

### [Akceptuje](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkozenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)  
[Kontakt](#)



[Laboratoria](#)  
[.net](#)  
[Innowacje](#)  
[Nauka](#)  
[Technologie](#)

[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

zapisz się



- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

[Strona główna](#) > [Artykuły](#)

## Fenomen feromonów

### Wstęp

Feromony pośród związków infochemicznych zajmują szczególną pozycję i, jak dotychczas, zostały poddane najbardziej wnikliwym badaniom. Służą one do wywoływania zakodowanej reakcji fizjologicznej lub pożądanego zachowania u odbiorcy tego samego gatunku, w celu zdobycia pożywienia, obrony lub reprodukcji[1]. Zarówno feromony, jak i związki allelochemiczne mogą wywoływać reakcję adaptacyjnie korzystną jedynie dla dawcy (+,-), tylko dla odbiorcy (-,+), lub dla obu organizmów (+,+). Natomiast podział związków allelochemicznych jest bardziej zdecydowany; noszą one odrębne nazwy w zależności od ukierunkowania korzyści. Feromony były prawdopodobnie pierwszą formą komunikowania się najprostszych organizmów. Ich nazwa pochodzi z połączenia greckich słów pherein (przekazywać) i hormon (pobudzać). Główna różnica pomiędzy hormonami

i feromonami, dwiema grupami bardzo ważnych związków biologicznie czynnych, polega na tym, że hormony są wytwarzane przez gruczoły lub tkanki w procesie wydzielania wewnętrznego z przeznaczeniem dla organizmu wytwarzającego, a feromony wydzielane na zewnątrz organizmu są adresowane głównie dla innego odbiorcy[8,9]. Stosowanie feromonów stwierdzono, jak dotychczas, u ponad 1500 gatunków zwierząt (głównie owadów - 1100 gatunków), kilkudziesięciu roślin, a także szeregu bakterii i drożdży[11]. Można jednak z dużą dozą prawdopodobieństwa przyjąć, że tym sposobem przekazywania informacji posługuje się większość organizmów żywych, ale wykrywanie feromonów jest niezmiernie trudne z uwagi na ich niskie stężenie nawet w obrębie źródła i brak specyficznych testów potwierdzających ich istnienie i działanie[6,7].

## **I. ANATOMIA ZAPACHU**

W ostatnim dziesięcioleciu uległy rewizji poglądy o małym znaczeniu węchu u człowieka. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych metod biologii molekularnej Linda Buck i Richard Axel wyjaśnili molekularne i komórkowe mechanizmy wykrywania cząsteczek zapachowych przez układ węchowy. Opisu wielogenową rodzinę genów kodujących receptory węchowe, które są receptorami sprzężonymi z białkiem G. Na szczególną uwagę zasługuje ogromna wrażliwość receptorów węchu na bodźce. Jest to wrażliwość porównywalna z wrażliwością receptorów wzrokowych. Ponadto, cechą receptorów węchowych jest zdolność do rozróżniania ogromnej liczby - kilku tysięcy zapachów. Odpowiedzialne są za to liczne białka receptorowe obecne w narządzie węchu u człowieka[1].

### **1. Pojęcie zapachu**

Zapach to wrażenie zmysłowe wywołane pobudzeniem receptorów węchowych przez niektóre lotne substancje chemiczne[5].

Substancje semiochemiczne, czyli środki komunikacji chemicznej, (środki komunikacji węchowej) są to substancje wydzielane przez żywego osobnika mogące zmieniać zachowanie lub fizjologię innego osobnika, dzielimy je na:

a) Substancje allelochemiczne to substancje przynoszące korzyść zarówno wytwórcy jak i odbiorcy:

- Allomony - przynoszące korzyść osobnikowi, który je wydziela (repulsanty skunksa, induktory zachowania u zwierząt, atraktanty produkowane przez drapieżniki),
- Kairomony - przynoszące korzyść osobnikowi, który je odbiera ( atraktanty smakowe i zapachowe żywności, sygnały uprzedzające o niebezpieczeństwie ),
- Depresory - nie przynoszące korzyści wytwórcy ani odbiorcy[6].

b) Substancje o działaniu wewnątrzgatunkowym:

- Adaptacyjne autoinhibitory populacji,
- Autotoksyny,
- Nekromony,
- FEROMONY[6].

c) Naturalne zapachy wytwarzane przez człowieka:

- Zapach potu ( obecność kwasu izowalerianowego ),
- Zapach spermy ( 1-pirolina ),
- Zapach rozkładającej się ryby ( trimetyloamina),
- Zapach moczu ( androstenon),
- Zapach piżma ( androstenol) [29].

## 2. Receptory węchowe.

Pole węchowe składa się z rzęsek nabłonka węchowego zanurzonych w warstwie śluzu o grubości około 60  $\mu$ . Warstwa śluzu to bogata w tłuszcze wydzielina, która obmywa powierzchnię receptorów na powierzchni nabłonka, a wytwarzana jest przez gruczoły Bowmana znajdujące się również w nabłonku węchowym. Nabłonek węchowy zajmuje łącznie powierzchnię około 5 cm<sup>2</sup> w górnych przewodach nosowych obu jam nosa. W skład śluzu, który w głównej mierze powstaje w gruczołach Bowmana wchodzi mukopolisacharydy, lipidy i fosforany. W warstwie wodnistej śluzu następuje rozpuszczenie molekuł hydrofobowych, co zwiększa ich koncentrację. Jest to pierwszy mechanizm wzmacniania sygnału węchowego [16]. Cząsteczki związków chemicznych wprowadzone do jamy nosowej wraz z powietrzem wdychanym rozpuszczają się w śluzie pokrywającym nabłonek błony śluzowej nosa okolicy węchowej. W nabłonku tym znajdują się komórki nerwowo-zmysłowe, które jednocześnie odbierają bodźce i przewodzą impulsy nerwowe (I neuron czuciowy). Wypustki około 20 komórek nerwowo-zmysłowych tworzą nić węchową wnikającą do jamy czaszki i kończą się synapsami na dendrytach komórek mitralnych, tworzących kłębuszki węchowe w opuszce węchowej [21].

