Båtbottenfärger leder till infertilitet

Greta Nilén
Populärvetenskaplig sammanfattning av Självständigt arbete i biologi 2014
Institutionen för biologisk grundutbildning, Uppsala universitet

Giftiga komponenter i båtbottenfärger har avlöst varandra. Nyhetsrapporteringen kring riksdagsvalet 2014 uppmärksammade att miljöminister Åsa Romson målar sin båt med giftig bottenfärg som innehåller koppar. På 1970-talet upptäcktes fenomenet "imposex" hos ostron. Utväxten av penis och sädesledare hos honliga djur ledde till infertilitet och en minskande population. Orsaken var en tennförening i båtbottenfärger: TBT. Alltsedan 60-talet har TBT använts i båtbottenfärger för att undvika bland annat havstulpantillväxt. Färgerna förbjöds efter upptäckten av imposex. Trots att förbudet mot TBT infördes 2004 finns fortfarande höga halter kvar i haven. Hur kommer det sig då att TBT kan leda till utväxt av hanliga könsdelar hos honliga snäckor? Det finns fem teorier där den troligaste är att TBT aktiverar en receptor som sitter bunden till DNA. Hormon frisläpps och det leder till utväxt av hanliga könsdelar.

Höjda testosteronnivåer

Testosteron är ett manligt könshormon som kan omformas till exempelvis könshormonet östradiol eller utsöndras från organismen. Det görs för att hålla hormonet på en stabil nivå. Snäckor med imposex har höjda nivåer av testosteron. Därför har forskare trott att TBT påverkar testosteronnivåerna och att de leder till imposex i snäckor. Det motbevisas av att höjda halter av testosteron har uppmätts först efter att imposex-utvecklingen börjat. Kan vi då dra slutsatsen att mekanismen bakom imposex inte baseras på höjda testosteronnivåer? Svaret är svårt att ge. Tre teorier finns kring orsaken till testosteronhöjningen.

Vad är imposex?

Imposex kallas även pseudohermafroditism. Det innebär att honliga individer utvecklar hanliga könsdelar, som till exempel penis och sädesledare. Det kan leda till infertilitet.
Fenomenet upptäcktes hos ostron, men har nu även identifierats hos snäckor och andra klasser inom stammen blötdjur.

Vad är en receptor?

Receptorer sitter på cellens yta eller i cellkärnan. De är uppbyggda av proteiner och binder små molekyler (ligander). Bindningen resulterar i en signal till cellens kärna. Det kan t ex ändra genavläsningen.

Varför höjs testosteronhalterna?

Teori 1. Testosteron kan inte omformas

Aromatas är ett enzym som omformar testosteron till östradiol. TBT tros hindra aromatas funktion. Det leder till att östradiol inte kan bildas från testosteron. Resultatet blir en ökad halt testosteron och en minskad halt östradiol.

Enzym är protein som påverkar reaktionshastigheten i kemiska reaktioner.

Teori 2. Hindrad testosteronlagring

ATAT (acylkoenzym A: testosteron acyltransferas) är ett enzym som katalyserar bildningen av föreningar som kallas estrar. Testosteron bildar estrar med fettsyror som lagras i bland annat fettvävnad hos organismer. TBT har visat sig hindra ATATs funktion vilket leder till att estrar inte bildas. Konsekvensen blir att mindre testosteron lagras och mer finns fritt i t ex blodet.

Teori 3. Mindre testosteron lämnar organismen

Testosteron kan bilda föreningar med till exempel sulfat. Sulfatföreningarna kan sedan lämna organismen med exempelvis urinen. TBT leder till minskad bildning av sulfatföreningar och effekten blir ökade halter av obundet testosteron.

Andra förklaringar till imposex

Om de höjda testosteronhalterna inte kan förklara utvecklingen av imposex hos snäckor, vad är då förklaringen? Det finns två teorier som kan ge svar på den frågan.

Teori 4. Inblandning av neuropeptider

I snäckor finns en så kallad neuropeptid som har förkortningen APGW-amid. Neuropeptider är hormoner uppbyggda av flera aminosyror. De sköter kommunikationen mellan nervceller och påverkar hjärnans aktivitet. Neuropeptider binder till receptorer på nervceller och det kan bland annat leda till att hormoner utsöndras. TBT påverkar frisläppandet av APGW-amid. När APGW-amid binder till receptorer kan det leda till frisättande av testosteron och därefter en utväxt av hanliga könsdelar. Penis och sädesledare hos de honliga snäckorna utsöndrar sedan testosteron. Det leder till att testosteronhalterna höjs och kan förklara varför höjda testosteronhalter har uppmätts först efter att imposex-utvecklingen börjat.

