



Contaminatie van Boerenzwaluwen met pesticiden in Nederland

Boerenzwaluwen en pesticiden is geen goede combinatie, al hebben deze vier jongen daar maling aan, Waddinxveen, 17 juni 2012 (foto: Chris van Rijswijk/Agami). *Barn Swallows and pesticides is a bad combination but these chicks could not care less.*

Pesticiden worden op grote schaal gebruikt in Nederland. Niet alleen in de landbouw, maar ook door particulieren. Dit onderzoek aan Boerenzwaluwen in Nederland laat zien dat niet-uitgekomen eieren, dood gevonden jongen en een adult in totaal 14 verschillende werkzame stoffen van pesticiden bevatten. Waar en hoe hebben de Boerenzwaluwen deze insecticiden, fungiciden en herbiciden, opgedaan en is er wat te zeggen over het mogelijke effect van deze contaminatie?

Adriaan Guldemon, Joost Lommen & Peter Leendertse

In de vijftiger en zestiger jaren van de vorige eeuw heeft het gebruik van pesticiden met organochloorverbindingen tot grote sterfte en afname van met name roofvogels en visetende vogels geleid (Newton 2013). Carson (1962) waarschuwde ons als één van de eersten hiervoor in haar boek *Silent Spring*. Dichloordifenyiltrichloorethaan, beter bekend als DDT, is een bekend voorbeeld. Alhoewel zelf weinig giftig voor vogels, vermindert DDT de dikte van de eischal bij roofvogels, waardoor deze voortijdig kunnen breken. Aldrin, dieldrin en heptachloor zijn ook organochloorverbindingen die wél zeer giftig zijn voor vogels. Zaaizaad wat hiermee werd behandeld, leidde wereldwijd tot de dood van ganzen en kraanvogels, en zaadeters als vinken, gorzen, patrijzen. Via deze vogels kregen ook roofvogels en aaseters deze pesticiden binnen, wat door accumulatie massale sterfte veroorzaakte (Newton 2013). Ook lozingen van deze stoffen in b.v. de Rijn heeft in de zeventiger jaren geresulteerd in sterfte onder Eidereenden *Somateria mollissima* in het Waddengebied (Swennen 1972). Deze stoffen, met name DDT, zijn heel persistent, ze worden maar langzaam afgebroken en blijven zeer lang in het milieu aanwezig. In de

zeventiger en tachtiger jaren zijn deze stoffen verboden in veel landen in Noord-Amerika en Europa, wat heeft bijgedragen aan het herstel van roofvogelpopulaties (Newton 2013).

Alhoewel de huidige pesticiden minder giftig lijken voor vogels, zijn sommige neonicotinoïden dat wel. Zo stierf 58% van Rode Patrijzen *Alectoris rufa* die met imidacloprid - een neonicotinoïde - behandeld graan aten na 10 dagen (Lopez-Antia *et al.* 2013). Mineau & Palmer (2013) en Gibbons *et al.* (2015) geven meer voorbeelden van schadelijke effecten van neonicotinoïden op vogels, zowel acute toxiciteit als chronische toxiciteit, met effecten op o.a. reproductie, groei en het immuunsysteem. Ook wordt de conditie en het trekgedrag van Witkruingorzen *Zonotrichia leucophrys* in Noord-Amerika negatief beïnvloed door imidacloprid (Eng *et al.* 2019). Het is waarschijnlijk dat de huidige pesticiden vooral ook het aantal insecten verminderen, waardoor de overleving en dus de populatiegrootte van insectenetende vogels afneemt (Shortall *et al.* 2009, Hallmann *et al.* 2014).

De Boerenzwaluw *Hirundo rustica* is een talrijke insectenetende broedvogel van het boerenland, waarvan de stand in Nederland het laatste kwart van de 20^{ste} eeuw is afgenomen en daarna stabiel tot licht herstellend is (van den Bremer *et al.* 2014, van den Brink 2018). Boerenzwaluwen foerageren in het

broedseizoen vaak in koeien- of paardenstallen waar mogelijk insecticiden gebruikt worden om vliegen te bestrijden. Ook foerageren ze op het erf en rond het bedrijf boven grasland, mais, aardappels en granen, waar pesticiden gebruikt kunnen worden tegen onkruiden, ziekten en plagen om de gewassen te beschermen. Tegelijkertijd zijn zwaluwen natuurlijke vijanden van vliegende insecten, en daardoor een graag geziene gast op veel agrarische bedrijven. Een belangrijke vraag is op welke manieren Boerenzwaluwen pesticiden binnen kunnen krijgen. In hoofdzaak kan dat gaan via het voedsel, via het drinkwater en via fysiek contact met materialen waarvan de nestkom is gebouwd, zoals stro, modder of veren. Er worden acht mogelijke contaminatieroutes onderscheiden (zie tabel 1 en afbeelding 1; Guldmond *et al.* 2018).

Naast contaminatie in het broedgebied kunnen Boerenzwaluwen ook tijdens de trek en overwintering blootgesteld worden aan pesticiden. Boerenzwaluwen trekken jaarlijks van hun broedgebied in Nederland via West- en Midden-Europa en West-Afrika naar hun overwinteringsgebieden ten zuiden van de Sahara, zuidelijk tot Zuid-Afrika, en weer terug (VogeltrekAtlas.nl). Pesticiden waarmee Boerenzwaluwen in contact komen in het buitenland kunnen middelen betreffen die in Nederland niet (meer) zijn toegestaan.