Zapachy służą różnym organizmom do różnych celów. Roślinom przede wszystkim do ich zapylania. Ponadto rośliny dzięki nim bronią się przed najazdem szkodników i atakiem grzybów. Zwierzętom dają informacje o lokalizacji pożywienia, partnera. Zwierzęta zapachem oznaczają swoje terytoria i rozpoznają skradające się ku nim drapieżniki. Substancje zapachowe niosą człowiekowi wiele ważnych informacji, które wpływają na jego zachowanie. Ostrzegają o zagrożeniu, regulują pobieranie pokarmu, informują o atrakcyjności seksualnej, wpływają na emocje [8].

Niemniej zmysł ten stracił podstawowe znaczenie w życiu człowieka, w porównaniu do znaczenia w życiu zwierząt. Graniczna wyczuwalność zapachów przez zwierzęta w porównaniu z graniczną wyczuwalnością człowieka jest o rzędy wielkości niższa. Człowiek rozróżnia zmysłem powonienia inną grupę związków niż zwierzęta [6,10,16].

Funkcje zmysłu powonienia możemy podzielić na podstawowe, do których należy: wykrywanie zapachu w otoczeniu, określenie natężenia substancji będącej źródłem zapachu oraz funkcje wyższe, do których zaliczamy: rozróżnianie zapachów i ich identyfikacja, zapamiętywanie zapachów i integracja różnych zapachów pozwalająca na komponowanie nowych zapachów. Zdolność percepcji zapachu jest wynikiem obecności dużej liczby receptorów węchowych, znajdujących się w nabłonku węchowym jamy nosowej. Receptory węchowe są wyspecjalizowane w odbiorze bodźców zapachowych [25]. Badacze molekularnej struktury tych receptorów wykazali, że ludzkie receptory składają się z wielu podrodzin, mających pokrewną sekwencję aminokwasów. Zapachy wykrywane przez te same receptory mają pokrewne zbliżone struktury chemiczne. Każdy rodzaj receptora rozpoznaje niewielką liczbę zapachów [22]. To, że potrafimy rozróżnić kilkanaście tysięcy rozmaitych woni, zawdzięczamy wielostopniowej obróbce bodźców zapachowych przez nasz układ nerwowy. Człowiek identyfikuje przeciętnie ponad 10 tys. zapachów. Cząsteczki zapachowe po związaniu się z odpowiednim receptorem i po jego aktywacji otwierają kanały jonowe w węchowych neuronach, depolaryzując ich błony i zmieniając ich potencjał. Białka receptorów węchowych należą do dużej rodziny receptorów sprzężonych z białkiem G o siedmiu domenach przenikających błonę komórkową [13]. W każdym neuronie węchowym dochodzi do ekspresji tylko jednego genu spośród całej rodziny genów zawartych w genomie. Jeden gen koduje jeden typ receptora. Człowiek ma 339 czynnych genów receptorów węchowych, co powoduje powstanie 339 populacji komórek węchowych, różniących się typem receptora. Cechą danego typu receptora jest rozpoznawanie różnorodnych cząsteczek zapachowych z różnym do nich powinowactwem [14]. Pojedynczy receptor jest aktywowany przez wiele zapachów, a dana substancja zapachowa może być rozpoznawana przez wiele

receptorów [13].

### 3. Zmysł węchu

Zmysł węchu jest podstawowym zmysłem zarówno u ludzi jak i u zwierząt. Z ewolucyjnego punktu widzenia jest to jeden z najstarszych zmysłów. Węch pozwala kręgowcom i innym organizmom wyposażonym w receptory węchowe między innymi rozpoznawać pożywienie, niebezpieczeństwo (np. zbliżającego się drapieżnika) czy też dostarczać zarówno zmysłową przyjemność jak i ostrzegać o niebezpieczeństwie[19].

U kręgowców wyróżniamy kilka układów węchowych spełniających określone funkcje[25].

#### 1. Główny układ węchowy (main olfactory epithelium MOE)

- Wybór pożywienia
- Ogólne reakcje chemosensoryczne
- Funkcje alarmowe[29]

#### 2. Dodatkowy układ węchowy (vomeronasal organ VNO, narząd lemieszowy, narząd Jacobsona)

- Stymulacja cyklu estralnego i menstruacyjnego
- Blok ciążowy
- Rozpoznawanie osobników
- Opieka nad potomstwem
- Agresja[26]

#### 3. Organ Rudolfa – Masera, położony w jamie nosowej, zwany inaczej organem przegrodowym, wykryty dotychczas u dorosłych szczurów, myszy, świnek gwinejskich, torbaczy, płodów królika

