

Il ciclo del carbonio

Gli atomi di carbonio sono continuamente riciclati

Quasi tutte le molecole di cui sono fatti gli organismi viventi (carboidrati, grassi e proteine) contengono atomi di carbonio. Questi atomi passano continuamente da un organismo all'altro, all'atmosfera e al suolo. L'insieme dei possibili percorsi di un atomo di carbonio prende il nome di ciclo del carbonio (figura 5.1).

La fotosintesi utilizza anidride carbonica

Circa lo 0,04 % dell'aria è anidride carbonica, che le piante utilizzano nella fotosintesi per produrre zuccheri; il carbonio dell'anidride carbonica, quindi, diviene parte delle molecole alimentari. Le piante, però, possono fotosintetizzare solamente durante il giorno, perché la fotosintesi ha bisogno dell'energia della luce solare.

La respirazione produce anidride carbonica

Tutti gli esseri viventi hanno bisogno di energia, che ottengono dagli alimenti. Quando dai cibi viene liberata energia si produce anidride carbonica: è da qui che proviene l'anidride carbonica contenuta nell'aria. Tutti gli esseri viventi respirano, e quindi tutti producono anidride carbonica. Persino le piante ne producono in continuazione, ma durante il giorno ne utilizzano per la fotosintesi più di quanta ne producono nella respirazione cellulare; facendo un bilancio netto, è possibile affermare che durante il giorno le piante assorbono anidride carbonica e durante la notte ne emettono.

I decompositori liberano anidride carbonica

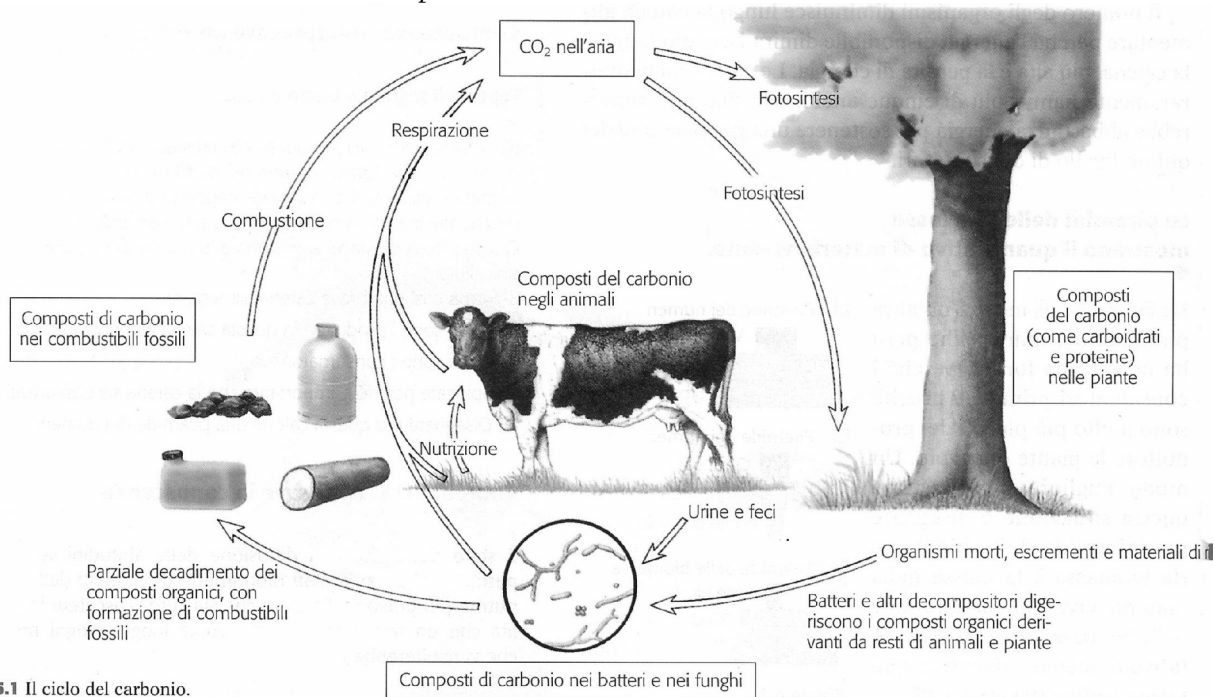


Figura 5.1 Il ciclo del carbonio.

