

Mens en dier ervaren genot en geluk met dopamine

Tekst Henk van der Scheer

Bij honingbijen piekt het dopaminegehalte in het brein in het vooruitzicht op het verkrijgen van zoete nectar tijdens het foerageren, schrijven Franse, Australische en Chinese onderzoekers (Huang e.a., 2022). Zo wordt de wil om als honingbij het nest te verlaten op zoek naar voedsel gestuurd door dopamine. Daarmee vormen de zogeheten dopaminerge circuits in het insectenbreintje waarschijnlijk de biologische basis voor de motivatie, net zoals bij veel zoogdieren.

Onderzoek aan honingbijen

Om te achterhalen of ook honingbijen beschikken over een dergelijk beloningsnetwerk, volgden de biologen hun complexe foeragegedrag. Hierbij moeten de werksters niet alleen voedsellocaties vinden en onthouden, maar die informatie ook doorspelen aan hun nestgenoten via dansjes waarmee ze richting en afstand tot een voedselbron aangeven. In het onderzoek waren dat voederstations met een suikeroplossing in een gecontroleerde omgeving. Tijdens verschillende momenten in het proces pikten de biologen bijen uit de groep en dompelden die onder in vloeibare stikstof. Vervolgens bepaalden ze met vloeistofchromatografie de dopamineniveaus in het brein, een soort momentopname van het motivatiesysteem tijdens bijvoorbeeld de bijdans of bij het verlaten van het nest richting voederstation. Ze ontdekten dat het dopamineniveau toeneemt wanneer bijen terugkeren van een voedselbron en aan hun dansje beginnen. Tegen het einde van hun dans neemt de dopamine weer af, om vervolgens weer te pieken op het moment dat ze het nest verlaten om opnieuw op zoek te gaan naar voedsel. Tijdens het foerageren zelf neemt het dopamineniveau weer geleidelijk af. Opvallend genoeg neemt dopamine niet toe bij werksters die naar de dansers kijken en nog geen foerageerervaringen hebben opgebouwd. De wil of motivatie om te gaan foerageren is klaarblijkelijk opgebouwd uit drie componenten, schrijven de onderzoekers: een gevoel van honger, het zien van dansende nestgenoten en het activeren van de dopaminerge circuits in het brein. Er zijn dus meerdere zenuwbanen in het brein die elk betrokken zijn bij bepaalde regulaties door dopamine zoals beweging, emotie en motivatie. Bij dat laatste is een te verwachten beloning waarschijnlijk de drijfveer achter de fluctuerende dopamineniveaus, net zoals bij sommige zoogdieren.

Effect van tyrosine

Eerder al werd in Japan onderzocht of het toedienen van het aminozuur tyrosine in suikerwater als voedsel de dopaminegehalten in het brein van honingbijen kon doen toenemen (Sasaki, 2016). Dopamine kan namelijk uit tyrosine gemaakt worden door het lichaam. Bovendien is tyrosine één van de twintig natuurlijk voorkomende α-aminozuren die voor de eiwitsynthese worden gebruikt. Daardoor maakt tyrosine deel uit van vrijwel elk eiwitmolecuul in alle levensvormen. Andere volken kregen koninginnegelei toegediend

en ter controle kreeg een derde groep volken niets toegediend. De resultaten lieten zien dat het dopaminegehalte in het brein van vier en acht dagen oude werksters en in acht dagen oude darren die allemaal tyrosine hadden gekregen, significant hoger was dan in het brein van even oude controlewerksters en -darren. Datzelfde gold ook voor darren en werksters uit de volken die koninginnegelei kregen, met uitzondering van één groep van vier dagen oude darren. Eén tot drie dagen oude darren wisselden voedsel uit met werksters, maar ook werd gezien dat pasgeboren darren zelf voedsel opnamen gedurende vijf tot zeven dagen. Dit alles laat zien dat het gehalte aan dopamine in het brein van darren verhoogd kan worden door de opname van tyrosine in het voedsel, door uitwisseling van voedsel met nestgenoten en door het zelf opnemen van voedsel.

Dopamine stimuleert voortplanting

In vervolg hierop onderzochten Japanse onderzoekers het sturende effect van dopamine op de voortplantingsorganen van darren (Matsushima e.a., 2019). Uit hun onderzoek bleek dat dopamine met name de receptoren in de zaadblaas aanstuurt op transport en opslag van sperma.

