

# Doping

## Een beetje vergif stimuleert

Tekst en foto Henk van der Scheer en Tjeerd Blacquièrre (bijen@wur, PRI)

Veel mensen nuttigen meerdere kopjes koffie per dag. Ze genieten van het giftige alkaloïde cafeïne, een natuurlijk insecticide en slakkengif dat planten aanmaken om zich te beschermen tegen vraat. Veel kopjes koffie per dag veroorzaken negatieve stemmingseffecten zoals angst. Een kopje koffie bevat ongeveer het tachtigste deel van een hoeveelheid cafeïne die dodelijk is voor de helft van de koffiedrinkers (LD50). Gelukkig beperkt men zich met drinken en kan het lichaam cafeïne redelijk snel afbreken en zo de schade beperken. Dat geldt ook voor nicotine bij rokers. In een pakje sigaretten zit genoeg nicotine om dodelijk te zijn bij eenmalig injecteren, maar via roken komt het geleidelijk binnen en wordt het relatief snel afgebroken. Bij geringe, subletale doseringen van genoemde vergiften voelen veel mensen zich beter in staat tot werken, deels door de verslavende werking. Honingbijen houden, net als mensen van een beetje nicotine en cafeïne, maar dan in nectar.

### Giftige stoffen in nectar

In het plantenrijk komt nectar met giftige stoffen wijdverbreid voor. Het doel daarvan blijft tot op heden speculatief. Adler (2001) veronderstelt dat planten zich daarmee grazers van het lijf houden. De giftige alkaloïden nicotine en cafeïne blijven niet beperkt tot bladeren, wortels of stengels van planten, maar komen ook in de nectar van veel planten voor (Singaravelan e.a., 2006).

Nicotine zit van nature in allerlei plantensoorten van de nachtschadefamilie, zoals aardappel, aubergine, tomaat en natuurlijk tabak. Bij sommige soorten tabaksplanten zit in een liter nectar tot wel 5 milligram nicotine. Ook in de nectar van de winterlinde, *Tilia cordata*, komt nicotine voor. Cafeïne is gevonden in meer dan honderd plantensoorten. Bekende bronnen zijn koffiebonen, cacaobonen en bladeren en bladknoppen van de theestruik. Ook komt cafeïne voor in nectar van o.a. sinaasappel en grapefruit. Bij grapefruit kan dat oplopen tot 95 milligram per liter.

### Plantaardige giften als stimulantia

Honingbijen vliegen bij voorkeur op nectar (of suikerwater) met daarin een beetje nicotine of cafeïne. Dat doen ze ook als ze de keuze hebben uit nectar zonder of met daarin een beetje van die

'vergiften'. Nectar met een beetje vergif is kennelijk aantrekkelijk. Ze ruiken die vergiften prima met de vele geurreceptoren op hun antennes (Robertson en Wanner, 2006). Wordt de concentratie van die giften echter te sterk dan gaan ze minder nectar opnemen. Dat gebeurt helaas niet in het geval van opname van nectar uit bloemen van het gebroken hartje. Het alkaloïde daarin remt ze niet

af en zo kunnen ze een dodelijke dosis oplopen.

Honingbijen ruiken en proeven met hun antennes. De waarnemingen worden geanalyseerd en verwerkt in de hersenlobben waarmee de antennes in verbinding staan. Als een beetje nicotine in die lobben werd geïnjecteerd, nam bij de behandelde bijen de

Vrijwel iedere stof, die in overmaat aanwezig is, kan schadelijk zijn. Dat is het eerste basisprincipe van de toxicologie. In de 16e eeuw zei Paracelsus al: 'Dosis sola facit venenum (Alleen de hoeveelheid maakt het vergif).' Later kwam daar nog bij dat ook de blootstellingsduur van belang is. Vergif is daardoor op meerdere manieren te definiëren, maar veel mensen verstaan er onder: 'vergif is een stof die, reeds in een relatief kleine hoeveelheid toegediend of ingenomen, de levensfuncties ernstig verstoort of zelfs de dood teweegbrengt.'

