

■ Il rivestimento degli animali

Il rivestimento degli organismi svolge un importante ruolo di **protezione**.

Oltre a ciò, il rivestimento contribuisce all'**omeostasi**. Con questo termine si intende la capacità degli esseri viventi di mantenere l'ambiente interno del loro corpo in condizioni costanti e controllate.

Il rivestimento che protegge il corpo degli organismi ha caratteristiche diverse nei vari gruppi animali.

Gli invertebrati presentano due tipi fondamentali di rivestimento: gli invertebrati con corpo molle hanno solo un **epitelio di rivestimento**, mentre gli invertebrati appartenenti al grande gruppo zoologico degli artropodi possiedono anche un **esoscheletro**.

Nei vertebrati il rivestimento esterno, la **pelle**, si diversifica a seconda dei gruppi zoologici.

La pelle ricopre interamente la superficie del corpo dell'organismo ed è composta da due strati.

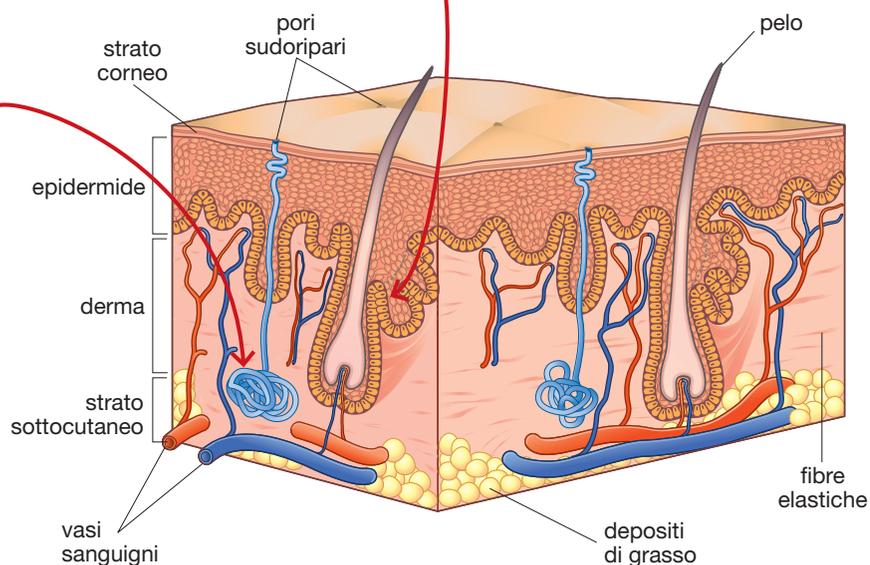
1. La parte più esterna, che riveste la superficie corporea, è l'**epidermide**, un epitelio squamoso organizzato in sottili strati sovrapposti. Nei vertebrati terrestri le cellule più superficiali dell'epidermide formano il cosiddetto **strato corneo**.

2. La parte più interna, situata immediatamente al di sotto dell'epidermide, è il **derma**. Esso è formato da diversi strati costituiti da tessuto connettivo ricco di collagene e di una proteina elastica che permette alla pelle di distendersi e di cambiare forma. Il derma è attraversato da terminazioni nervose e da vasi sanguigni; nella nostra specie vi si trovano anche le *ghiandole sudoripare* e le *ghiandole sebacee*.

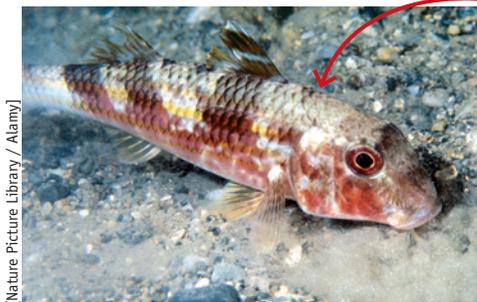
Sotto il derma è presente uno strato di **grasso sottocutaneo**: esso è un'importante riserva energetica ma soprattutto contribuisce in maniera importante ad isolare il corpo, trattenendo il calore corporeo negli animali che vivono in climi freddi.

Le **ghiandole sebacee** producono il sebo, una sostanza grassa che protegge ed ammorbidisce la pelle.

Le **ghiandole sudoripare** producono una soluzione salina che, evaporando, rinfresca la superficie del corpo. Essendo leggermente acida, questa soluzione difende l'epidermide dai batteri.



Pesci, anfibi, rettili, uccelli e mammiferi presentano inoltre numerose strutture annesse alla pelle che costituiscono un vero e proprio **apparato cutaneo**.



[Nature Picture Library / Alamy]

Le **scaglie** dei pesci sono costituite in massima parte da tessuto osseo che si origina nel connettivo del derma.