Le piante e gli animali morti contengono una grande quantità di carbonio, e così pure i materiali organici di scarto, come l'urina, le feci e le foglie cadute. I decompositori degradano le molecole dei corpi morti e dei materiali di rifiuto e le usano per costruire i loro corpi, ma ne usano una parte anche per la respirazione cellulare e, facendo questo, liberano anidride carbonica.

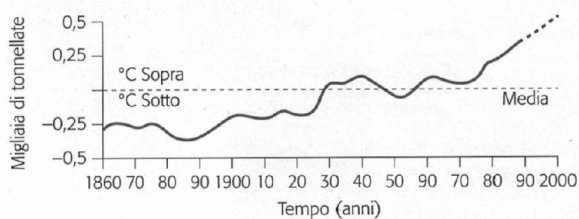
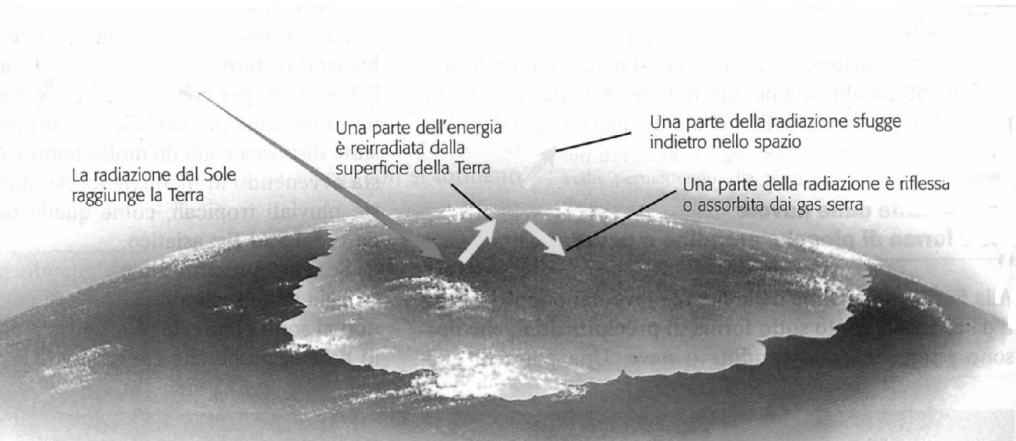
La combustione produce anidride carbonica

Tutti i materiali, quando bruciano, reagiscono con l'ossigeno dell'aria. I combustibili che noi usiamo contengono carbonio, che reagisce con l'ossigeno dell'aria formando anidride carbonica. Come è finito il carbonio nei combustibili? Esso proviene da antichi organismi. I combustibili fossili, come il carbone, il petrolio e il gas, si sono formati da piante e batteri rimasti sepolti per tempi lunghissimi.

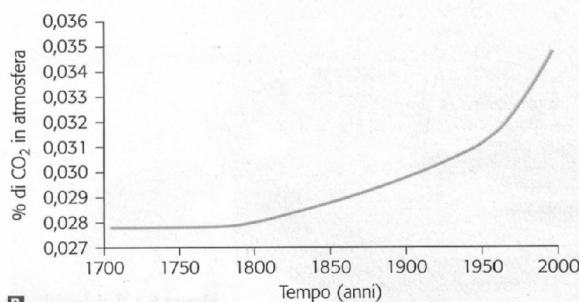
L'aumento dell'effetto serra e il riscaldamento globale

