

LE PIANTE IN ACQUAPONICA

(Capitolo 6)

Questo capitolo illustra la teoria e la pratica necessarie a produrre con successo piante in un sistema acquaponico. In primo luogo, illustra le principali differenze tra la produzione in terra (ground crop) e quella senza terra (soilless crop). A seguire, troverete una discussione su alcuni concetti essenziali di biologia e nutrizione delle piante, centrate sugli aspetti più importanti relativi all'acquaponica. Successivamente, ci sarà una breve sezione sulle raccomandazioni per selezionare gli ortaggi da far crescere negli impianti acquaponici. Le ultime due sezioni si occupano della salute delle piante, dei metodi per mantenere la salute delle piante e di alcuni consigli su come sfruttare al meglio lo spazio di crescita delle piante.

In molte imprese acquaponiche commerciali, la produzione di ortaggi è più redditizia di quella di pesce. Ci sono tuttavia delle eccezioni e alcuni agricoltori guadagnano di più con specie di pesce particolarmente pregiato. Stime impianti acquaponici prevalentemente in Occidente indicano che fino al 90 per cento dei guadagni finanziari proviene dalla produzione di piante. Una ragione è il più veloce turnover (velocità di accrescimento) degli ortaggi rispetto a quello dei pesci.

Ulteriori informazioni sulla produzione acquaponica di piante è riportata nel capitolo 8 e negli allegati. Il capitolo 8 tratta le tecniche di gestione della produzione orticola nelle varie stagioni, e illustra differenti approcci per ciascuno dei metodi idroponici (Media bed, NFT and DWC). L'Appendice 1 è una descrizione tecnica di 12 ortaggi molto comuni da coltivare in acquaponica; l'Appendice 2 contiene descrizioni e tabelle che illustrano diversi trattamenti biologici contro parassiti e malattie.

6.1 Principali differenze tra produzione con e senza terra

Ci sono molte somiglianze tra la produzione dell'agricoltura effettuata sul terreno e quella fuori terra, poiché la biologia di base dell'impianto è sempre la stessa (figure 6.1 e 6.2). E' opportuno comunque analizzare le principali differenze tra la produzione in terra e fuori suolo (tabella 6.1) al fine di colmare il divario tra le tradizionali pratiche in terra e le più recenti tecniche fuori suolo. In generale, le differenze riguardano l'uso di fertilizzante e il consumo di acqua, la capacità di utilizzare terre non arabili e soprattutto la produttività. Inoltre, l'agricoltura fuori suolo ha in genere una minor intensità di lavoro. Infine, le tecniche fuori suolo supportano meglio le monoculture rispetto a quanto fa l'agricoltura in terra.



Fig. 6.1 - Pomodori (*Solanum sp.*) in terra



Fig. 6.2 - Bietole (*Beta sp.*) in un sistema acquaponico

6.1.1 Fertilizzante

La chimica del suolo è una disciplina completa e piuttosto complessa, specialmente per ciò che riguarda la disponibilità di nutrienti e le dinamiche di fertilizzazione. L'aggiunta di fertilizzante è richiesta nelle coltivazioni intensive a terra. Gli agricoltori però non possono controllare completamente la somministrazione di questi nutrienti alle piante a causa del complesso processo che avviene nel suolo, comprese le interazioni biotiche e abiotiche. La somma di queste interazioni determina la disponibilità di nutrienti per le radici delle piante. Diversamente, nelle colture fuori suolo, i nutrienti sono disciolti in una soluzione che viene distribuita direttamente alle piante, e che può essere adattata specificatamente alle necessità delle piante. Le piante nelle coltivazioni fuori suolo crescono su materiali inerti. Questi materiali non interferiscono con la distribuzione dei nutrienti, come può accadere nel suolo. Inoltre, i substrati supportano fisicamente le piante e mantengono le radici bagnate e areate. In più, con l'agricoltura in terra, alcuni dei fertilizzanti possono essere assorbiti dalle erbe infestanti e dispersi con il percolamento, cosa che può diminuire l'efficienza e contemporaneamente causare preoccupazioni ambientali. Il fertilizzante è costoso e può costituire larga parte del costo di una coltivazione in terra.

La gestione personalizzata del fertilizzante nell'agricoltura fuori suolo ha due principali vantaggi. Primo, una quota minima di fertilizzante è dispersa in processi, chimici, biologici o fisici. Queste perdite riducono l'efficienza e possono far aumentare i costi. Secondo, la concentrazione di nutrienti può essere monitorata con precisione e adattata in base alle necessità delle piante in particolari stadi della crescita. Questo controllo aumentato può migliorare la produttività e la qualità dei prodotti.

6.1.2 Uso dell'acqua

L'acqua usata in idroponica e acquaponica è molto meno che nelle produzioni in terra. L'acqua viene persa nell'agricoltura in terra attraverso l'evaporazione dalla superficie, la traspirazione attraverso le foglie, la percolazione nel terreno, il ruscellamento e la crescita di infestanti. Invece, nell'agricoltura fuori suolo, l'unica acqua utilizzata è quella per la crescita delle piante coltivate e la traspirazione attraverso le loro foglie. L'acqua usata è il minimo necessario alla crescita delle piante e solo una trascurabile quantità di acqua viene persa attraverso l'evaporazione dai materiali fuori suolo. Soprattutto, l'acquaponica utilizza solo il 10% dell'acqua necessaria alla crescita della stessa pianta in terra. Perciò, la coltivazione fuori suolo ha grandi potenzialità per consentire la produzione dove l'acqua è scarsa o costosa.

6.1.3 Utilizzo di terra non arabile

Per il fatto che non è necessario terreno, i metodi fuori suolo possono essere usati in aree con terra non arabile. Un posto comune ove impiantare una coltivazione acquaponica sono le aree urbane e perirubane che non possono ospitare la tradizionale agricoltura in terra. L'acquaponica può essere usata nei pianterreno, nelle cantine (utilizzando illuminazione artificiale) e sui tetti. L'agricoltura urbana riduce la produzione di emissioni in atmosfera perché c'è una minore necessità di trasporto: l'agricoltura urbana è una agricoltura locale e contribuisce all'economia locale e alla sicurezza alimentare locale. Un'altra importante applicazione dell'acquaponica è in altre aree in cui l'agricoltura tradizionale non può essere utilizzata, come aree estremamente secche (deserti e altre zone aride), dove il terreno ha una alta salinità (aree costiere o estuari, isole coralline), dove la qualità del suolo si è deteriorata a causa dell'abuso di fertilizzanti o si è persa a causa dell'erosione o della industria mineraria o in generale dove la terra arabile non è disponibile perché non in vendita, soggetta ad elevati costi di acquisto o gravata da particolari diritti sulla terra. In generale, la terra arabile disponibile per la coltivazione è in diminuzione e l'acquaponica è un metodo che permette alle popolazioni la coltivazione intensiva di cibo dove l'agricoltura in terra è difficoltosa o impossibile.

6.1.4 Produttività e rendimento

La coltivazione idroponica più intensiva può raggiungere un rendimento più alto del 20-25% rispetto alla più intensiva coltivazione in terra, benché dati arrotondati per difetto di esperti di

idroponica riportino una produttività più alta di 2-5 volte. Questo avviene quando la cultura idroponica usa una gestione intensiva della serra, compresi costosi interventi per sterilizzare e fertilizzare le piante. Anche senza questi interventi costosi, le tecniche acquaponiche descritte in questa pubblicazione possono eguagliare i rendimenti idroponici ed essere più produttive della tradizionale coltivazione sul terreno. La ragione principale sta nel fatto che le coltivazioni fuori suolo consentono all'agricoltore di monitorare, mantenere e adattare le condizioni di crescita delle piante, assicurando in tempo reale un equilibrio di nutrimento, acqua, pH e temperatura. Inoltre, nella coltivazione fuori suolo, non c'è competizione con le erbe infestanti e le piante beneficiano di un migliore controllo di parassiti e malattie.

6.1.5 Carico di lavoro ridotto

La coltivazione fuori suolo non richiede aratura, dissodamento, pacciamatura o diserbo. Nelle fattorie più grandi, ciò equivale a una minore dipendenza da macchinari agricoli e dall'uso di combustibili fossili. Nell'agricoltura su scala ridotta, questo equivale a una attività per l'agricoltore più facile, con meno manodopera, in special modo perché la maggior parte delle unità acquaponiche sono sollevate da terra e evitano di doversi chinare. Anche la raccolta è una procedura più semplice paragonata all'agricoltura in terra, e i prodotti non necessitano di una pulizia generalizzata per rimuovere i residui di terra. L'acquaponica è adatta per persone di ogni genere, classe di età e capacità.

6.1.6 Monocoltura sostenibile

Con la coltivazione fuori terra, è perfettamente possibile coltivare la stessa specie, anno dopo anno. Le monocolture in terra sono più impegnative perché il terreno si "stanca", perde fertilità e i parassiti e le malattie aumentano. Nelle colture fuori terra, non c'è semplicemente perdita di fertilità o stanchezza e tutti i fattori biotici e abiotici che impediscono la monocoltura sono controllati. In ogni caso, paragonate alle colture avvicendate tutte le monocolture richiedono un maggior grado di attenzione per il controllo delle epidemie.

6.1.7 Aumento della complessità e alto investimento iniziale

Il lavoro richiesto per l'installazione e le regolazioni iniziali, così come i costi, possono scoraggiare gli agricoltori dall'adottare una coltivazione senza terra. L'acquaponica è anche più costosa dell'idroponica perché la produzione delle piante deve essere supportata dall'installazione di una acquacultura. L'acquaponica è un sistema piuttosto complesso che richiede una gestione quotidiana di tre gruppi di organismi. Se una sola delle componenti fallisce, l'intero sistema può crollare. Inoltre, l'acquaponica richiede una fornitura elettrica affidabile soprattutto, l'acquaponica è molto più complessa della coltivazione in terra. Una volta che le persone hanno familiarizzato con il processo, l'acquaponica diventa molto semplice e la gestione quotidiana più facile. C'è una curva di apprendimento, come in molte tecnologie e ogni nuovo agricoltore acquaponico ha bisogno di dedicarsi all'apprendimento. L'acquaponica non è adatta per tutte le situazioni e bisogna valutare benefici e costi prima di imbarcarsi in una nuova avventura.