Tabel 1. Mogelijke contaminatieroutes waar Boerenzwaluwen blootgesteld kunnen worden aan pesticiden.. *Potential routes in which Barn Swallows can get contaminated with pesticides.*

contaminatie contamination	contaminatieroute contamination route	omschrijving description
via voedsel (insecten)	gewasbescherming in landbouwgewassen	pesticiden ter bestrijding van plagen, ziekten en onkruid in gewassen worden opgenomen door insecten
	vliegenbestrijding	vliegen worden bestreden met anti-vliegenmiddelen in de stal of buiten
	ontwormingsmiddelen bij vee (koeien, schapen, paarden)	deze stoffen worden uitgescheiden in de mest, waarin vliegenlarven tot ontwikkeling komen en zodoende in adulte vliegen terecht komen
	pesticiden in water	larven van waterinsecten kunnen tijdens hun ontwikkeling pesticiden uit het water opnemen om zodoende in adulte muggen, haften, waterjuffers terecht te komen
	pesticiden in bodem	larven van bodeminsecten kunnen tijdens ontwikkeling pesticiden uit de bodem opnemen om zodoende in b.v. adulte vliegen, kevers, langpootmuggen terecht te komen
via drinkwater	pesticiden in oppervlaktewater	door het drinken van oppervlaktewater worden pesticiden opgenomen
via fysiek contact	pesticiden in nestmateriaal	grond voor nestbouw kan pesticiden bevatten, welke via de bek opgenomen kunnen worden; veren en haren voor bekleding van het nest kunnen pesticiden bevatten (o.a. luis- en mijtenmiddelen in kippenveren van vrije uitloopkippen, anti-vliegenmiddelen in paardenharen), waar de eieren, (naakte) jongen en adulte vrouwtje (met broedvlek) mee in contact kunnen komen
	pesticiden in houten balken	houten balken in oude schuren kunnen behandeld zijn met conserveringsmiddelen tegen schimmels of insecten, welke door het zitten op de balken in de veren en de bek terecht kunnen komen (poetsen van de veren)



Afbeelding 1. Mogelijke contaminatieroutes van pesticiden naar de Boerenzwaluw. A: via het foerageren boven gewassen, hier maïs, levert een risico om insecten binnen te krijgen met herbiciden, fungiciden of insecticiden, Culemborg, 24 augustus 2019 (foto: Jouke Altenburg). B en C: via vliegen op melkvee of paarden die anti-vliegenmiddelen bevatten, 29 juli 2008 (foto: CLM) en Culemborg, 9 augustus 2019. (foto: Jouke Altenburg). D: via waterinsecten, die in het water aanwezige pesticiden kunnen opnemen met hier een paardenbijter (*Aeshna mixta*), een libel, waarvan de larven in het water leven, Culemborg, 29 juli 2018 (foto: Jouke Altenburg). E: via het drinken van oppervlaktewater waar pesticiden in zitten, 11 juni 2011 (foto: Usien, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15818448>). F: via het nest dat is bekleed met (dons)veren van kippen die tegen bloedluis zijn behandeld, Oldebroek, 30 juli 2005 (foto: Bennie van den Brink). G en H: via pesticiden die worden gebruikt in de overwinteringsgebieden in Afrika. Pivot (cirkel) irrigatie op een sojavel, Kabwe, Zambia, 18 december 2009 (foto: Bennie van den Brink). Boerenzwaluwen in een Acacia boom, Tsavo West, Kenia, 24 november 2006 (foto: Bennie van den Brink). Possible contamination routes of pesticides for the Barn Swallow. A: via foraging on insects that might contain herbicides, fungicides or pesticides. B and C: via flies on dairy cows or horses that might contain fly spray. D: via water insects that can ingest pesticides that is present in surface water. Here a migrant hawk (*Aeshna mixta*), a dragon fly whose larva live in water. E: via drinking surface water containing pesticides. F: via chicken down in the nest that is treated against blood lice. G and H: via pesticides used in the winter areas in Africa. Pivot irrigation in a soy field and Barn Swallows in an Acacia tree.

METHODE

Selectie monsters

Verzamelde monsters van Boerenzwaluwen betroffen niet uitgekomen eieren (N=61) uit 26 verschillende nesten, in het nest of in de stal dood gevonden jongen (N=30) uit minimaal 19 nesten en een adult (N=1). Eieren, jongen en de adult werden ieder in hun geheel verwerkt als monster. Alle monsters werden in de zomer van 2015 verzameld door ringers, voor het grootste deel op boerenbedrijven, maar ook op een

kinderboerderij, camping en manege. De boerenbedrijven betroffen grotendeels melkveehouderijen en één hobbygeitenbedrijf. Er werden 16 locaties in 13 gemeenten in vier provincies (Fr, Gld, ZH, L) bemonsterd (tabel 2). Er was dus een landelijke spreiding van de monsterplaatsen.

Een deel van de monsters bestond uit één ei (5 monsters) of één jong (4 monsters) of uit meerdere eieren (7 monsters) of meerdere jongen (2 monsters) uit één nest. Omdat vanwege financiële overwegingen een beperkt aantal monsters geanalyseerd kon worden, werden een aantal monsters, van

dezelfde locatie en type (eieren of jongen), maar uit verschillende nesten, samengevoegd tot mengmonsters (voor eieren: 5 mengmonsters, voor jongen: 4 mengmonsters).

In totaal werden 28 monsters geanalyseerd, waarvan 17 monsters bestonden uit eieren, 10 monsters uit jongen en één monster uit een adulte Boerenwaluw. Het gebruik van anti-vliegenmiddelen in stallen werd door de ringers, wanneer bekend, genoteerd. Het eventuele gebruik van pesticiden in de omgeving van de monsterplaatsen was onbekend, b.v. op naastgelegen melkvee- en pluimveehouderijen, in de landbouw, en in en rond het huis (zogenaamde niet-professionele gebruik van pesticiden door particulieren).

Analysemethode

De gehomogeniseerde (fijngemalen) monsters (eieren, jongen of adult) werden in het Eurofins Laboratorium in Graauw Z geanalyseerd op pesticiden met behulp van twee methoden: gaschromatografie (GC-MSMS) en liquid chromatografie (LC-MSMS), beide in combinatie met een verbeterde

massaspectrometrie. De gehomogeniseerde monsters werden geëxtraheerd met aceton, gevolgd door extractie met dichloormethaan/petroleumether. Afhankelijk of er gas- of liquid chromatografie plaatsvond werd het monster heropgelost in iso-octaan/tolueen (9:1) (GC-MSMS) of in methanol aangezuurd met azijnzuur (LC-MSMS). Met deze methoden konden in totaal 764 stoffen en hun metabolieten worden geanalyseerd. Ondanks dit grote aantal zaten hier de veelgebruikte herbicide glyfosaat (Round Up) en ontwormingsmiddelen niet bij. Voor details van de methode en de lijst van te meten stoffen zie Guldmond *et al.* (2018).

