolonifera</i> (fioringras / wit struisgras) en <i>Lolium perenne</i> (Engels raaigras).	Land	Remmend effect wortelgroei van gele kamille en korenbloem, maar versterkt wortelgroei juist van rolklaver, fioringras en Engels raaigras. Remmend effect op scheutgroei bij alle gebruikte planten. Gebruikte concentraties van tebuconazool komen overeen met hoge omgevingsconcentraties. Verschil aan effect laat behoefte aan uitbreiding van aantal pesticidetesten om voorspellende kracht te verbeteren.			Remmend effect op wortel- en scheutgroei van gevoeligere planten, zoals gele kamille en korenbloem voor pesticiden mogelijk effect op groei van plant en voorkomen in akkerrand.

17. Bijlage H. Onderzoeksdata effecten deltamethrin

Nr	Auteurs	Jaar	Soort studie	Organisme	Target / Non-target	Compartment	Wat is effect	Directe effecten op organisme	Indirecte effecten op organisme	Indirecte effecten op populatie en ecosysteem
1	Goldberg, AR; Biggins, DE; Ramakrishnan, S; Bowser, JW; Conway, CJ; Eads, DA; Wimsatt, J	2022	Veldstudie	<i>Peromyscus maniculatus</i> (hertmuis), <i>Chaetodipus hispidus</i> (wangzakmuis), <i>Microtus</i> spp. (woelmuis), and <i>Reithrodontomys megalotis</i> (Westelijke oogstmuis)	Non-target	Land	Het gebruik van deltamethrin voor bestrijding van vlooiën (ter voorkoming van verspreiding van de pestbacterie bij o.a. de prairiehond) zorgt voor een negatief effect op overleving van alle vier de geteste non-target muizen.	Negatief effect op overleving bij vier muizensoorten.		Afname in aantal bij muizenpopulaties door gebruik van deltamethrin voor bestrijding van vlooiën bij prairiehonden (ter voorkoming van verspreiding van de pestbacterie)
2	Gebauer, P; Paschke, K; Vera, C; Toro, JE; Pardo, M; Urbina, M	2017	Labstudie	<i>Metacarcinus edwardsii</i> (krab)	Non-target	Mariene milieu	Negatief effect op overleving en ontwikkeling van krabbenlarven bij dosissen gelijk en lager dan aanbevolen hoeveelheden.			Afname in aantal bij krabpopulaties.
3	Salako, AF; Amaeze, NH; Shobajo, HM; Osuala, FI	2020	Labstudie	<i>Poecilia reticulata</i> (guppy)	Non-target	Water	Lethale effecten bij guppy's, welke een gevaar vormen voor de normale trofische balans.		Afname in aantallen guppy's kan voor een verstoring zorgen binnen het voedselweb van de guppy's.	Kan negatief effect hebben op biologische bestrijding van muggenlarven door guppy's.
4	Bamber, S; Rundberget, JT; Kringstad, A; Bechmann, RK	2021	Labstudie	<i>Pandalus borealis</i> (garnaal)	Non-target	Mariene milieu	Omgevingsrealistische concentraties zorgen voor een toename van zwemactiviteit van garnalen welke, indien verplaatsing plaats vindt in één richting, kan leiden tot verplaatsing van garnalenpopulaties.			Mogelijke verplaatsing van garnalenpopulaties indien door toename van zwemactiviteit verplaatsing in één richting plaats vindt.
5	Nunez-Acuna, G; Fernandez, C; Sanhueza-Guevara, S; Gallardo-Escarate, C	2022	Labstudie	<i>Choromytilus chorus</i> (mossel)	Non-target	Mariene milieu	Mogelijk effect op vroege ontwikkelingsfases volgens RNA-analyse.			
6	Xu, XP; Xi, YL; Li, JY	2019	Labstudie	<i>Brachionus calyciflorus</i> (raderdiertje)	Non-target	Water	Remming van populatiegroei raderdiertjes bij 2 verschillende algendichtheden (raderdiertjes eten algen). Bij een hogere algendichtheid is toxiciteit lager.			Contaminatie van algen met deltamethrin kan zorgen voor een verminderde populatiegroei van raderdiertjes.

Nr	Auteurs	Jaar	Soort studie	Organisme	Target / Non-target	Compartment	Wat is effect	Directe effecten op organisme	Indirecte effecten op organisme	Indirecte effecten op populatie en ecosysteem
7	Singh, S; Tiwari, RK; Pandey, RS	2018	Labstudie	<i>Channa punctatus</i> (straalvinnige vissoort)	Non-target	Water	Deltamethrin heeft een hoog toxisch effect, ook bij lage concentraties.	Deltamethrin heeft een hoog toxisch effect, ook bij lage concentraties.		
8	Montano-Campaz, ML; Dias, LG; Bacca, T; Toro-Restrepo, B; Oliveira, EE	2022	Labstudie	<i>Chironomus columbiensis</i> (muggenlarven)	Non-target	Water	Bij omgevingsrelevante concentraties: Sublethale concentraties geven negatieve effecten op reproductie en vleugelvorm, welke ook worden overgedragen aan het nageslacht tot aan 2 latere generaties. Na deze generaties herstelt het weer.		Sublethale concentraties geven negatieve effecten op reproductie en vleugelvorm, welke ook worden overgedragen aan het nageslacht tot aan 2 latere generaties	Verminderde reproductie kan leiden tot afname populatiegrootte
9	Vanzetto, GV; Slaviero, JG; Sturza, PF; Rutkoski, CF; Macagnan, N; Kolcenti, C; Hartmann, PA; Ferreira, CM; Hartmann, MT	2019	Labstudie	<i>Physalaemus gracilis</i> (kikker)	Non-target	Water / Land	Bij blootstelling aan concentraties welke ook in de natuur teruggevonden worden is meer dan 70% van kikkervisjes na een week dood.	Lethale effecten bij kikkervisjes bij welke ook in de natuur teruggevonden worden.		Lethale effecten bij blootstelling aan concentraties welke ook in de natuur teruggevonden kunnen leiden tot een afname van populatiegrootte van kikkers.
10	Mauduit, E; Lecureuil, C; Meunier, J	2021	Labstudie	<i>Forficula auricularia</i> (oorworm) (biologische bestrijder)	Non-target	Land	Positief effect op reproductie (minder aantal dagen tot tweede leg), maar verminderde voedselinname en verminderde verdediging van broedsel. Positieve effecten zijn het sterkste bij laagste dosis.	Positief effect op reproductie (minder aantal dagen tot tweede leg), maar verminderde voedselinname en verminderde verdediging van broedsel. Positieve effecten zijn het sterkste bij laagste dosis.		Positief effect op reproductie bij lage dosissen, maar verminderde verdediging vervolgens van dit broedsel.
11	Perdikis, D; Psaroudaki, S; Papadoulis, G	2020	Labstudie	<i>Nesidiocoris tenuis</i> (roofwants), <i>Iphiseius degenerans</i> (roofmijt) (biologische bestrijder)	Non-target	Land	Bij maximaal aanbevolen veldconcentratie na een aantal dagen dodelijke effecten bij nimfen (jonge dieren) van roofwants. Acute mortaliteit (op dag 1) van vrouwtjes van roofmijt. Afname van aantal eitjes bij roofmijt.	Lethale effecten bij nimfen van roofwants en vrouwtjes van roofmijt bij maximaal aanbevolen veldconcentratie. Verder afname van aantal eitjes bij roofmijt.		Mogelijk afname aantallen bij roofwants en roofmijt door mogelijk dodelijke effecten en remming reproductie. Mogelijk negatief effect op biologische bestrijding door roofmijt en roofwants.
12	Meunier, J; Dufour, J; Van Meyel, S; Rault, M; Lecureuil, C	2020	Labstudie	<i>Forficula auricularia</i> (oorworm) (biologische bestrijder)	Non-target	Land	Sublethale concentraties zorgen voor verminderde zorg van de moeder voor haar eitjes			

