

IL SISTEMA CIRCOLATORIO

L'APPARATO CIRCOLATORIO: l'apparato circolatorio degli insetti è costituito dall'insieme dei vasi sanguigni e delle cavità entro cui scorre l'emolinfa, ovvero il sangue degli insetti. Svolge una funzione trofica e meccanica e funge da veicolo ormonale. Siccome non funge attività respiratoria, il sistema circolatorio è molto semplice e consta di un apparato vascolare ed un sistema lacunare, che costituisce la cavità interna del corpo detta emocoela.

APPARATO VASCOLARE: l'apparato vascolare è costituito dal vaso dorsale e dai vasi o organi pulsanti accessori, le cui pareti sono costituite da una tunica muscolare ed una avventizia. Il **vaso dorsale**, che permette il transito dell'emolinfa, si presenta come un tubo che percorre in senso longitudinale tutto

il corpo. È chiuso posteriormente mentre è aperto nel capo. Si distinguono due parti del vaso dorsale:

- **cuore:** è la parte addominale posteriore, rappresenta la parte più pulsatile e di maggior dimensione. È un fondo chiuso che presenta delle invaginature della parete che lo suddivide in camere suddivise in due ostioli. Questi sono aperture che consentono al sangue di diffondere nell'emocele, e il ovimento dello stesso è causato dal cuore che soffia aria all'interno di se stesso, aria che sbuffa nell'aorta
- **aorta:** è la parte anteriore, situata nella regione toracica e nel capo, si presenta di dimensioni minori ed è poco pulsatile. Rappresenta la zona in cui sbuffa il cuore

i **vasi pulsatili accessori** si presentano di varia forma, sono posti normalmente alla base o dentro alle appendici del corpo, quali ali, zampe o antenne. La loro funzione è di coadiuvare il movimento dell'emolinfa all'interno delle appendici.

SISTEMA LACUNARE ED EMOLINFA: il sistema lacunare è sostanzialmente costituito dall'emocele in cui viene versata l'emolinfa e in cui sono immersi tutti gli organi. In questa cavità circola liberamente l'emolinfa. L'emocele è suddiviso mediante due diaframmi di natura muscolare in tre parti dette seni. **L'emolinfa** è il fluido che circola nell'apparato circolatorio degli insetti, e la sua composizione è intermedia tra il sangue ed i liquidi intercellulari dei vertebrati. Tra i vari scopi, ha anche quello di mantenere costante il pH, di mantenere la dilatazione del corpo e serve nelle larve, quando devono fare la muta, per imprimere la pressione necessaria per perdere la vecchia "pelle". È formato da:

- **plasma:** è la fase liquida formato soprattutto da acqua, e poi da sostanze organiche ed inorganiche quali carboidrati, aminoacidi ecc. Si presenta vischioso ed opaco, con una colorazione che va dal bianco-giallastro al giallo-verdastro. I pigmenti coloranti non sono respiratori, ed infatti non è presente l'emoglobina. L'emolinfa non trasporta quindi ossigeno, ma è in grado di trasportare ormoni, sostanze nutritive ecc. e li porta in tutto il corpo.
- **emociti:** rappresenta la fase corpuscolare, sono cellule di diversa grandezza in grado di cambiare la propria forma. Sono presenti in numero variabile e svolgono diverse funzioni, tra cui la fagocitosi e la coagulazione dell'emolinfa

l'emolinfa svolge diverse funzioni, tra cui:

- **funzione trofica:** ossia trasporto di sostanze nutritive
- **funzione di veicolo degli ormoni:** poiché veicola le sostanze prodotte dalle ghiandole endocrine fino ai vari organi

- **funzione di difesa dell'organismo:** dovuta ad emociti che svolgono azione fagocitaria
- **funzione meccanica:** importante nelle mute e nelle metamorfosi

FISIOLOGIA DELLA CIRCOLAZIONE: il movimento dell'emolinfa nel sistema circolatorio è attivo ed avviene per contrazione della tunica muscolare del cuore e di particolari muscoli estrinseci. Si distinguono due tipi di circolazione:

- **circolazione rapida del cuore:** avviene secondo una specifica sequenza, ossia diastole del cuore, dove il cuore, per effetto di particolari muscoli estrinseci, si dilata richiamando emolinfa dall'emocele, e sistole del cuore, dove per contrazione dei muscoli della tunica si ha la compressione del cuore e l'emolinfa viene spinta nell'aorta. L'alternarsi delle due fasi determina le pulsazioni
- **circolazione lenta dei seni:** avviene per contrazione ritmica dei diaframmi. La velocità dell'emolinfa e, a volte, si verifica stasi del liquido in qualsiasi caso, l'emolinfa viene sospinta verso l'aorta, quindi bagna emocele, organi ed appendici e rifluisce all'interno del vaso dorsale attraverso gli ostioli.