De term pesticiden is een verzamelwoord voor chemische bestrijdingsmiddelen; pesticiden kunnen naar gelang hun werking worden opgesplitst in grofweg middelen tegen insecten, schimmels of onkruiden. Pesticiden bevatten meestal één of meerdere werkzame stoffen of middelen. Werkzame stof, stof(fen) en middel(en) worden in de tekst door elkaar gebruikt.

Tabel 2. Type bedrijf, aantal monster eenheden (eieren, jongen, adult) en gebruik van anti-vliegenmiddelen per monsterlocatie. *Farm type, number of sample units (eggs, juveniles, adult) and use of fly spray per sample location.*

gemeente <i>municipality</i>	provincie <i>county</i>	bedrijf / veesoort <i>farm/ cattle</i>	aantal monstereenheden <i>sample unit seize</i>			anti-vliegenmiddel <i>fly spray</i>
			eieren <i>eggs</i>	jongen <i>juveniles</i>	adult <i>adult</i>	
Langezwaag	Fr	manage (paarden)	11	3		pyrethrum
Langezwaag	Fr	geiten	1	1		ja
Hemrik	Fr	melkvee	1	1		nee
Terwispe	Fr	melkvee	4			nee
Appelscha	Fr	particulier, schuur		4		nee
Culemborg	Gl	camping	4	5		nee
Culemborg	Gl	melkvee	1			onbekend
Culemborg	Gl	kinderboerderij			1	nee
Oldebroek	Gl	melkvee	6			nee
Oosterwolde	Gl	melkvee	2			Butox*
Sint Geertruid	L	melkvee/schapen	5			nee
Eckelrade	L	vleesvee	7	1		Veerust**
Alblasserdam	ZH	manage (paarden)	2	8		Veerust**
Molenaarsgraaf	ZH	melkvee	12			nee
Oud-Alblas	ZH	melkvee	10			Butox*
Hardinxveld	ZH	geen vee		7		nee
aantal monsters eenheden <i>sample units</i>			66	30	1	
aantal geanalyseerde (meng)monsters <i>number of analysed (pooled) samples</i>			17	10	1	

* werkzame stoffen - *active ingredients*: deltamethrin en formaldehyde

** actieve stoffen - *active ingredients*: pyrethrinen en piperonylbutoxide

RESULTATEN

Typen pesticiden en werkzame stoffen

In totaal werden 14 verschillende werkzame stoffen uit pesticiden aangetroffen in de 28 monsters (tabel 3): vijf insecticiden (middel tegen insecten), één insectenwerend middel, vier fungiciden (middel tegen schimmels), drie herbiciden (middel tegen onkruid) en één insecticide synergist (versterkt de werking van het insecticide).

DDT was de meest voorkomende werkzame stof, die in 25 van de 28 monsters werd aangetroffen (89%). DDT vormt een soort achtergrondvervuiling, die ongeacht de plaats of type bedrijf, overal gevonden kon worden. De insectenwerende stof DEET werd in vijf monsters aangetroffen (18%). Dit betrof bedrijven met geiten (hobby) (2x), manege (paarden) (2x) en melkvee (1x). De stoffen permethrin en piperonylbutoxide werden beide twee keer aangetroffen, in dezelfde monsters. Dit laatste is logisch, omdat ze vaak samen in een bestrijdingsmiddel zitten: piperonylbutoxide is namelijk een stof die de afbraak van permethrin tegengaat (synergist). Deze combinatie van stoffen werd gevonden op een manege en een geitenbedrijf. De andere 10 stoffen werden allen één keer in de monsters aangetroffen (tabel 3).

In 25 van de 28 monsters werden insecticiden aangetrof-

fen, in vijf monsters het insectenwerende middel, in drie monsters een fungicide en in drie andere monsters een herbicide. Op vier bedrijven werden insecticiden gevonden: een hobbygeitenbedrijf, een melkveebedrijf, een manege (paarden) en op een kinderboerderij. De fungiciden werden aangetroffen bij een manege (2x) en een kinderboerderij (1x) en de herbiciden bij een manege, kinderboerderij en een bedrijf zonder vee. We weten niet of er een oorzakelijk verband bestaat tussen de gevonden stoffen en het type bedrijf waar deze stoffen werden gevonden.

Verschillen in pesticiden tussen eieren, jongen en adult

In de eieren werden relatief weinig verschillende stoffen (4) gevonden. In alle 17 eimonsters werd DDT gevonden (tabel 3). Deze stoffen worden via de moeder doorgegeven aan het ei.

In jongen (8) en in de enige onderzochte adult (7) werden meer stoffen gevonden dan in eieren. De helft van de stoffen die in jongen en in de adult werden gevonden waren hetzelfde, namelijk DDT, DEET, permethrin en piperonylbutoxide. Alleen DDT en DEET werden zowel in eieren, jongen als in de adult gevonden.

Gemeten concentraties

De meeste concentraties die werden gemeten, waren min-

Tabel 3. Aantal monsters waarin werkzame stoffen zijn aangetroffen welke afkomstig zijn van niet-uitgekomen eieren (N=17), dode jongen (N=10) en een dode adulte Boerenwaluw (N=1). Voor aantallen tussen haakjes geldt dat de werkzame stof kon worden aangetoond, maar dat de concentratie te laag was om exact bepaald te worden (de waarde lag onder de zogeheten rapportagegrens). *Number of samples in which pesticides were detected coming from non-hatched eggs (N=17), dead juveniles (N=10) and a dead adult Barn Swallow (N=1). Numbers between brackets indicate that the presence of a substance could be determined, but that the concentration was too low to be assessed precisely (the value was lower than the so-called reporting threshold).*

werkzame stof <i>active ingredient</i>	type stof <i>type of pesticide</i>	eieren <i>eggs</i>	jongen <i>juveniles</i>	adult <i>adult</i>	aantal monsters met stof <i>number of samples with pesticide</i>
DDT	insecticide	17	7	1	25
DEET	insectenwerend - <i>repellent</i>	2	3		5
Permethrin	insecticide		1	1	2
Piperonylbutoxide	insecticide synergist		1	(1)	2
Cyflutrin	insecticide	1			1
Dimethoat	insecticide			(1)	1
Novaluron	insecticide		(1)		1
MCPA	herbicide		1		1
Tembotrione	herbicide			1	1
Chloorprofam	herbicide/groeiregulator		(1)		1
Hexachloorbenzeen	fungicide	(1)			1
Fluazinam	fungicide		1		1
Bitertanol	fungicide			1	1
Fluxapyroxad	fungicide			(1)	1
totaal aantal stoffen <i>total number of substances</i>		4	8	7	