Nr	Auteurs	Jaar	Soort studie	Organisme	Target / Non-target	Compartiment	Wat is effect	Directe effecten op organisme	Indirecte effecten op organisme	Indirecte effecten op populatie en ecosysteem
13	De Armas, FS; Grutzmacher, AD; Nava, DE; Pasini, RA; Rakes, M; Pazini, JD	2020	Labstudie	<i>Chrysoperla externa</i> (gaasvlieg), <i>Coleomegilla quadrifasciata</i> (kever) (biologische bestrijder)	Non-target	Land	Bij residuconcentraties gebruikt in perzikboomgaarden: schadelijke effecten (mortaliteit) voor larven, maar niet voor volwassen beestjes. Biologische bestrijding door gaasvliegen gebeurt alleen in larvefase, blootstelling aan deltamethrin heeft dus mogelijk een negatief effect op biologische bestrijding.	Lethale effecten bij larven van gaasvliegen		Bij residuconcentraties gebruikt in perzikboomgaarden: schadelijke effecten (mortaliteit) voor larven, maar niet voor volwassen beestjes. Biologische bestrijding door gaasvliegen gebeurt alleen in larvefase, blootstelling aan deltamethrin heeft dus mogelijk een negatief effect op biologische bestrijding.
14	Dutta, J; Baruah, PP	2020	Labstudie	<i>Westiellopsis prolifica</i> (cyanobacteriën)	Non-target	Water	Remmend effect op groei en fotosynthese van cyanobacteriën			Remmend effect op groei en fotosynthese van cyanobacteriën. Mogelijk nadelig voor stikstoffixatie van cyanobacteriën in rijstvelden.
15	Valdes-Castro, V; Fernandez, C	2021	Labstudie	Microbiële aquatische gemeenschap	Non-target	Water	Bij concentraties die gebruikt worden bij bestrijding van zeeluzen bij zalmkwekerijen is vermindering van ammonium assimilatie door primaire producenten te zien.			Mogelijk nadelig effect op ammoniumassimilatie door microbiota in aquatisch milieu.
16	Rain-Franco, A; Rojas, C; Fernandez, C	2018	Labstudie	Microbiële aquatische gemeenschap	Non-target	Water	Bij concentraties die gebruikt worden bij bestrijding van zeeluzen in verschillende baaien zowel afname als toename te zien van koolstof opname door koolstof fixerende microbiële gemeenschappen.			Wisselend effect op koolstof opname door koolstof fixerende microbiële gemeenschappen.
17	Macagnan, N; Rutkoski, CF; Kolcenti, C; Vanzetto, GV; Macagnan, LP; Sturza, PF; Hartmann, PA; Hartmann, MT	2017	Labstudie	<i>Physalaemus gracilis</i> (kikker)	Non-target	Water / Land	Toxischer voor larven dan voor embryo's, dodelijke effecten bij hogere concentraties. Lagere mobiliteit van embryo's bij lagere concentraties.			
18	Gupta, K; Baruah, PP	2020	Labstudie	<i>Calothrix</i> sp. (cyanobacteriën)	Non-target	Water	Afname van groei en opname stikstof in een tijds-/ dosisafhankelijke manier. Bij toenemende concentraties deltamethrin juist toename van koolstof opname.			Afname van groei en opname stikstof in een tijds-/ dosisafhankelijke manier. Bij toenemende concentraties deltamethrin juist toename van koolstof opname.
19	Eni, G; Ibor, OR; Andem, AB; Oku, EE; Chukwuka, AV; Adeogun, AO; Arukwe, A	2019	Labstudie	<i>Clarias gariepinus</i> (straalvinnige vis)	Non-target	Water	Bij omgevingsrelevante concentraties negatieve fysiologische en reproductieve effecten.			Bij omgevingsrelevante concentraties negatief effect op reproductie van vissen.

Nr	Auteurs	Jaar	Soort studie	Organisme	Target / Non-target	Compartment	Wat is effect	Directe effecten op organisme	Indirecte effecten op organisme	Indirecte effecten op populatie en ecosysteem
20	Ozdemir, S; Altun, S; Ozkaraca, M; Ghosi, A; Toraman, E; Arslan, H	2018	Labstudie	<i>Danio rerio</i> (zebravis)	Non-target	Water	Mogelijk neuronale en oncogene effecten in zebravis hersenweefsel.	Mogelijk neuronale en oncogene effecten in zebravis hersenweefsel.		
21	Valbon, WR; Cruz, FM; Ramos, GS; Tome, HVV; Oliveira, EE	2018	Labstudie	<i>Belostoma anurum</i> (reuzenwaterwants)	Non-target	(Zoet)Water	Aan sublethale dosissen deltamethrin blootgestelde wantsen eten minder muggenlarven (<i>Aedes aegypti</i>) dan niet blootgestelde wantsen.			Aan sublethale dosissen deltamethrin blootgestelde wantsen eten minder muggenlarven (<i>Aedes aegypti</i>) dan niet blootgestelde wantsen. Mogelijk verminderde biologische bestrijding van muggen en kleine gewervelden.
22	Sands, B; Mgidiswa, N; Nyamukondiwa, C; Wall, R	2018	Veldstudie	<i>Metacatharsius troglodytes</i> (mestkever)	Non-target	Land	Significant verhoogde mortaliteit bij volwassen mestkevers die aan omgevingsrelevante concentraties deltamethrin blootgestelde mest koloniseren ten op zichte van onbehandelde mest van vee. Verminderde overleving van mestkeverlarven bij concentraties deltamethrin welke ook in mest van behandeld vee zijn aangetroffen tot 2 weken na toedienen.	Lethale effecten bij mestkevers	Verminderde predatie mogelijk door andere insecten, zoogdieren, vogels en reptielen.	Afname mestkeverpopulatie door verminderde overleving en reproductie. Significant verhoogde mortaliteit bij volwassen mestkevers die aan omgevingsrelevante concentraties deltamethrin blootgestelde mest koloniseren ten op zichte van onbehandelde mest van vee. Verminderde overleving van mestkeverlarven bij concentraties deltamethrin welke ook in mest van behandeld vee zijn aangetroffen tot 2 weken na toedienen.
23	Kock, A; Smit, NJ; Taylor, JC; Wolmarans, NJ; Wepener, V	2022	Labstudie	Diatomeeën	Non-target	Water	Percentage dode cellen bij aan deltamethrin blootgestelde diatomeeën (eencellige algen) bij alle concentraties significant hoger dan bij controles.	Lethale effecten bij diatomeeën (eencellige algen)		

Nr	Auteurs	Jaar	Soort studie	Organisme	Target / Non-target	Compartiment	Wat is effect	Directe effecten op organisme	Indirecte effecten op organisme	Indirecte effecten op populatie en ecosysteem
24	Kamoun, IJ; Jegede, OO; Owojori, OJ; Bouzid, J; Gargouri, R; Rombke, J	2018	Labstudie	<i>Folsomia candida</i> (springstaart), <i>Hypoaspis aculeifer</i> (roofmijt)	Non-target	Bodem	Verminderde overleving van roofmijten vanaf 10 mg deltamethrin /kg grond, maar niet van springstaarten. Dit bij testen met verschillende soorten grond, standaard OECD grond en Afrikaanse grond. Acute en chronische risico's mbt gebruik van deltamethrin voor springstaarten in Nigeriaanse grond, maar niet in Tunesische grond. Geen acute of chronische risico's voor roofmijten in Nigeriaanse en Tunesische grond. Geen acute maar wel chronische risico's voor LUFA 2.3 grond voor beide soorten. Bij OECD grond alleen chronisch risico voor springstaarten.	Verminderde overleving van roofmijten vanaf 10 mg deltamethrin /kg grond, maar niet van springstaarten. Dit bij testen met verschillende soorten grond, standaard OECD grond en Afrikaanse grond. Acute en chronische risico's mbt gebruik van deltamethrin voor springstaarten in Nigeriaanse grond, maar niet in Tunesische grond. Geen acute of chronische risico's voor roofmijten in Nigeriaanse en Tunesische grond. Geen acute maar wel chronische risico's voor LUFA 2.3 grond voor beide soorten. Bij OECD grond alleen chronisch risico voor springstaarten.		Verminderde overleving van roofmijten, wel verschil te zien tussen verschillende grondsoorten qua effecten.
25	Thubru, DP; Firake, DM; Behere, GT	2018	Labstudie	<i>Trichogramma brassicae</i> (sluipwesp)	Non-target	Land	Bij aanbevolen veldconcentraties hoge mortaliteit van volwassen sluipwespen gevoed met katoen doordrenkt met pesticide-oplossing en honing. Verminderd vermogen tot parasitisme bij contact met aan deltamethrin blootgestelde gastheereitjes.	Bij aanbevolen veldconcentraties hoge mortaliteit van volwassen sluipwespen gevoed met katoen doordrenkt met pesticide-oplossing en honing.		Bij aanbevolen veldconcentraties hoge mortaliteit van volwassen sluipwespen gevoed met katoen doordrenkt met pesticide-oplossing en honing. Verminderd vermogen tot parasitisme bij contact met aan deltamethrin blootgestelde gastheereitjes. Verminderd vermogen tot biologische bestrijding van koolwitjes in de landbouw.

Nr	Auteurs	Jaar	Soort studie	Organisme	Target / Non-target	Compartment	Wat is effect	Directe effecten op organisme	Indirecte effecten op organisme	Indirecte effecten op populatie en ecosysteem
26	Kunce, W; Stoks, R; Johansson, F	2017	Labstudie	<i>Coenagrion puella</i> (waterjuffer)	Non-target	Water	Reductie van vermogen tot predatie bij larven van azuurwaterjuffer bij sublethale concentraties.	Reductie van vermogen tot predatie bij larven van azuurwaterjuffer bij sublethale concentraties.		
27	Chaves, VD; Marcon, JL; Duncan, WP; Alves-Gomes, JA	2020	Labstudie	<i>Microsternarchus bilineatus</i> (straalvinnige vis)	Non-target	Water	Deltamethrin is hoog toxisch voor deze straalvinnige vissoort. Deze vissoort is extreem gevoelig voor deltamethrin ten op zichte van andere geteste vissoorten			
28	Khans, FR; Alhewairini, SS	2019	Veldstudie	Hymenoptera parasitoïden (vliesvleugeligen)	Non-target (biologische bestrijder)	Land	Afname aantal Hymenoptera parasitoïden			Verminderde aantallen Hymenoptera parasitoïden, waardoor populaties van natuurlijke vijanden tegen plaaginsecten achteruitgaan. Verminderde aantallen Hymenoptera parasitoïden, waardoor vermogen tot predatie van plaaginsecten lager is.
29	Boyd, KM; Hesselberg, T; Alexander, ME	2022	Labstudie	<i>Araneus diadematus</i> (kruisspin)	Non-target (biologische bestrijder)	Land	Bij aanbevolen veldconcentratie afname van consumptie van prooi (<i>Drosophila melanogaster</i> , fruitvlieg)			Bij aanbevolen veldconcentratie afname van consumptie van prooi (<i>Drosophila melanogaster</i> , fruitvlieg) door kruisspinnen. Negatief effect op biologische bestrijding door kruisspin.