Gli anfibi hanno **pelle nuda**, ricca di ghiandole che producono un muco che mantiene umida l'epidermide.



[bitkwinnet / Alamy]



[A. Darrington / Alamy]

Le **squamae** presenti nei rettili sono strutture cornee di derivazione epidermica.



[A. Morris / Corbis]

Le **penne** degli uccelli si formano grazie a un'abbondante e regolare proliferazione delle cellule dell'epidermide. Queste si riempiono di cheratina, muoiono e danno così luogo a una struttura rigida.

I **peli** dei mammiferi sono strutture molto simili alle penne degli uccelli. Pur derivando dall'epidermide ed essendo costituiti da cheratina, i peli si originano e ricevono nutrimento da un *bulbo pilifero* situato in profondità nel derma. La loro funzione principale è di isolare il corpo e mantenere la temperatura costante.



[P. Chadwick / SPL / G. Neri]

Il controllo della temperatura corporea

Tutti gli animali hanno la necessità di mantenere la propria temperatura corporea all'interno di un intervallo piuttosto ristretto, in cui le cellule funzionano in maniera efficiente. In altre parole, ogni organismo deve controllare il **bilancio termico**, cioè fare in modo che il calore ceduto sia pari a quello acquistato.

Il calore è una forma di energia che si trasferisce esclusivamente da un corpo caldo a uno freddo. Il trasferimento può avvenire tramite quattro processi:

- per conduzione,
- per convezione,
- per irraggiamento,
- attraverso l'evaporazione.

Il riscaldamento per **irraggiamento** avviene tramite assorbimento di energia, ad esempio dal Sole.



[T. Bognar / Alamy]

La trasmissione del calore per **conduzione** si verifica attraverso il contatto diretto di due corpi a temperature differenti.

L'**evaporazione** permette uno scambio di calore grazie al rilascio o all'assorbimento di energia che si verifica nel momento in cui l'acqua cambia di stato fisico (dallo stato liquido a quello aeriforme).

La **convezione** si realizza quando il calore viene trasportato da un fluido, in genere aria o acqua, sulla superficie del corpo.

Ogni specie possiede degli adattamenti e ricorre a comportamenti che le consentono di evitare il surriscaldamento o l'eccessiva perdita di calore. Nei vertebrati si riconoscono due tipi di **termoregolazione**.

Gli animali **ectotermi**, comunemente detti animali «a sangue freddo», si riscaldano o si raffreddano rispettivamente assorbendo o cedendo il calore dall'ambiente che li circonda. Tra i vertebrati, sono ectotermi i pesci, gli anfibi e i rettili.

Gli animali **endotermi**, comunemente detti animali «a sangue caldo», oltre a scambiare calore con l'ambiente sono anche in grado di produrre calore attraverso il proprio metabolismo. Tra i vertebrati, sono endotermi gli uccelli e i mammiferi.

Mentre negli ectotermi la temperatura corporea varia notevolmente, negli endotermi si mantiene su valori piuttosto costanti. Per questa ragione gli animali endotermi vengono anche detti **omeotermi**.

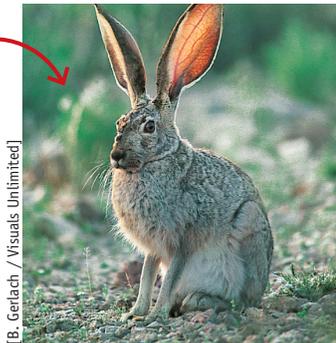
Gli animali che vivono in ambienti freddi possiedono adattamenti che permettono di conservare il più possibile il calore corporeo.

Ad esempio, una caratteristica dei mammiferi che vivono nei climi freddi è la presenza di una spessa **pelliccia** e di uno strato di **grasso sottocutaneo** i quali isolano il corpo dall'ambiente.

Gli animali che vivono nei climi caldi devono invece smaltire il calore in eccesso. Il processo di dispersione è favorito essenzialmente dalla **sudorazione**, che sottrae calore al corpo grazie al meccanismo dell'evaporazione.

La stessa **forma del corpo** di un animale influisce sul bilancio termico. In generale si può affermare che un corpo tozzo e una riduzione delle dimensioni delle appendici favorisce la conservazione del calore; al contrario, l'aumento della superficie delle appendici facilita la dispersione del calore.

La lepre americana (*Lepus californicus*) vive in clima caldo e dispone di una superficie corporea molto ampia rispetto al volume corporeo. I padiglioni auricolari, molto estesi e ricchi di vasi sanguigni, favoriscono la dispersione del calore in eccesso.



La lepre artica (*Lepus arcticus*) vive in un clima estremamente rigido. Le orecchie e gli arti ridotti diminuiscono il rapporto tra la superficie e il volume corporeo. La pelliccia e lo strato di grasso aumentano l'isolamento termico e aiutano a mantenere il calore corporeo.