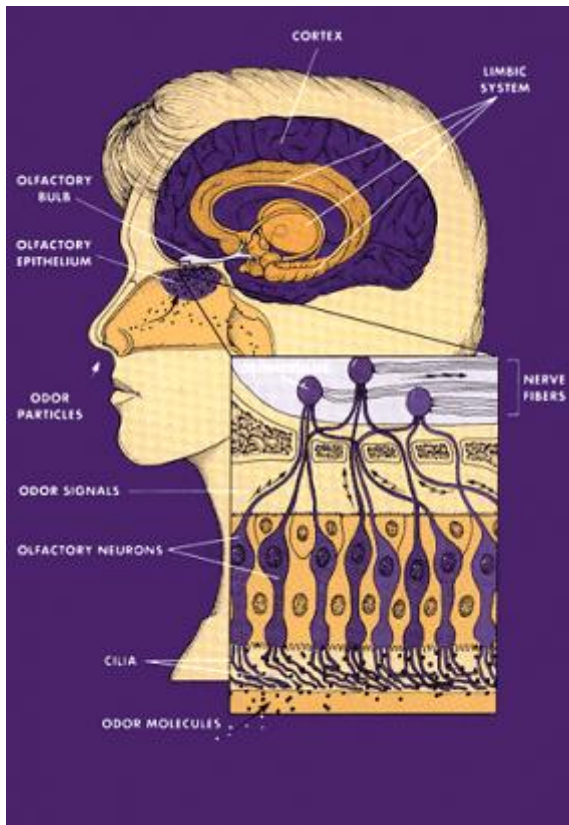
- Funkcja alarmowa
- Regulacja zachowania seksualnego samców [21]

#### 4. Nerw trójdzielny

- Zdolność percepcji lotnych substancji zapachowych o charakterze drażniącym i szkodliwym (np. amoniak, kwas solny)
- Możliwość współdziałania z MOE (zakończenia włókien w jądrach pasma samotnego i wzgórzu) [28]

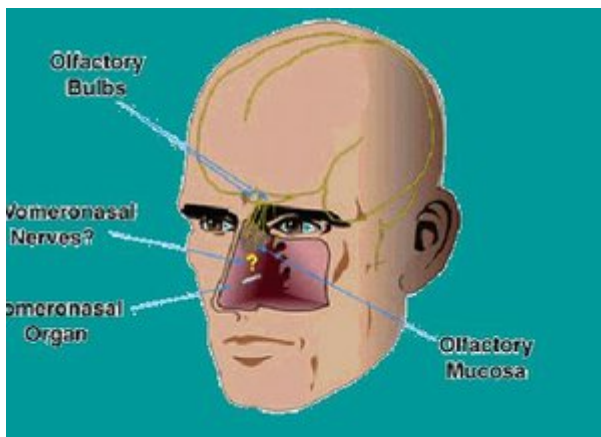
#### 5. Nerw krańcowy,

- Zdolność percepcji lotnych substancji zapachowych o charakterze drażniącym i szkodliwym ( np. amoniak, kwas solny )
- Możliwość współdziałania z MOE (zakończenia włókien w jądrach pasma samotnego i wzgórzu) [24]



Ryc. 1. Struktura neuronów zapachowych (Jabłońska-Trypuć A., Farbiszewski R, 2006).

**4. Dodatkowy układ węchowy VNO** (vomeronasal organ, narząd lemieszowy lub przylemieszowy „narząd Jacobsona”) to łowny narząd komunikacji chemicznej pomiędzy zwierzętami. Nerwy narządu lemieszowego bardziej bezpośrednio połączone z ośrodkami kontroli behawioru seksualnego i układu rozrodczego [21, 24, 26].



Ryc.2. Umiejscowienie układu VNO (Moran DT, Jafek BW, Rowley JC, 2007).

## II. CO TO SĄ FEROMONY?

### 1. Definicja

Feromony ,inaczej egzohormony, to substancje wydzielane i odbierane przez osobniki tego samego gatunku prowokujące specyficzną reakcję lub zachowanie albo modyfikację fizjologiczną[22].

Wiele feromonów należy do związków organicznych o stosunkowo prostej budowie i niskiej masie cząsteczkowej, rzędu 80 - 300 D. Lotne feromony niskocząsteczkowe służą zwykle do szybkiego przekazywania informacji, ponieważ szybko ulegają rozproszeniu. Jeszcze krótszym czasem działania