Tabella 6.1 - Confronto sintetico tra produzione al suolo e fuori suolo

Categoria		In terra	Fuori terra
Produzione	Resa	Variabile, dipende dalle caratteristiche e dalla gestione del suolo	Molto alta con produzione vegetale fitta
	Qualità produzione	Dipende dalle caratteristiche e dalla gestione del suolo. I prodotti possono essere di qualità inferiore dovuta a concimazione/trattamenti inadeguati	Pieno controllo sulla distribuzione di nutrienti appropriati ai diversi stadi di sviluppo della pianta. Rimozione dei fattori ambientali biotici e abiotici che impattano la crescita della piante al suolo (struttura del suolo, chimica del suolo, patogenesi, pesticidi)
	Igiene	Rischio di contaminazione dovuto all'uso di acqua di bassa qualità e/o uso come fertilizzanti di materiali organici inquinati.	Rischio minimo di contaminazione per la salute umana
Nutrizione	Apporto di nutrienti	Alta variabilità dipendente dalle caratteristiche e dalla struttura del suolo. Difficoltà a controllare il livello di nutrienti al livello delle radici	Controllo in tempo reale dei nutrienti e del pH delle piante a livello delle radici. Apporto di nutrienti omogeneo e accurato, coerente con gli stadi di crescita delle piante.
	Efficacia nell'uso di nutrienti	Fertilizzanti distribuiti largamente con controllo minimo dei nutrienti in relazione allo stadio di crescita. Potenziale alta perdita di nutrienti dovuta a percolamento e ruscellamento	Necessità di monitoraggio e competenza Utilizzo di quantità minime. Distribuzione uniforme e flusso di nutrienti regolabile in tempo reale. Nessun percolamento
	Efficienza del sistema	Molto sensibile alle caratteristiche del suolo, Potenziale stress idrico nelle piante,	Massimizzata, può essere prevenuta tutta la perdita d'acqua. Disponibilità di acqua può essere completamente controllata da sensori.
Uso dell'acqua	Salinità	Alta dispersione di nutrienti Suscettibile all'accumulo di sale, in base alle caratteristiche del suolo e dell'acqua.	Nessun costo di manodopera per innaffiare, ma investimenti più alti. Dipende dalle caratteristiche del suolo e dell'acqua.
		Utilizzo di grandi quantità di acqua per la desalinizzazione.	Possibile utilizzo di acqua salata, ma necessità di utilizzare grandi quantità di acqua per la desalinizzazione.
Gestione	Manodopera e attrezzature	Standard, ma necessari macchinari per il trattamento del suolo (aratura) e la raccolta che si basano su carburanti fossili.	Essenziali sia competenza che monitoraggio quotidiano utilizzando attrezzature relativamente costose.
		Necessaria più manodopera.	Costi iniziali alti. Operazioni di raccolta più semplici.

6.2 Biologia di base delle piante

Questa sezione illustra brevemente le principali parti della pianta e poi discute della nutrizione (figura 6.3).

Ulteriori discussioni vanno al di là dello scopo di questa pubblicazione, ma ulteriori informazioni possono essere reperite nel capitolo Approfondimenti.

6.2.1 Anatomia e funzioni base delle piante

- Radici

Le radici assorbono acqua e minerali dal terreno. Piccoli peli radicali fuori dalla radice aiutano il processo di assorbimento. La radice aiuta la pianta ad ancorarsi al terreno, impedendole di cadere. Le radici immagazzinano anche riserve nutritive per usi futuri. Le radici in coltura fuori terra mostrano interessanti differenze rispetto alle piante in terra. Nella coltura fuori terra, acqua e nutrienti sono forniti costantemente alle piante, che sono così facilitate nella loro ricerca di nutrienti e possono crescere più velocemente. La crescita delle radici in idroponica può essere rilevante per l'intensa captazione e la fornitura ottimale di fosforo che stimola la loro crescita. Vale la pena notare che le radici trattengono quasi il 90 per cento dei metalli assorbiti dalle piante, che comprendono ferro, zinco e altre utili micronutrienti.

- Fusti

I fusti sono la struttura di supporto principale della pianta. Essi agiscono anche come sistema circolatorio della pianta, conducendo acqua e nutrienti dalle radici alle altre parti della pianta, e trasportando i fotosintetati dalle foglie ad altre zone. Il fusto può essere erbaceo, come lo stelo flessibile di una margherita, o legnoso, come il tronco di un albero di quercia.

- Foglie

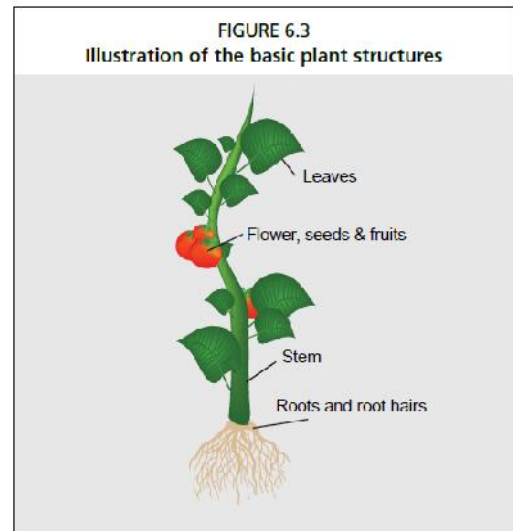
La maggior parte dei composti nutritivi in una pianta viene prodotta nelle foglie. Le foglie sono progettate per catturare la luce del sole, che la pianta usa poi per produrre nutrimento attraverso un processo chiamato fotosintesi. Le foglie sono importanti anche per la traspirazione di acqua.

- Fiori

I fiori sono la parte riproduttiva della maggior parte delle piante. I fiori contengono polline e minuscole uova chiamati ovuli. Dopo l'impollinazione dei fiori e la fecondazione dell'ovulo, l'ovulo si trasforma in un frutto. Nelle tecniche fuori terra, la pronta distribuzione di potassio prima della fioritura può aiutare le piante ad avere una migliore fruttificazione.

- Frutti/semi

I frutti sono parti sviluppate di ovari dei fiori che contengono i semi. Sono frutti le mele, i limoni, i melograni, ma anche i pomodori, le melanzane, i chicchi di mais e i cetrioli. Questi ultimi sono considerati frutti in senso botanico perché contengono semi, anche se da un punto di vista culinario sono spesso indicati come verdure. I semi sono le strutture riproduttive delle piante, e i frutti servono per contribuire alla diffusione di questi semi. Le piante da frutto hanno esigenze nutrizionali diverse dagli ortaggi a foglia, soprattutto richiedono più potassio e fosforo.



6.2.2 Fotosintesi

Tutte le piante verdi sono progettate per produrre il proprio "cibo" usando il processo di fotosintesi (figura 6.4).

La fotosintesi richiede ossigeno, anidride carbonica, acqua e luce. All'interno della pianta ci sono piccoli organi chiamati cloroplasti che contengono clorofilla, un enzima che utilizza l'energia dalla luce solare per spezzare anidride carbonica atmosferica (CO_2) e creare molecole di carboidrati ad alta energia come il glucosio. Essenziale a questo processo è l'acqua (H_2O). Questo processo rilascia ossigeno (O_2), ed è storicamente responsabile di tutto l'ossigeno presente nell'atmosfera. Una volta create, le molecole di zucchero sono trasportate in tutta la pianta e usate in seguito per tutti i processi fisiologici come la crescita, la riproduzione e il metabolismo. Durante la notte, le piante usano questi stessi zuccheri, così come l'ossigeno, per generare l'energia necessaria per la crescita. Questo processo è chiamato respirazione.

È fondamentale collocare un impianto acquaponico in un luogo dove ogni pianta avrà accesso alla luce solare.

Questo assicura energia sufficiente per la fotosintesi. L'acqua dovrebbe essere sempre disponibile per le radici attraverso il sistema. L'anidride carbonica è liberamente disponibile nell'atmosfera, anche se in molte colture protette (serre) intensive è possibile che le piante utilizzino tutta l'anidride carbonica disponibile nell'ambiente e possano quindi richiedere ventilazione.

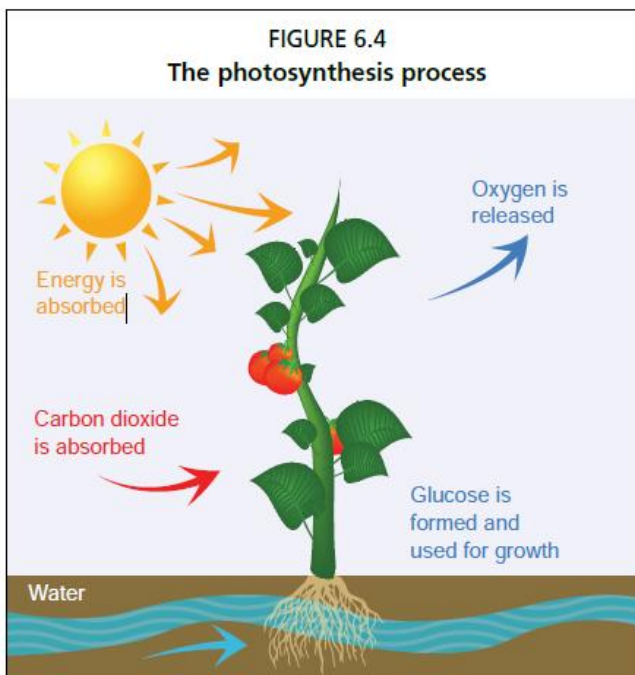
6.2.3 Esigenze nutrizionali

Oltre a questi requisiti di base per la fotosintesi, le piante richiedono un numero di sostanze nutritive, note anche come sali inorganici. Questi nutrienti sono necessari per gli enzimi che facilitano la fotosintesi, per la crescita e la riproduzione. Questi nutrienti possono provenire dal terreno. Tuttavia, in assenza di terreno, questi nutrienti devono essere forniti in un altro modo. In acquaponica, tutti questi nutrienti essenziali provengono dalle deiezioni dei pesci.

Ci sono due grandi categorie di nutrienti: macronutrienti e micronutrienti. Entrambi i tipi di nutrienti sono essenziali per le piante, ma in quantità differenti. Sono necessarie maggiori quantità dei sei macronutrienti rispetto ai micronutrienti, che sono necessari solo in piccole quantità. Sebbene tutti questi nutrienti siano presenti nelle deiezioni dei pesci, alcuni nutrienti possono essere presenti in quantità limitata nell'acquaponica e provocare carenze, ad esempio potassio, calcio e ferro. Una conoscenza di base della funzione di ogni nutriente è importante per conoscere come influenzano la crescita delle piante. Se si verificano carenze di nutrienti, è importante identificare quale elemento è assente o mancante nel sistema e regolare il sistema di conseguenza con l'aggiunta di fertilizzanti supplementari o aumentando la mineralizzazione dei residui organici.