IL SISTEMA NERVOSO

- **apposizione:** cristallino e retinula sono a contatto. Ogni ommatidio, isolato, funziona come occhio singolo e percepisce una immagine nitida. La visione è la somma delle immagini parziali dei singoli ommatidi ottenendo così una immagine composta. È il modo di visione tipico degli insetti diurni
- **sovrapposizione:** il cristallino e la retinula sono distanziati e gli ommatidi non perfettamente isolati, quindi la retinula è colpita dalla luce proveniente dalle corneole vicine. La visione avviene quindi per sovrapposizione di più immagini parziali, e non dalla loro somma, ed è tipico degli insetti notturni o crepuscolare

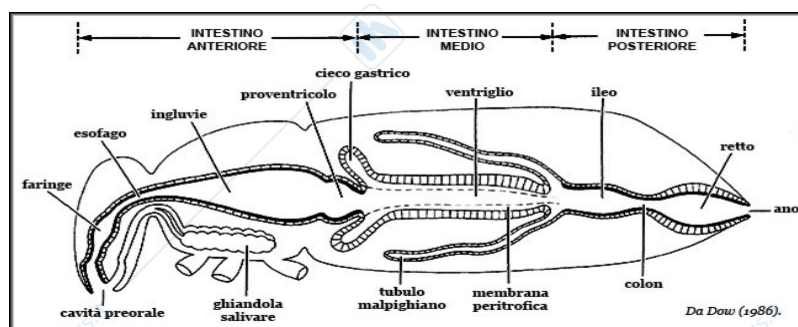
la nitidezza dell'immagini dipende dal numero di ommatidi, più sono più l'immagine è nitida. Gli insetti non sono in grado di percepire i colori, ma percepiscono la fascia dell'Ultra Violetto, ed alcuni anche la luce polarizzata, che gli serve per definire dei punti di riferimento basandosi sui raggi solari. Esempio è dato dalle api.

Gli **ocelli** sono organi visivi che si differenziano dagli occhi composti per la presenza di una sola cornea per tutti i neuroni sensoriale che lo compongono. Si distinguono in ocelli dorsali, tipici degli adulti e formati dalla corneola ma non dal cristallino, ed ocelli laterali, tipici delle larve degli Olometaboli dove sostituiscono gli occhi composti ed hanno un apparato diottico completo.

IL SISTEMA DIGERENTE

L'APPARATO DIGERENTE: l'insieme degli organi di presa ed ingestione del cibo, ossia gli apparati boccali, e del canale alimentare costituiscono l'apparato digerente degli insetti. Il canale alimentare, o intestino, inizia dalla cavità intergnatale o boccale e termina all'apertura anale. Dal punto di vista morfologico il canale alimentare si divide in:

- **stomodeo:** parte anteriore dell'intestino
- **mesentero:** parte mediana dell'intestino
- **proctodeo:** parte terminale dell'intestino



STOMODEO: detto anche intestino anteriore, costituisce la parte anteriore dell'intestino, inizia dall'apertura boccale e termina alla valvola cardiaca. La sua parete è stratificata formata da diversi strati. L'analisi morfo-funzionale suddivide il canale in più parti:

- **faringe:** è il primo tratto, costituito da una muscolatura sviluppata soprattutto negli insetti con apparato boccale succhiante dove funge da pompa aspirante
- **esofago:** segue la faringe, è un tubo di collegamento senza significato funzionale
- **ingluvie:** è rappresentato da una dilatazione, o estroflessione laterale, dell'esofago. Ha diverse funzioni, generalmente è un deposito temporaneo di cibo, ma può svolgere anche funzione pre-digestiva ad opera di enzimi salivari. Nelle api viene chiamata borsa melaria, per la specifica funzione di trasformazione del nettare in miele, nelle zanzare invece borsa del sangue perché contiene il sangue preso con la puntura
- **ventriglio:** svolge la funzione di triturazione del cibo. Ha un apparato muscolare adatto ad effettuare, grazie a contrazioni dello stesso, lo sbattimento del cibo sullamembrana così da triturlarla. È molto sviluppato negli insetti con apparato boccale masticatore
- **valvola cardiaca:** non ha un ruolo funzionale, ma separa lo stomodeo dal mesentero