18. Bijlage I. Onderzoeksdata effecten Acetamiprid

Nr	Auteurs	Jaar	Wetenschappelijk tijdschrift	Titel	Gebruikt product: Actief ingrediënt (AI) of commercieel product (naam)	Soort studie	Organisme	Target / Non-target	Compartiment	Wat is effect	Directe effecten op organisme	Indirecte effecten op organisme	Indirecte effecten op populatie en ecosysteem
1	Cossi, PF; Herbert, LT; Yusseppone, MS; Perez, AF; Kristoff, G	2020	ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY	Toxicity evaluation of the active ingredient acetamiprid and a commercial formulation (Assail (R) 70) on the non-target gastropod <i>Biomphalaria straminea</i> (Mollusca: Planorbidae)	AI + Assail® 70	Labstudie	<i>Biomphalaria straminea</i> (zoetwaterslak)	Non-target	Zoetwater	Hoofdzakelijk effecten op detoxificatie en oxidatieve metabolisme responsen. Geen effect op overleving volwassen en jonge slakken.	Geen effect op overleving volwassen en jonge slakken.		
2	Demirci, O; Gungordu, A	2020	WATER AND ENVIRONMENT JOURNAL	Evaluation of the biochemical effects of an acetamiprid-based insecticide on a non-target species, <i>Gambusia holbrooki</i>	RastT 20 SP® (20% acetamiprid)	Labstudie	<i>Gambusia holbrooki</i> (zoetwatervis)	Non-target	Zoetwater	Afname in aantal door lethale effecten	Afname in aantal door lethale effecten		
3	Akhtar, ZR; Tariq, K; Handler, AM; Ali, A; Ullah, F; Ali, F; Zang, LS; Gulzar, A; Ali, S	2021	ECOTOXICOLOGY	Toxicological risk assessment of some commonly used insecticides on <i>Cotesia flavipes</i> , a larval parasitoid of the spotted stem borer <i>Chilo partellus</i>	Acelan 20 SL	Labstudie	<i>Cotesia flavipes</i> (schildwesp)	Non-target (biologische bestrijder)	Land	Afname mate van parasitisme bij twee volgende generaties	Afname mate van parasitisme	Afname mate van parasitisme bij twee volgende generaties	
4	Bartlett, AJ; Hedges, AM; Intini, KD; Brown, LR; Maisonneuve, FJ; Robinson, SA; Gillis, PL; de Solla, SR	2018	ENVIRONMENTAL POLLUTION	Lethal and sublethal toxicity of neonicotinoid and butenolide insecticides to the mayfly, <i>Hexagenia</i> spp.	AI	Labstudie	<i>Hexagenia</i> spp. (larven van eendagsvliegen)	Non-target	Zoetwater(bodem), land (latere fases)	Lagere overleving, verzwakt gedrag en mobiliteit. Gedrag en mobiliteit verzwakt bij 10 µg/L, groei significant minder in herstelperiode na toedienen 10 µg/L, effecten op zwemgedrag/vermogen en respiratie bij 1 µg/L en hoger. 0.1, 1, and 10 mg/L sublethale concentraties. Overleving significant lager in herstelperiode na toedienen 10 µg/L.	Overleving significant lager in herstelperiode na toedienen 10 µg/L.		

Nr	Auteurs	Jaar	Wetenschappelijk tijdschrift	Titel	Gebruikt product: Actief ingrediënt (AI) of commercieel product (naam)	Soort studie	Organisme	Target / Non-target	Compartiment	Wat is effect	Directe effecten op organisme	Indirecte effecten op organisme	Indirecte effecten op populatie en ecosysteem
5	Camlica, Y; Bediz, SC; Comelekoglu, U; Yilmaz, SN	2019	DRUG AND CHEMICAL TOXICOLOGY	Toxic effect of acetamiprid on <i>Rana ridibunda</i> sciatic nerve (electrophysiological and histopathological potential)	AI	Labstudie	Sciatic nerve of <i>Rana ridibunda</i> (Meerkikker)	Non-target	Oevers	Neurologisch effect			
6	Renaud, M; Akeju, T; Natal-da-Luz, T; Leston, S; Rosa, J; Ramos, F; Sousa, JP; Azevedo-Pereira, HMVS	2018	CHEMOSPHERE	Effects of the neonicotinoids acetamiprid and thiacloprid in their commercial formulations on soil fauna	Epik® 20 SG (Sipcam Iberia, 20% p/p)	Labstudie	<i>Folsomia candida</i> (springstaart), <i>Eisenia andrei</i> (regenworm) and <i>Enchytraeus crypticus</i> (ringworm) (ongewervelden)	Non-target	Bodem	Overleving lager voor springstaarten en regenwormen. Ringwormen zijn minder gevoelig.	Overleving lager voor springstaarten en regenwormen. Ringwormen zijn minder gevoelig.		
7	Bartlett, AJ; Hedges, AM; Intini, KD; Brown, LR; Maisonneuve, FJ; Robinson, SA; Gilliss, PL; de Solla, SR	2019	ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY	Acute and chronic toxicity of neonicotinoid and butenolide insecticides to the freshwater amphipod, <i>Hyalella azteca</i>	AI	Labstudie	<i>Hyalella azteca</i> (vlokreeft)	Non-target	Zoetwater	Reductie groei en overleving na 7 en 28 dagen.	Reductie in groei en overleving		
8	Su, Y; Ren, XL; Ma, XY; Wang, D; Hu, HY; Song, XP; Cui, JJ; Ma, Y; Yao, YS	2022	TOXICS	Evaluation of the Toxicity and Sublethal Effects of Acetamiprid and Dinotefuran on the Predator <i>Chrysopa pallens</i> (Rambur) (Neuroptera: Chrysopidae)	AI	Labstudie	<i>Chrysopa pallens</i> (gevlekte gaasvlieg)	Non-target	Land (adult, larven)	Langere larvale en pre-adulte fase: negatieve effecten op groei en ontwikkeling, geen significant verschil in vruchtbaarheid en reproductie. Geen effect op gemiddelde levensduur			

Nr	Auteurs	Jaar	Wetenschappelijk tijdschrift	Titel	Gebruikt product: Actief ingrediënt (AI) of commercieel product (naam)	Soort studie	Organisme	Target / Non-target	Compartiment	Wat is effect	Directe effecten op organisme	Indirecte effecten op organisme	Indirecte effecten op populatie en ecosysteem
9	Cheng, SH; Lin, RH; Lin, T; You, Y; Zeng, ZH; Zhou, XX; Zhou, YM; Jiang, H; Wei, H; Fu, JW; Yu, CH	2018	CHEMOSPHERE	Effects of acetamiprid on life cycle development of predatory mite <i>Amblyseius cucumeris</i> (Acari: Phytoseiidae) after contact exposure	AI	Labstudie	<i>Amblyseius cucumeris</i> (Oudemans) (roofmijt)	Non-target (biologische bestrijder)	Land (adult, larven)	Significante toename totale ontwikkelingstijd bij 8,94 en 22,4 mg AI / L, toename duur van ei- / larve- / tweede nymfale en paaifase bij hogere doses, kortere protonimf fase bij hogere doses. Bij concentraties hoger dan 4,47 mg AI / L afname van aantal eieren / vrouwtje. Geen statistisch significant verschil in duur van uitkomen eieren. Afname predator activiteit in alle fasen behalve larvefase (geen predatoractiviteit in deze fase).	Significante toename totale ontwikkelingstijd bij 8,94 en 22,4 mg AI / L, toename duur van ei- / larve- / tweede nymfale en paaifase bij hogere doses, kortere protonimf fase bij hogere doses. Bij concentraties hoger dan 4,47 mg AI / L afname van aantal eieren / vrouwtje. Geen statistisch significant verschil in duur van uitkomen eieren.		Afname predator activiteit in alle fasen behalve larvefase (geen predatoractiviteit in deze fase)
10	Wu, C; Zhang, H; He, MY; Dong, FS; Xu, J; Wu, XH; Sun, T; Ouyang, XQ; Zheng, YQ; Liu, XG	2021	ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY & INNOVATION	Toxicity of neonicotinoid insecticides on key non-target natural predator the larvae of <i>Coccinella septempunctata</i> in environmental	AI	Labstudie	<i>Coccinella septempunctata</i> (lieveheersbeestje)	Non-target (biologische bestrijder)	Land (adult, larven)	Larven kregen stuiptrekkingen, onsamenhangende bewegingen en stijfheid. Geen verschil duur van verschillende ontwikkelingsfasen en totale ontwikkelingsduur, behalve voor tweede larvefase. Lager gewicht larve en pop, lagere vermeerdering van lichaamsgewicht.			Verminderd predatorvermogen waardoor vermogen tot biologische bestrijding minder kan zijn.
11	Li, FC; Li, MX; Zhu, QY; Mao, TT; Dai, ML; Ye, WT; Bian, DD; Su, WJ; Feng, P; Ren, YY; Sun, HN; Wei, J; Li, B	2021	ENVIRONMENTAL POLLUTION	Imbalance of intestinal microbial homeostasis caused by acetamiprid is detrimental to resistance to pathogenic bacteria in <i>Bombyx mori</i>	AI	Labstudie	<i>Bombyx mori</i> (larve van zijdevlinder)	Non-target	Land	Verstoring van microbiële homeostase in de darm, wat zorgt voor veranderingen in bacteriële gemeenschap in de darm en gevoeligheid voor schadelijke microben. Vernietiging van celstructuur middendarmweefsel en cellen. Ontregeling immuunsignalen darm.			

