

## Ecotoxiciteit van neonicotinoiden voor bijen en andere non-target arthropoden

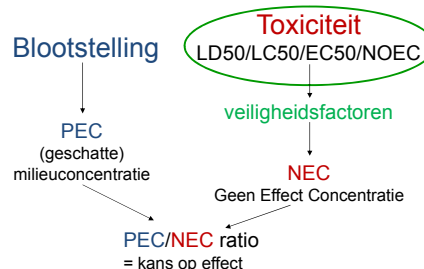
Kees van Gestel

Afdeling Ecologische Wetenschappen  
 Faculteit der Aard- en Levenswetenschappen  
 Vrije Universiteit, Amsterdam



## Grondregel van de (eco)toxicologie: de dosis bepaalt het effect

Algemeen principe ecotoxicologische risicobeoordeling

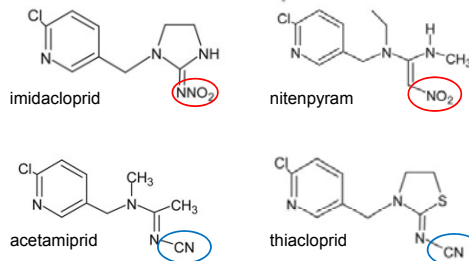


## Toxiciteit van neonicotinoiden voor honingbijen: → acuut = éénmalige dosis → sterfte

Stof	24-48 h LD50 (ng/bij)		bronnen
	contact	oraal	
Imidacloprid	7-230	3->81	1-8
Thiamethoxam	24- 30	5	1,3
Clothianidin	22- 44	3	1,3
Dinotefuran	23- 75	23	1,3
Nitenpyram	138	n.d.	1
Acetamiprid	7.070- 8.090	14.530	1,3
Thiacloprid	14.600-38.820	17.320	1,3

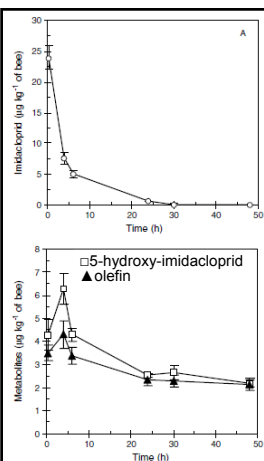
1-Iwasa et al. (2001); 2-Nauen et al. (2001); 3-Decourtye & Devillers (2010); 4-Decourtye et al. (2003); 6-Schmuck et al. (2001); 7-Suchail et al. (2001); 8-Stark et al. (1995)

## Neonicotinoiden met nitro (NO<sub>2</sub>)-groep giftiger dan met cyano (CN)-groep (Thany, 2010)



Verskil in giftigheid door:

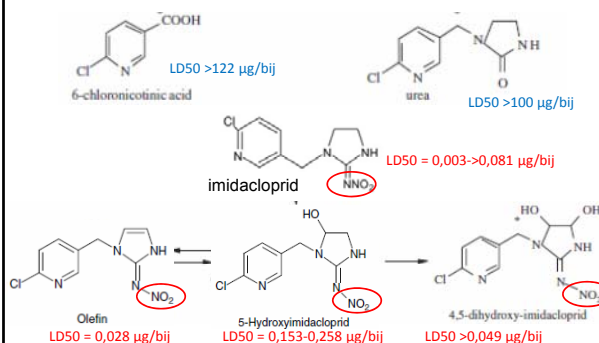
- Verschillende subtypen nACh receptoren
- Snellere biotransformatie cyanogroep neonicotinoiden



## Metabolisme van imidacloprid in honingbijen (Suchail et al., 2004ab)

- Eenmalige dosis; 20, 50 of 100 µg/kg bij (= 2, 5 of 10 ng/bij)
- Imidacloprid omgezet  $t_{1/2}$ =4-5 uur
- Metabolieten pieken na 4 uur
- Na 24-30 uur in kop 4-/5-hydroxy-imidacloprid en olefin voornaamste metabolieten
- Acetamiprid omgezet met  $t_{1/2}$  van 25 min (Brunet et al., 2005)

## Metabolieten neonicotinoiden ook giftig voor bijen Met nitroguanidinegroep giftiger dan met ureagroep (acuut oraal)



Nauen et al. (2001); Decourtye et al. (2003); Suchail et al. (2001)

### Blootstelling van bijen en hommels in een 'complex exposure landscape' (Osborne, 2012)

Inzicht nodig in gevoeligheid van:

- Verschillende levensstadia
- Verschillende eindpunten, incl.
  - Overleving
  - Foerageergedrag
    - Associatief/olfactorisch leervermogen
    - Oriëntatie
      - Herkennen omgeving
      - Vinden van voedsel
      - Terugkeer naar volk/kolonie
  - Reproductie
- Etc. etc.