Macronutrienti

Sono sei le sostanze nutritive di cui le piante hanno bisogno in quantità relativamente grandi. Questi nutrienti sono azoto, fosforo, potassio, calcio, magnesio e zolfo. Di seguito illustriamo la funzione di questi macronutrienti nelle piante. Vengono anche elencati eventuali sintomi delle carenze per aiutare a identificare i problemi.



L'**Azoto** (N) è la base di tutte le proteine. È essenziale per costruire le parti strutturali, la fotosintesi, la crescita cellulare, i processi metabolici e la produzione di clorofilla. Come tale, l'azoto è l'elemento più comune in un impianto dopo carbonio e ossigeno, ed entrambi sono ottenuti dall'aria. L'azoto è pertanto l'elemento chiave nella soluzione nutritiva dell'acquaponica e serve come indicatore facile da misurare per gli altri nutrienti. Solitamente, l'azoto disciolto è in forma di nitrato, ma le piante possono utilizzare per la loro crescita anche moderate quantità di ammoniaca e anche amminoacidi liberi. La carenza di azoto è sempre ben evidente, e comprende ingiallimento delle foglie più vecchie, steli sottili, e vigoria ridotta ovvero crescita lenta (figura 6.5a).



L'azoto può essere riallocato all'interno tessuti vegetali e quindi è spostato dalle foglie più vecchie e consegnato ai nuovi tessuti in crescita, ed è per questo che le carenze si osservano nei tessuti o nelle foglie più vecchi. Un eccesso di azoto può causare sviluppo vegetativo eccessivo, con il conseguente lussureggiamento di piante deboli più suscettibili alle malattie e ai danni degli insetti, come pure difficoltà nella fioritura e nella fruttificazione.

Il **Fosforo** (P) è utilizzato dalle piante come la spina dorsale del DNA (acido desossiribonucleico), come componente strutturale delle membrane fosfolipidiche e come adenosin-trifosfato (il composto per immagazzinare energia nelle cellule). È essenziale per la fotosintesi, nonché per la formazione di oli e zuccheri. Favorisce la germinazione e lo sviluppo delle radici nelle piantine. Carenze di fosforo possono comunemente causare uno scarso sviluppo della radici perché l'energia non può essere adeguatamente trasportata attraverso la pianta; le foglie più vecchie appaiono con le punte verdi opache o anche marrone violaceo, e le foglie appaiono bruciate.

Il **Potassio** (K) partecipa al meccanismo della regolazione della semipermeabilità della membrana. Il Potassio svolge un ruolo importante anche nel controllo dell'apertura degli stomi, nei processi di fioritura e di allegagione. E' coinvolto nella produzione e trasporto degli zuccheri, nell'assorbimento dell'acqua, nella resistenza alle malattie e nella maturazione dei frutti. La carenza di potassio si manifesta con macchie brune sulle foglie più vecchie e scarsa vigoria e turgore delle piante (Figura 6.5b). Senza potassio i fiori e frutti non si sviluppano in modo corretto, e si osserva clorosi o ingiallimenti fra le nervature o ai margini delle foglie.

Il **Calcio** (Ca) è utilizzato come componente strutturale sia per le pareti sia per le membrane della cellula. È coinvolto nel rafforzamento dei fusti e contribuisce allo sviluppo delle radici. Carenze sono comuni nell'idroponica e sono sempre evidenti nei nuovi germogli, perché il calcio non è mobile all'interno della pianta. Bruciate sulle punte delle lattughe e marciume nell'infiorescenza di pomodori e zucchini sono un esempio di sintomi di carenza. Spesso, le foglie nuove sono storte con punte uncinata e forme irregolari. Il calcio può essere trasportato solo attraverso la traspirazione

attiva dello xilema, quindi quando le condizioni sono troppo umide, il calcio può essere disponibile, ma non assorbito, perché le piante non traspirano. L'aumento del flusso d'aria con prese d'aria o ventilatori può evitare questo problema. L'aggiunta di sabbia corallina o carbonato di calcio può essere utilizzato nell'acquaponica per integrare il calcio con l'ulteriore vantaggio di prevenire le oscillazioni del pH.

Il **Magnesio** (Mg) è l'accettore di elettroni nelle molecole di clorofilla ed è un elemento chiave nella fotosintesi. Le carenze possono manifestarsi nell'ingiallimento delle foglie tra le nervature soprattutto nelle parti più vecchie della pianta. Benché la concentrazione di magnesio sia a volte bassa nell'acquaponica, non sembra essere una limitazione e generalmente non è necessario aggiungere magnesio al sistema.

Lo **Zolfo** (S) è essenziale per la produzione di alcune proteine, inclusa la clorofilla e altri enzimi della fotosintesi. Entrambi gli aminoacidi metionina e cisteina contengono zolfo, che contribuisce alla struttura terziaria di alcune proteine. Le carenze sono rare, ma includono generalmente l'ingiallimento dell'intera foglia nei germogli (figura 6.5c). Le foglie possono diventare gialle, rigide e fragili.

Micronutrienti

Di seguito un elenco di nutrienti che sono necessari solo in minime quantità. La maggior parte delle carenze di micronutrienti comporta l'ingiallimento delle foglie (come nel caso di ferro, manganese, molibdeno e zinco). Carenza di rame causa scurimento del colore verde delle foglie.

Il **Ferro** (Fe) è usato nei cloroplasti e nella catena di trasporto degli elettroni, ed è un microelemento critico per una adeguata fotosintesi. Le carenze si manifestano come ingiallimento tra le nervature, seguito dall'intero lembo fogliare che diventa giallo pallido (clorotico) e eventualmente bianco con macchie necrotiche irregolari ai margini delle foglie. Essendo il ferro un elemento non mobile, le carenze di ferro (figura 6.5d) sono facilmente identificabili quando solo le nuove foglie appaiono clorotiche. Il ferro va aggiunto come chelato di ferro, altrimenti noto anche come ferro sequestrato o Fe^*EDTA , perché il ferro è solito precipitare con un pH superiore a 7. L'eventuale aggiunta di ferro è suggerita nella misura di 5 millilitri per 1 m² di letto di crescita ogni volta che si sospettano carenze; una maggiore quantità non danneggia il sistema, ma può causare lo scolorimento dei serbatoi e delle tubazioni. È stato ipotizzato che le pompe sommerse possono sequestrare il ferro e l'ipotesi è attualmente ancora oggetto di ricerca.

Il **Manganese** (Mg) viene usato per catalizzare la scissione dell'acqua durante la fotosintesi, e come tale, il manganese è importante per l'intero sistema della fotosintesi. Le carenze si manifestano come riduzione della velocità di crescita, un aspetto grigio opaco e ingiallimento tra le nervature che rimangono verdi, seguito da necrosi. I sintomi sono simili alle carenze di ferro e includono clorosi. L'assorbimento di manganese è molto basso con un pH superiore a 8.

Il **Boro** (B) è utilizzato come catalizzatore molecolare, coinvolto in modo particolare nei polisaccaridi e nelle glicoproteine strutturali, nel trasporto dei carboidrati, e nella regolamentazione di alcuni percorsi metabolici nelle piante. È anche coinvolto nella riproduzione e nell'assorbimento dell'acqua da parte delle cellule. Le carenze si evidenziano nello sviluppo incompleto del bocciolo e dei fiori, nella interruzione della crescita e nella necrosi degli apici, nella necrosi di stelo e radice.

Lo **Zinco** (Zn) è utilizzato dagli enzimi e anche dalla clorofilla, ha effetti soprattutto sulle dimensioni della pianta, sulla sua crescita e maturazione. Le carenze si evidenziano nello scarso vigore, nella crescita stentata con una riduzione della lunghezza degli internodi e della dimensione della foglia, e con clorosi intranervature che può essere confusa con altre carenze.

Il **Rame** (Cu) è utilizzato da alcuni enzimi, specialmente nella riproduzione. Aiuta anche a rafforzare i fusti. I sintomi di carenza possono includere clorosi e punte delle foglie marroni o arancio, crescita ridotta dei frutti, e necrosi. Alcune volte la carenza di rame si evidenzia con un anormale colore verde scuro dei germogli.

Il **Molibdeno** (Mo) è usato dalle piante per catalizzare le reazioni redox con le diverse forme di azoto. Senza Molibdeno a sufficienza, le piante possono mostrare sintomi di carenza di azoto benché questo sia presente. Il Molibdeno è biologicamente non disponibile con un pH inferiore a 5. La disponibilità di molti di questi nutrienti dipende dal pH (vedi il paragrafo 6.4 per la disponibilità dipendente dal pH), e anche quando i nutrienti sono presenti possono essere inutilizzabili a causa della qualità dell'acqua. Per ulteriori particolari sulle carenze di nutrienti al di là degli scopi di questa pubblicazione, fare riferimento alla sezione sugli Ulteriori approfondimenti per reperire guide illustrate di identificazione delle carenze.

6.2.4 Fonti acquaponiche di nutrienti

L'azoto viene reso disponibile alle piante acquaponiche principalmente sotto forma di nitrato, convertito dall'ammoniaca dei rifiuti del pesce attraverso la nitrificazione batterica. Alcuni degli altri nutrienti vengono disciolti in acqua dai rifiuti del pesce, ma la maggior parte rimane in uno stato solido che non è disponibile per le piante. I rifiuti solidi del pesce sono demoliti dai batteri eterotrofi; questa azione rilascia i nutrienti essenziali nell'acqua. Il modo migliore per garantire che le piante non soffrano di carenze è quello di mantenere il pH dell'acqua ottimale (6-7) e di nutrire i pesci con una dieta equilibrata e completa, e utilizzare la dieta per bilanciare la quantità di nutrimento che dai pesci giunge alle piante. Comunque nel tempo anche un sistema acquaponico equilibrato può diventare carente in alcuni nutrienti, più spesso ferro, potassio e calcio.

Carenze in questi nutrienti sono il risultato della composizione del mangime dei pesci. Il mangime per pesci (argomento affrontato nel capitolo 7) è un alimento completo per i pesci, che offre tutto ciò che è necessario per la crescita del pesce, ma non necessariamente tutto ciò che è necessario per la crescita delle piante. I pesci non necessitano della stessa quantità di ferro, potassio e calcio richiesta dalle piante. Per questo possono verificarsi carenze di questi nutrienti. Questo può essere problematico per la produzione delle piante, quindi sono disponibili soluzioni che assicurano l'apporto appropriato di questi tre elementi.