Numerosi **comportamenti** animali hanno lo scopo di mantenere la temperatura corporea entro i limiti ottimali. Tali comportamenti sono tipici degli animali ectotermi in quanto queste specie non possono riscaldarsi attraverso il metabolismo. Il comportamento delle lucertole, e dei rettili in generale, che si riscaldano passando lunghi periodi distesi al sole, costituisce l'esempio più noto.

■ Il controllo della perdita d'acqua e della concentrazione dei sali

Le reazioni metaboliche fondamentali per la sopravvivenza degli organismi avvengono nel citosol delle cellule, una soluzione acquosa in cui sono presenti diversi sali, in proporzioni precise.

Se la concentrazione dei soluti aumenta o diminuisce eccessivamente, l'acqua si sposta, attraversando le membrane cellulari, in modo da portare la concentrazione allo stesso valore sia all'esterno sia all'interno della cellula.

Tale fenomeno viene chiamato **osmosi** e può causare alle cellule e ai tessuti biologici una perdita o un'assunzione eccessiva di acqua, e di conseguenza l'avvizzimento o il rigonfiamento delle cellule.

Per evitare ciò, in alcuni animali marini, detti **isosmotici**, la concentrazione salina dei liquidi corporei è uguale a quella dell'acqua di mare circostante.

Il mare è l'unico ambiente naturale in cui vivano organismi isosmotici.

Nelle cellule di invertebrati quali meduse, ostriche e aragoste il citoplasma possiede una concentrazione di soluti molto simile a quella dell'acqua marina. La quantità d'acqua che entra nel corpo di questi animali è quindi sempre pari a quella che esce.

La maggior parte degli animali marini, degli animali d'acqua dolce e degli animali terrestri possiede tuttavia una concentrazione diversa da quella del mezzo in cui vive e deve spendere energia per mantenere le condizioni in equilibrio: questi organismi sono detti **osmoregolatori**.

Gli animali d'acqua dolce possiedono liquidi interni con una concentrazione di sali superiore a quella del liquido che li circonda e quindi tenderebbero ad assorbire acqua per osmosi.

I pesci d'acqua dolce bilanciano questa tendenza grazie all'azione di tre apparati: l'apparato digerente, che preleva gli ioni dal cibo; l'apparato respiratorio, costituito dalle branchie, che è in grado di prelevare i pochi sali minerali presenti nell'acqua dolce; l'apparato escretore, che produce un'urina molto diluita. Questa **urina ipotonica**, cioè avente una bassa concentrazione di soluti, viene prodotta in grande quantità e costituisce il principale meccanismo di smaltimento dell'eccesso di acqua nei pesci d'acqua dolce.

I pesci di mare hanno problemi esattamente opposti rispetto a quelli degli animali d'acqua dolce. Essendo la concentrazione interna dei loro liquidi minore di quella dell'acqua del mare, questi organismi devono continuamente contrastare la tendenza delle proprie cellule a perdere acqua. I liquidi vengono assunti bevendo acqua di mare e gli ioni in eccesso, soprattutto ioni sodio (Na^+) e cloruro (Cl^-), vengono eliminati attraverso le branchie.

Gli animali terrestri perdono acqua attraverso:

- la respirazione polmonare;
- la traspirazione dalla pelle;
- la produzione di urina;
- l'eliminazione delle feci.

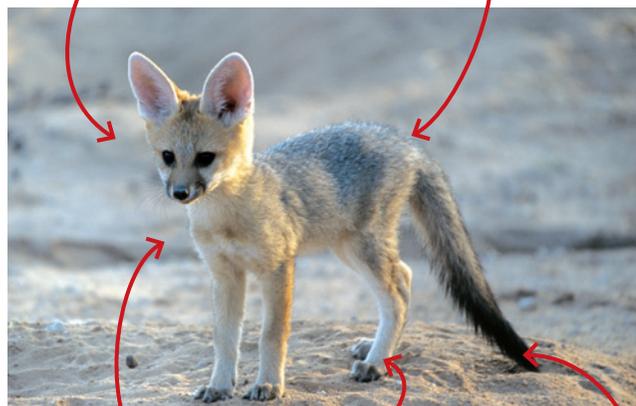
Il reintegro dei liquidi perduti avviene invece attraverso:

- l'assunzione diretta d'acqua, cioè bevendo;
- l'assunzione dei cibi (mangiando);
- la respirazione cellulare, in quanto l'acqua è tra i prodotti dell'ossidazione degli zuccheri.

La *disidratazione* è un rischio reale per gli animali che vivono sulla terraferma, per cui hanno sviluppato degli adattamenti per evitarla.