charakteryzują się cząsteczki feromonów zawierających nietrwałe grupy chemiczne, np. aldehydowe. Trwałe związki chemiczne, o większej masie cząsteczkowej, wykorzystywane są wówczas, gdy ich czas działania powinien być długi. Feromony podzielono na 30 grup w zależności od pełnionych funkcji. Do najbardziej znanych należą feromony płciowe, ścieżkowe, agregacyjne, rozpraszające, alarmujące, stymulujące składanie jaj, dyskryminujące, zniechęcające, wprowadzające w błąd, czy znaczące[33]. Czasami stosowane są feromony wielofunkcyjne, np. osy po użądleniu pozostawiają razem z jadem substancję alarmującą, a pszczoły wraz z jadem wydzielają śladowe ilości octanu izoamylu, znacznika wskazującego innym pszczołom miejsce do żądlenia. Kwas mrówkowy, typowy feromon obronny, może pełnić funkcję substancji alarmującej. Do lat dziewięćdziesiątych uważano, że feromony są głównie preparatami jednoskładnikowymi. Odkrycie pierwszego feromonu, bombykolu, nadało na długi okres czasu niewłaściwy kierunek badaniom nad tymi związkami, ponieważ przyjęto jako sprawę oczywistą, że feromony są preparatami jednoskładnikowymi. To przekonanie było trudne do obalenia, ponieważ wiele składników feromonów występuje w stężeniach znacznie niższych niż składnik główny i ze względów technicznych były one trudne do wykrycia. Obserwowane różnice, często znaczne, aktywności głównego składnika (uważanego za właściwy feromon) w porównaniu z preparatem naturalnym, tłumaczono na różne sposoby, lecz nie brakiem dodatkowych składników[24]. Bombykol okazał się nielicznym wyjątkiem, ponieważ preparat syntetyczny był równie aktywny jak feromon naturalny. Jednak ostatnie doniesienia wskazują, że nawet ten feromon zawiera śladowe domieszki, w tym bombykalu, aldehydu, który wydaje się mieć aktywność antagonistyczną (przeciwną). Obecnie wiadomo, że większość feromonów stanowi skomplikowaną mieszaninę, często z jednym dominującym składnikiem. Feromony mogą zawierać zarówno składniki lotne, jak i nielotne. Ich skład jest nie tylko gatunkowo zależny, ale zmienia się w obrębie tego samego gatunku w zależności od rodzaju przekazywanej informacji, pory roku, dnia, miejsca występowania gatunku, diety, przynależności do określonej kolonii, a nawet wieku osobnika. Autor osobiście doświadczył skutków regionalnego zróżnicowania feromonów, kupując w USA pułapki feromonowe na mrówki faraona [19]. Okazały się one całkowicie nieaktywne w odniesieniu do mrówek faraona występujących w Polsce. W niektórych owadach atraktantach płciowych doliczono się aż siedmiu aktywnych składników, przy czym obecność niektórych z nich jest konieczna do wywołania oczekiwanej reakcji u odbiorcy, a inne składniki modyfikują to zachowanie. Składniki tej mieszaniny mogą działać synergicznie (wzmacniająco) lub antagonistycznie. Ważny jest nie tylko ilościowy skład mieszaniny stanowiącej feromon, ale występowanie jego istotnych składników równocześnie. Muszą one w tym samym czasie dotrzeć do receptorów. Feromony produkowane są najczęściej w gruczołach zewnętrznych, np. owadzie, żeńskie atraktanty płciowe wytwarzane są często w gruczołach umieszczonych w membranach pomiędzy ostatnimi segmentami odwłoku, a samce wielkiej ćmy woskowej wytwarzają atraktanty w gruczołach umieszczonych w skrzydłach. Mrówka posiada około 50 zewnętrznych gruczołów produkujących związki semiochemiczne. Gruczoły te zostały podzielone na dwie grupy ze względu na rodzaj komórek, z których są zbudowane. Do jednej grupy należą gruczoły nabłonkowe produkujące i wydzielające substancje bezpośrednio do otaczającego je nabłonka[31]. Do drugiego typu, bardziej zróżnicowanego, należą gruczoły zawierające wiele wyspecjalizowanych komórek wydzielniczych i kanałowych. Produkty tych gruczołów mogą być wydzielane bezpośrednio na zewnątrz lub gromadzone przejściowo w specjalnych zbiorniczkach. Gromadzony w zbiorniczku jad mrówek gatunku Formicidae, zawierający głównie kwas mrówkowy, którego stężenie dochodzi do 65 %, może stanowić aż 22 % wagi mrówki. Cząsteczki feromonu unoszone wiatrem w powietrzu, prądem wody, za pomocą dyfuzji lub w wyniku bezpośredniego kontaktu, docierają do odbiorcy. Do wywołania pożądanego efektu musi nastąpić ich kontakt z tą częścią ciała, w której znajdują się receptory. U owadów odbiornikiem feromonów lotnych są najczęściej czułki zawierające setki tysięcy komórek receptorowych. Zaadsorbowane na powierzchni czulek cząsteczki feromonu wnikają na zasadzie dyfuzji do ich wnętrza, gdzie poprzez system kanalików docierają do receptorów [32]. Tam następuje ich rozpoznanie i przekształcenie chemiczne, czego rezultatem jest wytworzenie sygnału elektrycznego przesyłanego do mózgu. Mózg pod wpływem tego sygnału uruchamia skomplikowany proces, w tym

syntezę lub uwalnianie enzymów, hormonów, czy przekaźników. Proces ten wywołuje specyficzne zachowanie odbiorcy zgodne z przesłaniem, którego treść była zakodowana w cząsteczce feromonu [27, 30].

## **2. Klasyfikacja feromonów**

### **2.1. Podział w zależności od typu efektu**

- modyfikujące ( primer )
- sygnalizujące ( releaser )

### **2.2 Podział w zależności od właściwości i sposobu działania**

- lotne
- kontaktowe
- proferomony związane
- feromony organizmów wodnych

### **2.3. Podział w zależności od funkcji**

- Płciowe
- Alarmowe i obronne
- Wyrażające stres
- Odstraszające
- Agregacyjne
- Markujące terytorium i drogę
- Odnajdywania żywności
- Ułatwiające
- Społeczne wyrażające dominację (rozróżniania kasty imprintingu i rozpoznawania) [17].