MESENTERO: detto anche intestino medio, costituisce la parte mediana dell'intestino, inizia dalla valvola cardiaca e termina con il piloro e corrisponde al nostro stomaco, poiché gli insetti non hanno un vero stomaco. La sua parete è anch'essa pluristratificata, ma si differenzia da quella dello stomodeo per una membrana. Il tratto mesenterico svolge nella prima fase una funzione essenzialmente di tipo digestivo, mentre nell'ultima fase svolge una funzione di assorbimento. La funzione di assorbimento è facilitata dalla presenza dei cecchi gastrici, ossia di sacchi cecali che morfologicamente sono delle estroflessioni della parete. Nel mesentero vengono prodotti anche i microvilli, grazie alla quale l'intestino è in grado di assorbire le sostanze nutritive semplici. I microvilli aumentano la superficie di scambio tra intestino e la parte da assimilare. Nella parte terminale è presente, nel piloro, una valvola pilorica, che ha lo scopo di distinguere il mesentero dal proctodeo.

PROCTODEO: detto anche intestino posteriore, costituisce la parte posteriore dell'intestino che inizia dal piloro e termina con l'apertura anale. Dal punto di vista istologico la parete del proctodeo è molto simile a quella dello stomodeo e si differenzia solo per avere un'intima cuticolare permeabile. Svolge una

parziale e residua funzione digestiva. Il proctodeo morfologicamente è un canale suddiviso in tre parti:

- **ileo:** inizia dalla valvola pilorica ed è la prima parte del proctodeo
- **colon:** spesso si presenta dilatato a formare una tasca
- **retto:** è la parte finale del tubo digerente e termina con l'apertura anale, dove sono presenti le papille rettali che hanno scopo di riassorbire acqua e sali dalle feci

LE PARETI DELL'INTESTINO: le pareti dell'intestino sono morfologicamente similare tra stomodeo e proctodeo, mentre quella del mesentero presenta alcune differenze morfologiche. Le pareti dello **stomodeo** e del **proctodeo** sono formate da:

- **intima cuticolare:** strato di natura non cellulare, rappresenta la continuazione dell'invaginazione interna della cuticola
- **epitelio:** è uno strato cellulare corrispondente all'epidermide
- **tunica propria:** rappresenta la continuazione dell'invaginazione interna della membrana basale tegumentale
- **tunica peritoneale:** è una tunica sierosa che riveste l'intestino

il **mesentero** invece si differenzia per la mancanza della intima cuticolare, che è sostituita dalla membrana peritrofica, le altre strutture sono invece similari. La membrana peritrofica è costituita da proteine chitinizzate e svolge una funzione protettiva, poiché è un involucro in cui viene avvolto il bolo alimentare, e dializzante, cioè permette il passaggio in modo selettivo degli enzimi digestivi. Funge anche da sacca dove va a finire il cibo che viene filtrato dopo aver subito un attacco enzimatico. Questa membrana viene prodotta continuamente poiché viene persa quale rivestimento degli escrementi.

REGIME DIETETICO DEGLI INSETTI: gli insetti presentano una grande varietà di regimi alimentari e fondamentalmente si possono distinguere in eterofagi, fitofagi e zoofagi

Gli **eterofagi** rappresentano, negli animali superiori, gli onnivori, e quindi si nutrono di sostanze diverse, che vanno dagli animali alle piante. Questo è possibile grazie al vasto bagaglio enzimatico che hanno, che porta proteasi, lipasi, carboidrasi ecc.

I **fitofagi** rappresentano gli erbivori e si nutrono quindi di soli vegetali. Possono per questo rendersi responsabili di danni al raccolto. Molti attaccano molte parti della pianta, ma possono essere specializzati in un determinato organo, e si distinguono quindi antofagi (fiori), carpofagi (frutti), fillofagi (foglie), rizofagi (radici), xilofagi (organi legnosi), glicifagi (liquidi zuccherini in superficie) o fitomizi (linfa). Gli insetti fitofagi hanno evoluto regimi alimentari indirizzati

ad una sola specie, monofagi, oppure a poche specie, oligofagi, o a svariate specie, polifagi.

Gli insetti **zoofagi** sono carnivori e si nutrono di animali. Alcuni si sono specializzati verso animali morti, necrofagi, altri si cibano di animali vivi, sia vertebrati che invertebrati. Nello specifico si parla di ematofagi quando si nutrono del sangue dell'ospite, come le zanzare. Si parla invece di insetti entomofagi quando predano o parassitizzano altri insetti, e questi sono importanti nella lotta biologica.

Una importanza rilevante la assumono anche le simbiosi, come quella che si instaura tra scolitidi e funghi o tra termiti, protozoi e batteri.

LA DIGESTIONE: la digestione degli insetti avviene di norma nell'interno del tubo digerente, in modo particolare nel mesentero dove le cellule dell'epitelio producono gli enzimi digestivi, quali emicellulasi, amilasi, proteasi e lipasi.