Assunzione di acqua e sali attraverso i cibi.

Reintegro di acqua con la respirazione cellulare.



[P. Chadwich / SPL / Grazia Neri]

Perdita d'acqua con la respirazione polmonare.

Escrezione tramite i reni di acqua e sali nelle urine.

Perdita di acqua con l'eliminazione delle feci.

■ Gli animali eliminano le sostanze di rifiuto

Gli animali devono eliminare alcune sostanze di rifiuto prodotte dal metabolismo.

Un gruppo di sostanze che deve essere eliminato è costituito da alcuni composti azotati (contenenti il **gruppo amminico** $-\text{NH}_2$) tossici. Essi provengono dalla demolizione delle proteine e degli acidi nucleici.

Il modo in cui i composti azotati vengono eliminati costituisce il processo di **escrezione** e varia a seconda dell'animale e del suo habitat.

Gli invertebrati semplici, la maggior parte dei pesci e, più in generale, degli animali che vivono in acqua eliminano l'azoto in forma di **ammoniaca**, una sostanza chimicamente semplice ma molto tossica.

Anche a una bassa concentrazione, l'ammoniaca (NH_3) non può essere immagazzinata nel corpo proprio per la sua tossicità. Essa è un composto molto solubile in acqua e, pertanto, diffonde dalle cellule degli animali acquatici direttamente nel mezzo che li circonda. I pesci eliminano l'ammoniaca principalmente attraverso le branchie, mentre gli invertebrati la espellono attraverso l'intera superficie corporea. L'escrezione dei composti azotati in forma di ammoniaca presenta il vantaggio di non richiedere all'animale alcun dispendio energetico.

Gli organismi terrestri, invece, ricorrono a composti chimici più complessi ma meno pericolosi: i mammiferi, gli anfibi, ma anche gli squali e alcuni pesci eliminano l'azoto sotto forma di **urea**.

Gli animali che vivono sulla terraferma non possono difatti eliminare l'ammoniaca per semplice diffusione verso l'esterno: essa diffonde molto più lentamente nell'aria che nell'acqua. Questi animali trasformano – nel fegato – l'ammoniaca in urea: $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$.

Grosse quantità di urea possono sciogliersi in piccoli volumi d'acqua, limitando così la perdita di liquido. Le reazioni che dai gruppi amminici portano alla produzione di urea hanno però un costo energetico per l'organismo. Il consumo di energia e la perdita d'acqua che richiedono la produzione e l'escrezione dell'urea non sono del tutto trascurabili.

Gli uccelli, gli insetti e la maggior parte dei rettili eliminano invece l'azoto sotto forma di **acido urico**.

La molecola dell'acido urico è molto più complessa degli altri composti azotati e la sua sintesi richiede una quantità maggiore di energia rispetto alla produzione di urea.

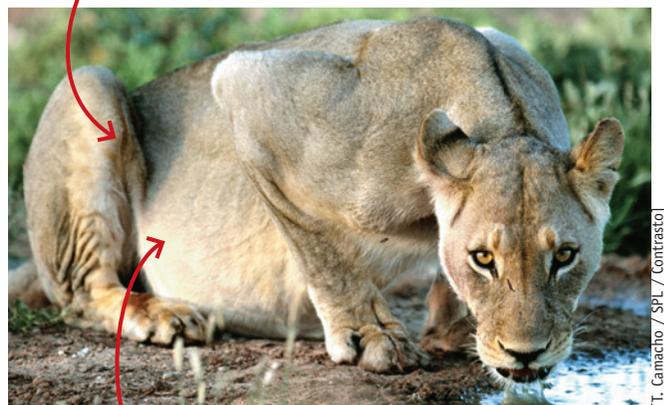
Introduzione nel corpo dei gruppi amminici ($-\text{NH}_2$) tramite il cibo.



[Images & Stories / Alamy]

Eliminazione dei composti azotati sotto forma di ammoniaca.

Introduzione di gruppi amminici ($-\text{NH}_2$) con la dieta.



[T. Canachio / SPL / Contrasto]

Eliminazione dei composti azotati tramite l'urea.

L'acido urico può però venire espulso in forma di piccoli cristalli solidi, oppure insieme alle feci come liquido biancastro o polvere secca. L'energia spesa per la produzione di acido urico è compensata quindi con un notevole risparmio idrico.

Introduzione di gruppi amminici ($-\text{NH}_2$) con l'alimentazione.



Eliminazione dei composti azotati tramite l'acido urico.

Il sistema escretore umano

Gli organi principali del sistema escretore sono i **reni**, i quali filtrano costantemente il sangue.

I reni contengono circa 80 km di sottilissimi tubicini (i **tubuli renali**) e una intricata rete di capillari sanguigni.