In generale, il ferro è regolarmente aggiunto nei sistemi acquaponici come chelato di ferro per raggiungere una concentrazione di circa 2 mg/litro. Calcio e potassio sono aggiunti quando si porta l'acqua al corretto pH, dal momento che la nitrificazione è un processo acidificante. Vengono aggiunti come idrossido di calcio o idrossido di potassio, o come carbonato di calcio o carbonato di potassio (vedi il capitolo 3 per maggiori dettagli). La scelta del tampone (buffer) può essere fatta basandosi sul tipo di pianta che viene coltivata, dal momento che le piante da foglia richiedono più calcio, mentre le piante da frutta più potassio. Nel capitolo 9 viene discusso come produrre fertilizzante organico dal compost per utilizzarlo come supplemento agli scarti dei pesci, assicurando così alle piante sempre la corretta quantità di nutrienti.

6.3 Qualità dell'acqua per le piante

Nel paragrafo 3.3 sono stati illustrati i parametri di qualità per il sistema acquaponico nella sua totalità. Qui vengono fatte considerazioni specifiche e l'argomento viene ampliato.

6.3.1 pH

Il pH è il più importante parametro per le piante nel sistema acquaponico perché ha effetti sull'accesso ai nutrienti da parte delle piante. In generale, l'intervallo di tolleranza per la maggior parte delle piante è 5.5-7.5. Valori inferiori sono al di sotto della tolleranza per i pesci e batteri, e la maggior parte delle piante preferiscono condizioni leggermente acide. Se il pH esce da questo intervallo, le piante soffrono di un blocco dei nutrienti, che significa che benché i nutrienti siano presenti nell'acqua le piante non sono in grado di utilizzarli. Questo è vero in particolar modo per il ferro, il calcio e il magnesio. Alcune volte l'apparente carenza di nutriente nelle piante indica che il pH del sistema non è ottimale. La figura 6.6 descrive la relazione tra il livello di pH e la capacità delle piante di utilizzare certi nutrienti.

In ogni caso c'è evidenza che il blocco dei nutrienti è meno frequente nei sistemi acquaponici maturi che in quelli idroponici. Mentre gli idroponici sono sistemi semi sterili, quello acquaponico è un ecosistema intero. Come tale, ci sono interazioni biologiche che avvengono tra radici delle piante, batteri e funghi che possono permettere l'assorbimento dei nutrienti anche a livelli di pH superiori a quelli mostrati nella figura 6.6. Tuttavia, la migliore linea di azione è quella di cercare di mantenere il pH leggermente acido (6-7), ma comprendere che un pH più alto (7-8) può funzionare lo stesso. Questo aspetto è attualmente ancora oggetto di ricerca.

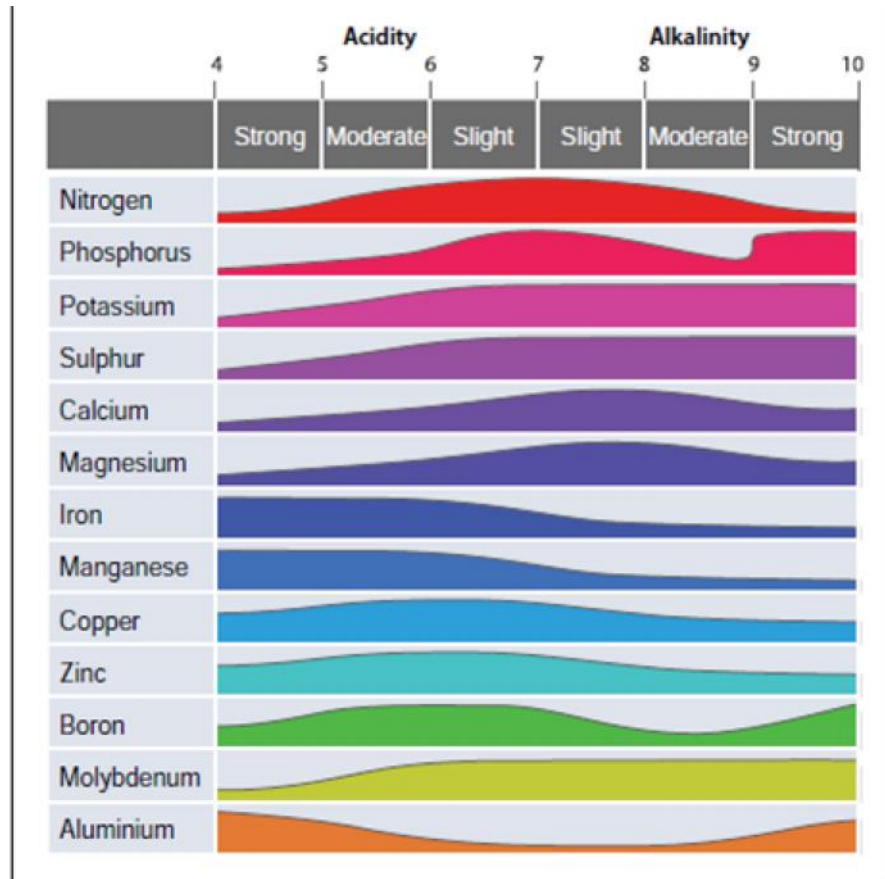


Fig. 6.6 - Influenza del pH sulla disponibilità di nutrienti per le piante

6.3.2 Ossigeno disciolto

La maggior parte delle piante richiede alti livelli di DO nell'acqua (> 3 mg/litro). Le piante usano il fusto e le foglie per assorbire ossigeno durante la respirazione, ma anche le radici hanno bisogno di ossigeno. Senza ossigeno, le piante possono soffrire di marciume radicale, una condizione in cui le radici muoiono e si sviluppano funghi. Alcune piante acquatiche, come la castagna d'acqua, il loto o il taro, non hanno bisogno di livelli alti di DO e possono vivere in acqua povere di ossigeno come quelle degli stagni.

6.3.3. Temperatura e stagione

La temperatura più adatta per la maggior parte delle piante è compresa tra i 18 e i 30 gradi. Tuttavia alcune piante sono molto più adatte a crescere in particolari condizioni. Per gli scopi di questa pubblicazione, le verdure invernali richiedono temperature di 8-20 °C, e gli ortaggi estivi richiedono temperature di 17-30 °C. Per esempio, molte orticole da foglie crescono meglio in

condizioni più fredde (14-20 °C), specialmente di notte. Con temperature più alte di 26 °C e oltre, le verdure da foglia vanno a seme e cominciano a fiorire e a produrre semi, rendendole amare e non commerciabili. In generale, è la temperatura dell'acqua che ha il maggiore effetto sulle piante piuttosto che la temperatura dell'aria. Tuttavia, deve essere posta attenzione nella scelta corretta di piante e pesci per rispettare il loro intervallo ottimale di temperatura. Un altro aspetto della semina stagionale è che alcune piante richiedono una certa quantità di luce diurna per produrre frutti e fiori, fenomeno chiamato fotoperiodismo. Alcune specie, dette a giorno corto, richiedono una certa quantità di buio prima di fiorire. Questo segnale indica alle piante che sta arrivando l'inverno, così la pianta indirizza le sue energie nella riproduzione invece che nella crescita. Alcune piante a giorno corto coltivate comunemente sono alcune varietà di peperoni e certe piante medicinali. D'altro canto, le piante a giorno lungo richiedono una certa lunghezza del giorno prima di produrre fiori; anche se questa è una condizione rara per gli ortaggi può invece essere importante per alcune specie ornamentali. Quindi per ciascun vegetale è importante seguire le pratiche di semina locale o scegliere varietà neutre al fotoperiodismo. L'Appendice 1 contiene ulteriori dettagli sui singoli ortaggi.

6.3.4 Ammoniaca, nitriti e nitrati

Come illustrato nel capitolo 2, le piante sono in grado di assimilare tutte e tre le forme di azoto, ma il nitrato è la forma più accessibile. Ammonio e nitrito sono molto tossici per i pesci e dovrebbero essere sempre mantenuti sotto il livello di 1 mg per litro. In un'unità acquaponica funzionante, ammonio e nitrito sono sempre tra 0-1 mg/litro e non dovrebbero essere un problema per le piante.

6.4 Selezione delle piante

Ad oggi, più di 150 diversi ortaggi, erbe, fiori e piccoli alberi sono cresciuti con successo nei sistemi acquaponici di tipo sperimentale, domestico e commerciale. L'appendice 1 fornisce una sintesi tecnica e istruzioni dettagliate di coltivazione per i 12 ortaggi e verdure più comuni. In generale, le orticole da foglia rendono molto bene in acquaponica insieme ad alcuni dei più comuni ortaggi da frutto, compresi pomodori, cetrioli e peperoni. I prodotti ortofrutticoli richiedono maggiore quantità di nutrienti e sono più appropriati in sistemi consolidati con adeguate quantità di pesci. Tuttavia alcuni tuberi e alcune specie particolarmente sensibili non crescono bene in acquaponica. I tuberi richiedono una attenzione speciale e crescono con successo solo in letti di media profondità o in una versione di letti traspiranti che verrà illustrata più in dettaglio nel paragrafo 9.3.

Gli ortaggi si differenziano rispetto alla loro domanda complessiva di nutrienti e per questo aspetto vengono classificate in due categorie generali. Le piante a bassa richiesta di nutrienti comprendono le verdure a foglie e le erbe, come lattuga, cardo, rucola, basilico, menta, prezzemolo, coriandolo, erba cipollina, cavolo cinese e crescione. Anche molti dei legumi come i piselli e i fagioli hanno un basso livello di domanda di nutrienti. All'altro lato della scala ci sono piante con alta richiesta di nutrienti, a volte chiamate affamate di nutrienti. Queste comprendono frutti come pomodori, melanzane, cetrioli, zucchine, fragole e peperoni. Altre piante a domanda media di nutrienti sono le brassicacee, come cavoli, cavolfiori, broccoli e cavolo rapa. Piante da radice come barbabietole, taro, cipolle e carote hanno una domanda media, mentre i ravanelli richiedono meno nutrienti.

Il tipo di letto di crescita influenza la scelta delle piante. Negli impianti a letti medi, è pratica comune coltivare contemporaneamente una policoltura con orticole da foglia, erbe e ortaggi da frutti (figura 6.7).

FIGURE 6.7

High nutrient demand vegetables growing in media beds, including eggplants (*Solanum* sp.) (a) and tomatoes (*Solanum* sp.) and cauliflower (*Brassica* sp.) (b)



Fornendo letti di crescita della giusta profondità (almeno 30 cm) è possibile crescere tutti gli ortaggi citati in precedenza. La policoltura su piccole superfici può anche avvantaggiarsi delle piante complementari (vedi appendice 2) e di una migliore gestione dello spazio, perché specie che amano l'ombra possono crescere sotto piante più alte. Le monocolture sono prevalenti negli impianti NFT e DWC perché il coltivatore è limitato dal numero di fori nei tubi e dai galleggianti in cui piantare le verdure.