Negli insetti xilofagi la digestione della cellulosa è effettuata in simbiosi con alcuni microrganismi, quali funghi, protozoi o batteri, che sono presenti nell'ultima parte del tubo digerente, ossia il proctodeo. In alcuni ordini, come Afidi e Ditteri Culicidi, durante l'atto trofico l'insetto emette all'esterno dei liquidi che contengono gli enzimi digestivi. La digestione è quindi esterna al corpo ed avviene grazie alla saliva prodotta dalle ghiandole salivari.

L'assorbimento poi degli alimenti avviene nel mesentero e nel proctodeo, quest'ultimo è il caso di assorbimento di acqua e sali minerali presenti nelle feci, che avviene negli insetti xilofagi. Negli Omotteri, e precisamente nelle cocciniglie, è presente anche una camera filtrante, che serve per indirizzare la linfa elaborata che assai direttamente all'intestino posteriore. È rappresentata da un tubo che contiene un dispositivo di filtraggio, e serve perché questi insetti sono in grado di assimilare una quantità di linfa che può essere talmente grande da superare anche il proprio peso, e questa quantità non può superare l'intero intestino.

SISTEMA ESCRETTORE

L'APPARATO ESCRETTORE: l'apparato escretore degli insetti è costituito dall'insieme degli organi che presiedono all'eliminazione delle sostanze di rifiuto originate dal metabolismo. Gli organi che costituiscono a questo complesso sono di varia natura e possono essere localizzati, come i tubi malpighiani, oppure diffusi nel corpo dell'insetto, come i necrofiti e le cellule uriche, oppure possono essere rappresentati da strutture presenti nel corpo dell'animale, quali i reni ed il tessuto adiposo.

I TUBI MALPIGHIANI: i tubi malpighiani rappresentano la parte più importante del sistema escretore. Si trovano in tutti gli ordini di insetti, tranne qualche eccezione in alcuni insetti primitivi ed in alcuni Rincoti. I tubi malpighiani sono organi molto grezzi che derivano dall'invaginazione dell'ectoderma che ha originato il proctodeo. I tubi malpighiani sfociano nel proctodeo a livello della valvola pilorica, e morfologicamente sono degli involucri cilindrici di varia lunghezza e con pareti verrucose. Sono aperti dalla parte della valvola pilorica e sono a fondo cieco nel senso opposto. La loro funzione principale è quella escrettrice ed essi la svolgono eliminando, in modo continuo, i cataboliti dell'emolinfa, quali l'urea e l'acido urico, ma a volte eliminano anche sostanze utili quali sali, aminoacidi, acqua ecc. Sono posti, nella generalità dei casi, nel seno previscerale, liberi di fluttuare nella cavità. I prodotti catabolici, sotto forma cristalloide, vengono assorbiti dalle cellule distali del tubo e riversati nel lume interno che contiene un liquido, di varia densità, chiamata **urina**. Questa è composta da acqua, sali minerali, acido urico ed altri cataboliti, viene riversata nel proctodeo e quindi fatta defluire all'esterno con le feci. Prima però il proctodeo assorbe acqua, se la dieta è povera di acqua, e sali minerali. Normalmente sono presenti 6 tubi malpighiani, ma possono essere presenti in numero variabile in base all'ordine di insetti.

ALTRE STRUTTURE ESCRETRICI: nel corpo dell'animale sono presenti molte altre strutture, delle quali le più importanti sono i necrofiti, le cellule uriche e le papille rettali. I **necrofiti** sono delle cellule sparse che hanno funzione renale. Questi prelevano le sostanze colloidali dall'emolinfa, le elaborano e le riversano, come cristalloidi, nuovamente nell'emolinfa. Hanno anche la funzione di neutralizzare le sostanze alcaline in eccesso nell'emolinfa. La loro funzione è complementare ai tubi malpighiani che non sono in grado di assorbire le sostanze colloidali.

Le **cellule uriche** sono delle cellule sparse nel tessuto adiposo, il quale è formato da cellule dette trofociti che accumulano glucidi, lipidi e proteine, in modo da costituirne una riserva. Le cellule uriche invece sono cellule molto piccole che hanno il compito di immagazzinare le sostanze di rifiuto, soprattutto acido urico ed urati, per tutta la vita dell'insetto, senza mai poterle eliminare. Le **papille rettali** sono degli organi presenti nel proctodeo, e precisamente nel retto, ed hanno la capacità di riassorbire sostanze utili all'organismo, che possono essere acqua, sali minerali, aminoacidi, zuccheri, il tutto in base alla dieta che fanno e alla relativa copensazione che la dieta richiede.