Jouke Altenburg

Vliegen vormen een belangrijk deel van het dieet voor de jonge Boerenzwaluwen, waar antivliegenmiddelen in kunnen zitten, Culemborg, 5 juli 2020. Flies are an important part of the diet for young Barn Swallows, which can contain anti-fly substances.

der dan 0.10 mg/kg versgewicht (bijlage 1). Van DDT werd de hoogste concentratie gemeten in de adulte Boerenzwaluw: 1.90 mg/kg. DDT concentraties van meer dan 0.10 mg/kg werden in vier eimonsters en in één jongenmonster gevonden. Ook de herbicide MCPA en de insecticide permethrin werden in concentraties hoger dan 0.10 mg/kg aangetroffen bij respectievelijk een jongenmonster en de adult. Naast DDT werden in de enige adult die is geanalyseerd, ook de hoogste concentratie van permethrin (0.11 mg/kg) aangetroffen.

DISCUSSIE

In deze studie werden niet-uitgekomen eieren, dode jongen en een dode adulte Boerenzwaluw onderzocht op pesticiden. Wij vonden een groot aantal werkzame stoffen (14) in de verzamelde monsters. Voor zover wij weten zijn er geen publicaties over de aanwezigheid van pesticiden in eieren, jongen of adulten van Boerenzwaluwen. Er zijn wel recente studies in Nederland naar pesticiden in nestjongen van de Koolmees *Parus major* en Ingekorven Vleermuis *Myotis emarginatus* (dode individuen en mest). Deze studies lieten ook aanzienlijke aantallen pesticiden zien: 26 verschillende stoffen bij de Koolmees (41 monsters; Guldemonst *et al.* 2019) en 14 stoffen bij de Ingekorven Vleermuis (14 monsters; Gulde-

mond *et al.* 2016). In België werden in een studie naar nestjongen van Koolmees en Pimpelmees *Cyanistes caeruleus* 36 verschillende pesticiden aangetroffen (102 monsters; Gommers *et al.* 2019). De twee mezenstudies suggereren dat het aantal gevonden pesticiden (mede) afhankelijk is van het aantal onderzochte monsters: hoe meer monsters, hoe meer pesticiden. Het aantal in onze studie aangetroffen stoffen past in dit beeld.

Zowel in de eieren, dode jongen als in de dode adult werden veel stoffen maar één keer aangetroffen. Dit laat zien dat stoffen mogelijk locatie-specifiek voorkomen. Dat er meer stoffen in jongen gevonden zijn dan in eieren, suggereert dat er pesticiden zitten in de insecten die de ouders als voedsel aan de jongen voeren. Deze stoffen zijn dus lokaal opgenomen. Het betreft hier niet stoffen die afkomstig zijn uit de nestkom (veren, haren), omdat deze dan ook in de eieren gevonden zouden moeten zijn. In de enige adult die was onderzocht, afkomstig van een kinderboerderij, werd het grootste aantal stoffen in één monster (7) gevonden (tabel 3). Adulten hebben meer kans om pesticiden binnen te krijgen en te accumuleren tijdens hun leven.

Aangetroffen pesticiden en contaminatieroutes

De aangetroffen pesticiden zijn hoofdzakelijk insecticiden, fungiciden en herbiciden. De aanwezigheid van insecticiden is deels te verklaren doordat insecten die zijn blootgesteld



Bennie van den Brink

Rustende Boerenzwaluwen op Mimosastruik in vloedvlakte van de Kafue River in Lochinvar N.P. Zambia, 30 oktober 2009. *Barn Swallows on Mimosa shrub in floodplain in Zambia.*

aan sublethale concentraties van insecticiden door Boerenzwaluwen gegeten worden. Mogelijke bronnen en contaminieroutes waardoor Boerenzwaluwen deze stoffen hebben binnengekregen, worden hieronder in meer detail besproken.

Vliegenbestrijding

Vliegenbestrijding vindt plaats in stallen en ook via toediening van middelen aan het vee dat buiten loopt. Uit Deens onderzoek blijkt dat vliegen niet altijd direct doodgaan als zij worden blootgesteld aan pesticiden. Bij de Huisvlieg *Musca domestica* bleek dat twee dagen na blootstelling aan azametiphos nog 75% in leven was, na 3 dagen nog 56% en na één week nog 21% (Kristensen *et al.* 2000). Een bijkomend probleem met chemische bestrijding is dat vliegen resistentie kunnen opbouwen tegen pesticiden (Akıner & Çağlar 2012). Dit vergroot het aanbod van met pesticiden gecontamineerde vliegen.

De anti-vliegenmiddelen die in onze studie werden gevonden, zijn cyfluthrin, permethrin en piperonylbutoxide (Toelatingen.ctgb.nl). Opvallend is echter dat er nauwelijks een relatie is tussen het anti-vliegenmiddel dat in stallen wordt gebruikt, zoals Veerust (met werkzame stoffen permethrin en piperonylbutoxide), en de middelen die worden gevonden in boerenzwaluwmonsters op het desbetreffende bedrijf (zie Guldemonst *et al.* 2018).

Gewasbescherming in het veld

Herbiciden en fungiciden zijn niet acuut dodelijk voor insecten. Hierdoor kunnen deze middelen in Boerenzwaluwen terechtkomen na het eten van deze besmette insecten. De enige aangetroffen insecticide in onze studie die als gewasbeschermingsmiddel is toegelaten, betreft dimethoaat (Toelatingen.ctgb.nl). Dimethoaat wordt professioneel in de bloemisterij gebruikt en werd tot 2016 ook in de suikerbietenteelt gebruikt. Daarnaast mogen particulieren het tegen luizen op planten gebruiken.

