

Neonicotinen en Bijensterfte, oorzaak en gevolg?

Tjeerd Blacqui re

De sterfte van bijenvolken houdt de gemoederen al een paar jaar bezig, en een veelheid aan verklaringen wordt aangevoerd. Ook het grote onderzoeknetwerk ‘‘Coloss’’ (<http://coloss.org/>) benadrukt dat veel oorzaken kunnen bijdragen aan de sterfte. Waarschijnlijk staan ze ook niet los van elkaar (stapeling of interactie van oorzaken). Oorzaken kunnen ook regionaal verschillend zijn. Onlangs (10 maart 2011) verscheen een overzicht door het United Nations Environment Program (UNEP) dat de zaken op een rij zet, ook voor andere bestuivers dan honingbijen (Kluser *et al.* 2011). Een van de mogelijke oorzaken is de groep van insecticiden die bekend staan onder de naam ‘Neo-nicotinen’. In Frankrijk zijn veel imkers er van overtuigd dat deze stoffen de belangrijkste veroorzakers zijn van de bijensterfte, hetzelfde geldt voor Griekenland en delen van Italië en België (Wallonië). In Spanje vindt men de relatief nieuwe parasiet *Nosema ceranae* belangrijk, in Duitsland, Nederland en België wordt meer gewezen op varroa en op de imkerpraktijk. Hoe gevaarlijk zijn die neonicotinen nu eigenlijk?

Wat zijn neo-nicotinen?

Neo-nicotinen zijn een groep van chemisch gemaakte insecticiden die gebaseerd zijn op nicotine, het plantaardige insecticide/antivraatstof uit de tabaksplant. Het zijn zenuwgifstoffen, die binden aan de receptoren van de zenuwcellen. Ze blijven daaraan gebonden zitten, zodat deze receptoren permanent onklaar gemaakt zijn. Neonicotinen binden vooral aan  en soort receptoren, de nicotinerge acetylcholine receptoren, die juist veel bij insecten voorkomen. Daardoor zijn deze stoffen vooral effectief bij insecten, maar niet erg gevaarlijk voor allerlei andere diergroepen, inclusief zoogdieren waaronder mensen. De stoffen zijn voor insecten erg giftig en dus al bij heel lage dosering effectief, zodat niet veel middel hoeft te worden ingezet. Bovendien werken de neonicotinen systemisch. Dat wil zeggen dat ze door de plant worden opgenomen en in de plant getransporteerd. Ook daardoor kan weer op de hoeveelheid middel worden bespaard: als een middel moet worden gespoten moet vaker worden behandeld, en komt veel middel naast de plant en via ‘drift’ in het milieu terecht. Deze eigenschappen zijn gunstig uit milieuoverwegingen, maar daar staat tegenover dat neonicotinen erg langdurig stabiel (en actief) zijn, en ook in de grond en in water slechts heel langzaam afbreken. En dat is milieutechnisch gezien minder gunstig.

Werkzame stoffen, merknamen en toepassingen

De bekendste / beruchtste neonicotine is imidacloprid. Imidacloprid is de werkzame stof, het middel wordt onder diverse namen verkocht, afhankelijk van de toepassing en het land enz., bijvoorbeeld ‘Admire’ (spuit-, dompel-, en druppelmiddel) en ‘Gaucho’ (zaadcoating). Toepassingen zijn legio in Europa maar ook in Amerika en Australië. Imidacloprid als zaadcoating wordt in Europa toegepast voor onder andere mais, zonnebloem, koolzaad, bietenzaad, daarnaast toepassing als bespuiting in fruitteelt (grootfruit, steenfruit, kleinfruit als bessen enz.), als dompelmiddel bij bollen, en meegedruppeld met de voedingsoplossing in veel kasteelten: aubergine, paprika, courgette, pepers, tomaat, diverse siergewassen, en in het niet grasachtige openbaar groen.

Thiacloprid ('Calypso'), acetamiprid ('Gazelle'), clothianidine (in 'Poncho' samen met beta-cyfluthrin) zijn een paar andere veel toegepaste werkzame stoffen uit deze groep (met de merknaam tussen haakjes). (Fipronil ('Mundial') is een ander systemisch middel dat vaak in een adem met de neonicotinen wordt genoemd, maar er eigenlijk niet toe behoort). Een fout bij het coaten van zaden met clothianidine zorgde bij het zaaien van maïs in Zuid Duitsland in 2008 voor duizenden dode haalbijen. Gelukkig herstelden de volken goed tijdens de zomer van 2008, zodat de definitieve schade meeviel. Bij normaal correct gebruik van Clothianidine bij koolzaad konden Cutler & Scott-Dupree (2007) geen negatieve effecten aantonen, en de volken overwinterden normaal.