IL SISTEMA SECRETORE

L'APPARATO SECRETORE: l'apparato secretore degli insetti è costituito dall'insieme di organi o ghiandole che producono sostanze di varia natura, la cui funzione può essere di:

- **regolazione fisiologica e biologica:** questa avviene con la produzione di sostanze ormonali che vengono riversate nell'emolinfa e vengono prodotte da ghiandole a secrezione interna, ossia le ghiandole endocrine
- **regolazione della vita di relazione dell'insetto:** le sostanze prodotte svolgono funzione di protezione, difesa, aggressione e comunicazione e sono secrete da ghiandole a secrezione esterna, ossia ghiandole esocrine e a ferormoni

SISTEMA ESOCRINO: il sistema esocrino è caratterizzato dalla presenza di ghiandole che producono un secreto che viene sempre riversato all'esterno dell'organismo dell'insetto, e si distinguono le ghiandole esocrine dalle ghiandole a ferormoni. La funzione dei secreti ghiandolari è legata alla vita di relazione dell'insetto con altri insetti grazie ai messaggi chimici, oppure con l'ambiente esterno in cui vive, dove svolge protezione delle ovature, costruzione dei nidi ecc. Nella maggioranza dei casi si tratta di ghiandole tegumentali e le cellule sono specializzate a produrre un secreto. Le ghiandole possono però essere unicellulari o pluricellulari. Le **ghiandole esocrine** si distinguono in base al secreto che producono e alla sua funzione:

- **ghiandole ceripare:** il secreto di queste ghiandole, che possono essere uni- o pluricellulari, è la cera, che ha la funzione di proteggere il corpo e le uova, oppure funge da materiale di costruzione dei nidi. Tipicamente la cera viene prodotta dai Rincoti e dagli Imenotteri
- **ghiandole sericipare:** il secreto di queste ghiandole, uni- o pluricellulari, è la seta, una sostanza formata da proteine filamentose che al contatto con l'aria diventano seta. Queste ghiandole sono dislocate in varie parti del corpo, ossia nell'apparato boccale, genitale o nelle zampe. La seta viene utilizzata dagli insetti in vario modo, ma soprattutto per costruire nidi,

protezioni, ooteche ecc. Gli insetti che tipicamente la producono appartengono agli ordini dei Lepidotteri, Rincoti, Diaspini, Tricotteri, Imenotteri, Ditteri e Coleotteri

- **ghiandole urticanti:** il secreto di queste ghiandole, generalmente unicellulari e collegate ad un pelo o a setole cave, ha funzione difensiva/offensiva ed è tipica delle processionarie (Lepidotteri Taumetopeidi). Il secreto di queste ghiandole dà, a chi ne viene a contatto, delle leggere ustioni o fastidi, poiché le sostanze prodotte sono irritanti o repellenti per la presenza di istamina e acetil-colina
- **ghiandole laccipare:** il secreto di queste ghiandole, normalmente tegumentali, è la lacca, una sostanza con funzione protettiva. Queste ghiandole sono tipiche dei Rincoti Coccidi, che producono quantità tali da poter ricoprire interi organi vegetali
- **ghiandole faringee:** tipiche delle api, sono delle ghiandole che producono la pappa reale, una sostanza di alto valore energetico che viene somministrata alla regina per i primi 24 giorni di vita, mentre per i primi 3 nelle api operaie
- **ghiandole colleteriche:** le ghiandole colleteriche sono ghiandole che producono sostanze che hanno la funzione di aiuto della deposizione delle uova sulla superficie della pianta. Sono presenti negli apparati riproduttori femminili ed un esempio sono le sostanze collanti, che mantengono l'uovo saldo alla superficie vegetale
- **ghiandole della muta:** sono ghiandole che producono delle sostanze che facilitano lo scivolamento della cuticola durante la muta
- **ghiandole difensive:** sono ghiandole che producono un secreto ad azione difensiva

tra le ghiandole a secrezione esterna grande importanza la rivestono le **ghiandole a ferormoni**. Queste si differiscono per la finalità del loro secreto. Infatti producono delle sostanze che funzionano da messaggeri chimici e quindi sono utili non solo all'insetto che le produce, ma anche ad altri e quindi sono sostanze che servono agli insetti per relazionarsi. Queste sostanze sono i **ferormoni** (dal greco portatore di stimolo).