Opvallend is dat de rest van de aangetroffen insecticiden geen toelating had in Nederland ten tijde van deze studie (zomer 2015). Onder de aangetroffen stoffen zaten drie herbiciden (MCPA, tembotrione, chloorprofam) en vier fungiciden (bitertanol, fluazinam, fluxapyroxad, hexachloorbenzeen). Hexachloorbenzeen is sinds 1978 verboden in Nederland en bitertanol sinds 2012. Tembotrione werd pas sinds 2016, na de monsternamen, toegelaten in Nederland als onkruidmiddel in de maisteelt. De Boerenzwaluwen hebben een deel van deze stoffen mogelijk buiten Nederland binnengekregen, alhoewel hexachloorbenzeen zeer persistent is en nog steeds (normoverschrijdend) in het Nederlandse oppervlaktewater wordt aangetroffen (Bestrijdingsmiddelenatlas.nl).

Veren en haren in het nest

De insecticide cyfluthrin wordt naast vliegenbestrijding ook

gebruikt tegen bloedluizen in de pluimveehouderij. Dit middel werd in Nederland toegestaan tot 2018. Het middel werd mogelijk door de eieren opgenomen via veren van vrij-uitloopkippen die gebruikt worden voor nestbekleding. Dit wordt ondersteund door onze resultaten, omdat cyfluthrin alleen in monsters van eieren is gevonden. Guldemon *et al.* (2019) vonden een vergelijkbaar resultaat in Koolmezen: er werden zeven stoffen gevonden in dode nestjongen die gebruikt worden als vlooiën- en tekenmiddelen voor honden en katten. Analyse van haren uit twee nesten brachten ook vlooiën- en tekenmiddelen aan het licht. Koolmezen gebruiken haar van honden en katten om het nest te bekleden.

De Afrika route

Eén aangetroffen insecticide, novaluron, is nooit toegelaten in Europa, zowel niet als gewasbeschermingsmiddel of als diergeneesmiddel (Junquera *et al.* 2019). Deze stof is door de Boerenwaluwen dus mogelijk in Afrika opgedaan. Deze insecticide is in b.v. Zuid-Afrika toegelaten en wordt daar ingezet in de teelt van fruit, granen, bonen, katoen en tomaten. De stof mag daar ook met spuitvliegstuigen worden toegepast. Novaluron blokkeert de vervelling van insecten, die daardoor doodgaan, maar het middel heeft geen effect op volwassen insecten (die niet meer vervellen). Daardoor kunnen mogelijke prooidieren van Boerenwaluwen novaluron bevatten.

Contaminatieroutes van DDT

DDT is sinds 1973 verboden in Nederland, maar mag in een deel van de landen in Afrika binnenshuis worden gebruikt tegen malariamuggen. Het gebruik in sub-Sahara Afrika is sinds 2014 echter sterk verminderd (van den Berg *et al.* 2017). DDT is zeer persistent en hecht zich aan organisch materiaal als bodemdeeltjes. Het wordt in Nederland op allerlei plaatsen in het milieu aangetroffen, met name in (water)bodems (Bestrijdingsmiddelenatlas.nl). Daar vindt onder zuurstofloze omstandigheden nauwelijks afbraak plaats van deze stof. In recente studies naar pesticiden in Koolmezen in Nederland werd DDT in 54% van de monsters van dode nestjongen aangetroffen (Guldemon *et al.* 2019) en in België in 91% van monsters van Kool- en Pimpelmezen (Gommers *et al.* 2019). Ook werd DDT gevonden in roofvogels in Europa, waaronder Sperwer *Accipiter nisus*, Barbarijse Valk *Falco peregrinoides*, Torenvalk *Falco tinnunculus* (Luzardo *et al.* 2013), Oehoe *Bubo bubo* (Gomez-Ramirez *et al.* 2012) en Buizerd *Buteo buteo* (Licata *et al.* 2012). Het is onduidelijk of Boerenwaluwen DDT in Nederland opdoen of in Afrika via insecten.

Houtconservering

Wanneer nesten zijn gebouwd op oude balken die zijn behandeld met houtconserveringsmiddelen tegen schimmels en/of insecten, kunnen deze stoffen opgenomen worden door Boerenwaluwen. Preventief worden vooral

de fungiciden azaconazole (niet meer toegelaten) en propiconazool gebruikt. Beide fungiciden zijn echter niet in de adulte Boerenwaluw aangetroffen. Het is ook maar de vraag of de balken in de stal of schuur waar de Boerenwaluwen nestelen, hiermee zijn behandeld. Bij de Ingekorven Vleermuis, die 's zomers in oude gebouwen (kloosters) huist, zijn deze stoffen wel gevonden, zowel in vleermuis(mest) als in de balken van de gebouwen waar deze vleermuizen voorkomen (Guldemon *et al.* 2016, Janssen *et al.* 2017). Permethrin, ook in gebruik als houtconserveringsmiddel, werd wel aangetroffen in de adulte Boerenwaluw. Dit middel wordt op balken gebruikt ter bestrijding van houtworm en boktor, maar kan ook via anti-vliegenmiddelen worden opgenomen door Boerenwaluwen.

Andere contaminatieroutes

Andere contaminatieroutes waarbij Boerenwaluwen pesticiden binnenkrijgen, zoals routes via grond als nestmateriaal, via het oppervlaktewater, via water- of bodeminsecten of via ontwormingsmiddelen (tabel 1), zijn mogelijk. Het oppervlaktewater kan pesticiden bevatten, zelfs normoverschrijdend (Bestrijdingsmiddelenatlas.nl). Boerenwaluwen drinken daar veelvuldig uit, waardoor contaminatie via drinkwater niet ondenkbeeldig is. Daarnaast kunnen waterinsecten ook pesticiden opnemen uit het oppervlaktewater, zoals b.v. zweefvliegen, haften, dansmuggen en libellen, die ook in het dieet van Boerenwaluwen voorkomen (Turner 2006). Boerenwaluwen foerageren ook graag boven percelen die beweide worden, en allerlei insecten die op mest afkomen, zoals strontvliegen, vormen dan hun voedsel (Turner 2006). Er bestaat de mogelijkheid dat deze insecten ontwormingsmiddelen bevatten.