Nr	Auteurs	Jaar	Wetenschappelijk tijdschrift	Titel	Gebruikt product: Actief ingrediënt (AI) of commercieel product (naam)	Soort studie	Organisme	Target / Non-target	Compartiment	Wat is effect	Directe effecten op organisme	Indirecte effecten op organisme	Indirecte effecten op populatie en ecosysteem
12	Domingues, CED; Sarmento, AMP; Capela, NXJ; Costa, JM; Mina, RMR; da Silva, AA; Reis, AR; Valente, C; Malaspina, O; Azevedo-Pereira, HMVS; Sousa, JP	2022	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	Monitoring the effects of field exposure of acetamiprid to honey bee colonies in Eucalyptus monoculture plantations	Epik SG (20 % w/w acetamiprid; SIPCAM)	Veldstudie	<i>Apis mellifera iberiensis</i> (honingbij)	Non-target	Land	Geen verandering in gezondheid en ontwikkeling van kolonies, maar beschikbaarheid van nectar en pollen in directe omgeving was laag in tijden van toediening pesticiden.			Geen verandering in gezondheid en ontwikkeling van kolonies, maar beschikbaarheid van nectar en pollen in directe omgeving was laag in tijden van toediening pesticiden.
13	Picone, M; Distefano, GG; Marchetto, D; Russo, M; Baccichet, M; Bruso, L; Zangrando, R; Gambaro, A; Ghirardini, AV	2022	MARINE ENVIRONMENTAL RESEARCH	Long-term effects of neonicotinoids on reproduction and offspring development in the copepod <i>Acartia tonsa</i>	AI	Labstudie	<i>Acartia tonsa</i> (langsprietroeipootkreeft)	Non-target	Marien (kust, estuarium)	Significante remming productie van eieren en uitkomen van eieren bij 10 ng/L. Overleving van larven en ontwikkeling aangetast bij 81 ng/L. Verminderde overleving larven én verminderde eitjesproductie.	Verminderde overleving larven én verminderde eitjesproductie.		
14	Zhang, H; Zhao, LJ	2017	AQUATIC TOXICOLOGY	Influence of sublethal doses of acetamiprid and halosulfuron-methyl on metabolites of zebra fish (&ITBrachydanio rerio&IT)	AI	Labstudie	<i>Brachydanio rerio</i> (zebravis)	Non-target	Water	Verstoring aminozuur metabolisme, citroenzuurcyclus (kruispunt van vet, energie en aminozuur metabolisme) en balans van neurotransmitters			
15	Ghayyur, S; Khan, MF; Tabassum, S; Ahmad, MS; Sajid, M; Badshah, K; Khan, MA; Saira; Ghayyur, S; Khan, NA; Ahmad, B; Qamer, S	2021	SAUDI JOURNAL OF BIOLOGICAL SCIENCES	A comparative study on the effects of selected pesticides on hemato-biochemistry and tissue histology of freshwater fish <i>Cirrhinus mrigala</i> (Hamilton, 1822)	?	Labstudie	<i>Cirrhinus mrigala</i> (eigenlijke karper)	Non-target	Zoetwater	Nadelige effecten op hormonale, hematologische en histopathologische biomarkers.			
16	Wang, Z; Dai, P; Yang, XB; Ruan, CC; Biondi, A; Desneux, N; Zang, LS	2019	PEST MANAGEMENT SCIENCE	Selectivity of novel and traditional insecticides used for management of whiteflies on the parasitoid <i>Encarsia formosa</i>	Commercieel product (70% AI, Beijing Huarong Biological Hormone Plant, China)	Labstudie	<i>Encarsia formosa</i> (sluipwesp)	Non-target (biologische bestrijder)	Land	Lethale effecten bij veldconcentraties			Lagere hoeveelheden en verminderde predatie plaaginsecten

Nr	Auteurs	Jaar	Wetenschappelijk tijdschrift	Titel	Gebruikt product: Actief ingrediënt (AI) of commercieel product (naam)	Soort studie	Organisme	Target / Non-target	Compartiment	Wat is effect	Directe effecten op organisme	Indirecte effecten op organisme	Indirecte effecten op populatie en ecosysteem
17	Wang, YH; Wu, SG; Chen, JE; Zhang, CP; Xu, ZL; Li, G; Cai, LM; Shen, WF; Wang, Q	2018	CHEMOSPHERE	Single and joint toxicity assessment of four currently used pesticides to zebrafish (<i>Danio rerio</i>) using traditional and molecular endpoints	AI	Labstudie	<i>Danio rerio</i> (zebravis)	Non-target	Water	Relatief lage toxiciteit na 96h tov iprodione, pyrimethanil en pyraclostrobine			
18	Capela, N; Sarmiento, A; Simoes, S; Azevedo-Pereira, HMVS; Sousa, JP	2022	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	Sub-lethal doses of sulfoxaflor impair honey bee homing ability	Epik® SG (a.s. acetamiprid; 200 g/kg (20% w/w), Sipcam Portugal	Veldstudie	<i>Apis mellifera iberiensis</i> (honingbij)	Non-target	Land	Geen lethale effecten, geen verschil in vermogen om naar huis terug te keren.	Geen lethale effecten		Geen verschil in vermogen om naar huis terug te keren.
19	Herbert, LT; Cossi, PF; Painefilu, JC; Goncalons, CM; Luquet, CM; Kristoff, G	2021	CHEMOSPHERE	Acute neurotoxicity evaluation of two anticholinesterasic insecticides, independently and in mixtures, and a neonicotinoid on a freshwater gastropod	AI	Labstudie	<i>Chilina gibbosa</i> (zoetwaterslak)	Non-target	Zoetwater	Geen ernstige gedragsneurotoxiciteit (hechting aan glas), geen effect op activiteit cholinesterase (ChE), carboxylesterase (CE), and glutathione S-transferase (GST) na 48 uur blootstelling.	Geen neurotoxische effecten		
20	Khans, FR; Alhewairini, SS	2019	PAKISTAN JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES	EFFECTS OF INSECTICIDES ON NATURAL POPULATION OF HYMENOPTEROUS PARASITOIDS IN ALFALFA (<i>Medicago sativa</i> L.) AGRO-ECOSYSTEM	Garastin (Acetamiprid 20%)	Veldstudie	Hymenoptera parasitoïden (vliesvleugeligen)	Non-target (biologische bestrijder)	Land				Afname aantal Hymenoptera parasitoïden
21	Ahmed, S; Asif, MU; Hassan, B	2021	INTERNATIONAL JOURNAL OF PEST MANAGEMENT	Toxicity of soil accumulated insecticides on the survival of <i>Isotoma decorata</i> (Brown, 1923) in laboratory	Commercieel product (acetamiprid 20 SL, Pesticide Market, Multan, Punjab, Pakistan.	Labstudie	<i>Isotoma decorata</i> (springstaart)	Non-target	Bodem	Verminder overleving van springstaarten bij alle toegediende dosissen.	Verminder overleving van springstaarten bij alle toegediende dosissen.		
22	Cheng, SH; Lin, RH; Zhang, N; Yuan, SK; Zhou, XX; Huang, J; Ren, XD; Wang, SS; Jiang, H; Yu, CH	2018	ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY	Toxicity of six insecticides to predatory mite <i>Amblyseius cucumeris</i> (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae) in- and off-field	AI	Labstudie	<i>Amblyseius cucumeris</i> (Oudemans) (roofmijt)	Non-target (biologische bestrijder)	Land	Lage mortaliteit	Lage mortaliteit		Lage mortaliteit

Nr	Auteurs	Jaar	Wetenschappelijk tijdschrift	Titel	Gebruikt product: Actief ingrediënt (AI) of commercieel product (naam)	Soort studie	Organisme	Target / Non-target	Compartiment	Wat is effect	Directe effecten op organisme	Indirecte effecten op organisme	Indirecte effecten op populatie en ecosysteem
23	Englert, D; Zubrod, JP; Link, M; Mertins, S; Schulz, R; Bundschuh, M	2017	ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY	Does Waterborne Exposure Explain Effects Caused by Neonicotinoid-Contaminated Plant Material in Aquatic Systems?	Mospilan®110 SG (20% Acetamiprid; ACE; Cheminova 111 Deutschland GmbH)	Labstudie	<i>Gammarus fossarum</i> (vlokreeft), <i>Chaetopteryx villosa</i> (larve van schietmot)	Non-target	Zoetwater, oever	Verminderde energie-opname door opname neonicotinoïde via voedsel (bladeren die gecontamineerd zijn met neonicotinoïden)			Veranderingen in verticale interacties voedselweb door nadelige effecten voor interspecifieke interacties (predator-prooi relaties). Verminderde verwerking van bladeren kan voedselvoorziening voor ongewervelden verminderen van lokale en benedenstroomse gemeenschappen. Belemmering van verkrijgen van energie waardoor populatiegroei belemmerd wordt.
24	Farkas, A; Somogyvari, D; Kovacs, AW; Mortl, M; Szekacs, A; Gyori, J	2022	ECOTOXICOLOGY	Physiological and metabolic alterations induced by commercial neonicotinoid formulations in <i>Daphnia magna</i>	Mospilan 20 SG (acetamiprid 20.2%, Nippon SODA Co. Ltd., Japan),	Labstudie	<i>Daphnia magna</i> (watervlo)	Non-target	Water	Significante afname activiteit borstkas ledematen gelijk of dichtbij 48h-EC50 waarde, alleen significante afname hartslag bij hoogste dosis (nominale waar 190mg/L). Significante inductie ECOD activiteit, waardoor inductie cytochrom P450 monooxygenase system (detoxificatie)			
25	Harbi, A; Abbes, K; Sabater-Munoz, B; Beitia, F; Chermiti, B	2017	SPANISH JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH	Residual toxicity of insecticides used in Tunisian citrus orchards on the imported parasitoid <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> (Hymenoptera: Braconidae): Implications for IPM program of <i>Ceratitis capitata</i> (Diptera: Tephritidae)	Mospilan®-SL, SEPCM, Tunisia (Acetamiprid 20%, w/v)	Labstudie	<i>Diachasmimorpha longicaudata</i> Ashmed (Hymenoptera: Braconidae) (schildwesp)	Non-target (biologische bestrijder)	Land				Verminderde aantallen, waardoor vermogen tot predatie van plaaginsecten lager is.