In de situatie van abnormale sterfte van bijen en het verlies van veel bijenvolken denken veel imkers, maar ook anderen, meteen aan 'gif'. Zo ondertekenden maar liefst twee en een half miljoen mensen op het internet een petitie waarin politici en andere beslissers in de EU wordt verteld: Als u nu direct volgens het voorzorgprincipe handelt ten aanzien van de zeer giftige neonicotinoïden dan kunnen we de honingbijen voor uitsterven behoeden. Absolute onzin, aldus Lynn Dicks (2013), tegenwoordig onderzoekster aan de universiteit in Cambridge, UK en één van de wetenschappers die in 2013 werden gehoord door het Britse Parlement om hun visie te geven op de effecten van neonicotinoïden. En ze voegt eraan toe: 'Hoewel in sommige landen er ieder jaar een aanzienlijk verlies is van honingbijenvolken, blijven honingbijen wijdverspreid, algemeen aanwezig en staan ze niet op punt van uitsterven.' Vergif is kennelijk niet altijd wat het lijkt of belooft.

gevoeligheid voor suiker toe en onthielden ze geuren wanneer ze daartoe eerst een training hadden gevolgd (Thany en Gauthier, 2005).

Koffie- en citrusbloemen bevatten precies de juiste hoeveelheid cafeïne om bijen aan te trekken. Cafeïne verbetert het langetermijngeheugen van honingbijen (Chittka en Peng, 2013; Wright e.a., 2013). De onderzoekers leerden bijen de geur van bloemen te associëren met een suikerbeloning. Bevatte de beloning ook cafeïne, dan wisten drie keer zoveel bijen de geur na 24 uur nog te onthouden als hun zusjes die geen cafeïne in hun zoetigheid hadden gehad en twee keer zoveel bijen wisten dat nog na drie dagen. Een kijkie in het brein leerde dat cafeïne een verandering teweegbrengt in de membraanpotentiaal van zenuwcellen die betrokken zijn bij geur en geheugen. Dat bijen cafeïne en nicotine waarderen levert ook de plant mogelijk voordeel: de bestuivers zouden blijvend de cafeïnehoudende bloemen verkiezen boven andere bloemen.

Eerder al toonde onderzoek in Israël aan dat honingbijen een voorkeur hebben voor suikerwater met daarin een beetje nicotine of cafeïne boven suikerwater zonder zo'n toevoeging. Dat beetje nicotine of cafeïne komt overeen met de hoeveelheid die van nature in de nectar zit (Singaravelan e.a., 2005).

Er zit echter wel een addertje onder het gras. Door een beetje cafeïne in de nectar 'denken' honingbijen dat de nectar meer suiker bevat dan in werkelijkheid het geval is. Ze geven dat aan bij het dansen waardoor het aantal volgers dat ook die dracht gaat bezoeken vier keer zo groot is als verwacht mag worden op grond van het suikergehalte. Dat leidt uiteindelijk tot een suboptimale strategie van foerageren, omdat relatief veel bijen vliegen op bloemen met relatief weinig suikeropbrengst (Couvillon e.a., 2015).

### Nicotine

In de nectar van sommige soorten tabak (*Nicotiana*) en de winterlinde (*Tilia cordata*) komen sporen van



nicotine voor. Westerse honingbijen kunnen daarmee prima overweg. Ze kunnen veel meer verdragen dan een 'beetje' nicotine. Doseringen tot 300 milligram nicotine per liter suikerwater worden door volwassen bijen goed verdragen. Voeren gedurende een week met dergelijke doseringen veroorzaakte geen sterfte (Singaravelan e.a., 2006). De LC50, dat is de concentratie waarbij de helft van de bijen sterft, van nicotine in suikerwater bedraagt voor volwassen honingbijen ongeveer 2.000 milligram per liter. Nicotine is dus eigenlijk niet erg effectief als insecticide. Maar voor bijenlarven is nicotine duidelijk gevaarlijker. Bij doseringen van meer dan 50 milligram nicotine per liter suikerwater namen de overlevingskansen van de larven af volgens genoemde onderzoekers. De Oost-Afrikaanse hooglandbij (*Apis mellifera scutellata*) blijkt wat gevoeliger voor nicotine. Voeren van 50 milligram nicotine per liter suikerwater gedurende 21 dagen aan werksters van die soort die opgesloten zaten in kooitjes verminderde hun levensduur (Köhler e.a., 2012).

In voldoende hoge dosering verstoort nicotine het chemische deel van de overdracht van zenuwsignalen van de ene zenuwcel naar de andere. Nicotine bindt zich namelijk aan nicotine-acetylcholinereceptoren in de contactplaatjes van zenuwen en blokkeert daarmee de voortgang van het signaal. Die

blokkade is een tijdelijke zaak totdat de nicotine is afgebroken door enzymen, of totdat de zenuwcellen kans zien om het signaal via andere typen nicotine-acetylcholinereceptoren door te laten gaan (Tomizawa en Casida, 2005 en 2011). Neonicotinoïden, de naam zegt het al, lijken chemisch op nicotine en hebben dezelfde werking (Belzunces e.a., 2012). In heel geringe doseringen kunnen neonicotinoïden ook 'stimulerend' werken.