Letale, sub-letale en chronische giftigheid

Bij de beoordeling van middelen speelt de dosis van een middel die letaal (=dodelijk) is voor 50% van de individuen een belangrijke rol: de LD₅₀. Bij bijen wordt dit in beginsel uitgetest in kooitjes, waarbij wordt gekeken hoeveel bijen binnen een periode van 48 uur nadat ze van het middel hebben gegeten doodgaan per concentratie. Ter vergelijking wordt een middel (di-methoaat) meegenomen in de test waarvan de toxiciteit voor bijen bekend is. Op vergelijkbare manier wordt ook de contact-LD₅₀ bepaald (sterfte door aanraking met het gif i.p.v. eten van het gif).

Sub-letale giftigheid

Je kunt je ook voorstellen dat bij een dosis van een gifstof waarvan een bij niet binnen 48 uur dood gaat, ze toch wel schade ondervindt: moeilijker leren, geheugenverlies, concentratiestoornissen enz. Het zijn per slot van rekening zenuwvergiftigen. En het zou ook zo kunnen zijn dat je daarvan geen gevolgen ziet zolang een bij in een kooitje op tijd haar eten krijgt en niks hoeft te doen, maar dat ze bij normale taken in het bijenvolk de ene na de andere misser maakt. Dat zijn sub-letale effecten: de bij gaat niet (meteen) dood, maar functioneert wel slechter. Zulke effecten kunnen uiteindelijk voor het volk erg schadelijk zijn, omdat er bijvoorbeeld minder stuifmeel binnenkomt, of omdat veel werksters verdwalen enz. Het zou ook kunnen zijn dat bijen of hele bijenvolken minder weerstand tegen ziekten krijgen als ze blootgesteld zijn geweest aan sub-letale doses gif. Een verminderde weerstand (vooral de sociale weerstand) werd gevonden als gevolg van slechte stuifmeelvoeding (weinig soorten stuifmeel, Alaux et al., 2010), maar lage doses imidacloprid (die op zich al wel de levensverwachting van bijen verminderden) hadden geen effect op de vatbaarheid voor de parasiet *Nosema*, en de parasiet ontwikkelde zich ook niet sneller in blootgestelde bijen (Alaux et al., 2009).

Chronische giftigheid

Neonicotinen zijn systemische middelen, die ook in stuifmeel en nectar terecht kunnen komen. Concentraties in stuifmeel zijn gevonden van 2 tot 3 µgram per kilogram (Bonmatin *et al.*, (2005); Chauzat *et al.*, (2005), en 2 µgram/kg in nectar (CST Rapport Final, 2003). Daardoor kunnen ze in lage concentraties in de voorraden in de bijenkast terecht komen en langdurig vele generaties larven en jonge bijen aan lage concentraties blootstellen. Wie weet heeft dat negatieve gevolgen voor de ontwikkeling van larven en bijen, en dus het hele bijenvolk, of misschien een verminderde weerstand tegen ziekten. Uit de gevonden concentraties imidacloprid in nectar en stuifmeel, gecombineerd met informatie uit de literatuur over het gebruik van energie en eiwit door diverse stadia en fasen / taken is uit te rekenen aan hoeveel gifstof een bij in haar leven (levensfase) wordt blootgesteld. Dit werd gedaan door

Rortais *et al.*, (2005): met name nectar foerageersters verbruiken zoveel energie (nectar) dat ze bij bovenstaande gevonden concentraties in nectar ongeveer 4 nanogram imidacloprid binnen kunnen krijgen tijdens hun leven, dichtbij de LD₅₀.

Toetsen van giftigheid van middelen voor bijen, een procedé in stappen.

Als een gifstof een erg lage LD₅₀ heeft (dus bijen al bij lage dosis binnen 48 uur dood gaan) is de stof erg gevaarlijk voor bijen, zeker als deze concentraties dichtbij de in het veld gebruikte concentraties zitten. Veiligheid van stoffen met een lage LD₅₀ moeten daarom ook altijd getest worden in veldproeven. Dat zijn eerst proeven op kleine schaal, en naderhand proeven op echte praktijkschaal. Pas als uit zulke proeven blijkt dat geen schade aan bijenvolken ontstaat kan een toelating worden verleend. In dergelijke veldproeven kan gekeken worden naar bijvoorbeeld het terugkeren van bijen op een voedertafel, of bij de kast, maar ook naar de ontwikkeling van het broed, enz. Uiteindelijk is het belangrijkste criterium of een heel volk zich vergelijkbaar ontwikkelt als controle-volken, die op hetzelfde gewas vliegen zonder het middel.