Nr	Auteurs	Jaar	Wetenschappelijk tijdschrift	Titel	Gebruikt product: Actief ingrediënt (AI) of commercieel product (naam)	Soort studie	Organisme	Target / Non-target	Compartiment	Wat is effect	Directe effecten op organisme	Indirecte effecten op organisme	Indirecte effecten op populatie en ecosysteem
26	Picone, M; Distefano, GG; Marchetto, D; Russo, M; Baccichet, M; Zangrando, R; Gambaro, A; Ghirardini, AV	2022	TOXICS	Inhibition of Larval Development of Marine Copepods <i>Acartia tonsa</i> by Neonicotinoids	AI	Labstudie	<i>Acartia tonsa</i> (langsprietroeipootkreeft)		Marien	Geen effect op mortaliteit vroege levensfase. Remming op larvale ontwikkeling tot 75% bij 2,30 µg/L. Gebaseerd op huidige vervuilingniveaus alleen aantasting van ontwikkeling van kreeftjes in estuaria waar afvalwater uit RWZI's geloosd wordt of intensieve afspoeling van pesticiden gebeurt tijdens seizoen van gebruik.	Gebaseerd op huidige vervuilingniveaus alleen aantasting van ontwikkeling van kreeftjes in estuaria waar afvalwater uit RWZI's geloosd wordt of intensieve afspoeling van pesticiden gebeurt tijdens seizoen van gebruik.		
27	Jacob, CRO; Malaquias, JB; Zanardi, OZ; Silva, CAS; Jacob, JFO; Yamamoto, PT	2019	ECOTOXICOLOGY	Oral acute toxicity and impact of neonicotinoids on <i>Apis mellifera</i> L. and <i>Scaptotrigona postica</i> Latreille (Hymenoptera: Apidae)	Mospilan 20%, w/w soluble powder, Iharabras S.A., Sorocaba, SP, Brazil	Labstudie	<i>Apis mellifera</i> (honingbij); <i>Scaptotrigona postica</i> Latreille (Hymenoptera: Apidae) (angellose bij)	Non-target	Land	Significante mortaliteit bij nieuw uitgekomen werkers van beide soorten. <i>A.mellifera</i> is gevoeliger dan <i>S.postica</i> . Minst schadelijk van geteste pesticiden, hoge doses hebben effect op gedrag van honingbijen, bv gemiddelde snelheid en afgelegde afstand			Hoge doses hebben effect op gedrag van bijen, bv gemiddelde snelheid en afgelegde afstand.
28	Mokkapati, JS; Bednarska, AJ; Laskowski, R	2021	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	The development of the solitary bee <i>Osmia bicornis</i> is affected by some insecticide agrochemicals at environmentally relevant concentrations	Mospilan20SP (20% acetamiprid)	Labstudie	<i>Osmia bicornis</i> (rosse metselbij)	Non-target	Land	Geen effect op overleving van larven en lichaamsgewicht, duur van larvale stadium tot aan vorming cocon significant korter. Afname aantal bijen dat uit cocon komt en zich ontwikkeld tot volwassen dier.			Afname aantal bijen dat uit cocon komt en zich ontwikkeld tot volwassen dier.
29	Mutshewa, T; Mugwedi, L; Wasserman, RJ; Cuthbert, RN; Dondofema, F; Dalu, T	2022	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	Pesticides drive differential leaf litter decomposition and mosquito colonisation dynamics in lentic conditions	Mulan 20 AS (ADAMA, Johannesburg)		Muggen	Non-target	Zoetwater	Met acetamiprid gecontamineerd bladafval bevordert overvloed aan muggen	Positief voor kolonisatie van bladafval door muggen.		

19. Bijlage J. Onderzoeksdata effecten Pendimethalin

Nr	Auteurs	Jaar	Titel	Wetenschappelijk tijdschrift	Gebruikt product: Actief ingrediënt (AI) of commercieel product (naam)	Soort studie	Organisme	Target / Non-target	Compar-timent	Wat is effect	Directe effecten op organisme	Indirecte effecten op organisme	Indirecte effecten op populatie en ecosysteem
1	Aiello, D; Giglio, A; Talarico, F; Vommaro, ML; Tagarelli, A; Napoli, A	2022	Mass Spectrometry-Based Peptide Profiling of Haemolymph from <i>Pterostichus melas</i> Exposed to Pendimethalin Herbicide	MOLECULES	Commercieel product: (PND; Activus EC, #HRB00858-39; AI 330 g/L	Labstudie	<i>Pterostichus melas</i> (loopkever) (biologische bestrijder)	Non-target	Bodem	Bij realistische veldconcentraties verandering in metabolisch profiel hemolymfe (lichaamsvloeistof) met mogelijk aantasting van immuunsysteem en een langzamere ontwikkeling.	Mogelijk aantasting immuunsysteem en langzamere ontwikkeling		
2	Park, H; Lee, JY; Lim, W; Song, G	2021	Assessment of the in vivo genotoxicity of pendimethalin via mitochondrial bioenergetics and transcriptional profiles during embryogenesis in zebrafish: Implication of electron transport chain activity and developmental defects	JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	AI	Labstudie	Zebra vis	Non-target	Water	Werkt in op mitochondriële complexen I en V van elektronentransportketen, waardoor remming van energiemetabolisme optreedt bij embryo, wat leidt tot verstoring van embryonale ontwikkeling.	Verstoring van embryonale ontwikkeling		
3	Giglio, A; Cavaliere, F; Giulianini, PG; Kurtz, J; Vommaro, ML; Brandmayr, P	2019	Continuous Agrochemical Treatments in Agroecosystems Can Modify the Effects of Pendimethalin-Based Herbicide Exposure on Immunocompetence of a Beneficial Ground Beetle	DIVERSITY-BASEL	Commercieel product: Activus (AI pendimethalin 330 g/L	Labstudie	<i>Harpalus (Pseudoophonus) rufipes</i> (loopkever) (biologische bestrijder)	Non-target	Bodem	Bij realistische veldconcentraties verstoring van immuunrespons	Verstoring immuunrespons		
4	Vommaro, ML; Giulianini, PG; Giglio, A	2021	Pendimethalin-based herbicide impairs cellular immune response and haemocyte morphology in a beneficial ground beetle	JOURNAL OF INSECT PHYSIOLOGY	Commercieel product: Activus (AI pendimethalin 330 g/L	Labstudie	<i>Harpalus (Pseudoophonus) rufipes</i> (loopkever) (biologische bestrijder)	Non-target	Bodem	Bij realistische veldconcentraties verstoring van immuunrespons met mogelijk verminderde resistentie tegen pathogenen en verminderd vermogen tot biologische bestrijding. Na verdwijnen van pesticide herstelt de immuunrespons wel.	Verstoring immuunrespons waardoor mogelijk verminderde resistentie tegen pathogenen. Zonder pesticide herstelt immuunrespons weer.		Mogelijk verminderd vermogen tot biologische bestrijding.
5	Wang, JQ; Hussain, R; Ghaffar, A; Afzal, G; Saad, AQ; Ahmad, N; Nazir, U; Ahmad, HI; Hussain, T; Khan, A	2022	Clinicohematological, Mutagenic, and Oxidative Stress Induced by Pendimethalin in Freshwater Fish Bighead Carp (<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>)	OXIDATIVE MEDICINE AND CELLULAR LONGEVITY	Niet genoemd	Labstudie	<i>Hypophthalmichthys nobilis</i> (grootkopkarper)	Non-target	Water	Bij omgevingsrelevante concentraties verschillende fysieke - en gedragsafwijkingen, zoals onregelmatig zwemmen, verlies van evenwicht, happen naar lucht. Aantasting van lever- en nierweefsel.	Gedragsafwijkingen, onder andere verlies van evenwicht en onregelmatig zwemmen. Aantasting van lever- en nierweefsel.		
6	Giglio, A; Vommaro, ML; Gionchetti, F; Pallavicini, A	2021	Gut microbial community response to herbicide exposure in a ground beetle	JOURNAL OF APPLIED ENTOMOLOGY	Commercieel product: Activus (AI pendimethalin 330 g/L	Labstudie	<i>Pterostichus melas italicus</i> (loopkever)	Non-target	Bodem	Bij realistische veldconcentratie verstoring van relatieve aantallen en diversiteit aan darmbacteriën van <i>Pterostichus melas italicus</i> met mogelijk een verhoogde gevoeligheid voor infecties tot gevolg.	Verhoogde gevoeligheid voor infecties door verstoring van relatieve aantallen en diversiteit aan darmbacteriën van loopkever.		

Nr	Auteurs	Jaar	Titel	Wetenschappelijk tijdschrift	Gebruikt product: Actief ingrediënt (AI) of commercieel product (naam)	Soort studie	Organisme	Target / Non-target	Compartiment	Wat is effect	Directe effecten op organisme	Indirecte effecten op organisme	Indirecte effecten op populatie en ecosysteem
7	Dupuy, C; Cabon, J; Louboutin, L; Le Floch, S; Morin, T; Danion, M	2019	Cellular, humoral and molecular responses in rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) exposed to a herbicide and subsequently infected with infectious hematopoietic necrosis virus	AQUATIC TOXICOLOGY	Commercieel product Prowl 400 (AI pendimethalin 400g/L)	Labstudie	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (regenboogforel)	Non-target	Water	Symptomen van IHN ('infectious hematopoietic necrosis')-virus bij met IHN geïnfecteerde vissen, zoals sterfte, die 4 weken blootgesteld zijn aan pendimethalin startte eerder en duurde langer dan bij vissen in controlegroep. Geen verschil in sterftcijfer. Pendimethalin concentraties komen overeen met gemiddelde concentraties in natuurlijke omgeving.	Langere infectieduur en eerder symptomen te zien van infectie bij regenboogforel.		Hoewel infecties langer aanwezig zijn is er geen verschil in sterftcijfer te zien tussen met pendimethalin blootgestelde vissen en controlegroep.