I FERORMONI: i ferormoni sono sostanze deputate a trasmettere un segnale da un organismo trasmittente ad uno ricevente. Sono diversi dagli ormoni poiché vengono captati subito dall'altro individuo (gli ormoni richiedono tempi maggiori) e presentano altre differenze. Sono dei messaggeri chimici intraspecifici esterni, molto volatili, che si diffondono grazie ad un mezzo, o acqua o aria, e permettono di distinguere gli insetti in base al loro comportamento in:

- **emissione:** avviene ad opera degli insetti trasmettenti, la produzione avviene grazie alla ghiandola a ferormoni, che possono essere collocate nell'addome, come nel caso delle femmine dei Lepidotteri, oppure possono produrre dei filetti odorosi, come nel caso dei maschi che li producono controvento per richiamare le femmine
- **ricezione:** la molecola viene ricevuta dagli organismi riceventi grazie a dei sensilli che presentano dei pori atti alla ricezione. Questi sensilli sono posti nelle antenne

al momento dell'emissione, il ferormone provoca uno stimolo nell'insetto che lo riceve e questo sarà in grado di definire una risposta specifica e precisa, poiché ogni ferormone è intraspecifico e quindi attiva i recettori presenti nelle antenne solo se riceve il ferormone di un insetto della stessa specie. Alla ricezione dello stimolo l'insetto manifesta alcuni comportamenti che consentono di individuare la funzione svolta dal ferormone, e per questo si possono distinguere i ferormoni in più categorie.

I **ferormoni di aggregazione** determinano nel ricevente diversi tipi di stimoli, che si differenziano in base alla specie, ma si può dire in maniera generale che hanno lo scopo di aggregazione della specie. Possono essere:

- **ferormoni traccia:** nel caso delle formiche, dove le formiche pioniere tracciano una via e tutte le altre, poste dietro, camminano guardando per terra e captando la traccia con le antenne
- **ferormoni aggreganti:** tipici delle locuste, che portano gli altri insetti ad avvicinarsi alla fonte di emissione del ferormone aggregando la specie
- **ferormoni marcanti:** è il caso delle api, cioè rilasciano, in un pascolo, dei ferormoni marcanti il territorio così le api successive trovano meglio il cibo
- **coesione della colonia:** sempre nelle api, queste stanno in una colonia perché la regina produce un dato ferormone, che trattiene le operaie e inibisce la maturazione dei loro ovari. Quando la regina invecchia libera meno ferormoni, e quindi le operaie sono in grado di sviluppare degli ovari che daranno vita solo a maschi poiché sono uova aploidi, istituendo una nuova regina provocando così gli sciami
- **ferormoni di allarme:** prodotti sempre dalle api, ma questa volta dalle sentinelle che stanno davanti all'alveare e lo difendono da eventuali aggressioni. Questo viene fatto grazie alla puntura, che libera un ferormone dal pungiglione il quale richiama anche le altre api ad attaccare

i **ferormoni di dispersione** hanno il fine di allontanare gli individui da chi li produce a scopo di protezione della specie o progenie. Determinano nel ricevente stimoli diversi, ossia:

- **allarme:** è il caso degli Afidi, che lo liberano quando attaccati da un nemico e, dopo averlo liberato, si fingono morti per allontanare la preda cadendo a terra
- **deterrente:** tipico dei parassitoidi quali gli Imenotteri parassitoidi e i Ditteri Tefritidi, per garantire e massimizzare la loro progenie iniettano nell'ospite, insieme all'uovo, anche del ferormone che viene sentito dalle femmine della stessa specie che non vanno ad ovideporre in quell'ospite. Questo viene attuato anche dalla mosca delle ciliege, ed infatti non si ha mai più di una larva per ciliegia
- **territoriali:** tipici dei bombi impollinatori, questi producono i nidi a livello del terreno e poi volano a rasoterra per cercare il polline, ma non possono allontanarsi poco dal nido poiché li viene liberato il ferormone che gli consente di tornare al nido. In più, se capta il ferormone di altre famiglie non può entrare nel loro territorio
- **antiaggregante:** tipico degli scolitidi, producono ormoni in tre tempi, il primo aggregante prodotto dalle femmine quando percepiscono che una pianta è sofferente, poi continuano a liberare questo ormone finché il numero di maschi e femmine è uguale, e in ultima fase liberano un ormone disperdente per allontanare altri insetti. Quindi scavano delle gallerie nel cambio sughero-fellodermico, facendo così morire la pianta e richiamando altri insetti

i ferormoni di aggressione sono ferormoni che, al momento dell'attacco verso un nemico da parte degli insetti, richiamano altri insetti. Esempio è dato dalle api, poiché le api sentinelle liberano, quando l'alveare è attaccato dai nemici, attaccano il nemico con il pungiglione perdendolo, così facendo libera un ferormone che richiama anche altre api.