Veldproeven met individuele bijen en hommels

Morandin & Winston (2003) stelden hommelvekjes bloot aan concentraties imidacloprid die in stuifmeel en nectar gevonden kunnen worden. Dat had geen effect op hun foerageerprestaties, en ook de volken ontwikkelden zich normaal. Pas bij veel hogere concentraties imidacloprid gingen werksters langer doen over het foerageren, vooral bij lastige taken.

Na voeren met suikeroplossing met 0,5 of 5 µgram/l imidacloprid zagen Faucon *et al.*, (2005) alleen dat de werksters iets meer stuifmeel gingen halen, maar was er geen invloed op de bijen, op het broed, op de overwintering en op de herstart van de volken in het voorjaar.

Bortolotti *et al.*, (2003) markeerden bijen op een voederstation, nadat ze van verschillende concentraties imidacloprid hadden gegeten, en registreerden het thuiskomen bij de kast evenals het terugkeren naar de voederplek: controle-bijen kwamen na twee uur terug bij de voederplek (dat is niet snel, in de meeste studies keren ze veel sneller terug), bijen die 100 µgram/l imidacloprid hadden gehad pas de volgende ochtend. Let wel, deze concentratie was 50 keer zo hoog als wat in nectar was gevonden, zie boven. Bij nog hogere concentraties (500 en 1000 µgram/l) bleken de bijen niet terug te keren, ook niet bij de kast. Ook Yang *et al.*, (2008) zagen dat bijen vanaf 50 µgram/l imidacloprid trager terugkeerden naar het voederstation, boven 1200 µgram/l vertoonden ze erg abnormaal gedrag, en keerden pas de volgende dag terug. Een bij die 20 µl van een suikeroplossing met 50 µg/l imidacloprid meeneemt brengt zo 1 nanogram imidacloprid per vlucht naar het volk.

Veldproeven met normale toepassing: effect op hele volken

Tasei *et al.*, (2001) plaatsten hommelvekjes bij 'normaal' met imidacloprid behandelde zonnebloemvelden, evenals op behandelde zonnebloemen in de kas. Zij zagen geen effecten op het thuiskomen, op de foerageeropbrengsten, op de groei van de volkjes noch op het aantal geproduceerde koninginnen en hun paring. Ook in een proef (2000) waarbij hommelvekjes werden gevoerd met suikersiroop met 10 µgram/kg imidacloprid was geen effect te vinden op de ontwikkeling van de volkjes en het broed. 10 µgram/kg is hoger dan de concentraties die in nectar soms worden gevonden.

Monitoring van volken van imkers in de praktijk

Naast het opzetten van gerichte veldproeven is het ook mogelijk om in de praktijk te kijken wat er gebeurt met volken van imkers bij praktijktoepassingen van middelen. Omdat je eigenlijk niets omtrent de opzet van de studie in de hand hebt (en allerlei factoren variëren) moeten zulke monitoringen liefst groot worden opgezet. Een monitorstudie kan ook veel informatie geven over welke pesticiden en in welke concentraties worden aangetroffen in bijenvolken in de praktijk.

Omdat de Franse imkers al jaren aangeven dat hun volken achteruitgaan op de zonnebloemdracht, en de honingooft van zonnebloemen ook terugloopt, werd een monitoring opgezet (Chauzat *et al.*, 2005 & 2009). Allereerst werd gekeken welke stoffen te vinden waren in de pollen-ladingen die bijen oogsten. Tevens werden op vijf locaties in Frankrijk een 25-tal volken intensief gevolgd. Hoewel allerlei stoffen werden teruggevonden (inclusief de varroa-bestrijdingsmiddelen en ook neonicotinen) kon geen verband met sterfte en achteruitgang van de volken worden aangetoond. Wel waren er verbanden met de verzorging van de volken (die liet wel eens wat te wensen over) en ziekten, o.a. Amerikaans vuilbroed.