L'anidride carbonica dell'aria si comporta un po' come il vetro di una serra. Essa lascia passare i raggi del Sole, una parte dei quali riscalda la superficie terrestre; una certa quantità di questo calore viene irradiato dalla Terra indietro verso lo spazio, mentre una parte rimane intrappolata sulla Terra. Questo fenomeno è chiamato effetto serra. Senza l'anidride carbonica la Terra perderebbe molto più calore e sarebbe molto più fredda di quanto sia adesso. Sarebbe un pianeta gelido, senza vita. La fotosintesi toglie anidride carbonica dall'aria, mentre la respirazione cellulare e le combustioni ve ne immettono. Questi processi si equilibrano l'un l'altro, cosicché il quantitativo di anidride carbonica nell'aria rimane approssimativamente lo stesso. Ma gli esseri umani hanno modificato questo equilibrio bruciando combustibili fossili e tagliando e bruciando boschi e foreste. Tutto questo libera nell'aria un surplus di anidride carbonica che aumenta l'effetto serra; in conseguenza a ciò, la Terra sta diventando più calda e questo fenomeno è chiamato riscaldamento globale. L'anidride carbonica non è l'unico gas che si comporta come una coperta attorno alla Terra. Anche il metano ha un effetto simile; benché nell'atmosfera vi sia molto meno metano che anidride carbonica, il suo quantitativo è in aumento e il suo effetto sul riscaldamento globale non è insignificante. Non sappiamo fino a che punto arriverà il riscaldamento globale o quali saranno i suoi effetti; per esempio, esso potrebbe modificare i modelli della meteorologia sulla Terra: alcune zone diventeranno più aride, mentre altre diventeranno più umide. Il riscaldamento globale, inoltre, potrebbe far sciogliere l'acqua contenuta, a nel ghiaccio dei Poli, facendo crescere il livello dei mari e inondando molte grandi città.

Figura 5.2 L'effetto serra. La radiazione proveniente dal Sole attraversa l'atmosfera e raggiunge la superficie terrestre; da qui una parte viene riflessa, mentre la rimanente viene assorbita e irradiata di nuovo come calore. Una parte di questo calore sfugge nello spazio, ma una parte viene trattenuta dall'atmosfera. I gas come l'anidride carbonica, l'ozono e il metano fanno aumentare il quantitativo di calore che viene trattenuto, provocando un riscaldamento della Terra.



A



B

Figura 5.3

A Temperature globali dell'aria di superficie.

La linea tratteggiata orizzontale mostra la temperatura media dell'aria sulla superficie della Terra, calcolata dalle misurazioni rilevate in tutto il mondo tra il 1950 e il 1979.

Otto dei nove anni più caldi di questo secolo si sono verificati negli anni Ottanta del ventesimo secolo. Nel 1988 la temperatura globale media è stata 0,34 °C sopra la media di lungo periodo. Non sappiamo se questo è stato causato dall'aumento delle emissioni di anidride carbonica, o se c'è stata qualche altra causa naturale.

B Livello dell'anidride carbonica nell'atmosfera. Negli anni recenti il livello di CO₂ ha cominciato a salire molto più rapidamente che in passato. Il livello dell'anidride carbonica nel diciottesimo e diciannovesimo secolo è stato rilevato dalle bolle d'aria rimaste intrappolate nel ghiaccio dei Poli.

Controllo delle conoscenze

Rispondete ai seguenti quesiti.

- Qual è la percentuale di anidride carbonica nell'atmosfera?
- Quale processo sottrae anidride carbonica dall'atmosfera?
- Quali processi la reimmettono?