Il rene è diviso in due regioni: la **regione corticale**, più esterna, e la **regione midollare**, più interna. Nella regione midollare si trova la *pelvi renale* da cui parte un condotto, detto *uretere*, che trasporta l'urina alla *vescica*.

Ciascun rene contiene circa un milione di **nefroni** che rappresentano le unità funzionali degli organi escretori. Ciò significa che ciascun nefrone, preso singolarmente, svolge la stessa funzione dell'intero rene.

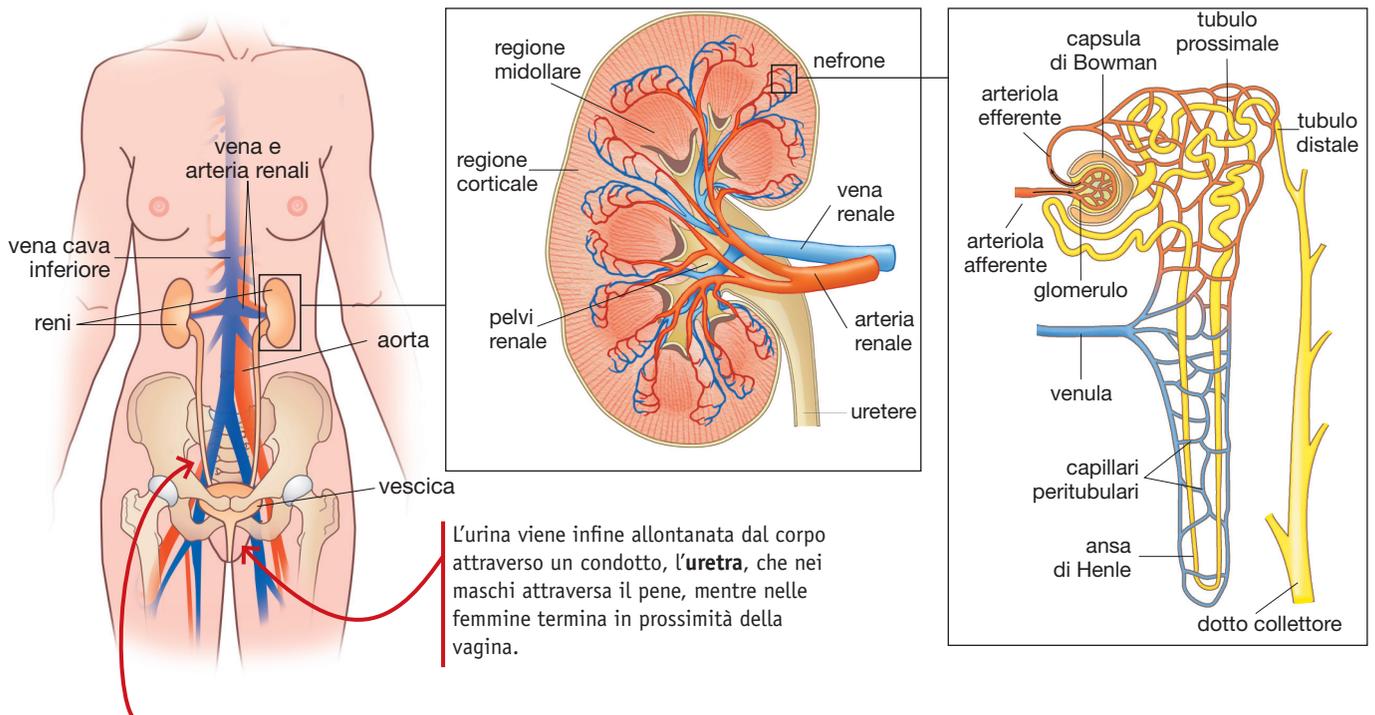
Un nefrone è costituito da un **tubulo**, al quale sono associati alcuni capillari. Il tubulo ha origine in una struttura a coppa, detta **capsula di Bowman**, che circonda un ammasso di capillari finissimi, detto **glomerulo**.

Il glomerulo produce il **filtrato**: una soluzione composta da acqua, urea e diversi ioni inorganici (Na^+ , K^+ , Cl^- ecc.).

Il filtrato viene poi rielaborato nella parte successiva del tubulo renale, in cui si riconoscono tre tratti:

1. il **tubulo prossimale**, situato, come i glomeruli, nella regione corticale,
2. l'**ansa di Henle**, individuabile nel tratto ad uncino situato nella regione midollare,
3. il **tubulo distale**, che sbocca nel dotto collettore ed è collocato nella regione corticale.