Dopamine neurotransmitter

Dopamine fungeert als neurotransmitter. Dat is een signaalstof die zenuwimpulsen overdraagt en soms optreedt als hormoon op verschillende plaatsen in het lichaam van mensen en dieren, ook in honingbijen. Dopamine kan uit het aminozuur tyrosine worden gevormd. Datzelfde geldt voor adrenaline en noradrenaline.

Dopamine speelt een belangrijke rol in door beloning gemotiveerd gedrag bij controlerende functies van de hersenen zoals bij opwinding. Dopamine heeft ook effect in de hersenen op de controle van motorische functies en op 'lagere' functies, waaronder borstvoeding en seksuele opwinding. Dopamine is in de populaire cultuur en media de neurotransmitter voor het ervaren van geluk, genot, blijdschap en welzijn. In de hersenen zijn zenuwbanen aanwezig die gevoelig zijn voor deze transmitter, zoals de voorhoofdkwab en de basale zenuwknopen.



'Gelukzoekers' bij een bloemtros van peer. Een bewerkte afbeelding, want in de natuur zie je nooit zoveel honingbijen bij een bloemtros. Het geeft wel goed weer wat ik bedoel met onze 'gelukzoekers'. Die gedragen zich net als de goudzoekers tijdens de goudkoorts in de 19e eeuw in Amerika en koopjesjagers nu tijdens de uitverkoop. Foto MakroBetz

Juveniel hormoon

Al langer bekend is dat naast dopamine ook het juveniel hormoon een regelaar is van gedrag van sociale insecten zoals honingbijen. Een werkster voert in haar leven achtereenvolgens verschillende taken uit. Het overstappen van de ene op de ander taak is mede het gevolg van hormonale ontwikkelingen onder invloed van het juveniel hormoon. Eerder al was vastgesteld dat het dopaminesysteem in het brein van solitaire bijen ook werd geregeld door het juveniel hormoon. Bij honingbijen blijkt het systeem te zijn geconserveerd in darren, maar niet in vrouwelijke individuen, zo vermelden Sasaki e.a. (2012). Reden voor Japanse onderzoekers om al vroeg in hun onderzoek de relatie van het juveniel hormoon met het dopaminesysteem in het brein van honingbijdarren na te gaan. Behandeling van vier dagen oude darren met een analoog van het juveniel hormoon verhoogde het dopaminegehalte in hun brein. Zo veroorzaakte het juveniel hormoon ook een verhoging van de werking van Amdop-1, het gen van de dopaminereceptor, in het brein van de darren.

Regeling steriliteit werksters

Dopaminereceptoren zitten ook in de geatrofieerde eierstokken van de werksters. Die eierstokken van werksters zijn normaal niet werkzaam (vandaar geatrofieerd), maar het verlies van de koningin leidt bij het brein van de werksters in het volk tot een toename van dopamine en die toename is gecorreleerd met de activering van de eierstokken. Dat bleek uit onderzoek aan de universiteit van Sydney in

Australië (Vergoz e.a., 2012). In dat onderzoek werd de werking van de genen onderzocht die de dopaminereceptoren aansturen. In hun onderzoek bleek de werking van de drie receptorengenen in het brein toegenomen evenals de werking van twee receptorengenen in de eierstokken. Die toegenomen werking is sterk gecorreleerd met de voortplantingsstatus van de werksters. De onderzoekers concluderen dat die genen de steriliteit van honingbijwerksters regelen. ●

Literatuur

- Huang, J. e.a., 2022. Food wanting is mediated by transient activation of dopaminergic signaling in the honey bee brain. *Science* 376(6592):508-512.
- Matsushima, K., e.a., 2019. Functional gene expression of dopamine receptors in the male reproductive organ during sexual maturation in the honey bee (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology* 112:9-14.
- Sasaki, K., 2016. Nutrition and dopamine: An intake of tyrosine in royal jelly can affect the brain levels of dopamine in male honeybees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology* 87:45-52.
- Sasaki, K. e.a., 2012. Regulation of the brain dopaminergic system by juvenile hormone in honey bee males (*Apis mellifera* L.). *Insect Molecular Biology* 21(5):502-509.
- Vergoz, V. e.a., 2012. Biogenic amine receptor gene expression in the ovarian tissue of the honey bee *Apis mellifera*. *Insect Molecular Biology* 21(1):21-29.