I ferormoni di riconoscimento sono ferormoni liberati dalla colonia con lo scopo di riconoscimento della famiglia e dell'ambiente colonizzato da una data colonia di api operaie. C'è però una bassa percentuale di api, posta al 20% circa, che sbaglia comunque la colonia, e in questo caso se l'ape porta del polline la colonia in cui è andata lascia che liberi il polline e lasciano andare, altrimenti la uccidono.

I ferormoni sessuali sono i più importanti poiché possono essere creati anche artificialmente e quindi utilizzati per la cattura o il disorientamento sessuale. Sono formati da una miscela di molecole volatili in cui un componente maggioritario funge da ferormone sessuale. Generalmente vengono prodotti dalle femmine e possono fungere da:

- **aggregante:** porta i maschi verso la femmine che li produce
- **arrestante:** ferma i maschi che stanno andando verso la femmina
- **stimolante:** stimola i maschi che lo captano

al momento dell'emissione sono emessi due isomeri di ferormoni in miscela, ossia uno dominante che richiama i maschi ed uno definito antiferormone che garantisce che la femmina non venga fecondata da altre specie, definite gemelle, rispetto alla sua. Il ferormone viene emesso come filetto odoroso, emesso nell'aria, ed i maschi che lo captano volano contro vento seguendolo per arrivare alla femmina. Per creare i ferormoni artificiali prendono quelli creati dall'insetto e lo analizzano al gas-cromatografo, quindi guardano la molecola maggiormente presente, ossia il ferormone, e lo ricreano, controllando poi in laboratorio se sia effettivamente quello, mettendolo su un getto d'aria che dovrebbe richiamare i maschi di quella specie.

Oltre ai ferormoni, si distinguono le molecole che agiscono come messaggeri chimici ma tra specie diverse, e questi sono classificati come dei **semiochimici** che si distinguono in:

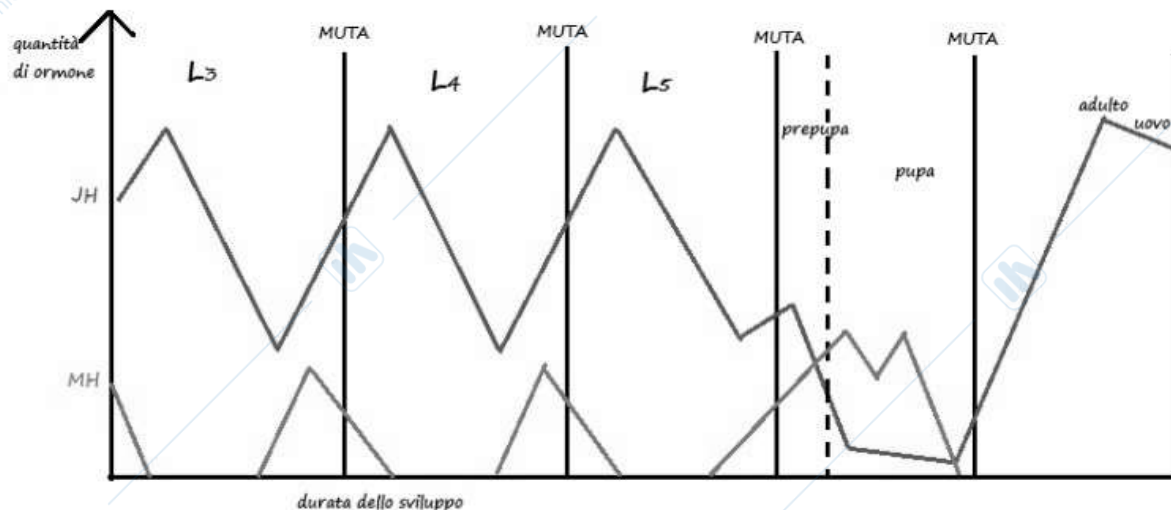
- **allomoni:** molecole chimiche che avvantaggiano la specie che li produce. Esempio gli Afidi che producono sostanze che richiamano le formiche che li difendono
- **kairomoni:** molecole prodotte da un individuo e che causano svantaggi per quel individuo. Esempio sono le molecole che richiamano i predatori
- **sinomoni:** l'insetto produce una molecola vantaggiosa sia per chi la produce sia per chi la riceve. Un esempio è la simbiosi mutualistica esterna
- **apneumoni:** sono sostanze emesse da materiale non vivente, esempio sono le sostanze chimiche volatili emesse dalle foraggere e che richiamano la mosca dal formaggio

SISTEMA ENDOCRINO: il sistema endocrino, nel suo complesso, svolge la funzione di regolazione fisiologica dell'individuo, strettamente collegato al sistema nervoso. Regola quindi l'accrescimento, lo sviluppo, la riproduzione, i ritmi biologici ed il metabolismo dell'insetto. Si distinguono diversi tipi di ghiandole:

- **cellule neuricrine del cervello:** sono gruppi di cellule del sistema nervoso che svolgono prevalentemente una funzione secernente. Gli ormoni liberati sono dei neuropeptidi come l'ormone cerebrale PTTH e l'ormone della schiusa EH
- **corpi cardiaci:** sono due organuli situati ai lati dell'aorta e connessi ai corpi allati. Hanno lo scopo di accumulo di ormoni, soprattutto dell'ormone cerebrale, che accumulano e liberano nel sangue dopo aver modificato la sua struttura chimica

- **ghiandole epitracheli:** sono ghiandole situate nelle trachea e producono un ormone importante, ossia l'ETH, ormone scatenante l'ecdisi, ossia il processo di sviluppo che porta alla formazione dell'adulto
- **complesso delle ghiandole endocrine:** è costituito dai corpi allati e dalle ghiandole prototoraciche. I **corpi allati** sono dei piccoli organuli di varia forma e diensione. Questi, dopo aver ricevuto l'impulso dall'ormone cerebrale PTTH, secernono l'ormone giovanile JH. Questo, se presente nell'emolinfa, mantiene giovane l'insetto e questo è utilizzato nella lotta agli insetti. Le **ghiandole prototoraciche**, invece, possono essere situate nel capo o nel torace dei giovani e generalmente scompaiono nell'adulto. Queste ghiandole producono, quando stimolato dall'ormone cerebrale PTTH, gli ectisteroidi MH, definiti anche ormoni della muta. Questi consentono il susseguirsi delle mute ed induce alla metamorfosi determinando lo stadio adulto dell'insetto quando scompare l'ormone giovanile. Lo sviluppo dell'insetto è infatti dato dall'equilibrio tra l'ormone della giovinezza e quello della muta: quando è maggiormente presente l'ormone giovanile resta giovane, ma quando scompare diventa adulto. Gli insetticidi juvenoidi fanno sì che la larva rimanga sempre negli stadi giovanili e non muti, portando alla morte, ma vengono utilizzati quando sono gli adulti a compiere il danno. Altri insetticidi sono gli ectisteroidi, o ectisoidi, che accelerano la muta facendo in modo che muti prima del momento opportuno, portandolo alla morte poiché non pronto a mutare

ORMONI E STADIO DI SVILUPPO: negli stadi di sviluppo iportanza rilevante la hanno gli ormoni della giovinezza JH e l'ormone della muta MH, ma anche gli ormoni scatenanti l'ecdisi EH e l'ormone della schiusa EH svolgono un ruolo importante poiché regolano la muta e la metamorfosi. La metamorfosi è il cambiamento da una fase di sviluppo, o età, a quella successiva, mentre la muta è la perdita della vecchia cuticola che è ormai stretta per l'insetto che si è formato. Ciò che succede agli ormoni durante la crescita viene riassunto nel grafico:



L sta per larva, e il numero che la accompagna rappresenta lo stadio (L3 significa larva di terza età). A separare le diverse fasi di larva c'è una muta, e si nota che cambia notevolmente la quantità di ormoni. Per ogni muta si viene a creare un dato rapporto dei due ormoni, ormone giovanile JH e ormone della muta MH. Al momento del passaggio da larva a muta cala in maniera drammatica l'ormone giovanile, e questo perché la pupa rappresenta un adulto in fase di formazione. Quando poi l'insetto diventa adulto torna ad aumentare la quantità dell'ormone giovanile, e questo perché serve per governare la produzione di uova negli ovari dove ha un effetto vitellogenico, ossia controlla la quantità di tuorlo nell'uovo che si sta formando.

ALTRI ORMONI: l'insetto produce anche altri tipi di ormoni, comunque importanti per l'insetto poiché regolano alcuni processi fondamentali nella sua vita. L'ormone bursicone è un ormone che regola l'espansione delle ali e l'indurimento della cuticola. La diuresi è controllata da due ormoni, uno diuretico e l'altro antidiuretico, che rispettivamente favorisce o blocca l'eliminazione delle sostanze di rifiuto attraverso le urine. L'ormone iperglicemico regola la quantità di glicogeno nell'insetto, e precisamente favorisce la trasformazione del glicogeno in trealosio aumentando così la quantità di zuccheri, mentre l'ormone ipoglicemico tende a ridurre la quantità di zuccheri. L'ormone peristalsico regola la peristalsi, ossia la contrazione ordinata e coordinata della muscolatura liscia. L'ormone adipocinetico invece regola la concentrazione di zuccheri nell'emolinfa.