Ook in Duitsland is een grote monitoring over vier jaren uitgevoerd (Genersch *et al.*, 2010), waaraan alle bijenonderzoeksinstituten meededen. Diverse partijen droegen bij aan het onderzoek: boerenorganisaties, imkerbonden, chemische industrie. Men gebruikte 10 volken per imker, bij 120 imkers verdeeld over het hele land. De sterfte was in de vier jaren dat het onderzoek heeft gelopen niet erg hoog, en er konden geen verbanden worden aangetoond met de pesticiden, noch met het al dan niet foerageren op bijv. koolzaad (met zaadcoating met neonicotinen). Slechts drie factoren gaven een significant verband met de sterfte: de hoogte van de varroabesmetting in de herfst, de mate van besmetting met de virussen ABPV en DWV in de herfst, en de leeftijd van de koningin.

Een grote monitoring in de Verenigde Staten (Mullin *et al.*, 2010) liet zien dat er 98 stoffen konden worden aangetoond in bijen, in was, in stuifmeelvoorraden, in honing. Daaronder waren neonicotinen, maar ook allerlei andere stoffen, waaronder de door imkers toegepaste middelen tegen varroa en andere ziekten. Een verband met de sterfte van bijen en volken werd niet aangetoond.

In België bleek geen negatief verband tussen de teelt van maïs met imidacloprid zaadcoating en de ontwikkeling noch sterfte van bijenvolken (Nguyen *et al.*, 2009).

In Nederland is nog niet op grote schaal gemonsterd naar residuen van pesticiden, wel is er onder 170 imkers over het hele land gekeken naar de sterfte en het ziektekiemen profiel en de aanwezige milieuverontreiniging op bijen (zware metalen) door bijen@wur (nog te publiceren).

Wel is gezocht naar een relatie tussen de bijensterfte in 2005, 2006, 2007 en 2009 en de concentraties van imidacloprid in het oppervlaktewater, naar aanleiding van de suggestie van een verband in 2008 door de heer van der Sluis (zie bijensterfte.nl), maar dit kon niet worden aangetoond (Visser, 2010). Een verband is ook niet zo waarschijnlijk omdat oppervlaktewater nauwelijks door bijen wordt gebruikt, dus de eventuele blootstelling van bijen is laag.

Residuen van pesticiden in broedraten: subletale / chronische effecten

Wu *et al.*, (2011) toonden in een recente studie elegant aan dat larven van bijen die opgroeiden in oude raten met veel residuen trager ontwikkelden en iets eerder doodgingen. De proef werd gedaan aan op dezelfde dag gelegde eitjes in een schone en verontreinigde helft van de raat. Verontreinigde raat bevatte allerlei residuen, maar het overgrote aandeel bestond uit fluvalinaat en coumaphos, beide door imkers

gebruikte middelen tegen de varroa mijt. Neonicotinen kwamen slechts sporadisch in lage concentraties voor.

Johnson *et al.*, (2010) concluderen in een review dat geen pesticide op zich colony collapse veroorzaakt maar dat het goed kan zijn dat diverse samen wel een oorzaak kunnen zijn door een synergistische werking. Ze zeggen ook dat de imker bij het zoeken naar de belangrijkste bron van verontreiniging van hun volken slechts in de spiegel hoeven te kijken.

Circumstantial evidence

Betekent het bovenstaande dat de middelen niet gevaarlijk zijn? Dat is weer te kort door de bocht, het zijn sterke insecticiden, en soms zijn effecten niet gemakkelijk aan te tonen zelfs als ze er wel zouden kunnen zijn. Soms zijn de testmethoden niet goed genoeg.

Naast bovenstaande proeven is er heel veel circumstantial evidence: waarnemingen uit de praktijk, zonder dat er een echte doelgerichte proef was opgezet. Het is niet verstandig je daarop te verlaten, maar ze kunnen wel aanwijzingen geven.

Bijvoorbeeld de achteruitgang van de honingopbrengst bij zonnebloem in Frankrijk, en de achteruitgang van de volken. Het bleek echter ook dat tijdens de zonnebloembloei 90% van het geoogste stuifmeel van zonnebloem was (Odoux *et al* 2003, in CST rapport final, 2003). Dat betekent gedurende een lange periode een eenzijdig en kwalitatief matig dieet (zonnebloempollen is een niet al te rijke soort). In gebieden met veel mais was langdurig 80% van de stuifmeelooft maisstuifmeel. Dat zou dus ook een oorzaak kunnen zijn, net zo goed als de sporen neonicotinen (of in combinatie). Juist gebrek aan stuifmeel (eiwit) bleek in *in vitro* onderzoek de gevoeligheid van bijen voor imidacloprid te verhogen, dus een soort interactie (Von Der Ohe & Janke, 2009).