Il ciclo dell'azoto

Negli ecosistemi parecchi elementi chimici vengono riciclati

Le molecole di cui sono costituiti gli organismi viventi contengono diversi elementi, fra i quali idrogeno, carbonio, ossigeno, azoto e fosforo. Le molecole che contengono gli atomi di questi elementi vengono assemblate da un organismo, demolite e ricostruite in un altro organismo, demolite di nuovo e così via, passando da un organismo all'altro. Un singolo atomo sarà utilizzato più e più volte mentre passa fra gli organismi viventi, l'aria, il suolo e l'acqua. Chissà dove sono stati gli atomi che oggi compongono il vostro corpo! Il carbonio è necessario per quasi tutte le molecole biologiche: si trova nei carboidrati, nelle proteine, nei grassi e in molte altre sostanze. Il fosforo è necessario per costruire molte importanti sostanze di tutti gli esseri viventi, fra cui il materiale genetico (il DNA) e anche l'ATP, la molecola ricca di energia che è coinvolta nel processo di respirazione cellulare. L'azoto è anch'esso necessario per costruire la molecola del DNA ed è un componente base di tutte le proteine.

L'azoto allo stato gassoso non può essere utilizzato dalle piante e dagli animali

Tutti gli esseri viventi hanno bisogno di azoto. Nell'aria ce n'è molto (circa il 79 % dell'aria è azoto allo stato gassoso) e quindi non dovrebbe esserci nessun problema. Gli esseri viventi potrebbero ricavare l'azoto dall'aria. Questo, però, non è possibile. Le molecole del gas azoto, N_2 , sono composte da due atomi di azoto tenuti insieme da tre forti legami covalenti; quindi, queste molecole sono molto stabili e non reagiscono con facilità con altre sostanze. Quando respiriamo aria, le molecole di azoto entrano nel nostro corpo, viaggiano nel sangue e sono di nuovo espirate. Esse non reagiscono all'interno dell'organismo e non sono di alcuna utilità. Prima che le piante e gli animali possano utilizzare l'azoto occorre che esso sia convertito in una forma più reattiva. Le piante possono utilizzare l'azoto sotto forma di nitrati (NO_3^-) o come sali di ammonio (NH_4^+); gli animali possono solo utilizzare l'azoto sotto forma di composti organici, come ad esempio le proteine. La conversione del gas azoto in forme più reattive è detta fissazione dell'azoto.