Usando impianti NFT, potrebbe essere possibile coltivare gli ortaggi da frutto più grandi, come i pomodori, ma queste piante hanno bisogno di avere disponibilità di copiose quantità di acqua per assicurare un apporto sufficiente di nutrienti e evitare gli stress idrici. L'appassimento infatti nelle piante da frutto può verificarsi quasi immediatamente se il flusso è interrotto, con effetti devastanti sull'intera coltura. Le piante da frutto hanno anche bisogno di essere piantate in tubi più grandi, preferibilmente con il fondo piatto, ed essere posizionate a maggior distanza rispetto alle verdure a foglia. Questo perché le piante da frutto crescendo diventano più grandi e necessitano di più luce per far maturare i frutti e anche perché c'è uno spazio limitato per le radici nei tubi.

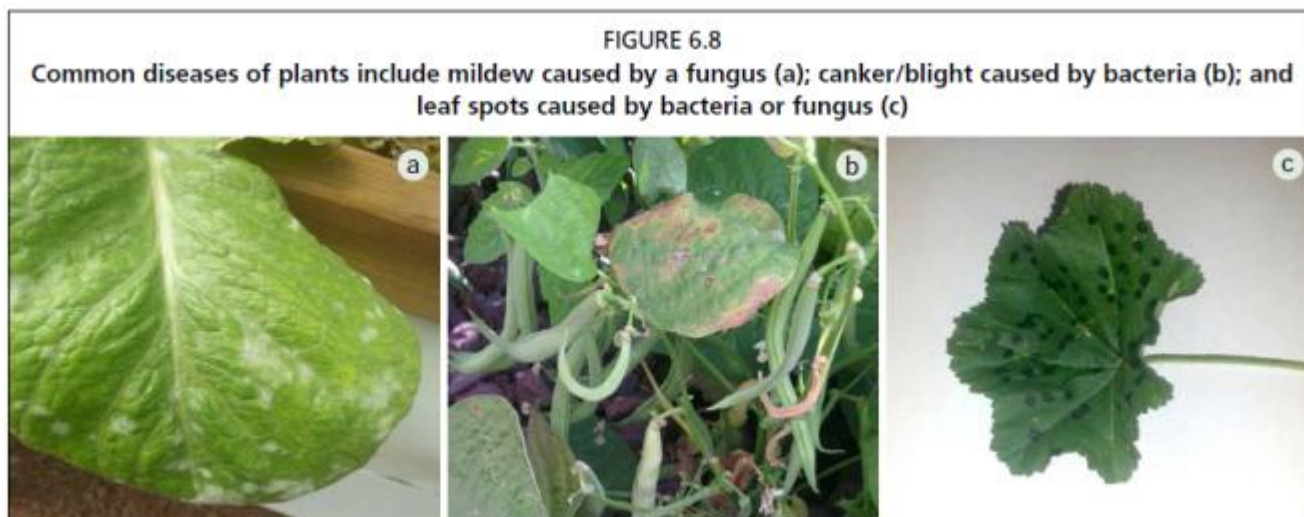
D'altro canto, fittoni di grandi dimensioni e/o tuberi, come quelli di cavolo rapa, carote e rape, hanno maggiori possibilità di essere coltivati in letti medi perché le unità NFT e DWC non offrono un buon ambiente di crescita e sostegno adeguato alle piante.

E' importante considerare gli effetti della raccolta delle piante sull'intero ecosistema. Se tutte le piante venissero raccolte in una volta sola, il risultato sarebbe un sistema sbilanciato senza un numero sufficiente di piante per pulire l'acqua, con il risultato di picchi di nutrienti.

Alcuni agricoltori usano questa tecnica, ma deve corrispondere con una grande raccolta di pesci o una riduzione della dose di mangime. Comunque la raccomandazione è di usare una raccolta sfalsata e un ciclo continuo di risemina. La presenza di troppe piante che crescono contemporaneamente potrebbe generare in un sistema carenza di certi nutrienti in corrispondenza del periodo di raccolta, quando l'assorbimento è al massimo. Avendo piante a differenti stadi di crescita, ad esempio alcune piantine giovani e alcune mature, la domanda complessiva di nutrienti è sempre la stessa. Questo assicura una chimica dell'acqua più stabile, e offre una produzione più regolare sia per la tavola domestica che per il mercato. Schemi di raccolta sfalsata sono discussi in maggior dettaglio nel capitolo 8.

6.5 Salute delle piante, parassiti e controllo delle malattie

Il termine salute delle piante ha un'ampia accezione, che va al di là della semplice assenza di malattie; è soprattutto uno stato di benessere che permette alle piante di raggiungere il loro pieno potenziale produttivo. La salute delle piante, compresa la prevenzione delle malattie e la dissuasione e rimozione dei parassiti, è un aspetto estremamente importante della produzione di cibo in acquaponica (figura 6.8).



Benché i più importanti progressi nella salute delle piante sono stati raggiunti attraverso la gestione dei patogeni e dei parassiti, anche la nutrizione ottimale, le tecniche di messa a dimora intelligenti e una appropriata gestione ambientale sono fondamentali per assicurare salute alle piante. Inoltre, il bagaglio delle conoscenze di ciascuna specie coltivata è fondamentale per affrontare i vari problemi della produzione. Benché alcuni concetti di base sui nutrienti delle piante siano già stati descritti, lo scopo di questo paragrafo è offrire una più vasta comprensione di come minimizzare i rischi e affrontare le malattie delle piante e i parassiti in sistemi acquaponici su piccola scala.

Per maggiori informazioni sugli insetti utili, comprese le caratteristiche degli insetti e le necessità climatiche, vedere l'appendice 2 e le risorse elencate nella sezione "Ulteriori approfondimenti".

6.5.1 Parassiti delle piante, produzione integrata e gestione dei parassiti

Gli insetti parassiti sono problematici per la produzione delle piante perché portano malattie che le piante possono contrarre. I parassiti estraggono anche liquidi quando si insediano nei tessuti vegetali, determinando una crescita stentata. Ambienti controllati, come le serre, possono essere particolarmente problematici per i parassiti perché lo spazio chiuso offre condizioni favorevoli agli insetti senza pioggia o vento. Inoltre la gestione dei parassiti all'aperto è diversa da quella nelle coltivazioni protette (reti, serre) a causa della separazione fisica delle piante dall'area circostante, che permette di utilizzare internamente insetti utili per uccidere/controllare gli insetti parassiti. La prevalenza d'insetti parassiti dipende fortemente dal clima e dall'ambiente. La gestione dei parassiti in zone temperate o aride è più facile che nelle regioni tropicali, dove un'incidenza più alta e la competizione tra insetti rende il controllo dei parassiti un compito molto più difficile.

Dal momento che il sistema acquaponico mantiene un sistema indipendente, è normale che una serie di microrganismi e piccoli insetti e ragni si insedino nei letti di crescita. Tuttavia, altri insetti parassiti dannosi, come la mosca bianca, tripidi, afidi, larve, cavolaie e acari si nutrono delle piante e le danneggiano. Una pratica comune per affrontare insetti parassiti problematici nella produzione di ortaggi coltivati in terra è l'uso di pesticidi o insetticidi chimici, ma ciò è **impossibile** in acquaponica. Qualsiasi pesticida chimico forte può essere fatale per i pesci così come per i batteri utili che vivono nel sistema. Quindi i pesticidi chimici in commercio non devono mai essere usati.

Esistono tuttavia altri efficaci sistemi di controllo fisici, ambientali e colturali per ridurre la minaccia di parassiti nell'acquaponica. Insetticidi e deterrenti dovrebbero essere considerati come ultima risorsa, non meno importante di una efficace gestione integrata delle coltivazioni, della gestione dell'ambiente con l'uso di deterrenti organici e biologici dei parassiti.

La produzione con lotta integrata e la gestione dei parassiti (IPPM) è un approccio ecosistemico alla produzione e protezione delle coltivazioni a terra e fuori terra che combina diverse strategie e pratiche di gestione, per coltivare piante sane e minimizzare l'uso dei pesticidi. È una combinazione di controlli meccanici, fisici, chimici, biologici e microbiologici insieme alla resistenza della pianta ospite e a particolari pratiche colturali. Non tutte queste possibilità di controllo sono applicabili in acquaponica e alcune possono essere fatali per i pesci e i batteri (come i pesticidi chimici e alcuni insetticidi naturali) mentre altri possono non essere giustificabili economicamente in sistemi acquaponici di piccola scala (come ad esempio gli agenti di controllo microbici). Questa sezione si concentra perciò sulle strategie più applicabili in sistemi acquaponici di piccola scala, compresi i controlli meccanici e fisici, la resistenza delle piante ospiti e le tecniche di coltivazione per prevenire la minaccia di parassiti e malattie. Verranno fatti alcuni brevi commenti su alcuni sistemi di controllo biologici sicuri per l'acquaponica (cioè insetti e microorganismi utili), ma più dettagli sono riportati nell'Appendice 2.

Per ulteriori informazioni su questi metodi, vedere la sezione "Ulteriori approfondimenti".

Controlli fisici, meccanici e colturali

La prevenzione è fondamentale per la gestione dei parassiti in acquaponica. Il monitoraggio regolare e continuo dei parassiti è vitale poiché infestazioni minori possono essere identificate e gestite prima che gli insetti danneggino l'intera coltivazione. Nelle pagine successive è riportata una semplice lista di controlli non costosi usati nell'agricoltura organica/convenzionale, che sono adatti anche per sistemi acquaponici di piccola scala per evitare infestazioni di parassiti. L'esclusione fisica consiste nel tenere i parassiti lontani. La rimozione meccanica avviene quando l'agricoltore rimuove attivamente i parassiti dalle piante. Pratiche colturali sono le scelte e le attività di gestione che l'agricoltore può intraprendere per prevenire i parassiti. Questi controlli dovrebbero essere usati come prima linea di difesa contro gli insetti parassiti prima di prendere in considerazione altri metodi.

Reti/schermi

Questo metodo è comune per prevenire danni da parassiti in regioni tropicali o dove viene praticata l'orticoltura organica o i pesticidi non sono efficaci. Le dimensioni delle reti variano in funzione del parassita; utilizzare reti con maglie di dimensioni di 0,15 mm per escludere tripidi, 0,35 mm per escludere mosche bianche e gli afidi, e 0,8 mm per tenere fuori le larve. La rete è particolarmente efficace, quando le piantine sono molto giovani e tenere. Gli schermi non sopprimono o eradicano i parassiti, escludono solo la maggior parte di essi; pertanto, devono essere installati prima della comparsa dei parassiti e si dovrebbe aver cura di non lasciare che i parassiti entrino nell'ambiente protetto.