Durante l'attraversamento di questi tre tratti e nel dotto collettore il filtrato viene trasformato in **urina**. L'urina è un liquido appena più denso dell'acqua, il cui colore giallastro è dovuto alla presenza di un pigmento proveniente dalla degradazione dell'emoglobina. Essa contiene principalmente *urea*, anche se la sua composizione precisa può variare.



L'urina viene infine allontanata dal corpo attraverso un condotto, l'**uretra**, che nei maschi attraversa il pene, mentre nelle femmine termina in prossimità della vagina.

L'urina fuoriesce dai reni attraverso un dotto chiamato **uretere**, che la porta alla vescica, una sorta di serbatoio che la raccoglie temporaneamente.

La produzione dell'urina avviene in diverse fasi successive.

1. Il primo passo è rappresentato dalla **filtrazione** del sangue, che si compie nei glomeruli renali. Tale filtrazione trattiene nel sangue i corpi di dimensioni maggiori, le cellule e le proteine plasmatiche, ma consente il passaggio nel filtrato dell'acqua e delle molecole più piccole.
2. Il **riassorbimento** è il processo tramite il quale l'acqua e le altre sostanze utili all'organismo (glucosio, ioni, amminoacidi ecc.) passano dal tubulo ai capillari sanguigni che lo circondano.
3. La **secrezione** è l'eliminazione delle sostanze tossiche o in eccesso presenti nel sangue.
4. L'**escrezione** è il processo finale, nel quale le sostanze secrete vengono eliminate sotto forma di urina.

L'insieme di questi processi è molto efficiente e consente di eliminare giornalmente circa 1,5 litri di urina: una perdita di liquido accettabile e facilmente reintegrabile dal nostro organismo.

■ Il mantenimento dell'omeostasi nelle piante

La perdita d'acqua per **evapo-traspirazione** rappresenta il problema principale per il mantenimento dell'omeostasi negli organismi vegetali. Il reintegro dell'acqua può diventare un problema critico qualora il suolo inaridisca e venga a mancare un adeguato assorbimento d'acqua da parte delle radici, come nei periodi di siccità.

Le piante adattate agli ambienti aridi sono dette **xerofite**. Esse hanno sviluppato una serie di adattamenti particolari che permettono di ridurre l'evapo-traspirazione. La riduzione delle **dimensioni delle foglie** è la soluzione più immediata, in quanto diminuendo la superficie di traspirazione si riduce la perdita d'ac-

qua attraverso gli stomi. Un altro adattamento comune è la presenza sulla superficie delle foglie di una densa **peluria**, che trattiene l'umidità.

Una strategia alternativa è l'aumento dell'estensione e della **profondità delle radici**, allo scopo di assorbire dal suolo la massima quantità d'acqua possibile.

Gli adattamenti non riguardano soltanto foglie e radici, ma interessano anche le strategie riproduttive della pianta stessa. Molte specie vegetali che vivono nei deserti, per esempio, sono *piante annuali*. Queste piante producono semi capaci di rimanere quiescenti e di sopportare prolungati periodi di siccità.

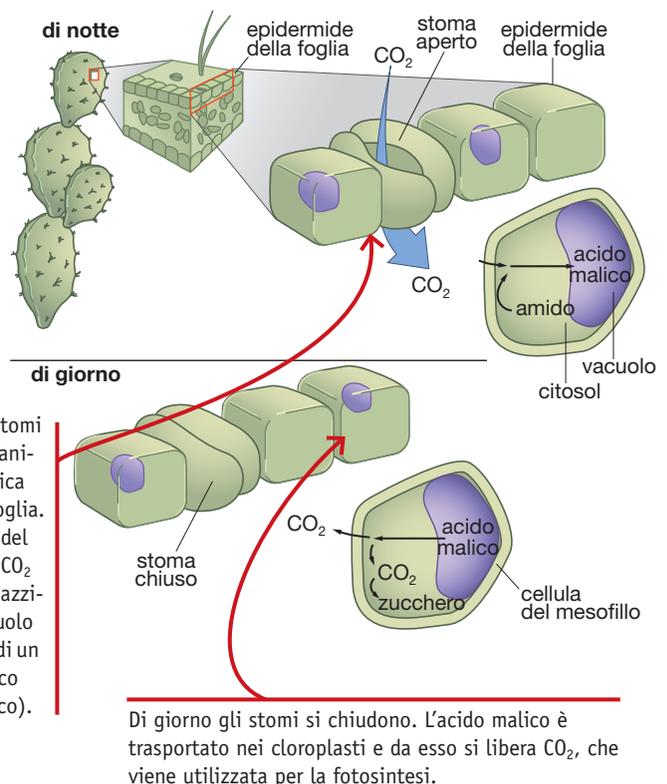
Le **Crassulacee** (piante succulente come i cactus) possiedono foglie carnose in grado di immagazzinare molta acqua. Se si osserva il ciclo di apertura e chiusura degli stomi, si nota che le Crassulacee hanno un ciclo invertito rispetto a quello delle altre piante: durante la notte quando la temperatura non è elevata e la perdita d'acqua per traspirazione è scarsa, le Crassulacee tengono aperti gli stomi; nelle prime ore del mattino gli stomi si chiudono per evitare la perdita d'acqua delle ore più calde.