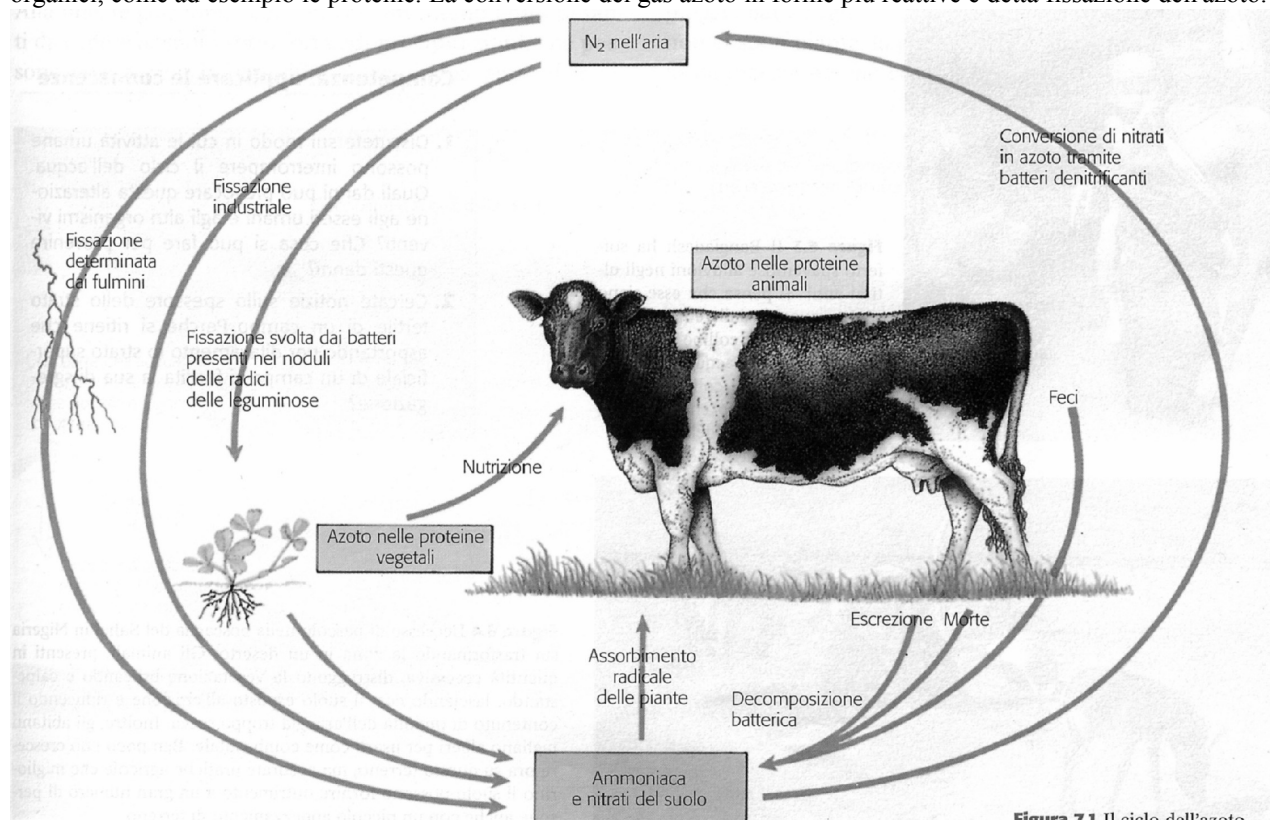


Figura 7.1 Il ciclo dell'azoto.

La fissazione dell'azoto può essere effettuata da alcuni batteri

Ci sono diversi modi (naturali o artificiali) in cui il gas azoto dell'aria può essere convertito in ioni nitrato e ammonio :

- I fulmini, quando attraversano l'aria, forniscono una violenta esplosione di energia che può separare i due atomi della molecola di azoto. Ogni atomo può allora reagire con l'ossigeno dell'aria e formare ossidi di azoto, che poi si sciolgono nelle goccioline di pioggia e cadono al suolo. Qui si combinano con altre sostanze e formano i nitrati.
- L'industria chimica produce ammoniaca combinando l'azoto con idrogeno in quello che è chiamato processo Haber. L'ammoniaca è poi usata per produrre i fertilizzanti che gli agricoltori e i giardinieri spargono sul terreno.
- I batteri azotofissatori sono capaci di combinare l'azoto gassoso con l'idrogeno e con altri elementi. Alcuni batteri azotofissatori vivono liberi nel suolo, ma molti vivono in piccoli rigonfiamenti, o noduli, situati sulle radici di alcune piante. Sia i batteri sia le piante beneficiano di questa combinazione. I batteri ricevono carboidrati e altre sostanze che le piante producono per fotosintesi, mentre le piante si procurano i composti azotati che usano per produrre proteine. Questo tipo di stretta relazione fra due differenti tipi di organismi, dalla quale entrambi traggono beneficio, chiamata mutualismo.