### **2.4 .Charakterystyka wybranych grup feromonów**

Feromony płciowe są związkami chemicznymi wykorzystywanymi w procesie nawiązywania z partnerem wstępnej gry prowadzącej do parzenia się i zapłodnienia. Feromonami płciowymi mogą być różne związki chemiczne, w tym kwasy karboksylowe, ich estry, ketokwasy, aldehydy, fenole, alkohole, węglowodory, związki aromatyczne i alifatyczne. Często przedstawiciele przeciwnej płci żyją osobno, niejednokrotnie okres płodny samic jest krótki; to utrudnia procesy kojarzenia. Feromony mają na celu pokonywanie tych utrudnień poprzez kojarzenie partnerów, synchronizację czynności prowadzących do zapłodnienia. Feromony płciowe są na tle innych feromonów dobrze poznane, mimo to dla wielu gatunków nadal stanowią zagadkę. Aktywność seksualna mrówek jest limitowana do kilku dni w ciągu roku [13]. Ograniczenie to oraz fakt, że wiele gatunków mrówek parzy się w czasie lotu, utrudnia prowadzenie badań ich życia seksualnego. Może dlatego nie udało się, jak dotychczas, zidentyfikować typowych feromonów płciowych u mrówek, chociaż stwierdzono ich istnienie. Znane są mrówki, których samice pozbawione skrzydeł przebywają blisko gniazda na ziemi lub roślinach i do nich zlatują się skrzydlate samce. Należy przyjąć, że samice przywabiają je do siebie lotnymi feromonami płciowymi. Przykładem wykorzystywania innych feromonów w procesie rozmnażania mogą być mrówki, których samce z różnych kolonii gromadzą się w jednym miejscu tworząc rój, do którego zlatują się samice. W tym przypadku rolę wabika odgrywa feromon agregacyjny. Zaś samce innego gatunku *Megaponera foetus* podążają do gniazda ścieżką zaznaczoną przez robotnice i do parzenia dochodzi wewnątrz gniazda. Tym razem funkcję wabika spełniają feromony ścieżkowe. Feromony płciowe są bardzo istotne dla owadów, zwierząt wodnych, węży, a także ssaków. Rozmnażanie płciowe mikroorganizmów również zaczyna się od wydzielenia feromonów [20].

Feromonami ścieżkowymi znaczony jest wąski pasek w terenie, który łatwo rozpoznają i mogą

wzdłuż niego podążać osobniki tworzące wspólnotę. Tego typu chemiczny sposób znaczenia ścieżek stosują często termyty, mrówki, czy gąsienice. Ścieżki takie prowadzą do źródła pożywienia lub miejsca założenia kolonii. Stwierdzono, że niektóre gatunki bezżądłowych pszczoł stosują substancje chemiczne nawet do znakowania korytarzy powietrznych. O chemicznej naturze znakowania ścieżek przez mrówki wiedziano już od drugiej połowy XVIII w. Przez długi okres sądzono, że robotnice zostawiają na drodze swój zapach automatycznie przez stawianie stóp. Dopiero w XX w. udowodniono, że feromony ścieżkowe są wydzieliną z odwłoka, celowo rozsmarowywaną przez osobnika mającego za zadanie zaznaczyć drogę. Mrówki znaczą ścieżkę w drodze powrotnej do gniazda, po znalezieniu źródła pożywienia [26, 31]. Z tego wynika, że robotnice, które po znalezieniu źródła pożywienia powracają do gniazda jako pierwsze, nie korzystają ze ścieżki. Muszą więc mieć inny sposób orientacji w terenie i zapamiętywania drogi powrotnej. Feromony ścieżkowe często są złożoną mieszaniną. Ich skład zależy nie tylko od gatunku, ale również od rodzaju pożywienia, jego zasobów, a także od przynależności do rodziny, podrodziny, czy nawet kolonii. Feromony te są produkowane przez różne gruczoły. W trakcie izolacji i identyfikacji pierwszego feromonu ścieżkowego, wydzielanego przez mrówki *Atta texana*, poddano ekstrakcji 3,7 kg mrówek. Znane są zwierzęta reagujące na feromony ścieżkowe innych gatunków. Korzystają one z dóbr odkrytych nie przez siebie[10].

Feromony znaczące terytorium są stosowane do oznakowywania granic miejsca zamieszkiwania lub polowania. Stosowane są one szeroko nie tylko przez owady, ale i przez inne zwierzęta, w tym ssaki drapieżne, które substancjami zawartymi w moczu zaznaczają granice swoich terenów łowczych. Pośród owadzych feromonów znaczących odkryto węglowodory alifatyczne i terpenoidy[18]. Feromony alarmowe wydzielane w wypadku zagrożenia kolonii, czy gniazda, wywołują całą gamę zachowań u odbiorcy. Reakcją na feromon alarmowy może być ucieczka, bezruch, szukanie schronienia, agresja. Rolę feromonów alarmowych pełnią alifatyczne i cykliczne alkohole, aldehydy, ketony, kwasy, estry, węglowodory, heterocykle, sulfidy, terpenoidy i inne [18, 32]

Feromony agregacyjne powodują gromadzenie się osobników jednego gatunku w miejscu, w którym ten feromon został wydzielony przez przedstawiciela lub przedstawicieli tego samego gatunku w celu zwabienia partnerów seksualnych, przekazania informacji o znalezionym obfitym źródle żywności, czy też o odkryciu miejsca do założenia kolonii. Feromony tego typu mają stosunkowo długą trwałość. Undekan, wydzielany przez robotnice jednego gatunku mrówek, zachowuje aktywność przez 12 godzin. Jego larwy żywią się kłączami tych roślin. Istotnym składnikiem tego feromonu jest (+)-sordydyna [26, 10].

Feromony rozpraszające mają za zadanie utrzymywanie osobników tego samego gatunku w określonej odległości od siebie w celu ograniczenia rywalizacji wewnątrzgatunkowej, w tym walki o żywność, partnerów płciowych, miejsca składania jaj, zakładania gniazd itp [11,25].