In Nederlandse kassen blijkt in de praktijk heel vaak dat het gebruik van neonicotinen (Gazelle, Calypso, Admire) niet te combineren valt met de inzet van bestuivers (bijen, hommels). Vaak is er geen directe schade zichtbaar, maar stoppen de bijen acuut met foerageren. Dat lijkt op het Franse zonnebloemverhaal, maar in kassen blijkt het effect veel sterker: ze stoppen echt, volledig. In kassen hebben de bijen ook niet zo veel alternatieven: er groeit geen bloeiend onkruid, maar ze kunnen natuurlijk wel uitwijken naar buiten. Teelten in kassen bieden wel goede mogelijkheden om heel gericht onderzoek te doen naar de effecten van neonicotinen, zeker in kassen met afgegaasde luchtramen. Het zou goed zijn het 'gelegenheids'-bewijs (circumstantial) aan te vullen met goede praktijkonderzoeken in kassen.

In de proeven van Visser (2009) zagen we dat na enige tijd zelfs de bijen die als dosering de LD₅₀ hadden gehad, gewoon op stuifmeel gaan foerageren wanneer ze de leeftijd voor die taak bereikten. Maar ook dat is slechts circumstantial evidence: we hebben niet geteld en weten dus niet of ze het even veel deden als niet gedroegde bijen.

Voorzorgprincipe, en het meewegen van praktijkervaringen

Maxim en van der Sluis (2007) pleiten voor het daadwerkelijk hanteren van het voorzorgprincipe: een middel of een actie mag pas worden toegepast wanneer bewezen is dat het zeker geen kwaad kan. Voor erg gevaarlijke zaken is dat natuurlijk wel de veiligste weg, hoewel eigenlijk nooit te bewijzen valt dat er totaal geen effecten zijn. Zij pleiten er ook voor om praktijkkennis en ervaringen mee te wegen in de toelatingsprocedures. (zie voor meer informatie over neonicotinen ook de site van Van der Sluis: <http://www.bijensterfte.nl>). Dat laatste wordt overigens in Nederland al

wel toegepast: er is een jaarlijks overleg over de gepasseerde spuitschaden met bijen tussen de toelatingsautoriteiten (CTGB en PD), de bijenorganisaties, de hommeltelers, de chemische industrie en bijen@wur. Dat overleg heeft een paar jaar geleden geleid tot het aanpassen van de toelating van dimethoaat op aardappelen.

Oorzaak en gevolg?

Vooralsnog is er geen reden om aan te nemen dat de neonicotinen een belangrijke oorzaak van bijensterfte zijn. Maar ze kunnen natuurlijk wel een rol meespelen. Belangrijkste veroorzakers van de bijensterfte zijn varroa (inclusief de meeliftende virussen) en, gezien de grote verschillen tussen imkers, de imkerpraktijk. Toch is meer onderzoek op (semi-) praktijkschaal naar de effecten van neonicotinen nodig. Te meer omdat ook andere bijen dan honingbijen beschermd moeten worden, en soms heel verschillende gevoeligheid bezitten (Scott-Dupree *et al.*, 2009).

Literatuur

- Alaux C, Brunet J-L, Dussaubat C, Mondet F, Tchamitchan S, Cousin M, Brillard J, Baldy A, Belzunces LP & LeConte Y, 2010. Interactions between *Nosema* microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*). *Environm. Microbiology* 12(3),774-782.
- Alaux C, F Ducloz, D Crauser & Y Le Conte 2010. Diet effects on honeybee immunocompetence. *Biology Letters* online doi: 10.1098/rsbl.2009.0986
- Bonmatin JM, PA Marchand, R Charvet, I Moineau, ER Bengsch & ME Colin 2005. Quantification of imidacloprid uptake in maize crops. *J. Agric Food Chem* 53, 5336-41
- Bortolotti, L, Montanari R, Marcelino J, Medrzycki P, Maini S & Porrini C 2003. Effects of sub-lethal imidacloprid doses on the homing rate and foraging activity of honey bees. *Bulletin of Insectology* 56, 63-67
- Chauzat, M. P., J. P. Faucon, A. C. Martel, J. Lachaize, N. Cougoule, and M. Aubert. 2006. A survey on pesticide residues in pollen loads collected by honey-bees (*Apis mellifera*). *Environ. Entomol.* 35(3): 514-523
- Chauzat, MP, Carpentier P, Martel AM, Bougeard S, Cougoule N, Porta P, LaChaize J, Madec F, Aubert M & Faucon JP 2009. Influence of Pesticide Residues on Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Colony Health in France. *Environ. Entomol.* 38(3): 514-523
- Comité Scientifique et Technique de l'Etude Multifactorielle des Troubles des abeilles (CST), 2003. Imidaclopride utilisé en enrobage de semences (Gaucho®) et troubles des abeilles. Rapport final. 106 pp.
- Cutler GC & Scott-Dupree CD, 2007. Exposure to Clothianidin seed treated canola has no long-term impact on honey bees. *J. Econ. Entomol* 100, 765-772
- Faucon, J. P., C. Aurières, P. Drajnudel, L. Mathieu, M. Ribière, A. C. Martel, S. Zeggane, M. P. Chauzat, and M. Aubert. 2005. Experimental study on the toxicity of imidacloprid given in syrup to honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *Pest Manag. Sci.* 61: 111-125
- Genersch E, Von der Ohe W, Kaatz H, Schroeder A, Otten C, Büchler R, Berg S, Ritter W, Mühlen W, Gisder S, Meixner M, Liebig G, Rosenkranz P 2010. The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. *Apidologie* 41, 332-352
- Johnson RM, Ellis MD, Mullin CA & Frazier M 2010. Pesticides and honey bee toxicity – USA. *Apidologie* 41, 312-331