20. Bijlage K. Onderzoeksdata effecten Pyraclostrobine

Nr	Auteurs	Jaar	Titel	Wetenschappelijk tijdschrift	Gebruikt product: Actief ingrediënt (AI) of commercieel product (naam)	Soort studie	Organisme	Target / Non-target	Compartiment	Wat is effect	Directe effecten op organisme	Indirecte effecten op organisme	Indirecte effecten op populatie en ecosysteem
1	Ma, JC; Cheng, C; Du, ZK; Li, B; Wang, JH; Wang, J; Wang, ZB; Zhu, LS	2019	Toxicological effects of pyraclostrobin on the antioxidant defense system and DNA damage in earthworms (<i>Eisenia fetida</i>)	ECOLOGICAL INDICATORS	AI	Labstudie	<i>Eisenia fetida</i> (regenworm)	Non-target	Bodem	Bij hoge concentraties pyraclostrobine kan dynamische balans van reactieve zuurstofverbindingen verstoord worden, wat van invloed kan zijn op antioxidanten-afweersysteem en kan uiteindelijk DNA schade veroorzaken.	Mogelijk op lange termijn DNA-schade door aanwezigheid van meer reactieve zuurstofverbindingen.		
2	Tadei, R; Menezes-Oliveira, VB; Silva-Zacarin, ECM	2020	Silent effect of the fungicide pyraclostrobin on the larval exposure of the non-target organism Africanized <i>Apis mellifera</i> and its interaction with the pathogen <i>Nosema ceranae</i> in adulthood	ENVIRONMENTAL POLLUTION	AI + commercieel product (Comet®)	Labstudie	<i>Apis mellifera</i> (honingbij) larven	Non-target	Land	Realistische concentraties hebben geen invloed op larvale post-embryonale ontwikkeling en overleving van volwassen bijen, maar wel een negatieve invloed op weerbaarheid tegen pathogenen (in dit experiment <i>Nosema ceranae</i> , welke wijdverspreid in bijenkolonies voorkomt). Bij realistische concentraties kunnen pathogenen meer schade aanbrengen aan darmen.	Geen invloed op post-embryonale ontwikkeling en overleving van volwassen honingbijen. Wel een negatief effect op weerbaarheid tegen pathogenen, pathogenen kunnen schade aanbrengen aan darmen.		
3	Wang, YH; Wu, SG; Chen, JE; Zhang, CP; Xu, ZL; Li, G; Cai, LM; Shen, WF; Wang, Q	2018	Single and joint toxicity assessment of four currently used pesticides to zebrafish (<i>Danio rerio</i>) using traditional and molecular endpoints	CHEMOSPHERE	AI	Labstudie	<i>Danio rerio</i> (zebravis)	Non-target	Water	Hoogste toxiciteit (lethaliteit) bij geteste concentraties van vier pesticiden bij 4 levensfasen van zebrevissen.	Vrij hoge toxiciteit op zebrevissen ten opzichte van 4 andere pesticiden.		
4	Yang, LH; Huang, T; Li, RW; Souders, CL; Rheingold, S; Tischuk, C; Li, N; Zhou, BS; Martyniuk, CJ	2021	Evaluation and comparison of the mitochondrial and developmental toxicity of three strobilurins in zebrafish embryo/larvae	ENVIRONMENTAL POLLUTION	AI	Labstudie	<i>Danio rerio</i> (zebravis)	Non-target	Water	Heeft invloed op mitochondriële energieproductie en remt het opblazen van de zwemblaas van zebrevissen bij sublethale dosissen met gevolgen voor zwemprestaties.	Sublethale effecten gezien: remt het opblazen van de zwemblaas bij zebrevissen bij sublethale dosissen. Dit heeft gevolgen voor zwemprestaties.		
5	Liu, XX; Wang, Y; Chen, H; Zhang, JL; Wang, CJ; Li, XF; Pang, S	2018	Acute toxicity and associated mechanisms of four strobilurins in algae	ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND PHARMACOLOGY	AI	Labstudie	<i>Chlorella pyrenoidsa</i> en <i>Chlorella vulgaris</i> (algen)	Non-target	Water	Hoge acute toxiciteit voor algen gericht op mitochondriële bc1 complex van elektronentransportketen. Verder kan het mogelijk DNA schade veroorzaken.	Hoge acute toxiciteit waargenomen bij algen, gericht op mitochondriële bc1 complex van elektronentransportketen. Kan mogelijk DNA schade veroorzaken.		

Nr	Auteurs	Jaar	Titel	Wetenschappelijk tijdschrift	Gebruikt product: Actief ingrediënt (AI) of commercieel product (naam)	Soort studie	Organisme	Target / Non-target	Compartiment	Wat is effect	Directe effecten op organisme	Indirecte effecten op organisme	Indirecte effecten op populatie en ecosysteem
6	Hou, KX; Lu, CB; Shi, BH; Xiao, ZY; Wang, XL; Zhang, JW; Cheng, C; Ma, JC; Du, ZK; Li, B; Zhu, LS	2022	Evaluation of agricultural soil health after applying pyraclostrobin in wheat/maize rotation field based on the response of soil microbes	AGRICULTURE ECOSYSTEMS & ENVIRONMENT	Commercieel product (CABRIO®, 25 % PYRA, BASF)	Veldstudie	Bodem micro-organismen	Non-target	Bodem	Na 2 jaar toedienen van pyraclostrobine aan een tarwe / maïs rotatieveld afname van totaal aantal bacteriën, alsmede totaal aantal schimmels. Afname in aantal bij soorten (<i>Sphingomonas</i> en <i>Lysobacter</i>) betrokken bij en afname in urease activiteit ten behoeve van fosforcyclus. Remming van stikstofcyclus functie bij bacteriën.	Na langdurig toedienen (2 jaar) aan tarwe / maïs rotatieveld is een afname van het totaal aantal bacteriën te zien, alsmede totaal aantal schimmels. Gevolg hiervan is dat afname van soorten betrokken bij fosfor- en stikstofcyclus plaats vindt.		Gevolg hiervan is dat afname van soorten betrokken bij fosfor- en stikstofcyclus plaats vindt.
7	Wu, SY; Lei, LL; Liu, MT; Song, Y; Lu, SB; Li, D; Shi, HH; Raley-Susman, KM; He, DF	2018	Single and mixture toxicity of strobilurin and SDHI fungicides to <i>Xenopus tropicalis</i> embryos	ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY	AI	Labstudie	<i>Xenopus tropicalis</i> (kikker)	Non-target	Water	Afname overleving bij embryo's en verhoogd aantal misvormingen (onder andere microcefalie) bij omgevingsrelevante concentraties.	Bij concentraties welke ook in het veld voor kunnen komen afname van overleving bij kikkerembryo's en verhoogd aantal misvormingen (onder andere microcefalie) gezien.		

21. Bijlage L. FRAC classificatie

β-tubuline assemblage remmers gedurende mitose:			
GROEP	1	MBC fungiciden	B1, Methyl Benzimidazol Carbamaten, Benzimidazolen, BA, BCM
GROEP	10	NPC fungiciden	B2, N-FenylCarbamaten
Osmotische signaaltransductie remmers			
GROEP	2	Dicarboximide fungiciden	E3, DI
Sterol biosynthese remmer (SBI) fungiciden:			
GROEP	3	SBI Klasse I: DMI fungiciden	G1, Demethyleringremmers, Azolen, Triazolen, erg11, cyp51
GROEP	5	SBI Klasse II: Amines	G2, Morfolines, erg2-, erg24-gen
GROEP	17	SBI Klasse III: KRI fungiciden	G3, KetoReductaseremmers, erg27-gen
GROEP	18	SBI Klasse IV	G4, Squaleen-epoxidase in sterolbiosynthese
RNA-polymerase I remmers			
GROEP	4	PA-fungiciden	A1, Fenylamiden, Acylalanines,
Remmer van ademhaling in complex II bij SDH			
GROEP	7	SDHI fungiciden	C2, Succinaatdehydrogenaseremmers, Carboxamiden, sdh-gen
Methionine biosynthese remmer (voorgesteld)			
GROEP	9	AP fungiciden	D1, Anilino-Pyrimidine
Remmers van ademhaling in complex III op QO-site			
GROEP	11	QoI fungiciden	C3, Chinon buiten Remmers, Strobilurines, cyt-b-gen
Signaaltransductie remmers			
GROEP	13	AZN fungiciden	E1, Azanaftaleen
Cellulosesynthase remmers			
GROEP	40	CAA fungiciden	H5, Carbonzuoramiden
Lipidehomeostase en transfer-/opslag remmers			
GROEP	49	OSBPI fungiciden	F9, OxySterol bindende eiwitremmers

22. Bijlage M. IRAC classificatie

Acetylcholinesterase (AChE) remmers

Carbamaten
Organofosfaten

Gaba-gated chloride kanaalblokkers

Cyclodieen organochloriden
Fenylpyrazolen (fiprolen)