Teori 5. Är kärnreceptorer inblandade?

Nutida forskning kring imposex fokuserar på en receptorfamilj som heter retinoid-X-receptorer (RXR). RXR är transkriptionsfaktorer. När ett ämne binder till receptorerna startar transkription. En bindning av TBT till RXR påverkar transkriptionen av gener som ökar frisläppandet av ett visst neurohormon. Neurohormon är hormoner som utsöndras från nervceller. Det neurohormon som frisläpps påverkar penistillväxten. Även frisläppandet av andra hormon som till exempel könshormon påverkas. Det leder till obalans i hormonnivåer.

Den genetiska informationen i DNA översätts till så kallat RNA i en process som heter **transkription.** Från RNA tillverkas sedan protein.

Transkriptionsfaktorer binder till DNA nära specifika gener och behövs för att kopiera generna till RNA.

Indirekt effekt av TBT

När imposex upptäcktes kunde forskare tidigt bevisa att TBT var en orsak. Imposex är förmodligen inte en direkt effekt av TBT-exponering. Istället verkar de rubbade hormonnivåerna vara den direkta orsaken till att honliga snäckor utvecklar hanliga könsdelar. Något som är viktigt att ha i åtanke är att flera ämnen har visat sig leda till imposex, bland annat koppar. Det betyder att TBT i båtbottenfärger ersattes av ännu ett giftigt ämne. I den här artikeln har fem mekanismer bakom imposex-utveckling presenterats. Flera av dem utgår ifrån hormonnivåernas roll.

Hormoner binder till receptorer och reglerar bland annat fortplantning.

Könshormoner är östrogener, progesteron och androgener (bland annat testosteron).

TBT- ett hormonstörande ämne

Miljögifter kan efterlikna eller blockera hormoner. När gifter binder till hormonreceptorer kan det leda till maskulinisering eller feminisering. Utveckling av hanliga könsdelar, som till exempel penis, är beroende av att könshormonet testosteron binder till receptorer. Imposex är en följd av någon form av hormonstörning i snäckor. När snäckorna utsätts för TBT ändras hormonnivåerna och det kan leda till imposex. Hormonsystemet är noga studerat hos oss människor och relativt okänt hos snäckor. Men vad har hormonerna för roll?

Hormoner: varför är de viktiga?

Hos människor

Testiklar och äggstockar är så kallade endokrina körtlar som producerar och släpper ut könshormoner. Testosteron och östradiol är exempel på könshormoner. Det finns ett kontrollsystem som styr frisläppandet av hormoner från körtlarna. Systemet kontrolleras av hypotalamus som är en del av hjärnan. Från hypotalamus släpps gonadotropinfrisättande

hormoner (GnRH). De når adenohypofysen, vilket är den främre delen av hypofysen. Hypofysen är en endokrin körtel som frisätter hormon som bland annat stimulerar ägglossning och frisläppande av testosteron.

Hos snäckor

Snäckors hormonsystem har inte studerats lika noga som människors. Det är bland annat oklart om sexuell mognad är beroende av könshormon och receptorer för bindning av hormon i könsdelar har enbart hittats i en sötvattenlevande art. Trots oklarheterna verkar testosteron spela en roll i till exempel könsutveckling och bildning av sperma i snäckor.

Tänker du göra ett aktivt val?

Förbudet mot TBT kom redan på 80-talet. Trots det finns TBT kvar i sediment och vatten. Det beror bland annat på den långsamma nedbrytningen i syrefria förhållanden. Utsläpp av TBT från båtbottenfärger ledde till effekter på andra organismer än de som skulle påverkas. Följderna av giftutsläppen var svåra att förutse och båtbottenfärgerna fick omfattande konsekvenser på snäckpopulationer. Imposex är bara ett exempel på vad mänsklig aktivitet kan leda till. Alternativet till att måla båtskrov med giftiga färger är att ta upp båtarna och tvätta dem. Så, väljer du att måla eller tvätta?

Mer information

Gibbs EP, Bryan WG. 1986. Reproductive failure in populations of the dog-whelk, *Nucella lapillus,* caused by imposex induced by tributyltin from antifouling paints. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom **66**: 767-777.

Nilén G. 2014. Båtbottenfärger och mekanismer bakom infertila snäckpopulationer. Självständigt arbete i biologi. Uppsala universitet.