Il sistema che permette questo ciclo invertito è detto *meccanismo acido delle Crassulacee*, abbreviato in **CAM**, e consente di accumulare l'anidride carbonica all'interno della cellula durante la notte per utilizzarla nella fotosintesi durante il giorno. La CO_2 entra nella foglia durante il periodo notturno di apertura degli stomi e viene immagazzinata nei vacuoli in forma di acido organico complesso (acido malico). Nelle ore diurne, le piante CAM sono in grado di riottenere l'anidride carbonica partendo dall'acido organico e, in presenza di luce, di effettuare la fotosintesi.

In alcuni ambienti particolari, lo sviluppo della vegetazione è limitato non dalla carenza d'acqua ma da un eccesso di sali nel terreno.

Un'elevata concentrazione di sali nel terreno impedisce infatti l'assorbimento dell'acqua da parte delle radici, in quanto la pianta perderebbe acqua, per osmosi, piuttosto che assorbirla.

Alcune specie di piante, chiamate **alofite**, hanno sviluppato degli adattamenti per poter vivere in ambienti salini. Alcune specie mantengono al loro interno una concentrazione di sali ancora più elevata di quella del suolo in modo tale che l'acqua possa entrare nelle cellule; altre invece riescono ad assorbire l'acqua ricca di soluti ed eliminano poi i sali in eccesso attraverso delle ghiandole – dette *ghiandole del sale* – presenti sulle foglie.

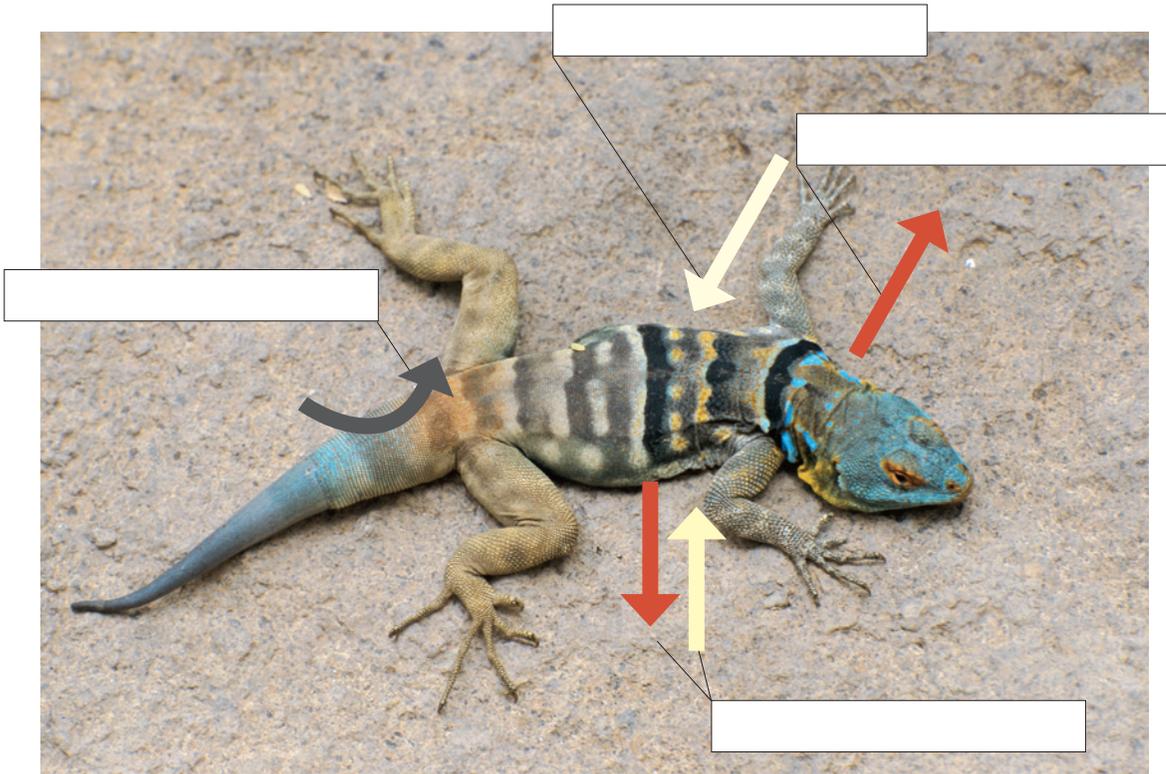


Di notte gli stomi si aprono e l'anidride carbonica entra nella foglia. Nelle cellule del mesofillo, la CO_2 viene immagazzinata nel vacuolo sotto forma di un acido organico (l'acido malico).