I fertilizzanti possono provocare eutrofizzazione

Gli agricoltori usano i fertilizzanti per migliorare la crescita e la resa delle coltivazioni. In questo modo è possibile produrre più cibo in appezzamenti di terreno più piccoli, mantenendo bassi i prezzi degli alimenti. Molti agricoltori usano fertilizzanti inorganici prodotti dall'industria chimica che spesso contengono tre minerali particolarmente importanti per le piante. Azoto (sotto forma di nitrati), fosforo (sotto forma di fosfati) e potassio; questi fertilizzanti sono chiamati NPK (N è il simbolo dell'azoto, P del fosforo e K del potassio). Altri agricoltori usano fertilizzanti organici, come lo sterco degli animali d'allevamento. Qualunque sia il tipo di fertilizzante usato, è importante che esso non venga usato in eccesso, ma che ne venga distribuita sul terreno solo la quantità necessaria alla coltivazione cui è destinato. Un eccesso di fertilizzante, infatti, non solo corrisponde a uno spreco di denaro da parte degli agricoltori, ma è una fonte di inquinamento di torrenti, fiumi e laghi. Infatti, se le coltivazioni non assumono abbastanza in fretta tutto il fertilizzante, la pioggia lo dilava o, come si dice, lo liscivia dal suolo e lo trasporta nei corsi d'acqua. Quando gli ioni nitrato e fosfato entrano in un corso d'acqua, vengono utilizzati dalle piante acquatiche e dalle alghe che cominciano a crescere molto velocemente. Ne deriva la cosiddetta fioritura algale: l'acqua diventa opaca e verde, e la sua superficie si copre di uno spesso strato di alghe verdi. Alcune di queste alghe producono dei veleni, o tossine, che possono uccidere gli animali acquatici o quelli che la bevono. Alla fine le alghe muoiono e forniscono cibo per i batteri, la cui popolazione cresce rapidamente. I batteri respirano utilizzando ossigeno sciolto nell'acqua, che comincia a diminuire. Quando l'ossigeno non è più sufficiente per i pesci, essi cominciano a morire. Questa sequenza di eventi è chiamata eutrofizzazione. Oltre che dai fertilizzanti, l'eutrofizzazione può essere causata anche da altri inquinanti che forniscono sostanze nutritive ai batteri: per esempio, i liquami non depurati; essi, di solito, non contengono nitrati, ma fosfati (derivanti dai detersivi domestici e dalle industrie) e molecole biologiche (che forniscono sostanze nutritive ai batteri).

I batteri convertono le proteine in ammoniaca oppure nitrati

Una volta che l'azoto è stato fissato in sali d'ammonio o in nitrati, può essere assimilato dalle piante attraverso le radici, combinato in composti di azoto con le molecole prodotte dalla fotosintesi e assemblato così in proteine. Gli animali, poi, si procurano le proteine mangiando le piante o altri animali. L'azoto di queste proteine, alla fine, ritorna al suolo quando le piante e gli animali muoiono: i decompositori del terreno, tra cui i batteri della putrefazione, secernono enzimi che scindono le proteine degli organismi morti in amminoacidi e convertono questi ultimi in ammoniaca. Lo stesso avviene con i materiali di rifiuto azotati, come per esempio l'urina. Altri batteri del suolo, detti batteri nitrificanti, convertono l'ammoniaca in nitrati che possono essere assimilati dalle piante attraverso le radici e utilizzati per produrre di nuovo proteine.

L'agricoltura e gli ecosistemi

I primi uomini erano cacciatori-raccoglitori; essi trovavano nutrimento dovunque potessero, raccogliendo frutti spontanei, radici e foglie, e uccidendo animali selvatici per usarne la carne e le pelli. Adesso sono molto pochi gli esseri umani che vivono in questo modo: la maggior parte di noi dipende dall'agricoltura per il rifornimento di cibo. Esercitare l'agricoltura significa coltivare messi e allevare animali per produrre cibo. L'agricoltura ha prodotto grandi cambiamenti nell'ambiente in cui viviamo. La vegetazione naturale è stata eliminata per far posto alle coltivazioni, e invece della varietà di piante e di animali che vivevano in una zona, ora ce ne sono solo pochi: dove c'era bosco con tante specie di piante, magari adesso c'è solo un campo di frumento (figura 8.1). Dove c'era una foresta con tante specie di animali, magari adesso c'è un pascolo per le pecore. Lasciati a se stessi, i terreni tornerebbero allo stato originale. Se smettessimo di coltivare, la maggior parte del terreno gradualmente diverrebbe di nuovo foresta; potrebbe anche essere bellissimo, ma non riuscirebbe più a procurarci cibo sufficiente. L'agricoltura ha un ruolo fondamentale per alimentare il grande numero di esseri umani che c'è sulla Terra, poiché produce più cibo di quanto non possano fare la caccia e la raccolta.