Barriere fisiche

Date le limitate distanze che gli insetti possono coprire, è possibile ridurre la diffusione di parassiti aggiungendo barriere fisiche come superfici pavimentate o manufatti costruiti tra gli ortaggi e la vegetazione circostante. L'acquaponica sui tetti beneficia di una ventilazione naturale, data l'altezza maggiore, e della più ampia barriera fisica (distanza dal suolo) che crea le condizioni ideali per una produzione all'aperto relativamente libera da pesticidi e malattie (figura 6.9)



Fig. 6.9 - Le unità aquaponiche su un tetto sono isolate da alcuni parassiti del terreno

Le serre spesso hanno un forte ventilatore all'ingresso che può aiutare a evitare che gli insetti entrino insieme all'agricoltore.

Un'altra utile tecnica è di creare una barriera sui piedi di appoggio dei contenitori idroponici. Un anello di rame può prevenire la salita di chiocciole e lumache sui supporti, e un rivestimento di vaselina può prevenire la risalita delle formiche. Anche posizionare i piedi dei supporti in un contenitore con acqua può prevenire le formiche.

Ispezione e rimozione manuale

La rimozione di foglie o piante molto infestate, sia manuale sia usando un getto di acqua ad alta pressione, può evitare e/o ritardare la diffusione degli insetti nelle piante circostanti (figura 6.10)

Parassiti più grossi e larve possono anche essere usate come alimento supplementare per i pesci. L'acqua spruzzata da un tubo diretto sul lato inferiore delle foglie è una tecnica di gestione estremamente efficace per molti tipi di insetti succhiatori. Lo spruzzo può uccidere alcuni insetti e lavarne via altri. Efficace con insetti succhiatori come afidi e mosche bianche. E' uno dei metodi più efficaci nei sistemi su piccola scala, ma può essere solo un rimedio temporaneo perché gli insetti spostati possono tornare sulle piante. Utilizza volumi significativi di acqua e può diventare troppo laborioso nei sistemi più grandi.



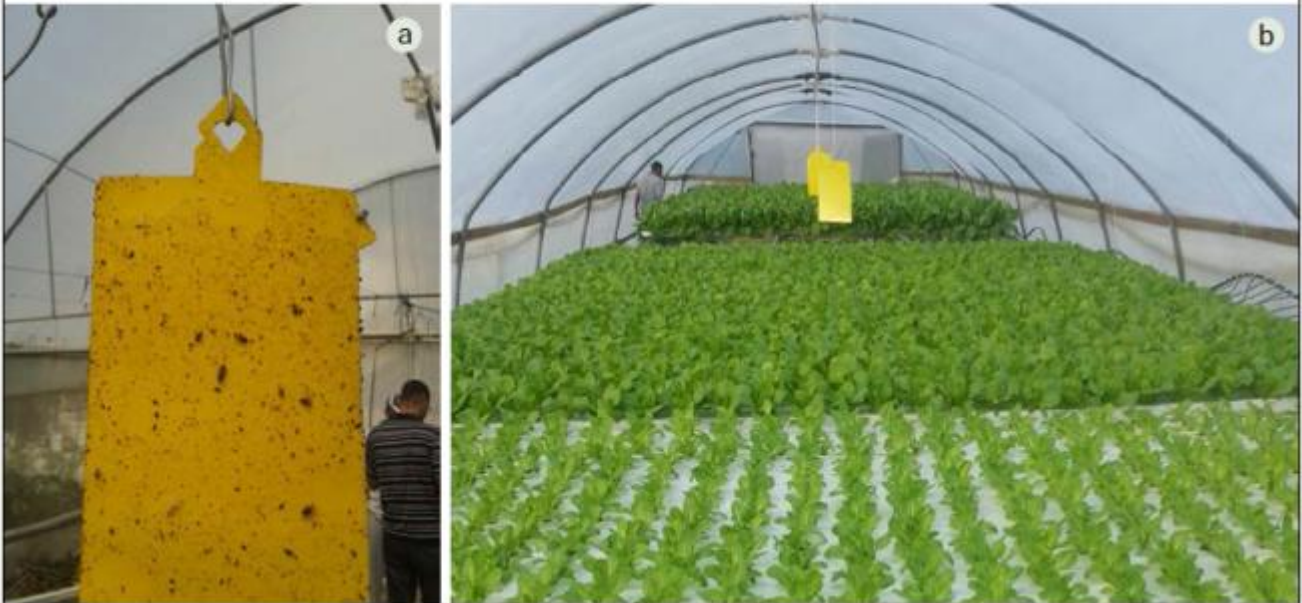
Fig. 6.10 - Rimozione manuale di insetti parassiti

Trappole

Trappole adesive posizionate leggermente al di sopra della chioma delle piante sono efficaci in ambienti protetti (serre, ombrari). Carte adesive blu intrappolano i tripidi allo stadio adulto mentre carte gialle intrappolano mosche bianche e microlepidotteri (figura 6.11).

Le trappole adesive sono meno efficaci all'aperto perché nuovi insetti possono facilmente arrivare dalle aree vicine. Il monitoraggio continuo degli insetti catturati dalle trappole può aiutare l'agricoltore ad adottare specifiche misure per ridurre la presenza di certi parassiti. Un altro efficace modo per combattere i parassiti è l'uso di trappole a ferormoni. Queste attirano i maschi di parassiti specifici, riducendo l'accoppiamento della popolazione nell'area.

FIGURE 6.11
Yellow sticky trap (a) installed in a greenhouse (b)



Gestione ambientale

Mantenere condizioni ottimali di illuminazione, temperatura e umidità, che possono essere facilmente modificate in coltivazioni protette, per favorire una crescita più sana delle piante e costruire condizioni non favorevoli per i parassiti. Per esempio, gli acari non tollerano bagnato e umidità, quindi vaporizzatori temporizzati diretti sulle foglie delle piante possono scoraggiare l'infestazione.

Scelta delle piante

Alcuni parassiti sono attratti più da alcune specie di piante che da altre. Similmente, differenti varietà di piante della stessa specie hanno diversa resistenza/tolleranza ai parassiti. Questa è una ragione per cui la policoltura può spesso prevenire infestazioni più ampie perché alcune piante non vengono infestate. Inoltre, alcune piante attraggono e trattengono più insetti utili che aiutano a gestire le popolazioni di parassiti (maggiori dettagli più avanti). È opportuno quindi scegliere varietà resistenti da fornitori locali e da consulenti agricoli tecnico-commerciali per aiutare a ridurre malattie e infestazioni.

Piante spia e colture sacrificali/trappola/esca

Alcune piante, come i cetrioli e i legumi, sono più soggette a infestazioni di afidi o acari rossi e quindi possono essere usate per rilevare precocemente la presenza di parassiti. Spesso, le piante spia sono messe lungo il perimetro esterno di giardini più ampi. Un'altra strategia che può essere adottata in acquaponica è l'uso di insetticidi biologici sulle piante sacrificali o esca piantate vicino ma non all'interno del sistema. Piante esca come le fave attirano i parassiti. Queste piante possono crescere in vasi vicino all'unità acquaponica, attirare i parassiti lontano dell'unità, per essere quindi trattate con insetticidi (vedi sotto). Questa strategia non influenzerebbe l'ecosistema acquaponico o gli insetti benefici presenti attorno all'unità. Benché non puramente biologico, la pianta esca può essere trattata con insetticidi di sintesi in commercio se sono presenti larghe infestazioni. Fave e petunie (fiori) possono essere usate per catturare tripidi, afidi e acari. Anche i cetrioli sono usati per catturare afidi e acari mentre le piantine di lattuga succulenta sono usate per catturare altri insetti mangiatori di foglie.

Consociazioni tra piante

La consociazione tra piante è un uso costruttivo delle relazioni tra le piante da parte degli agricoltori. Per esempio, tutte le piante producono sostanze chimiche naturali che rilasciano dalle foglie, dai fiori e dalle radici. Queste sostanze possono attirare o respingere certi insetti e possono accrescere o limitare la velocità di crescita delle piante vicine. È quindi importante essere consapevoli di quali piante possono trarre beneficio le une dalle altre quando piantate insieme, e quali combinazioni di piante è meglio evitare. L'Appendice 2 offre una tabella delle consociazioni tra piante da utilizzare quando si scelgono le colture. Quando utilizzate la tabella, preoccupatevi di evitare i cattivi vicini e di pianificare la presenza di quelli buoni. Alcune piante rilasciano sostanze chimiche dalle loro radici che sopprimono o respingono i parassiti; ciò può servire a proteggere le altre piante vicine.

Fertilizzazione

Come accennato in precedenza, l'eccesso di azoto rende le piante più suscettibili ad attacchi di parassiti perché hanno i tessuti più succulenti. Un giusto equilibrio di nutrienti tramite il giusto apporto di mangime ittico (vedi capitoli 2 e 8) aiuta le piante a crescere più forti e resistenti agli attacchi dei parassiti. Per questo motivo parte dell'acqua deve essere sostituita quando i livelli di nitrati sono superiori 120 mg/l.

Spaziatura

Alta densità di piantumazione e/o potatura inadeguata aumentano la competizione per la luce, favorendo così anche gli insetti infestanti. Questa competizione rende il tessuto delle piante più succulento per i parassiti perforanti o per la penetrazione di agenti patogeni, e spazi angusti offrono riparo ai parassiti. Assicurarsi che ci sia un'adeguata ventilazione e penetrazione della luce solare attraverso la coltivazione. Come discusso in precedenza, molte piante hanno particolari esigenze di presenza o assenza della luce del sole. Grazie alla combinazione di piante che amano il pieno sole con quelle che preferiscono l'ombra, è possibile intensificare la produzione senza il rischio di aumentare la competizione e di indebolire le piante. In questo caso piante che prediligono l'ombra possono crescere all'ombra di quelle amanti del sole. In questo modo, le piante sono sane e più resistenti ai parassiti e alle malattie.

Rotazione delle colture

Anche se le unità acquaponiche possono essere gestite come monoculture senza dover affrontare problemi di stanchezza del terreno (esaurimento delle sostanze nutritive presenti naturalmente nel suolo), far crescere la stessa specie continuamente per più stagioni può avere un effetto selettivo sui parassiti circostanti.

Così, un cambiamento di coltura, anche per un breve periodo, può causare una drastica riduzione dei parassiti specifici per quella monocultura.