Concentraties en effecten van pesticiden

Over het effect van de gevonden pesticiden op specifiek de Boerenwaluw is weinig bekend. Bij de toelating van pesticiden wordt de acute toxiciteit voor vogels getest op soorten als Wilde eend *Anas platyrhynchos* en kwartelsoorten (b.v. de Boomkwartel *Colinus virginianus*), maar het is moeilijk te zeggen of deze resultaten ook voor een insecteneter als de Boerenwaluw gelden. Meer is bekend over effecten en concentraties van DDT op andere vogelsoorten. De gevonden concentraties DDT in Boerenwaluwen (maximaal 1.90 mg/kg in adulte Boerenwaluw, maximaal 0.50 mg/kg in eieren; bijlage 1) vallen in de range van waarden gevonden in andere studies. Op de Canarische Eilanden werden de hoogste concentraties aan DDT gevonden in Sperwers (1.96 mg/kg) en de laagste concentraties in Buizerds (0.40 mg/kg; Luzardo *et al.* 2013). Het betreft hier concentraties in de lever, waar ophoping plaatsvindt, terwijl in onze studie het de concentratie van de gehele vogel betreft. De concentraties in de lever van Boerenwaluwen zullen dan ook waarschijnlijk hoger zijn dan de door ons vastgestelde concentraties in de hele vogel.

Op Sicilië werd in de Buizerd concentraties van 0.11-0.22 mg/kg gevonden in darm-, spier- en leverweefsel (Licata *et al.* 2012). De concentratie DDE (afbraakproduct van DDT, dat verantwoordelijk is voor het dunner worden van de eischaal) in eieren van de Oehoe in Spanje was gemiddeld 16.29 mg/kg (Gomez-Ramirez *et al.* 2012).

De concentratie DDT die wij in de adulte Boerenwaluw vonden, ligt waarschijnlijk onder de grens van acute toxiciteit wanneer we deze vergelijken met DDT concentraties gemeten in andere vogels. In Garcia-Hernandez *et al.* (2006) wordt, afhankelijk van de vogelsoort, 6-40 mg/kg in hersenweefsel als toxische grens voor DDT genoemd. De door ons gemeten concentratie in het gehele individu (maximaal 1.90 mg/kg) onderschat waarschijnlijk de concentratie in hersenweefsel, maar zal desalniettemin nog steeds niet acuut toxisch zijn voor de Boerenwaluw. De invloed van de gemeten concentratie DDT op de dikte van de eierschaal van Boerenwaluwen is waarschijnlijk erg laag. Custer (2011) beschrijft dat de gevonden concentraties DDE in eieren van de Amerikaanse Boomwaluw *Tachycineta bicolor*, tussen 2.60 en 11.20 mg/kg, geen nadelige effecten op de eischaal hadden. In roofvogeleieren daarentegen is wel een effect vastgesteld van het significant dunner worden van de eischaal bij meer dan 10 mg/kg DDT. Roofvogels zijn gevoeliger voor DDT/DDE dan andere vogelgroepen. (Garcia-Hernandez *et al.* 2006). Ook Mora (1991) beschrijft dat bij Koereigers *Bubulcus ibis* de eischaal 9.3% dunner is bij concentraties DDE van 2.30 – 4.50 mg/kg in de eieren. Gomez-Ramirez *et al.* (2012) beschrijven dat concentraties van 8 mg/kg (versgewicht) DDE resulteren in een 17% dunnere eischaal bij Oehoes.

Bovendien laten gegevens in Nederland over het percentage succesvolle legsels (rond de 80%) en uitgevlogen jongen per succesvol nest (rond de 4) zien dat deze min of meer stabiel zijn in de periode 1992-2017 (Sovon 2020). Dit suggereert dat er in ieder geval landelijk in deze periode 1) geen probleem lijkt te zijn met een dunne eischaal (wat zou leiden tot een verlaagd uitkomstsucces) en 2) dat het voedsel wat jonge Boerenwaluwen op het nest gevoerd krijgen geen invloed zou hebben op het uitvliegssucces. Echter, de studie van Hallmann *et al.* (2014) laat juist voor de Boerenwaluw een negatieve correlatie zien tussen de imidacloprid concentratie in het oppervlaktewater en de lokale populatietrend van de Boerenwaluw. Zij wijten dit niet zozeer aan een directe toxiciteit voor de Boerenwaluw, maar aan een verminderd voedselaanbod (van Dijk *et al.* 2013). In onze studie hebben we imidacloprid niet aangetroffen.

Het is onbekend of de aangetroffen pesticiden sublethale effecten hebben op de Boerenwaluw, alsmede wat het effect is van een cocktail van pesticiden. Zo zijn bij de adulte Boerenwaluw zeven verschillende pesticiden gevonden (bijlage 1). Bij de beoordeling van pesticiden voor hun toelating worden deze combitoxicologische effecten op de verschillende testorganismen niet beoordeeld. Onderzoek

naar effecten van deze combitox bij jongen en adulte Boerenwaluwen is wenselijk om meer te kunnen zeggen over de toxiciteit van een combinatie van pesticiden.

DANKWOORD

We danken alle boerenwaluwringers van harte voor hun medewerking en inzet om niet-uitgekomen eieren en dode jongen te verzamelen (en in hun vriezer te bewaren!): Peter Alblas, Willem Bil, Theo Boudewijn, Jan de Jong, Ad Kooij, Roel Meijer en Bennie van den Brink. Adrienne Jonker heeft dode jonge Boerenwaluwen aangeleverd.

Voor tips over en het verzamelen van literatuur danken we Eefje den Belder (WUR), Nico van den Brink (WUR), Nine Douwes Dekker (CLM), René Janssen (Bionet Natuuronderzoek), Bart Knols en Ton van der Linden († RIVM). Jouke Altenburg, Bennie van den Brink en Theo van Lent danken we voor het gebruik van hun foto's. Triodos Foundation, Vogelbescherming Nederland en CLM Onderzoek en Advies danken we voor financiële ondersteuning van deze studie. Ten slotte bedanken we de redacteurs Jacintha van Dijk en Suzanne van Donk voor hun uiterst waardevolle opmerkingen op het manuscript.