A partire dalla metà del ventesimo secolo, l'agricoltura è diventata intensiva; ciò significa che gli agricoltori si sono sforzati di produrre sempre più cibo da ogni singolo appezzamento di terreno. I governi li hanno incoraggiati in questa direzione, dato che l'agricoltura intensiva produce molto di più, e a costi più bassi, rispetto ai vecchi metodi di coltivazione.

L'agricoltura intensiva, però, provoca degli inconvenienti. Molte persone, per esempio, non sono favorevoli alla produzione intensiva di uova, perché non piace loro l'idea che le galline siano costrette in spazi ristretti con ridotte possibilità di movimento. C'è sempre più gente disposta a pagare di più per le uova di galline ruspanti, piuttosto che comprare a prezzo più basso uova provenienti da una produzione intensiva. Anche le coltivazioni intensive possono provocare inconvenienti: per ottenere da un campo la massima produttività possibile, l'agricoltore deve utilizzare molti fertilizzanti, che rischiano di finire nei corsi d'acqua, danneggiando gli ecosistemi. L'agricoltore, inoltre, deve irrorare le coltivazioni con insetticidi per distruggere animali e insetti nocivi che danneggiano i raccolti, probabilmente uccidendo



Figura 8.1 Campo di frumento maturo. Una grande area coltivata con un solo tipo di piante è detta monocultura. Le monoculture sono molto produttive, ma riducono la varietà di animali e di piante che vivono in quella zona. Inoltre, la popolazione di parassiti del frumento può diventare numerosa a causa della forte disponibilità di cibo.

anche altri animali innocui. Egli usa macchinari pesanti per arare, seminare, curare e raccogliere i prodotti, ma questo tende a danneggiare il suolo compattandolo. L'agricoltore, infine, deve ripulire completamente il terreno da tutte le altre piante prima di seminare, ma se il suolo rimane a lungo senza piante va incontro a fenomeni di erosione.

Negli ultimi anni c'è stata una crescente preoccupazione sulla possibilità che l'agricoltura danneggi gli ecosistemi, e molti agricoltori ora hanno gran cura dei loro terreni. Una buona soluzione sarebbe ripiantare le siepi, che erano state eliminate anni fa, in modo che forniscano habitat per piante e animali selvatici. In molte zone si stanno usando meno fertilizzanti e si sta riducendo l'impiego di fungicidi e insetticidi. Alcuni appezzamenti di terreno sono oggi dedicati all'agricoltura biologica, che non usa fertilizzanti artificiali o insetticidi per le coltivazioni e per la produzione di carne. Molti consumatori preferiscono comprare cibi prodotti in questo modo, anche se costano più degli altri.

I pesticidi sono usati per aumentare la resa delle coltivazioni

Gli agricoltori e gli orticoltori devono fare in modo che i loro prodotti non siano danneggiati da piante e animali nocivi. Per esempio, molti funghi e insetti si nutrono delle piante coltivate e riducono la resa dei cereali, alterano l'aspetto delle piante decorative, danneggiano l'aspetto e la buona conservazione di frutta e verdura. Le coltivazioni possono essere

irrorate con sostanze chimiche chiamate pesticidi. Questi composti sono piuttosto costosi e quindi i coltivatori non li usano a meno che non prevedano che il maggior ricavo che ne deriva (per una più alta resa e qualità del prodotto) sia maggiore del costo dei pesticidi stessi.

La bioaccumulazione

Ci sono molti tipi di pesticidi: alcuni sono pesticidi ad ampio spettro, cioè distruggono differenti tipi di organismi. Un pesticida ad ampio spettro uccide non solo gli insetti nocivi come gli afidi, ma anche animali utili come i coleotteri predatori e le coccinelle, che si cibano degli afidi.