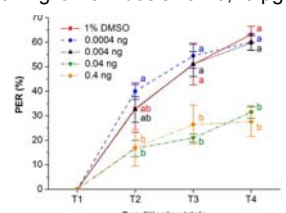
Ook inzicht nodig in ruimtelijke en temporele verdeling residuen



### Larvale blootstelling aan imidacloprid: toxiciteit en mogelijke lange termijn gevolgen (Yang et al., 2012)

1. Gedurende 4 dagen blootstelling larven tot 8000 ng/larve → LD50 1400 ng/larve (t.o.v. LD50 3-81 ng/bij)
2. Blootstelling larven tot 0,4 ng/larve (=0,1 ng/larve,dag) Associatief olfactorisch leergedrag bijen 15 d na uitkomen → PER verlaagd bij >0,004 ng/larve ~ dosis van 0,25 µg/l

PER = proboscis extension reflex = uitsteken van de proboscis na stimulatie van de antennen met suikerwater



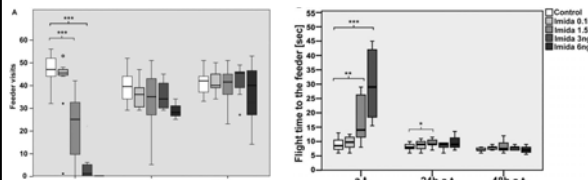
### Toxiciteit van imidacloprid voor honingbijen: → subletale symptomen na acute intoxicatie

Dosis / blootstelling	symptomen	bron
81 ng/bij (eenmalig)	30% verminderde opname suikerwater	1
12 ng/bij (eenmalig) of 24 µg/kg siroop	verminderd associatief leervermogen (PER); afname foerageergedrag en activiteit bij kast	2
1,5 ng/bij (eenmalig)	afname foerageeractiviteit; langere foerageertijd; langer interval tussen vluchten; langer verblijf in kast; herstel na 24 uur	3
1,25 ng/bij (contact)	effect op mobiliteit (verlaagd bij 2,5 ng/bij) en PER; NOEC voor opname suikerwater	4,1
50 µg/l siroop	verminderde foerageeractiviteit	5
100 µg/l siroop	vertraagde terugkeer naar kast	6

1-Nauen et al. (2001); 2-Decourtye et al. (2004a,b); 3-Schneider et al. (2012) →; 4-Lambin et al. (2001); 5-Yang et al. (2008); 6-Bortolotti et al. (2003)

### Na eenmalige niet-letale dosis herstel van foerageergedrag honingbijen (Schneider et al., 2012)

- Eenmalige dosis imidacloprid of clothianidin
- Bijen voorzien van zender en gedrag gevolgd
- Afname foerageeractiviteit en langere foerageervluchten bij ≥0,5 ng/bij clothianidin en ≥1,5 ng/bij imidacloprid na 3 uur
- Na 24 uur geen effecten meer te zien behalve bij hoogste dosis

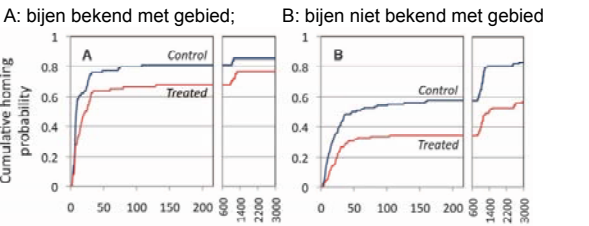


### Thiamethoxam verstoort "thuiskeersucces" voedselzoekende werkbijen (Henry et al., 2012)

Eenmalige blootstelling (*Apis mellifera*) 1,34 ng/bij (factor 4\* <LD50)

Bijen met zender; Losgelaten tot 1 km van kast

A: bijen bekend met gebied; B: bijen niet bekend met gebied

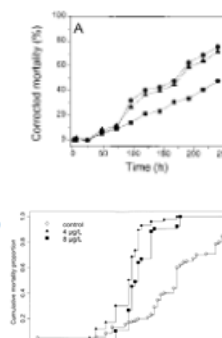


Significant minder bijen (10-32%) keerden terug (sterftekans 0,316 tegen 0,154 in controle); gevolg voor populatie geschat met populatiemodel

### Continue blootstelling en letale toxiciteit imidacloprid voor honingbijen in laboratorium

1. Suchail et al. (2001)
  - Bijen gevoerd met 0,1, 1 of 10 µg/l
  - ~ inname van 0,01, 0,1 en 1 ng/bij,dag;
  - Toename sterfte vanaf 48-72 uur (N.B. bijen waren toen 23-28 dagen oud)
2. Duchaume Monmarchet et al. (2003)
  - Bijen gevoerd met 4 of 8 µg/l
  - Sterfte begint na ~30 dagen (toen bijen 28-31 dagen oud waren!!)