LITERATUUR

- Akiner M.M. & S.S. Çağlar 2012. Monitoring of Five Different Insecticide Resistance Status in Turkish House Fly *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) Populations and the Relationship Between Resistance and Insecticide Usage Profile. Turkish Society for Parasitology 36: 87-91.
- van den Berg H., G. Manuweera & F. Konradsen 2017. Global trends in the production and use of DDT for control of malaria and other vector-borne diseases. Malaria Journal 16: 401-408.
- van den Bremer L., H. Schekkerman, M. Roodbergen & C. van Turnhout 2014. Aantalontwikkeling en nestplaatskeuze van Nederlandse Boerenwaluwen. Limosa 87: 45-51.
- van den Brink 2018. Boerenwaluw *Hirundo rustica*. In: Sovon Vogelonderzoek Nederland (ed), Vogelatlas van Nederland, p. 432-433. Kosmos Uitgevers, Utrecht/Antwerpen.
- Carson R.L. 1962. Silent Spring. Houghton Mifflin, Boston.
- Custer C.M. 2011. Swallows as a Sentinel Species for Contaminant Exposure and Effect Studies. In: J.E. Elliott, C.A. Bishop & C.A. Morrissey (eds). Wildlife Ecotoxicology: Forensic Approaches, p. 45-91. Springer, New York.
- van Dijk T.C., M.A. van Staalduinen & J.P. van der Sluijs 2013. Macro-invertebrate decline in surface water polluted with imidacloprid. PLoS ONE 8: e62374.
- Eng M.L., J.M. Stutchbury & C.A. Morrissey 2019. A neonicotinoid insecticide reduces fueling and delays migration in songbirds. Science 365: 1177-1180.
- Garcia-Hernandez J., Y.V. Sapozhnikova, D. Schlenk, A.Z. Mason, O. Hinojosa-Huerta, J.J. Rivera-Díaz, N.A. Ramos-Delgado & G. Sánchez-Bon 2006. Concentration of contaminants in breeding bird eggs from the Colorado River Delta, Mexico. Environmental Toxicology and Chemistry 25: 1640-1647.
- Gibbons D., C. Morrissey & P. Mineau 2015. A review of the direct and indirect effects of neonicotinoids and fipronil on vertebrate wildlife. Environmental Science and Pollution Research 22: 103-118.

- Gomez-Ramirez P, E. Martinez-Lopez, A.J. Garcia-Fernandez, A.J. Zweers & N.W. van den Brink 2012. Organohalogen exposure in a Eurasian Eagle owl (*Bubo bubo*) population from Southeastern Spain: temporal-spatial trends and risk assessment. *Chemosphere* 88: 903–911.
- Gommers G., Y. Ryckebusch, I. Buntinx & P. van Daele 2019. SOS Mezen: Verkennend onderzoek naar pesticiden in dode nestjongen bij kool- en pimpelmezen. Velt, Berchem / Vogelbescherming Vlaanderen, Sint-Niklaas.
- Guldemond A., P. Leendertse, J. Lommen & R. Janssen 2016. Vleermuizen en pesticiden - Analyse van de ingekorven vleermuis in Limburg. CLM Onderzoek en Advies, Culemborg / Bionet, Stein.
- Guldemond A., P. Leendertse & J. Lommen 2018. Pesticiden in de boerenwaluw - Verkennende studie van pesticidenbelasting bij boerenwaluw in Nederland. CLM Onderzoek en Advies, Culemborg.
- Guldemond A., R. Gommer, P. Leendertse & K. van Oers 2019. Koolmezensterfte en buxusmotbestrijding - Pesticidenbelasting bij jonge koolmezen. CLM Onderzoek en Advies, Culemborg / NIOO-KNAW, Wageningen.
- Hallmann C.A., R.P.B. Foppen, C.A.M. van Turnhout, H. de Kroon & E. Jongejans 2014. Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations. *Nature* 511: 341–343.
- Janssen R., A. Guldemond, J. Lommen & P. Leendertse 2017. Blootstelling van ingekorven vleermuis aan pesticiden. *De Levende Natuur* 118: 208–213.
- Junquera P., B. Hosking, M. Gameiro & A. Macdonald 2019. Benzoylphenyl ureas as veterinary antiparasitics. An overview and outlook with emphasis on efficacy, usage and resistance. *Parasite* 26.
- Kristensen M., A.G. Spencer & J.B. Jespersen 2001. The status and development of insecticide resistance in Danish populations of the housefly *Musca domestica*. *L. Pest Management Science* 57: 82–89.
- Licata P., F. Naccari, G. Dugo, V. Fotia, V. Lo Turco, A.G. Potorti & G. Di Bella 2012. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in common buzzard (*Buteo buteo*) from Sicily (Italy). *Environmental Monitoring and Assessment* 184: 2881–2892.
- Lopez-Antia A., M.E. Ortiz-Santaliestra, F. Mougeot & R. Mateo 2013. Experimental exposure of red-legged partridges (*Alectoris rufa*) to seeds coated with imidacloprid, thiram and difenoconazole. *Eco-toxicology* 22: 125–138.
- Luzardo O.P., N. Ruiz-Suárez, L.A. Henríquez-Hernández, P.F. Valerón, M. Camacho, M. Zumbado & L.D. Boada 2013. Assessment of the exposure to organochlorine pesticides, PCBs and PAHs in six species of predatory birds of the Canary Islands, Spain. *Science of the Total Environment* 472: 146–153.
- Mineau P. & C. Palmer 2013. The Impact of the Nation's Most Widely Used Insecticides on Birds. American Bird Conservancy.
- Mora M.A. 1991. Organochlorines and breeding success in cattle egrets from the Mexicali Valley, Baja California, Mexico. *Colonial Waterbirds* 14: 127–132.
- Newton I. 2013. Organochlorine pesticides and birds. *British Birds* 106: 189–205.
- Shortall C.R., A. Moore, E. Smith, M.J. Hall, I.P. Woiwod & R. Harrington 2009. Long-term changes in the abundance of flying insects. *Insect Conservation and Diversity* 2: 251–260.
- Sovon 2020. Boerenwaluw. www.sovon.nl/nl/soort/9920.
- Swennen C. 1972. Chlorinated hydrocarbons attacked the Eider population in The Netherlands. *TNO Nieuws* 27: 556–560.
- Turner A.K. 2006. The Barn Swallow. T. & A. D. Poyser, Hertfordshire.