- Kluser S, Neumann P, Chauzat M-P & Pettis JS 2011. UNEP Emerging Issues: Global Honey Bee Colony Disorder and Other Threats to Insect Pollinators. www.unep.org; 12 pages
- Maxim L & Van der Sluis JP 2007. Uncertainty: cause or effect of stakeholders' debates? Analysis of a case study: the risk for honeybees of the insecticide Gaucho®. *Science of the Total Environment* 376, 1-17
- mellifera*) in France. *J. Econ. Entomol.* 99: 253-262.
- Morandin LA & Winston ML 2003. Effects of novel pesticides on bumble bee (Hymenoptera: Apidae) colony health and foraging ability. *Environ Entomol* 32, 555-63
- Mullin CA, Frazier M, Frazier JL, Ashcroft S, Simonds R, vanEngelsdorp, D & Pettis JS 2010. High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. *PlosOne* 5(3), e9754. doi:10.1371
- Nguyen BK, Saegerman C, Pirard C, Mignon J, Widart J, Thirionet B, Verheggen FJ, Berkvens D, De Pauw E & Haubruge E. 2009. Does Imidacloprid Seed-Treated Maize Have an Impact on Honey Bee Mortality? *J. Econ. Entomol.* 102(2): 616-623
- Rortais A, Arnold G, Halm MP, Touffet-Briens, F 2005. Modes of Honeybees exposure to systemic insecticides: estimated amounts of contaminated pollen and nectar consumed by different categories of bees. *Apidologie* 36, 71-83
- Scott-Dupree CD, Conroy L & Harris CR 2009. Impact of currently used or potentially useful insecticides for canola agroecosystems on *Bombus impatiens*, *Megachile rotundata* and *Osmia lignaria*. *J Econ Entomol.* 102, 177-182
- Tasei JN, Lerin J & Ripault G 2000. Sub-lethal effects of imidacloprid on bumblebees, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae), during a laboratory feeding test. *Pest Manag Sci* 56, 784-788
- Tasei JN, Ripault G & Rivault E 2001. Hazards of imidacloprid seed coating to *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) when applied to sunflower. *J Econ Entomol* 94, 623-627
- Visser, A 2009. Subletale effecten van neonicotinen. *Bijennieuws* 12, juli 2009. Electronische Nieuwsbrief bijen@wur
- Visser, A 2010 Invloed van imidaclopridresiduen in oppervlaktewater op bijensterfte in Nederland. Rapport CAH Dronten opleiding Dier- en gezondheidszorg. 61 pagina's
- Von Der Ohe, W & Janke M 2009 Bienen im Stress. Schäden entstehen wenn verschiedene Faktoren zusammenkommen. *Allgemeine Deutsche ImkerZeitung* 2009/4, 10-11.
- Wu JY, Anelli CM & Sheppard WS, 2011. Sub-lethal effects of pesticide residues in brood comb on worker honey bee (*Apis mellifera*) development and longevity. *PlosOne* 6 (2), e14720.
- Yang EC, Chuang YC, Chen YL & Chang LH 2008. Abnormal foraging behavior induced by sublethal dosage of imidacloprid in the honey bee (Hymenoptera: Apidae). *J Econ Entomol* 101, 1743-48