Igiene

La rimozione di tutti i frammenti di piante, comprese tutte le radici, alla fine di ogni raccolto contribuisce a ridurre l'incidenza di malattie e parassiti. Foglie morte e rami malati dovrebbero essere sempre rimossi. In piena aria senza reti, si consiglia di ridurre la vegetazione circostante al minimo al fine di evitare la diffusione di parassiti nell'unità acquaponica. Piante malate e mucchi di compost devono essere tenuti lontano dal sistema per prevenire la contaminazione.

Trattamenti chimici

Se i parassiti rimangono un problema dopo aver usato i controlli fisici, meccanici e colturali di cui sopra, può essere necessario utilizzare il controllo chimico. Pesticidi sintetici e insetticidi non devono mai essere utilizzati in acquaponica perché ucciderebbero i pesci. Anche molti trattamenti biologici sono letali per i pesci. Tutti i trattamenti chimici sono da considerare una risorsa estrema

nei sistemi acquaponici e vanno utilizzati con parsimonia. Se possibile, come per i sistemi DWC, è meglio rimuovere e trattare le piante lontano dal sistema e consentire alle sostanze chimiche di asciugare completamente. L'appendice 2 contiene un elenco di insetticidi comuni e repellenti, le loro indicazioni e la relativa loro tossicità per i pesci.

Trattamenti biologici

Così come per gli erbicidi, alcuni estratti ottenuti da microrganismi sono sicuri per gli animali acquatici perché agiscono specificatamente sulle strutture degli insetti e non danneggiano mammiferi o pesci. Due organismi ampiamente utilizzati in acquaponica e in agricoltura biologica sono *Bacillus thuringiensis* e *Beauveria bassiana*. Il primo è una tossina estratta da un batterio che danneggia il tratto digestivo degli insetti e li uccide. Può essere spruzzato sulle foglie senza danneggiare altri insetti utili ed è adatto in particolare per bruchi, parassiti delle foglie, larve di falene o di farfalla. *B. bassiana* è un fungo che germina e penetra nell'epidermide dell'insetto (chitina), uccidendo il parassita attraverso la disidratazione. L'efficacia del fungo dipende dal numero di spore diffuse e dalle condizioni ottimali di umidità e di temperatura, per questo è un buon agente per ambienti tropicali umidi.

Insetti utili – predatori dei parassiti

Infine, gli insetti utili sono un altro metodo efficace per controllare i parassiti, in particolare in ambienti controllati, come le serre o gli ombrari. Insetti utili o predatori come le crisope vengono introdotti nello spazio di crescita della pianta per controllare ogni ulteriore infestazione. Alcuni vantaggi nell'utilizzo di insetti utili comprendono: l'assenza di residui di antiparassitari o di resistenza indotta nei parassiti dai pesticidi, la convenienza economica (a lungo termine solo per operazioni su larga scala), e la ecocompatibilità.

Tuttavia, il controllo efficace dei parassiti con questo metodo dipende dalla conoscenza dettagliata di ogni insetto utile insieme al costante monitoraggio dei parassiti per pianificare in modo corretto l'introduzione di insetti utili. Inoltre, insetti utili possono essere attratti naturalmente verso sistemi in piena aria. Molti di questi insetti utili nel loro stadio adulto si nutrono di nettare, quindi una disponibilità di fiori vicino all'unità acquaponica può mantenere una popolazione che garantisce un equilibrio dei parassiti.

È importante sottolineare che questo metodo di controllo non elimina mai completamente i parassiti. Invece, i parassiti sono soppressi nell'ambito di uno stretto rapporto preda-predatore. Questo metodo è già stato utilizzato con risultati positivi per l'acquaponica di grandi dimensioni, mentre per l'acquaponica di piccole dimensioni potrebbero non esserci abbastanza parassiti da predare per gli insetti utili, fattore che può farli volare via. La scelta di insetti utili da utilizzare (vedi Appendice 2) dovrebbe tener conto delle condizioni ambientali in cui si va ad operare.

6.5.2 Malattie delle piante e gestione integrata della malattia

A differenza della coltura idroponica, che è per lo più gestita in condizioni di sterilità, l'acquaponica sfrutta un complesso ecosistema microscopico che comprende batteri, funghi e altri microrganismi. La presenza di questi ben adattati microrganismi rende ciascun sistema più resiliente in caso di attacco da parassiti o malattie. Tuttavia, una produzione vegetale di successo si ottiene evitando focolai di malattia ed è il risultato di strategie di gestione che si focalizzano principalmente sulle condizioni ambientali, sul contrasto alla diffusione dei parassiti (parassiti come la mosca bianca possono trasportare virus letali) sulla gestione della piante, così come sull'uso di rimedi naturali (cd. organici) che aiutano a prevenire o a curare le piante. Simile a IPPM, la gestione integrata della malattia si basa sulla prevenzione, la scelta delle piante, e sul monitoraggio come prima linea di difesa contro la malattia, e utilizza il trattamento mirato solo quando è necessario.

I controlli ambientali

Temperatura e umidità svolgono un ruolo importante nella gestione della salute delle piante. Ogni patogeno per le piante (cioè batteri, funghi o parassiti; figura 6.8) ha temperature di crescita ottimali che possono essere diverse da quelle delle piante. Così, le malattie si verificano in alcune zone e periodi durante l'anno quando le condizioni sono più favorevoli al patogeno rispetto al suo ospite. Inoltre, l'umidità gioca un ruolo chiave per la germinazione delle spore fungine, che richiedono una sottile pellicola di acqua che ricopra i tessuti vegetali. Allo stesso modo, l'attivazione di alcune malattie batteriche e fungine è strettamente correlata con la presenza di superfici bagnate. Pertanto, il controllo di umidità e umidità relativa sono essenziali per ridurre i rischi di epidemie. L'appendice 2 contiene dettagliate condizioni ambientali che favoriscono diverse malattie fungine comuni.

Il controllo dell'umidità relativa, in particolare nelle serre acquaponiche, è particolarmente importante. Ciò può essere ottenuto attraverso la ventilazione dinamica o forzata, mediante finestre e ventilatori che creano un flusso d'aria orizzontale contribuendo così a ridurre al minimo gradienti di temperatura e i punti freddi in cui si verifica la formazione di condensa. L'aria in movimento è mescolata continuamente, cosa che impedisce che la temperatura scenda al di sotto del punto di rugiada; pertanto, l'acqua non condensa sugli ortaggi.

Anche l'evaporazione dalle vasche dei pesci e/o da quelle DWC ospitati nelle serre dovrebbe essere evitata coprendo fisicamente le superfici d'acqua, poiché l'acqua evaporata può aumentare notevolmente l'umidità interna. I tubi in impianti NFT sono suscettibili a veicolare alte temperature dell'acqua nelle stagioni calde a causa della continua esposizione al sole dei tubi. Sistemi a letti di crescita sono un compromesso ottimale, nel caso di giusta scelta del substrato, perché le superfici superiori dei letti sono sempre mantenute asciutti (vedi capitolo 4).

Infine, i sistemi costruiti sui tetti hanno il vantaggio di un microclima più secco e di una buona ventilazione rispetto al livello del suolo, il che facilita la gestione ambientale delle piante.

Il controllo della temperatura dell'acqua svolge un ruolo chiave nell'evitare epidemie fungine. Una malattia molto comune in acquaponica è il marciume radicale causata da *Pythium* spp., un agente patogeno della terra che può essere introdotto accidentalmente nel sistema da materiali contaminati (suolo, torba, piantine da vivaio). A differenza della coltura idroponica, in acquaponica questo fungo non causa danni al di sotto di certe temperature a causa della presenza competitiva di altri microrganismi. Il mantenimento di temperature al di sotto di 28-30 °C è quindi indispensabile per evitare la germinazione esponenziale di spore che potrebbero causare un focolaio.

Particolare attenzione dovrebbe essere riservata anche alla densità di piantagione. Densità molto alte riducono la ventilazione interna e aumentano l'umidità tra le piante. Il rischio di malattie per le colture densamente popolate aumenta anche quando, con la complicità di una luce intensa, le piante crescono senza consolidare le loro cellule generando tessuti più morbidi e più succulenti. I tessuti più teneri sono più predisposti alle malattie a causa della loro limitata resistenza ai parassiti e/o alla penetrazione del patogeno.

Scelta delle piante

Le varietà vegetali hanno diversi livelli di resistenza ai patogeni. In alcuni casi il metodo più efficace per evitare malattie è quello di utilizzare cultivar notoriamente resistenti. Così, è di vitale importanza selezionare varietà di piante che sono più adatte a crescere in certi ambienti o hanno un grado di resistenza più elevato nei confronti di un particolare agente patogeno. Inoltre, molte aziende sementiere offrono una vasta selezione di piante che hanno risposte diverse nei confronti degli agenti patogeni. L'uso di varietà locali che si sono naturalmente selezionate per un determinato ambiente può garantire una crescita sana della pianta.

Se non è possibile controllare alcune malattie con varietà resistenti, durante la stagione critica è saggio a spostarsi verso altre colture. Nel caso di *Pythium* spp., se varietà resistenti di lattuga e microrganismi utili non sono in grado di controllare l'infestazione, è opportuno passare ad altre specie, come il basilico, che sono più tolleranti al patogeno e a elevate temperature dell'acqua.

Semi e/o piantine devono essere acquistati da un vivaio fidato che impiega strategie efficaci di prevenzione delle malattie e può garantire prodotti esenti da malattie. Inoltre, ignorare danni alle piante, come rami spezzati, fessure, tagli e danni da parassiti può spesso portare alla diffusione nella stessa zona di malattie.

Nutrizione delle piante

La nutrizione influisce notevolmente sulla sensibilità della pianta alle malattie. Influisce anche sulla capacità della piante di rispondere alla malattia con meccanismi diversi, tra cui l'antixenosi o di resistenza biologica (processi per scoraggiare la colonizzazione da parte di parassiti dei tessuti vegetali) oppure l'antibiosi (processi per uccidere o ridurre i parassiti vegetali dopo il contatto o durante l'alimentazione). Un giusto equilibrio di nutrienti non solo offre una crescita ottimale, ma rende anche le piante meno sensibili alle malattie. Sebbene la descrizione degli squilibri nutritivi sia stata discussa in precedenza, la tabella 6.2 illustra come alcuni nutrienti possono svolgere un ruolo importante nell'insorgenza della malattia.