Adriaan Guldemond, Joost Lommen & Peter Leendertse, CLM Onderzoek en Advies, Postbus 62, 4100 AB Culemborg;
jaguldemond@icloud.com; jlommen@clm.nl; pele@clm.nl

Pesticides in the Barn Swallow *Hirundo rustica* in the Netherlands

Barn Swallows are insectivores birds, typically foraging in and around their breeding places (such as stables), farmyard and surrounding fields. Here, they can get contaminated with various pesticides, as well as along their migration routes and wintering sites in sub-Saharan Africa. In this study, we examined pesticides in various samples of the Barn Swallow. In summer 2015, a total of 28 samples of non-hatched eggs (N=66), dead juveniles (N=30) and one dead adult Barn Swallow (N=1) were collected on 16 locations throughout the Netherlands (Tab. 2). In total 14 different pesticides were found: five insecticides, one insect repellent, four fungicides, three herbicides and one synergistic substance. Dichlorodiphenyltrichloroethane, commonly known as DDT, was the most widespread pesticide found (in 89% of the samples). Number of pesticides found increased from eggs to juveniles and adult. Measured concentrations of pesticides were generally lower than 0.10 mg/kg. The highest concentration found was DDT: 1.90 mg/kg in the adult bird (Appendix 1). This concentration is likely below the threshold to influence the thickness of the eggshell or to have an acute toxic effect for Barn Swallows. There are

several routes suggested on how Barn Swallows might get contaminated by pesticides. One possible contamination route is through fly spray in stables, as suggested by the presence of piperonylbutoxide and permethrin (a commonly used combination in fly sprays) found in a juvenile and adult sample. Various insecticides, fungicides and herbicides are possibly ingested by Barn Swallows via contaminated insects. Another route of contamination might be through feathers of chickens, which are used in Barn Swallow nests. The insecticide cyfluthrin, which is used against poultry red mite, was found in egg samples only. There was one pesticide found that is forbidden in Europe, namely the insecticide novaluron, albeit this pesticide is still used in e.g. South Africa. This suggest that birds can be contaminated by this pesticide on their wintering grounds in Africa (Tab. 2). More research needs to be conducted on the potential effects of mixtures of pesticides on for instance condition and survival of juvenile and adult Barn Swallows, to elucidate their toxicity.

Bijlage 1. Overzicht per monster en monsterlocatie van (meng)monsters van Boerenwaluwen met de gemeten concentraties (vers gewicht). Per (meng)monster is aangegeven wat de bron is: ei, jong of adult. Concentraties tussen haakjes zitten onder de grens waarop de concentratie exact kon worden bepaald (de waarde zat onder de zogeheten rapportagegrens). DDT (som) is de optelsom van DDT en haar afbraakproducten, met name DDE. m=monster afkomstig uit één nest, mm=mengmonster, afkomstig uit verschillende nesten maar van dezelfde monsterlocatie. Type pesticide: I=insecticide; IR=insect repellent; F=fungicide; H=herbicide. *Measured concentrations of pesticides detected in (a mixture of) Barn Swallow samples (fresh weight) per sample location. The source per sample is shown: egg, juvenile and adult. The concentration between brackets indicates that the substance could be measured, but that the concentration was too low to be assessed precisely (the value was lower than the so-called reporting threshold). DDT (som) is the sum of DDT and its breakdown products, e.g. DDE. m=sample originating from one nest, mm=pooled sample originating from different nests but collected at the same location. Type of pesticide: I=insecticide; IR=insect repellent; F=fungicide; H=herbicide.*

monsterlocatie sample location	bedrijf/veesoort farm/ cattle	monster sample	(meng)monster (pooled) sample	eieren eggs	jongen juveniles	adult adult	werkzame stof active ingredient	concentratie concentration (mg/kg)	type pesticide type of pesticide
Alblasserdam	manege (paarden)	1		mm	2		DDT (som)	0.02	I
							DEET	0.03	IR
		2	m		3		Fluazinam	0.03	F
		3		mm	5		DDT (som)	(0.01)	I
Appelscha	particulier, schuur	4	m		4		niets		
Culemborg	melkvee	5	m		1		DDT (som)	0.26	I
Culemborg	camping	6	m		4		DDT (som)	0.43	I
		7		mm	5		DDT (som)	0.02	I
Culemborg	kinderboerderij	8	m			1	Dimethoaat	(0.01)	I
							Fluxapyroxat	(0.01)	F
							Piperonyl-butoxide*	(0.01)	IS
							Bitertanol	0.03	F
							DDT (som)	1,90	I
							Permethrin	0.11	I
							Tembotrione	0.02	H
Eckelrade	vleesvee	9		mm	7		DDT (som)	0.28	I
		10	m		1		DDT (som)	0.11	I
Hardinxveld	geen vee	11		mm	7		DDT (som)	(0.01)	I
							MCPA	0.13	H
Hemrik	melkvee	12	m		1		DDT (som)	(0.01)	I
		13	m		1		DDT (som)	(<0.01)	I
							DEET	0.01	IR

monsterlocatie sample location	bedrijf/veesoort farm/ cattle	monster sample	(meng)monster (pooled) sample	eieren eggs	jongen juveniles	adult adult	werkzame stof active ingredient	concentratie concentration (mg/kg)	type pesticide type of pesticide
Langezwaag	geiten	14	m	1			DDT (som)	0.01	I
							DEET	0.02	IR
Langezwaag	geiten	15	m		1		DDT (som)	0.01	I
							DEET	0.02	IR
							Permethrin	0.01	I
							Piperonyl- butoxide*	0.08	IS
Langezwaag	manege (paarden)	16	m	1			DDT (som)	0.51	I
		17	m	2			DDT (som)	0.02	I
		18		8			Hexachloorben- zeen	(<0.01)	F
							DDT (som)	0.02	I
		19	m		1		Chloorprofam	(<0.01)	H
							DDT (som)	(<0.01)	I
							DEET	(0.01)	IR
							Novaluron	(<0.01)	I
		20		mm	2		niets		
Molenaarsgraaf	melkvee	21	m	5			DDT (som)	0.07	I
		22		mm	7		DDT (som)	0.03	I
Oldebroek	melkvee	23	m	1			DDT (som)	(<0.01)	I
		24	m	5			DDT (som)	0.03	I
Oosterwolde	melkvee	25		mm	2		DDT (som)	0.03	I
Oud-Alblas	melkvee	26	m	10			Cyflutrin	0.01	I
							DDT (som)	0.01	I
Sint Geertruid	melkvee/ schapen	27	m	5			DDT (som)	0.06	I
Terwispe	melkvee	28	m	4			DDT (som)	0.02	I

*Piperonylbutoxide is an insecticide synergist