Feromony dyskryminujące powodują, najczęściej we wczesnym stadium rozwoju, hierarchiczny (kastowy) podział osobników. Tego typu podział stosują owady społeczne, np. pszczoły, mrówki i termyty. Samice pszczoł mogą być robotnicami stanowiącymi zdecydowaną większość kolonii lub królową-matką. Ten podział, będący swego rodzaju dyskryminacją, odbywa się pod wpływem mieszaniny ośmio- i dziesięciowęglowych kwasów karboksylowych. Mieszanina kwasów utrzymująca status robotnic nie jest typowym feromonem, ponieważ jest wytwarzana przez ich gruczoły szczękowe. Pełni jednak rolę feromonu, gdyż służy jako dodatek konserwujący pożywienie larw, a przede wszystkim powstrzymuje rozwój larw żeńskich w kierunku królowej. Kwasy karboksylowe wytwarzane przez królową wchodzi w skład szczękowego feromonu królowej (QMP). Są one silnymi atraktantami wymuszającymi posłuszeństwo wobec królowej, udzielanie jej pomocy, tworzenie orszaku wokół królowej, skłaniają do pracy. Praca robotnic polega przede wszystkim na opiece nad jajami i larwami, ochronie i obronie gniazda oraz zdobywaniu pożywienia. Głównym zadaniem królowej jest reprodukcja, czyli składanie jaj oraz przywódszenie kolonii. Posłuszeństwo członków



kolonii osiąga za pomocą wyżej wspomnianego feromonu QMP. Feromon ten tłumi zdolność robotnic do reprodukcji. Po 2-3 tygodniach bezpłodności królowej, lub z powodu jej braku, robotnice uzyskują zdolność składania jaj. Ta z robotnic, która pierwsza osiągnie tę zdolność, zaczyna wydzielać QMP i tym samym powstrzymuje transformację innych robotnic w kierunku królowej. W gruczołach robotnic i królowej znaleziono śladowe ilości składników feromonu o przeciwnym działaniu, co świadczy, że ich gruczoły zachowują zdolność produkcji obu feromonów. Wytwarzane są z tego samego substratu, jakim jest kwas stearynowy. U mrówek *Solenopsis invicta* zapłodniona królowa produkuje feromon uznający królową, który czyni ją atrakcyjną dla robotnic i motywuje je do służby na rzecz królowej. Aktywnym składnikiem tego feromonu jest mieszanina nienasyconego cyklicznego ketonu i zbliżonego pod względem budowy laktonu [11,13].

Feromony obronne są związkami wywołującymi nieprzyjemne odczucie, ból, porażenie, a nawet śmierć. Związki te, kiedy nie są przeznaczone dla osobników tego samego gatunku, nie są zaliczane do klasycznych feromonów. Dobrze znany jest jad obronny mrówek. Skład tego jadu jest zróżnicowany. Głównym składnikiem jadu mrówek Formicidae jest kwas mrówkowy. Oprócz kwasu mrówkowego, w jadzie tym znajdują się krótkie peptydy i wolne aminokwasy w stężeniu nie przekraczającym 5 %. Jad mrówek nie należących do Formicidae zawiera dużo białek - enzymów, wśród nich fosfolipazy i hialuronidazę [9].

### 3. Rola feromonów w życiu ssaków

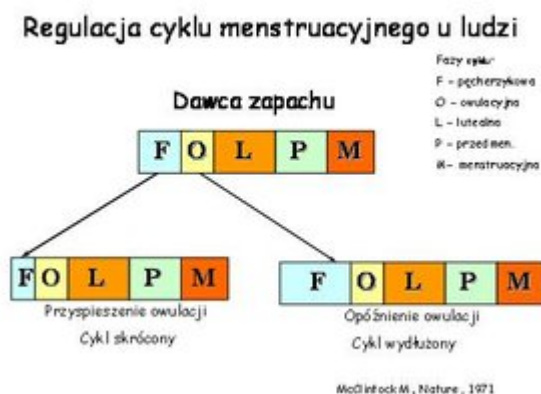
Jak dotychczas rolę feromonów, ich struktury czy działanie poznano najlepiej w świecie owadów. Jednak już od dawna podejrzewano stosowanie feromonów przez ssaki. Przypuszczano, że substancje obecne w oddechu, pocie, sebum, moczu, gazach i produktach przemiany materii wpływają na zachowanie i fizjologię ssaków, w tym człowieka [24]. Stosunkowo niedawno nauka dostarczyła dowodów na ich rzeczywiste występowanie. Potwierdzono przypuszczenia i odkryto, że najważniejszymi naturalnymi zapachami wytwarzanymi przez człowieka są: zapach potu (obecność kwasu izowalerianowego), zapach spermy (1-pirolina), zapach rozkładającej się ryby (trimetyloamina), zapach moczu (adrostenon) oraz zapach piżma (androstenol) [29].

Dotychczas udało się wykazać oddziaływanie feromonalne pomiędzy ludźmi w relacjach [23,24]:

- Matka - noworodek
- Rodzice - dziecko
- Noworodek - matka
- Dziecko - rodzice
- Mężczyzna - kobieta
- Kobieta - mężczyzna
- Kobieta - kobieta
- Mężczyzna - mężczyzna

Dużą rolę odgrywają feromony w kształtowaniu relacji matki z nowonarodzonym dzieckiem. Odkryto, że matka wydziela feromon sygnalizujący, dzięki czemu dziecko rozpoznaje matkę już po 2 - 6 dni [16]. W czasie przebywania z dzieckiem wytwarzany jest dodatkowo feromon sygnalizujący i modyfikujący. Struktura feromonu do dziś pozostaje nieznana. Dziecko dzięki niemu rozpoznaje płć rodzica. Działanie tego feromonu może powodować: przywiązanie do rodzica płci przeciwnej, odrzucenie rodzica tej samej płci, konflikt pokoleń, konsekwencje psychologiczne - nawet kompleks Edypa [24]. Wykazano, że także noworodek produkuje feromon sygnalizujący [22]. Efekt - przywiązanie i miłość do dziecka, co ciekawsze nie zaobserwowano komunikacji chemicznej noworodek - ojciec [22]. Przypuszcza się, że dziecko produkuje feromon modyfikujący zachowanie rodziców, co doskonale tłumaczyłoby miłość do adoptowanego dziecka). Częstym zjawiskiem, za które być może odpowiada ten feromon to mogą silniejsze oddziaływanie syn - matka, córka - ojciec