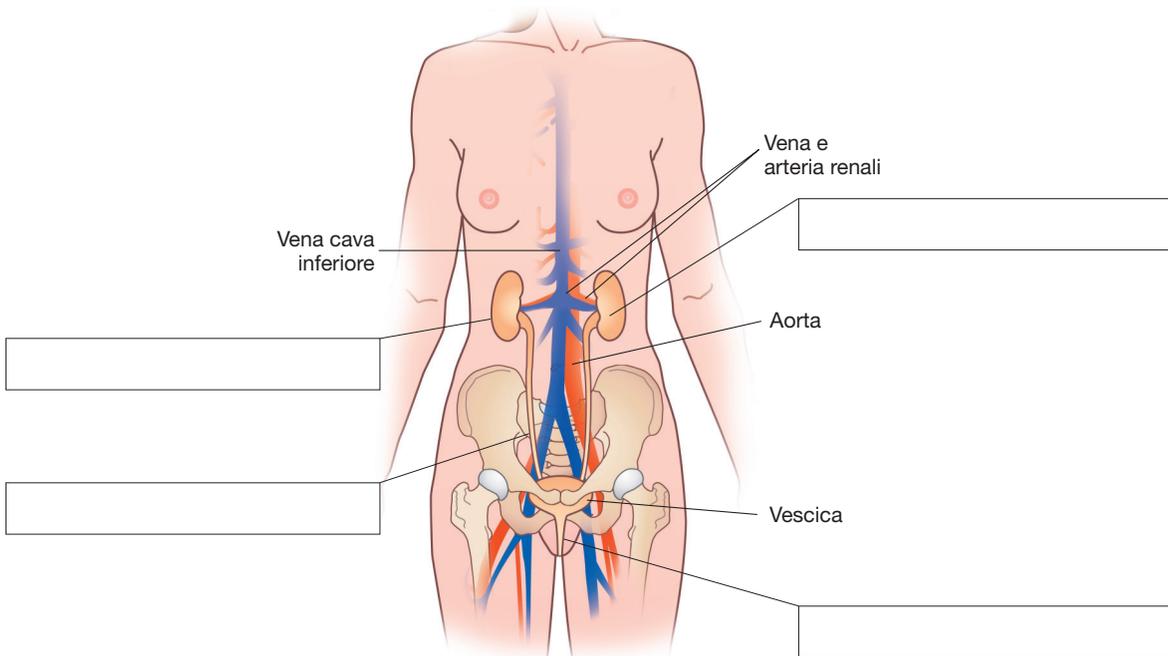
Di giorno gli stomi si chiudono. L'acido malico è trasportato nei cloroplasti e da esso si libera CO_2 , che viene utilizzata per la fotosintesi.

UNITÀ 9. Il controllo dell'ambiente interno e l'escrezione

1 Completa la figura indicando in quali modi un animale può scambiare calore con l'ambiente.



2 Completa la figura relativa all'apparato escretore, utilizzando i seguenti termini: uretere, pelvi renale, uretra, rene.



3 Completa le seguenti frasi scegliendo i termini corretti tra quelli indicati nei corrispondenti riquadri.

A. L'apparato cutaneo dei vertebrati è formato da uno strato superficiale, detto, e uno strato più profondo, detto

derma, annesso cutaneo, pelo, epidermide, squame

B. Gli animali si riscaldano e si raffreddano esclusivamente scambiando calore con l'ambiente circostante, gli animali possono produrre calore grazie al loro metabolismo.

endotermi, isosmotici, ectotermi, osmoregolatori

C. I pesci d'acqua dolce producono urina per eliminare l'acqua che entra per I pesci d'acqua marina eliminano l'eccesso di per escrezione attraverso le

osmosi, ipertonica, sali, ipotonica, branchie, acqua, pinne, diffusione

D. L'eliminazione dei residui in forma di richiede una notevole spesa energetica, ma consente di risparmiare

azotati, alimentari, urea, ammoniacca, acqua, acido urico

E. L'unità funzionale del rene è il, costituito dalla capsula di Bowman e da un lungo che sbocca nel dotto collettore.

tubulo, ansa di Henle, nefrone, glomerulo, uretra

F. Le piante adattate a vivere in ambienti aridi vengono dette, mentre le piante adattate ad ambienti salini vengono dette

xerofite, piante CAM, piante annuali, alofite, Crassulacee