Leeftijd bijen bepaalt gevoeligheid



### Effecten van imidacloprid op honingbijen in studies met langer durende blootstelling

Dosis / blootstelling	symptomen	bron
0,1 µg/l nectar/10 d	sterke toename sterfte met tijd	1
4-8 µg/l suiker/60 d	toename sterfte vanaf 30 dagen	2
5 µg/kg voedsel	vertraagde ontwikkeling larven	3
12 µg/kg (chronisch)	verminderd associatief leervermogen bij winter- en zomerbijen	4
20 µg/kg (chronisch)	afname foerageeractiviteit*	5
20 µg/kg honing/39d	geen afname overleving, foerageeractiviteit, wasproductie, broedgedrag, vitaliteit volk	6,7

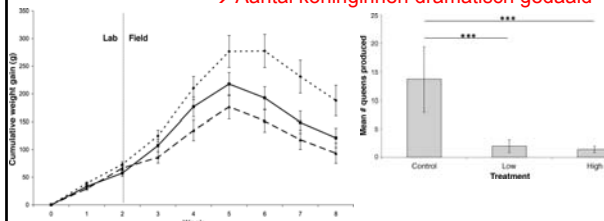
1-Suchail et al. (2001); 2-Dechaume-Monmarchant et al. (2003); 3-Decourtye et al. (2005); 4-Decourtye et al. (2003); 5-Schmuck et al. (1999); 6-Schmuck et al. (2001); 7-Kirchner (1999)

\*ontwiklingsgedrag (Mayer & Lunden, 1997); kan indirect gevolg zijn van verminderde recruitering van werkbijen door effect op 'dans' gedrag bijen (Kirchner, 1999)

### Imidacloprid beïnvloedt ontwikkeling hommels (Whitehorn et al., 2012)

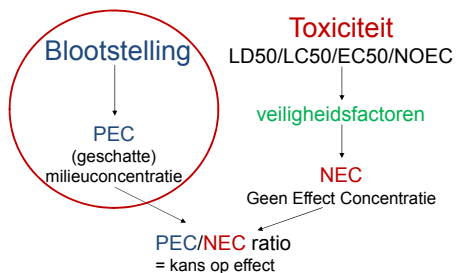


14 dagen blootstelling: 6 µg/kg pollen + 0,7 µg/kg nectar  
 (Bombus terrestris) 12 µg/kg pollen + 1,4 µg/kg nectar  
 Kolonies daarna in veld geplaatst en 6 weken gevolgd  
 → Koloniegewicht afgenomen met 8 resp. 12 %  
 → Aantal lege poppencellen met 19 resp. 33% (niet significant)  
 → Aantal koninginnen dramatisch gedaald



### Grondregel van de (eco)toxicologie: de dosis bepaalt het effect

Algemeen principe ecotoxicologische risicobeoordeling



### Gemeten (max) concentraties aan imidacloprid in pollen, honing en honingbijen (Blacquiere et al., 2012)

Substraat	landen	% positief	gemiddelde (range) (µg/kg)
Pollen	Frankrijk	40	0,9 (>0,2-5,7)
	USA	2,9	3,1 (<2,0-912)
Honing	Frankrijk	21,8	0,7 (>0,3-1,8)
	Bijen	Frankrijk	11,2
Was	Griekenland	60	27 (14-39) ~1,4-3,9 ng/bij
	USA	0,96	2,4-13,6
Guttatie	Italië		47-84 mg/l

In nectar van behandelde zonnebloemen 0,7-10 µg/kg  
 Stof (coating) van zaden ook bron van blootstelling

### Effecten van neonicotinoiden op honingbijen: veldwaarnemingen

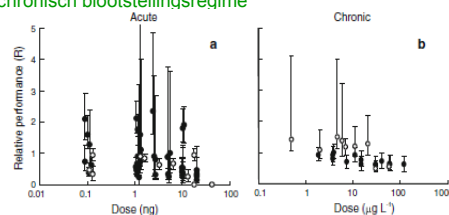
Geen verband gevonden tussen bijensterfte en residuen in pollen, honing, was etc. in

- langjarige monitoring bijenvolken op 5 lokaties in Frankrijk (Chauzat et al., 2005, 2009 & 2011)
- vier jaar monitoring bijenvolken in Duitsland (Genersch et al., 2010)
- uitgebreid monitoringprogramma in USA (Mullin et al., 2010)
- veldstudie in België met honingbijen foeragerend op imidacloprid behandelde maïsvelden (Nguyen et al., 2009)
- veldstudie in Polen op koolzaad (Pohorecka et al., 2012)

→ Discrepantie tussen lab- en veldstudies?

### Effecten van imidacloprid op honingbijen: een meta-analyse (Cresswell, 2011)

- Analyse van 14 lab en semi-veldstudies
- 'Overall' dosis-effectrelaties gefit voor acute en chronische effecten
  - LD50 ~ 4,5 ng/bij resp. LC50 ~ 1760 µg/l
- Resultaten vergeleken met gehalten gemeten in nectar (0,7-10 µg/l)
- Verwachte afname 'performance' honingbijen bij deze concentratie:
  - 10-20% in acuut blootstellingsregime
  - 6-20% in chronisch blootstellingsregime



## Conclusies



- Neonicotinoiden zeer giftig voor bijen en hommels (NO<sub>2</sub> groep)
- Vertraagd optreden acute sterfte; mogelijke rol metabolieten;
- Bij niet-letale dosis herstel mogelijk
- Groot verschil in gevoeligheid levensstadia
- Effecten op leergedrag evident → foerageerefficiëntie en kolonieopbouw
- Effecten in veld niet in lijn met waarnemingen in laboratorium
- (Dynamiek van) [blootstelling](#) in veldsituatie zeer complex, ook door complexe structuur en sociale interacties binnen volken