[26,18]. W relacji Kobieta - mężczyzna duże znaczenie zdaje się odgrywać androstenol oraz inne składniki potu, które określane są mianem feromonu atrakcyjności seksualnej mężczyzny. Wykazano istotny statystycznie wpływ tego związku na zmianę zachowań seksualnych kobiety: skrócenie okresu menstruacji kobiety oraz przyspieszenie dojrzewania płciowego dziewcząt [18]. Ważne w relacji kobieta-mężczyzna są też kwasy tłuszczowe produkowane przez florę bakteryjną pochwy, tzw.: feromon atrakcyjności seksualnej kobiety. Wpływa on na przywiązanie mężczyzny do kobiety w czasie ciąży ale także stanowi inhibitor agresywności mężczyzn w obecności kobiet [15]. Wykazano także znaczenie tych feromonów jako zapachowych identyfikatorów w kwestii doboru płciowego (znaczenie MHC, major histocompatibility complex) [21, 31]. Feromony modyfikują także fizjologię i zachowanie tej samej płci. W relacji kobieta - kobieta feromony wpływają na synchronizację menstruacji, regulacja długości menstruacji [19]. Dodatkowo kontaktowy feromon wyrażający dominację stanowi podstawę do tzw. efekt macocha - Kopciuszek[17]. Wykazano szczególnie częstą synchronizację mienstrualną pomiędzy matką a córką, co pozwala po raz kolejny przypuszczać o specyficzności rodziców i dzieci na wpływy węchowe[10].



Ryc.3. Regulacja cyklu menstruacyjnego (McClintock, 1971).

W układzie mężczyzna - mężczyzna androstenol spełnia rolę jako repelent, dzięki któremu następuje przyspieszenie dojrzewania chłopców w grupie [31,29]. Prawdopodobna jest także komunikacja chemiczna człowieka z innymi gatunkami (zapach mienstruacyjny kobiety, zapach „strachu”, allomon dominacji) [23].

## Wnioski

- Występowanie, działanie i struktura feromonów nadal pozostaje zagadką.
- Badania nad feromonami nadal pozostają trudne do przeprowadzenia. Przedmiotem badań powinny być osoby pozbawione węchu, albowiem działanie feromonu winno być ukierunkowane na odbiór przez narząd lemieszowy a nie główny narząd węchowy.
- Rola samego feromonu nie wydaje się być bardzo istotna , a jedynie pomocnicza w oddziaływaniu innych czynników.
- Mimo to, znaczenie środków komunikacji chemicznej współdziałających z innymi czynnikami socjalnymi, psychologicznymi jest kluczowe w kształtowaniu ludzkiego behawioru oraz wywieraniu wpływu na ludzką fizjologię.

- Przypuszcza się, że feromony biorą udział w mechanizmie unikania kojarzenia własnego (identyfikacja własnego zapachu i rozpoznawanie osobników spokrewnionych oraz nieznajomych, identyfikacja zapachowa członków rodziny, identyfikacja biologicznych i przybranych dzieci) [14,18].

**Opracowała: Katarzyna Sowa-Lewandowska**

### **Bibliografia:**

1. Białaczewski L.: Nagroda Nobla za rok 2004: odkrycie genów receptorów węchowych. *Otorynolaryngologia*, 2005; 4: 163-168
2. Breer H.: Olfactory receptors: molecular basis for recognition and discrimination of odors. *Anal. Bioanal. Chem.*, 2003; 377: 427-433
3. Corotto F.S., Henegar J.R., Maruniak J.A.: Odor deprivation leads to reduced neurogenesis and reduced neuronal survival in the olfactory bulb of the adult mouse. *Neuroscience*, 1994; 61: 739-744
4. Gaillard I., Rouquier S., Giorgi D.: Olfactory receptors. *Cell Mol. Life Sci.*, 2004; 61: 456-469
5. Grosser BI, Monti-Bloch L, Jennings-White C, Berliner DL., Behavioral and electrophysiological effects of androstadienone, a human pheromone. Department of Psychiatry, University of Utah School of Medicine, Salt Lake City, USA
6. Jabłońska-Trypuć A., Farbiszewski R.: Zmysł węchu u ludzi i zwierząt. *Pol. J. Cosmetol.*, 2006; 9: 87-91
7. Janczewski G.: Węch i jego zaburzenia. W: *Otolaryngologia praktyczna*, tom I, red.: G. Janczewski. Via Medica, Gdańsk 2005: 225-232
8. Jarmundowicz W., Tabakow P., Czapiga B., Międzybrodzki R., Fortuna W., Górski A.: Glejowe komórki węchowe-nadzieja w leczeniu urazów rdzenia kręgowego. *Neurol. Neurochir. Pol.*, 2004; 38: 413-420
9. Kaminski RM, Marini H, Ortinski PI, Vicini S, Rogawski MA. The pheromone androstenol (5 alpha-androst-16-en-3 alpha-ol) is a neurosteroid positive modulator of GABAA receptors. *J Pharmacol Exp Ther.* 2006 May;317(2):694-703. Epub 2006 Jan 13.
10. McClintock, M. K. (1998). On the nature of mammalian and human pheromones. *Annals of the New York Academy of Sciences* 855, 390-392.
11. Olsson, M. J., Lundström, J. N., Diamantopoulou, S., and Esteves, F. A putative female pheromone affects mood in men differently depending on social context. *European Review of Applied Psychology*.
12. Konopski L., Koberda M. (2003). *Feromony człowieka*. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe Scholar.
13. Kovacs, G., Gulyas, B., Savic, I., Perrett, D. I., Cornwell, R. E., Little, A. C., et al. (2004). Smelling human sex hormone-like compounds affects face gender judgment of men. *Neuroreport*, 15(8), 1275-1277.
14. Jennings-White C. *Perfumery and the Sixth Sense*. [www.erox.com/SixthSense/StoryOne.html](http://www.erox.com/SixthSense/StoryOne.html)
15. Kruczek, M. (1994). Vomeronasal organ removal eliminates odor preference in bank voles (*Clethrionomys glareolus*). *Advances in the Biosciences*, 93, 421-422.16.
16. Kruczek, M. and Pochroń, E. (1997). Chemical signals from conspecifics modify the activity of female bank voles, *Clethrionomys glareolus*. *Acta Theriol.*, 42, 71-78.
17. Kruczek, M. (1997). Male rank and female choice in the bank vole, *Clethrionomys glareolus*. *Behav. Process.*, 40, 171-176.
18. Marchlewska-Koj, A., Kruczek, M., Olejniczak, P. and Pochroń, E.(1998). Involvement of main and vomeronasal systems in modification of oestrous cycle in female laboratory mice. *Acta Theriol.*, 43, 235-240.
19. Kruczek, M. (1998). Female bank vole (*Clethrionomys glareolus*) recognition: preference for the