È quindi meglio, se si può, usare un insetticida specifico che sia preparato proprio per uccidere quell'organismo nocivo e non altri. Non è facile per i chimici progettare e produrre insetticidi specifici, che di solito sono anche più costosi di quelli ad ampio spettro. Alcuni pesticidi sono biodegradabili, cioè sono distrutti abbastanza rapidamente dai batteri e da altri microrganismi. Altri pesticidi, però, detti persistenti, non sono degradati facilmente.

Tra gli anni Quaranta e Sessanta del secolo scorso un pesticida persistente e ad ampio spettro, il DDT, era largamente usato per distruggere gli insetti nocivi. In quegli anni non ci si rese conto degli inconvenienti, ma alla fine degli anni Sessanta alcuni scienziati cominciarono a capire che il DDT stava risalendo le catene alimentari e uccidendo organismi vicini alla cima della catena. Per esempio, una piccola quantità di DDT può essere assunta da un insetto, che poi viene mangiato da un uccello, ma l'uccello potrebbe mangiare molti insetti durante la sua vita e ingerire così una grande quantità di DDT. Poiché il DDT non si degrada, esso si accumula nel corpo dell'uccello, che a sua volta può essere mangiato da un uccello più grande, come un falco pellegrino: a sua volta il falco potrebbe mangiare parecchi uccelli piccoli e così nel suo corpo finirebbero grandi quantità di DDT. Questo processo si chiama bioaccumulazione.

L'uso del DDT e di altri pesticidi persistenti ad ampio spettro è ora proibito nei paesi sviluppati, ma il DDT è ancora largamente usato in molti paesi tropicali, dove è l'unico modo per tenere sotto controllo le popolazioni di zanzare portatrici della malaria (malattia che uccide milioni di persone).

La lotta integrata riduce l'uso dei pesticidi

La maggior parte degli agricoltori e degli orticoltori sarebbe ben lieta di ridurre l'uso di pesticidi se potesse trovare altri modi di tenere sotto controllo gli organismi nocivi. Per alcune coltivazioni sono stati progettati dei programmi detti sistemi di lotta integrata. Con questi programmi si fa ancora uso di pesticidi, ma si usano anche altri metodi in modo che la quantità di pesticidi e la loro frequenza di applicazione possano essere ridotte al minimo. Questi sistemi includono tecniche dette di controllo biologico, che utilizzano dei predatori o dei parassiti per mantenere basso il numero degli organismi nocivi: per esempio, se gli afidi causano inconvenienti alle piante ornamentali di una serra, si introducono delle coccinelle che mangiano gli afidi. A questo scopo, gli agricoltori lasciano delle strisce di terreno incolto intorno ai confini dei campi, o addirittura delle strisce in mezzo ai campi, in cui le coccinelle e altri insetti utili possono moltiplicarsi. Il controllo biologico non distrugge completamente i parassiti, ma può riuscire a mantenere sufficientemente basso il loro numero. Tuttavia, quando si introduce un predatore bisogna prestare attenzione, perché il predatore non diventi esso stesso un organismo nocivo!

Gli schemi di controllo biologico contemplano anche la rotazione delle colture; infatti, la maggior parte dei parassiti è specifica per una particolare coltivazione; se quella coltivazione non è presente, essi scompaiono. Quindi, c'è la massima probabilità che le popolazioni di organismi nocivi raggiungano livelli molto alti se la stessa coltivazione viene effettuata su una superficie molto vasta e per più anni di seguito. La rotazione delle colture prevede che si impiantino ogni anno coltivazioni diverse nello stesso campo prima di ritornare alla prima coltivazione. La rotazione delle colture non serve solo per mantenere basse le popolazioni degli organismi nocivi, ma permette anche di usare meno fertilizzante. Infatti, gli agricoltori includono nella rotazione una coltivazione di azotofissatori come fagioli o trifoglio, che hanno nelle radici dei noduli contenenti batteri azotofissatori. Dopo il raccolto, le radici rimangono nel suolo durante l'aratura e arricchiscono il suolo di nitrati; così non è necessario aggiungere fertilizzanti azotati per la coltura successiva.