Natrium kanaal modulatoren

Pyrethroïden, pyrethrinen
DDt, methoxychlor

Nicotinische acetylcholine receptor (NACHR) competitieve modulatoren

Neonicotinoïden
Nicotine
Sulfoximines
Butenoliden
Mesoionics
Pyridylidenen

Nicotinische acetylcholine receptor (NACHR) allosterische modulatoren - site I

Spinosyns

Glutamaat-gated chloride kanaal (GLUCL) allosterische modulatoren

Avermectines, milbemycinen

Juvenile hormoon nabootsers

Juveniel hormoon analogen
Fenoxycarb
Pyriproxyfen

Miscellane niet-specifieke (multi-site) remmers

Alkylhalogeniden
Chloropicrine
Fluoriden
Boraten
Antimoon kalium tartraat
Methylisothiocyanaat generatoren

Chordotonaal orgaan (TRPV) kanaal modulatoren

- B. Pyridine-azomethinederivaten
- D. Pyropenen

Mijten groeiremmers die chs1 beïnvloeden

Enclofentezine, diflovidazine, hexythiazox
Etoxazol

Microbiële verstoorders van insecten middendarm membranen

Bacil thuringiensis en de insecticide eiwitten die ze produceren
Bacillus sphaericus

Inhibitors van mitochondriale ATP-synthase

Diafenthiuron
Organotin miticiden
Propargite
Tetradifon

Ontkoppelaars van oxidatieve fosforylering via verstoring van de protongradiënt

Pyrrolen, dinitrofenolen, sulfluramide

Nicotine acetylcholine receptor (NACHR) kanaalblokkers

Nereistoxine analogen

Remmers van chitine biosynthese die chs1 beïnvloeden

Benzoylureas

Remmers van chitine biosynthese, type 1

Buprofezine

Ruiverstoorder, dipteran

Cyromazine

Ecdysonreceptoragonisten

Diacylhydrazinen

Octopamine receptor agonisten

Amitraz

Mitochondriale complex III elektrontransportremmers – QO-site

Hydramethylnon

Acequinocyl

Fluacrypyrim

Bifenazaat

Mitochondriale complex I elektrontransportremmers

Meti-acariciden en insecticiden

Rotenon

Spanningsafhankelijke natriumkanalblokkers

Oxadiazines

Semicarbazonen

Remmers van acetyl coa carboxylase

Tetronische en tetramic acid derivaten

Mitochondriale complex IV elektrontransportremmers

Fosfide

Cyaniden

Mitochondriale complex II elektrontransportremmers

Bèta-ketonitrilderivaten

Carboxanilides

Ryanodine receptor modulatoren

diamiden

Chordotonale orgaanmodulatoren - ongedefinieerde doellocatie

Flonicamid

Gaba-gated chloride kanaal allosterische modulatoren

Meta-diamiden, isoxazolines

Baculovirussen

Granulovirussen (gvs), nucleopolyhedrovirussen (npvs)

Nicotine-acetylcholinereceptor (nachr) allosterische modulatoren - site II

Gs-omega/kappa hctx-hv1a peptide

Calcium-geactiveerde kaliumkanaal (kca2) modulatoren

Acynonapyr

Mitochondriale complex III elektrontransportremmers – QI site

Flometoquin

UN. Niet-samengestelde of onbekende werkingswijze

Azadirachtin
Benzoximaat
Benzpyrimoxaan
Broompropylaat
Chinomethionat
Dicofol
Kalk zwavel
Mancozeb
Pyridalyl
Zwavel

UNB. Bacteriële agentia (non-bt) van onbekende of onzekere moa

UNE. Botanische oorsprong, met inbegrip van synthetische, extracten en ongeraffineerde oliën met onbekende of onzekere werkingwijze

UNF. Schimmelmiddelen van onbekende of onzekere werkingwijze

UNM. Niet-specifieke mechanische en fysieke disruptors

UNP. Peptiden van onbekende of onzekere werkingwijze

UNV. Virale agentia (niet-baculovirus) van onbekende of onzekere werkingwijze

23. Bijlage N. Onderzoeksdata cocktaileffecten: opgenomen studies

PESTICIDE A	PESTICIDE A KLASSE	PESTICIDE A MOA	PESTICIDE B (+C+D+...)	PESTICIDE B (+C+D+...) KLASSE	PESTICIDE B (+C+D+...) MOA	TYPE EFFECT	REFERENTIE
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	IPRODIONE	FUNGICIDE	FRAC 2 (E3)	SYNERGISME	Wang et al., (2018)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	PYRIMETHANIL	FUNGICIDE	FRAC 9 (D1)	ADDITIEF	Wang et al. (2018)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IPRODIONE	FUNGICIDE	FRAC 2 (E3)	SYNERGISME	Wang et al. (2018)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	PYRIMETHANIL	FUNGICIDE	FRAC 9 (D1)	SYNERGISME	Wang et al. (2018)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	ANTAGONISME	Wang et al. (2018)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	IPRODIONE + PYRIMETHANIL	FUNGICIDE + FUNGICIDE	FRAC 2 (E3) + FRAC 9 (D1)	SYNERGISME	Wang et al. (2018)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IPRODIONE + PYRIMETHANIL	FUNGICIDE + FUNGICIDE	FRAC 2 (E3) + FRAC 9 (D1)	ADDITIEF	Wang et al. (2018)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IPRODIONE + PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE + FUNGICIDE	FRAC 2 (E3) + FRAC 11 (C3)	SYNERGISME	Wang et al. (2018)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	IPRODIONE + PYRIMETHANIL + ACETAMIPRID	FUNGICIDE + FUNGICIDE + INSECTICIDE	IRAC 4A + FRAC 9 (D1) + FRAC 2 (E3)	ANTAGONISME	Wang et al. (2018)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ALPHA-CYPERMETHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	ADDITIEF	Cedergreen, 2010)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Zhang et al. (2021)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	SYNERGISME	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al., (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	SYNERGISME	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)

PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	SYNERGISME	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	SYNERGISME	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	SYNERGISME	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	SYNERGISME	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	SYNERGISME	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	SYNERGISME	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	SYNERGISME	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	SYNERGISME	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	SYNERGISME	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	SYNERGISME	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	SYNERGISME	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	SYNERGISME	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	SYNERGISME	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)



PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	SYNERGISME	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	SYNERGISME	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	FLUOPICOLIDE	FUNGICIDE	FRAC 43 (B5)	ADDITIEF	Wang et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	PROPICONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ADDITIEF	(Christen et al., 2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	PROPICONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	EPOXYCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ADDITIEF	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	EPOXYCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ECONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ECONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ECONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ADDITIEF	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	VINCLOZOLIN	FUNGICIDE	FRAC 2 (E3)	SYNERGISME	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	VINCLOZOLIN	FUNGICIDE	FRAC 2 (E3)	SYNERGISME	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	PROPICONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ADDITIEF	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	PROPICONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	EPOXYCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ADDITIEF	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	EPOXYCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ADDITIEF	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ECONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ECONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ECONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ADDITIEF	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	VINCLOZOLIN	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ANTAGONISME	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	VINCLOZOLIN	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Christen et al. (2014)

TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	PROPICONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ADDITIEF	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	PROPICONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	EPOXYCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ADDITIEF	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	EPOXYCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ADDITIEF	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ECONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ECONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ECONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ADDITIEF	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	VINCLOZOLIN	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	VINCLOZOLIN	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	ADDITIEF	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	EPOXYCONAZOLE + ECONAZOLE	FUNGICIDE + FUNGICIDE	FRAC 3 (G1) + FRAC 3 (G1)	ADDITIEF	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	EPOXYCONAZOLE + ECONAZOLE	FUNGICIDE + FUNGICIDE	FRAC 3 (G1) + FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	EPOXYCONAZOLE + ECONAZOLE	FUNGICIDE + FUNGICIDE	FRAC 3 (G1) + FRAC 3 (G1)	ADDITIEF	Christen et al. (2014)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	EPOXYCONAZOLE + ECONAZOLE	FUNGICIDE + FUNGICIDE	FRAC 3 (G1) + FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Christen et al. (2014)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	CHLORFENAPYR	INSECTICIDE	IRAC 13	ANTAGONISME	(Levchenko & Silivanova, 2019)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	FIPRONIL	INSECTICIDE	IRAC 2B	SYNERGISME	Levchenko, et al. (2019)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IVERMECTIN	INSECTICIDE	NA	SYNERGISME	Levchenko, et al. (2019)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	PROPICONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Han et al., (2019)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	PROPICONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Han et al. (2019)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	THIAMETHOXAM	INSECTICIDE	IRAC 4A	SYNERGISME	Li et al., 2019
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	BIFENTHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	SYNERGISME	Li et al. (2020)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	THIAMETHOXAM + BIFENTHRIN	INSECTICIDE + INSECTICIDE	IRAC 4 (A)+ IRAC 3A	SYNERGISME	Li et al. (2020)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	THIAMETHOXAM	INSECTICIDE	IRAC 4A	SYNERGISME	Li et al. (2020)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	BIFENTHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	SYNERGISME	Li et al. (2020)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	THIAMETHOXAM + BIFENTHRIN	INSECTICIDE + INSECTICIDE	IRAC 4 (A)+ IRAC 3A	SYNERGISME	Li et al. (2020)
DELTAMETHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	CHLORPYRIFOS	INSECTICIDE	IRAC 1B	SYNERGISME	Taillebois et al. (2016)
DELTAMETHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	FIPRONIL	INSECTICIDE	IRAC 2B	ADDITIEF	Taillebois et al. (2016)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	DELTAMETHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	ADDITIEF	Taillebois et al. (2016)

ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	FIPRONIL	INSECTICIDE	IRAC 2B	SYNERGISME	Taillebois et al. (2016)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	CHLORPYRIFOS	INSECTICIDE	IRAC 1B	SYNERGISME	Taillebois et al. (2016)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	DELTAMETHRIN + CHLORPYRIFOS	INSECTICIDE + INSECTICIDE	IRAC 3A + IRAC 1B	SYNERGISME	Taillebois et al. (2016)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	DELTAMETHRIN + FIPRONIL	INSECTICIDE + INSECTICIDE	IRAC 3A + IRAC 2B	ADDITIEF	Taillebois et al. (2016)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	CHLORPYRIFOS + FIPRONIL	INSECTICIDE + INSECTICIDE	IRAC 1B + IRAC 2B	ADDITIEF	Taillebois et al. (2016)
DELTAMETHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	CHLORPYRIFOS + FIPRONIL	INSECTICIDE + INSECTICIDE	IRAC 1B + IRAC 2B	ANTAGONISME	Taillebois et al. (2016)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	DELTAMETHRIN + CHLORPYRIFOS + FIPRONIL	INSECTICIDE + INSECTICIDE + INSECTICIDE	IRAC 3A+ IRAC 1B + IRAC 2B	ADDITIEF	Taillebois et al. (2016)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	IMIDACLOPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	ADDITIEF	Raby et al. (2019)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	IMIDACLOPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	ANTAGONISME	Raby et al. (2019)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	IMIDACLOPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	ADDITIEF	Raby et al. (2019)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	IMIDACLOPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	ADDITIEF	Raby et al. (2019)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	FENPROPIMORPH	FUNGICIDE	FRAC 5 (G2)	ADDITIEF	Coors et al. (2018)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	FENPROPIDIN	FUNGICIDE	FRAC 5 (G2)	ADDITIEF	Coors et al. (2018)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	FLUDIOXONIL	FUNGICIDE	FRAC 12 (E2)	SYNERGISME	(Lasch et al.2021)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	IMIDACLOPRID + IMAZALIL (= ENILCONAZOLE)	INSECTICIDE + FUNGICIDE	IRAC 4A + FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Ilyushina et al. (2020)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	BIFENTHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	SYNERGISME	Wang et al. (2022)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	TRIADIMEFON + IMAZALIL + TRIADIMENOL + CYPROCONAZOLE + FLUSILAZOLE	FUNGICIDE + FUNGICIDE + FUNGICIDE + FUNGICIDE	FRAC 3 (G1) + FRAC 3 (G1) + FRAC 3 (G1) + FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Menegola et al. (2013)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	FLUCONAZOLE + TRIADIMEFON + IMAZALIL + TRIADIMENOL + CYPROCONAZOLE + FLUSILAZOLE	FUNGICIDE + FUNGICIDE + FUNGICIDE + FUNGICIDE + FUNGICIDE	FRAC 3 (G1) + FRAC 3 (G1) + FRAC 3 (G1) + FRAC 3 (G1) + FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Menegola et al. (2013)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	FLUCONAZOLE + TRIADIMEFON + IMAZALIL + TRIADIMENOL + CYPROCONAZOLE + FLUSILAZOLE	FUNGICIDE + FUNGICIDE + FUNGICIDE + FUNGICIDE + FUNGICIDE	FRAC 3 (G1) + FRAC 3 (G1) + FRAC 3 (G1) + FRAC 3 (G1) + FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Menegola et al. (2013)
DELTAMETHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	PHOXIM	INSECTICIDE	IRAC 1B	SYNERGISME	Lv et al. (2022)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	SYNERGISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	SYNERGISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	ANTAGONISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	SYNERGISME	Cheng et al. (2020)



ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	ANTAGONISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	ANTAGONISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	THIAMETHOXAM	INSECTICIDE	IRAC 4A	SYNERGISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	THIAMETHOXAM	INSECTICIDE	IRAC 4A	SYNERGISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	THIAMETHOXAM	INSECTICIDE	IRAC 4A	SYNERGISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	THIAMETHOXAM	INSECTICIDE	IRAC 4A	SYNERGISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	THIAMETHOXAM	INSECTICIDE	IRAC 4A	SYNERGISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID + THIAMETHOXAM	INSECTICIDE + INSECTICIDE	IRAC 4A + IRAC 4A	SYNERGISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID + THIAMETHOXAM	INSECTICIDE + INSECTICIDE	IRAC 4A + IRAC 4A	SYNERGISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID + THIAMETHOXAM	INSECTICIDE + INSECTICIDE	IRAC 4A + IRAC 4A	SYNERGISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID + THIAMETHOXAM	INSECTICIDE + INSECTICIDE	IRAC 4A + IRAC 4A	SYNERGISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID + THIAMETHOXAM	INSECTICIDE + INSECTICIDE	IRAC 4A + IRAC 4A	SYNERGISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	ANTAGONISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	ANTAGONISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	ANTAGONISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	ANTAGONISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	ANTAGONISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	THIAMETHOXAM	INSECTICIDE	IRAC 4A	SYNERGISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	THIAMETHOXAM	INSECTICIDE	IRAC 4A	SYNERGISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	THIAMETHOXAM	INSECTICIDE	IRAC 4A	ANTAGONISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	THIAMETHOXAM	INSECTICIDE	IRAC 4A	ANTAGONISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	THIAMETHOXAM	INSECTICIDE	IRAC 4A	ANTAGONISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID + THIAMETHOXAM	INSECTICIDE + INSECTICIDE	IRAC 4A + IRAC 4A	SYNERGISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID + THIAMETHOXAM	INSECTICIDE + INSECTICIDE	IRAC 4A + IRAC 4A	SYNERGISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID + THIAMETHOXAM	INSECTICIDE + INSECTICIDE	IRAC 4A + IRAC 4A	ANTAGONISME	Cheng et al. (2020)



ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID + THIAMETHOXAM	INSECTICIDE + INSECTICIDE	IRAC 4A + IRAC 4A	ANTAGONISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID + THIAMETHOXAM	INSECTICIDE + INSECTICIDE	IRAC 4A + IRAC 4A	ANTAGONISME	Cheng et al. (2020)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	IMIDACLOPRID + THIAMETHOXAM	INSECTICIDE + INSECTICIDE	IRAC 4A + IRAC 4A	ANTAGONISME	Cheng et al. (2020)
DELTAMETHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	CHLORPYRIFOS	INSECTICIDE	IRAC 1B	SYNERGISME	Arora et al. (2017)
DELTAMETHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	CHLORPYRIFOS	INSECTICIDE	IRAC 1B	SYNERGISME	Arora et al. (2017)
DELTAMETHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	TRIAZOPHOS	INSECTICIDE	IRAC 1B	SYNERGISME	Arora et al. (2017)
DELTAMETHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	TRIAZOPHOS	INSECTICIDE	IRAC 1B	SYNERGISME	Arora et al. (2017)
DELTAMETHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	CARBARYL	INSECTICIDE	IRAC 1A	SYNERGISME	Arora et al. (2017)
DELTAMETHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	CARBARYL	INSECTICIDE	IRAC 1A	SYNERGISME	Arora et al. (2017)
DELTAMETHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	MONOCROTOPHOS	INSECTICIDE	IRAC 1B	SYNERGISME	Arora et al. (2017)
DELTAMETHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	MONOCROTOPHOS	INSECTICIDE	IRAC 1B	SYNERGISME	Arora et al. (2017)
DELTAMETHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	MALATHION	INSECTICIDE	IRAC 1B	SYNERGISME	Arora et al. (2017)
DELTAMETHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	MALATHION	INSECTICIDE	IRAC 1B	SYNERGISME	Arora et al. (2017)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	PROPICONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Haas et al. (2021)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	PROTHIOCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Haas et al. (2021)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	PROCHLORAZ	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Haas et al. (2021)
DELTAMETHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	CHLORPYRIFOS	INSECTICIDE	IRAC 1B	ANTAGONISME	Candan et al. (2007)
DELTAMETHRIN	INSECTICIDE	IRAC 3A	CHLORPYRIFOS	INSECTICIDE	IRAC 1B	SYNERGISME	Candan et al. (2007)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	CHLORPYRIFOS	INSECTICIDE	IRAC 1B	SYNERGISME	Teng et al., (2022)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	CHLORPYRIFOS	INSECTICIDE	IRAC 1B	SYNERGISME	Teng et al. (2022)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	CHLORPYRIFOS	INSECTICIDE	IRAC 1B	SYNERGISME	Teng et al. (2022)
ACETAMIPRID	INSECTICIDE	IRAC 4A	ABAMECTIN	INSECTICIDE	IRAC 6	SYNERGISME	Teng et al. (2022)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	AZOXYSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	ADDITIEF	Wu et al. (2018)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	TRIFLOXYSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	ADDITIEF	Wu et al. (2018)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	ISOPYRAZAM	FUNGICIDE	FRAC 7 (C)	ADDITIEF	Wu et al. (2018)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	AZOXYSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	ADDITIEF	Wu et al. (2018)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	TRIFLOXYSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	ADDITIEF	Wu et al. (2018)
PYRACLOSTROBIN	FUNGICIDE	FRAC 11 (C3)	ISOPYRAZAM	FUNGICIDE	FRAC 7 (C)	ADDITIEF	Wu et al. (2018)
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	TRIADIMEFON	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Liu et al., (2011)

PESTICIDE A	PESTICIDE A KLASSE	PESTICIDE A MOA	PESTICIDE B (+C+D+...)	PESTICIDE B (+C+D+...) KLASSE	PESTICIDE B (+C+D+...) MOA	TYPE EFFECT	REFERENTIE
TEBUCONAZOLE	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	TRIADIMEFON	FUNGICIDE	FRAC 3 (G1)	SYNERGISME	Liu et al. (2011)