stud male. Behav. Process. 43, 229-237.

20. Kruczek, M. (1999). Kryteria doboru płciowego samic kręgowców. *Wszechświat*, 7-8, 137-139.
21. Kruczek, M. (1999). Male chemical signals and female choice in the bank vole, *Clethrionomys glareolus*. Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, *Rozprawy Habilitacyjne* nr 334, 1-52.
22. Kruczek, M. (2000). Monogamia u ssaków. *Wszechświat*, 10-12, 256-258.
23. Kruczek, M. i Gołas, A. (2001). Mechanizmy rozpoznawania osobników spokrewnionych. *Wszechświat*, 10-12, 250-252.
24. Kruczek, M. & Gołas, A. (2003). Behavioural development of conspecific odour preferences in bank voles, *Clethrionomys glareolus*, *Behavioural Processes*, 64, 31-39.
25. Kruczek, M. (2007). Recognition of kin in bank voles (*Clethrionomys glareolus*), *Physiology & Behavior*, 90, 483-489.
26. Kruczek, M. & Zatorska M. (2008). Male rank affects reproductive success and offspring performance in bank voles, *Physiology & Behavior*, 94, 611-615.
27. Marchlewska-Koj, A., Kapusta, J. & Kruczek, M. (2003). Prenatal stress modifies behavior in offspring of bank voles (*Clethrionomys glareolus*), *Physiology & Behavior*, 79, 671-678.
28. Marchlewska-Koj, A., Kruczek, M., Kapusta, J. & Pochroń, E. (2003). Prenatal stress affects the rate of sexual maturation and attractiveness in bank voles, *Physiology & Behavior*, 79, 305-310.
29. Marchlewska-Koj, A., Kruczek, M. & Olejniczak, P. (2003). Mating behaviour of bank voles (*Clethrionomys glareolus*) modified by hormonal and social factors, *Mammal. biol.*, 68, 144-152.
30. Moran DT, Jafek BW, Rowley JC 3rd. The vomeronasal (Jacobson's) organ in man: ultrastructure and frequency of occurrence. *J Steroid Biochem Mol Biol.* 1991 Oct;39(4B):545-52.31. Rasch B., Büchel C., Gais S., Born J.: Odor cues during slow-wave sleep prompt declarative memory consolidation. *Science*, 2007; 31: 1426-1429
32. Wirsig-Wiechmann C.R.: Function of gonadotropin-releasing hormone in olfaction. *Keio J. Med.*, 2001, 50: 81-85
33. Vernet-Maury E., Alaoui-Ismaili O., Dittmar A., Delhomme G., Chanel J.: Basic emotions induced by odorants: a new approach based on autonomic pattern results. *J. Auton. Nerv. Syst.*, 1999; 75: 176-183

<http://laboratoria.net/artykul/12020.html>

**Informacje dnia:** [PCI Days 2025 - Targi dla Przemysłu Farmaceutycznego i Kosmetycznego Nie tylko szczepienia przeciw HPV ważne w prewencji raka szyjki macicy Jak skutecznie poradzić sobie z bezsennością](#) [Naukowcy stworzyli beton z dodatkiem wody słonej zamiast słodkiej Nie trzymajmy dzieci pod kloszem z tematem śmierci](#) [Dużo światła w nocy może prowadzić do przedwczesnej śmierci](#) [PCI Days 2025 - Targi dla Przemysłu Farmaceutycznego i Kosmetycznego Nie tylko szczepienia przeciw HPV ważne w prewencji raka szyjki macicy Jak skutecznie poradzić sobie z bezsennością](#) [Naukowcy stworzyli beton z dodatkiem wody słonej zamiast słodkiej Nie trzymajmy dzieci pod kloszem z tematem śmierci](#) [Dużo światła w nocy może prowadzić do przedwczesnej śmierci](#) [PCI Days 2025 - Targi dla Przemysłu Farmaceutycznego i Kosmetycznego Nie tylko szczepienia przeciw HPV ważne w prewencji raka szyjki macicy Jak skutecznie poradzić sobie z bezsennością](#) [Naukowcy stworzyli beton z dodatkiem wody słonej zamiast słodkiej Nie trzymajmy dzieci pod kloszem z tematem śmierci](#) [Dużo światła w nocy może prowadzić do przedwczesnej śmierci](#)

**Partnerzy**