### Opkikkertje

Het voeren van geringe hoeveelheden imidacloprid (0,1–1 nanogram per bij) en acetamiprid (0,1–0,5 microgram per bij) of gedruppeld op het borststuk van honingbijen, geeft in verschillende onderzoeken tegenstrijdige resultaten (Lambin e.a., 2001; El Hassani e.a., 2008; Eiri en Nieh, 2012). Soms is er sprake van een stimulans, soms van een remming van activiteiten. Wel zijn de effecten steeds van korte duur. Vertaling van die effecten naar de praktijk op het niveau van volken is echter moeilijk te duiden.

Ook aardhommels schrikken niet terug voor nectar met daarin imidacloprid, thiamethoxam of clothianidine. Dat bleek toen ze net als honingbijen via pipetjes nectar aangeboden kregen die al dan niet was aangelengd met deze neonicotinoïden (Kessler e.a., 2015). De onderzoekers denken dat er waarschijnlijk sprake is van een soort



rookverslaving, omdat de neonicotinoïden afgeleid zijn van nicotine, de stof waarmee de tabaksplant vijanden van het lijf houdt. Deze reactie van de bijen is eigenlijk hetzelfde als wat Couvillon e.a. (2015) vonden. De bijen waardeerden de voedselbron bovenmatig en 'denken' dat ze eerder of met minder al verzadigd zijn.

Faucon e.a. (2005) pakten het anders aan. In een veldproef voerden ze twee groepen van elk acht honingbijenvolken suikersiroop met daarin imidacloprid in een praktijkrelevante dosering (0,5 of 5 microgram per liter). Elk volk kreeg in totaal een liter vloeistof en die werd in 13 porties toegediend. Daarnaast omvatte de proef acht volken die gevoerd werden met enkel suikersiroop en acht volken die niet werden gevoerd. Verschillende eigenschappen van de volken werden vervolgens onderzocht. Slechts twee eigenschappen bleken statistisch significant gecorreleerd met het voeren met imidacloprid. Dat betrof het verzamelen van meer stuifmeel tijdens het voeren en het hebben van meer gesloten broed per volk. Werd gestopt met het voeren van suikersiroop met daarin imidacloprid, dan verzamelden de volken weer evenveel stuifmeel als voor de periode van voeren. Alle andere eigenschappen veranderden niet significant door het toedienen van geringe hoeveelheden imidacloprid. Dat betrof het optreden van ziekten, sterfte van bijen, het overwinteren en de omvang van de volken na de winter.

Ook Williamson e.a. (2013) zagen een positief effect van geringe doseringen imidacloprid (1,28 nanogram per bij) als die tegelijk met een geringe dosering coumaphos (1,81 nanogram per bij) werden toegediend. Het leren en het geheugen verbeterden. Zonder coumaphos was dat effect minimaal en coumaphos alleen werkte negatief op beide eigenschappen.

### Besluit

Het onderzoek laat zien dat cafeïne, nicotine en sommige neonicotinoïden in geringe doseringen 'stimulerend' werken op honingbijen. In de toxicologie is bekend dat blootstelling aan een lage

concentratie van een giftige stof soms leidt tot een verbeterde prestatie, terwijl hogere concentraties wel nadelige effecten op de gezondheid hebben. Dit verschijnsel wordt aangeduid met de term hormesis en komt voor bij meerdere diersoorten (Cutler en Rix, 2015). Het optreden van hormesis zou erop kunnen duiden dat het risico van de giftige stof wel wordt onderkend, en dat de positieve reactie daarop mogelijk samenhangt met de neiging 'vooruit te denken'. Door het lichaam wat harder te laten werken kan het zich alvast

'indekken' tegen mogelijke schade die bij langdurige blootstelling op zou kunnen treden. Het is echter nog volstrekt onduidelijk wat de langetermijneffecten zijn van blootstelling aan doseringen die hormesis veroorzaken. Evenmin is duidelijk in hoeverre bij de neonicotinoïden sprake is van hormesis en wat de langetermijngevolgen daarvan zijn. ●

De referenties bij dit artikel kunt u vinden op: [www.bijenhouders.nl/actueel-en-media/tijdschrift-bijenhouden/aanvullingen-op-bijenhouden](http://www.bijenhouders.nl/actueel-en-media/tijdschrift-bijenhouden/aanvullingen-op-bijenhouden)

## Goed geschoten



**Bijen vinden het te heet in de kast bij een buitentemperatuur van meer dan 30°C en gaan dan massaal naar buiten.** Foto Roel ten Klei, Veenendaal