Tabella 6.2 - Effetti dei nutrienti sulla prevenzione delle malattie fungine

Nutriente	Effetto
Azoto	Fertilizzazione eccessiva rende i tessuti più succulenti e quindi più suscettibili ad attacchi fungini. Carenza di azoto rende le piante gracili più suscettibili ad attacchi da parte di microrganismi opportunistici.
Potassio	Accelera la guarigione della ferita e riduce l'effetto dei danni causati dal gelo. Ritarda la maturazione e la senescenza delle piante.
Fosforo	Migliora l'equilibrio dei nutrienti e accelera la maturazione delle piante
Calcio	Riduce la gravità di alcune malattie delle radici e del fusto. Influenza la composizione delle pareti delle cellule che resistono alla penetrazione fungina
Silicio	Aiuta le piante a produrre specifiche reazioni difensive, incluso il rilascio di composti fenolici contro i patogeni

Fonte: Agrios (2004)

Monitoraggio – ispezione ed esclusione

La diagnosi precoce e l'intervento sono la base della gestione delle malattie e dei parassiti. Così, le piante devono essere controllate regolarmente per cogliere i primi segni di infezione o la presenza di parassiti che possono causare infezioni. Ogni volta che le piante mostrano segni di danneggiamento o fasi iniziali di malattia (avvizzimento, ruggine o marciume radicale), è fondamentale rimuovere i rami infetti, foglie o l'intera pianta per evitare la diffusione della malattia all'intero raccolto. Inoltre, riguardo all'esclusione, è importante rispettare il controllo dei potenziali vettori (fonti) di virus, come le mosche bianche, coltivando le piante in strutture a prova di insetti (si veda il paragrafo 6.5.1). Inoltre, evitare la contaminazione del suolo, nonché l'uso di strumenti non disinfettati (ad esempio cesoie utilizzate per la potatura/raccolta) aiuterebbe ad evitare la trasmissione al sistema di potenziali patogeni. Infine, è buona norma monitorare e registrare tutti i sintomi e la progressione di ogni malattia per individuare per il futuro i migliori metodi di prevenzione e di trattamento.

Trattamento – inorganico o chimico

Come accennato in precedenza, quello acquaponico è un ecosistema complesso che è più resistente alle malattie del suolo rispetto all'idroponica. Tuttavia, possono comunque verificarsi alcuni focolai di malattia nel caso di condizioni ambientali sfavorevoli, come umidità relativa più alta in serre o in climi tropicali, che devono essere controllate. Poiché l'acquaponica è un sistema integrato

contenente pesci, piante e microrganismi benefici, non è possibile utilizzare i trattamenti fitosanitari standard dell'agricoltura convenzionale (cioè fungicidi chimici) in quanto sono tossici per i pesci. Sono tuttavia possibili pratiche comuni utilizzate per l'agricoltura biologica, a condizione che esse non danneggino i pesci e/o i batteri o non determinino nel sistema soglie di accumulo superiore a quelle accettabili. L'appendice 2 riporta gli elementi e le modalità di applicazione utilizzati in agricoltura biologica che possono anche essere utilizzati per l'acquaponica per combattere e scongiurare diverse malattie. In generale, un trattamento efficace usando questi metodi si basa sulla combinazione di poche strategie che possono avere effetto sinergico contro gli agenti patogeni specifici.

Trattamento – biologico

Alcuni agenti di controllo biologico possono essere utilizzati per l'acquaponica come *Trichoderma* spp., *Ampelomyces* spp. e *Bacillus subtilis*, che sono microrganismi utilizzati nelle colture per la lotta contro malattie specifiche. Questi agenti biologici possono essere applicati sia su foglie che nella zona delle radici. Essi forniscono protezione contro le più comuni malattie del suolo tra cui peronospora, oidio e alcuni batteri. In particolare, *Trichoderma* spp. si è dimostrato efficace nel controllo di *Pythium* spp. e della maggior parte dei patogeni del terreno, mentre *Ampelomyces* spp. potrebbe evitare eventuali necessità di trattamenti inorganici o chimici contro l'oidio. Nel caso di *Trichoderma* spp., le spore possono essere distribuite sul substrato quando si semina, per consentire al fungo benefico di proteggere le piante che iniziano il loro stadio di piantina. Le informazioni sui prodotti, i produttori e i distributori dovrebbero essere consultate prima dell'uso, al fine di individuare i migliori metodi di trattamento per malattie specifiche.

Per informazioni più dettagliate sulle malattie vegetali specifiche, tra cui l'identificazione, la suscettibilità e la prevalenza, vedere i testi consigliati nella sezione relativa a Ulteriori approfondimenti.

6.6 Progettazione della messa a dimora

La disposizione dei letti di crescita aiuta a massimizzare la produzione dell'impianto nello spazio disponibile.

Prima di piantare, scegliere con saggezza le piante che saranno coltivate, tenendo presente lo spazio necessario per ogni pianta e ciò che è appropriato per la stagione di crescita. Una buona pratica per ogni progetto è quello di pianificare su carta la disposizione delle piante nei letti di crescita al fine di avere una migliore comprensione di come tutto potrà risultare. Aspetti importanti da considerare sono: la diversità delle piante, consociazioni e compatibilità fisica, richieste di nutrienti, le richieste del mercato, e la facilità di accesso. Ad esempio, le colture più alte (cioè pomodori) devono essere collocate nel luogo più accessibile all'interno del letto di crescita per rendere la raccolta più facile.

Incoraggiare la diversità vegetale

In generale, piantare diverse colture e varietà fornisce al produttore un maggiore grado di sicurezza. Tutte le piante sono suscettibili ad alcuni tipi di malattie o parassiti. Se si coltiva una sola specie, la possibilità di infestazione grave o di epidemia è maggiore e questo può sbilanciare l'intero sistema. Per questo, i produttori sono incoraggiati a piantare una vasta gamma di verdure anche in impianti su a scala ridotta (figura 6.12).



Fig. 6.12 - Esempio di due letti di coltivazione ospitanti più tipi di ortaggi

Semina sfalsata

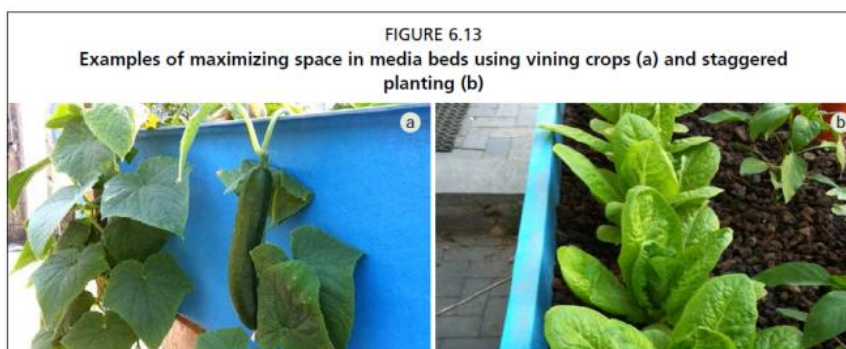
Come accennato in precedenza, è importante sfalsare la semina. In questo modo può esserci un raccolto continuativo e le risemine aiutano a mantenere un livello bilanciato di nutrienti nell'unità. Allo stesso tempo, fornisce un rifornimento costante di piante al consumo o al mercato. Ricordatevi che alcune piante producono frutti o foglie che possono essere raccolte continuamente per tutta una stagione, come ad esempio le varietà di insalata da taglio, basilico, coriandolo e pomodori, mentre altre colture vengono raccolte tutte in una volta, come cavolo rapa, lattuga a cespo, carote. Per attuare la semina sfalsata ci deve essere sempre una pronta fornitura di piantine (lo sviluppo di un semenzaio è trattato nel capitolo 8).

Massimizzare lo spazio nei letti di crescita

Non solo l'occupazione della superficie deve essere pianificata per ottimizzare lo spazio, ma anche lo spazio verticale e il tempo devono essere presi in considerazione. Ad esempio, per quanto riguarda il tempo, le piante con periodi di crescita brevi (insalata) possono essere consociate con piante con crescita a lungo termine (melanzana). Il vantaggio di questa pratica è che l'insalata verde può essere raccolta prima e fornire più spazio durante la maturazione delle melanzane. La continua risemina di verdure tenere come la lattuga tra grandi impianti fruttiferi offre condizioni di naturale ombreggiamento.

Assicuratevi che le colture ombreggiate non siano completamente sovrastate dalle grandi colture in fase di maturazione. Verdure come i cetrioli sono rampicanti naturali che possono essere portati a crescere verso l'alto o verso il basso e anche lontano dai letti. Utilizzate pali di legno e/o spago per contribuire a sostenere le verdure rampicanti. Questo crea più spazio nel letto di crescita (figura 6.13).

Uno dei vantaggi dell'acquaponica è che le piante possono essere facilmente spostate liberando delicatamente le radici dal letto di crescita e posizionandole in un luogo diverso.



6.7 Sommario del capitolo

- J I principali vantaggi dell'acquaponica rispetto all'agricoltura in terra sono:
 - (i) nessun fertilizzante sprecato;
 - (ii) minor utilizzo di acqua;
 - (iii) produttività/qualità superiore;
 - (iv) capacità di utilizzare terreni non coltivabili;
 - (v) riduzione di lavorazione del terreno, diserbo e altri tradizionali lavori agricoli.

- J Le piante richiedono luce del sole, l'aria, l'acqua e le sostanze nutrienti per crescere. I macronutrienti essenziali sono: azoto, fosforo, potassio, calcio, magnesio e zolfo; I micronutrienti sono: ferro, zinco, boro, rame, manganese e molibdeno. Le carenze devono essere affrontate fornendo i nutrienti mancanti con fertilizzante supplementare o aumentando la mineralizzazione.

- J Il parametro più importante della qualità dell'acqua per le piante è il pH perché influenza la disponibilità di nutrienti essenziali.
- J L'intervallo di temperatura adatto per la maggior parte delle verdure è 18-26 ° C, anche se molte verdure sono stagionali. Verdure invernali richiedono temperature di 8-20 °C, e verdure estive richiedono temperature di 17-30 ° C.
- J Gli ortaggi a foglia e le verdure vengono molto bene in acquaponica, così come i grandi ortaggi da frutto tra cui pomodori, peperoni, melanzane e cetrioli, piselli e fagioli. Le radici commestibili e i tuberi sono coltivate meno comunemente e richiedono particolare attenzione.
- J Per la produzione integrata e la gestione dei parassiti/malattie si utilizzano pratiche fisiche, meccaniche e colturali per ridurre al minimo parassiti/patogeni, e si utilizzano trattamenti biologici e chimici non dannosi per i pesci e in applicazioni mirate, quando necessario.
- J La progettazione di una semina intelligente deve consentire di massimizzare lo spazio disponibile per le piante, incoraggiare gli insetti benefici e migliorare la produzione.
- J Semine sfalsate prevedono la raccolta continua così come un assorbimento costante dei nutrienti e una qualità dell'acqua più costante.