

Progetto PRIN-2022: *Innovative approach enabling soil and food quality in vegetable gardens of the metropolitan area of Naples*
(Codice progetto: 2022XFXRBR; CUP: E53D23011040006)



HealthySoil4QualityFood

LINEE GUIDA PER LA GESTIONE SOSTENIBILE ED IL MONITORAGGIO DEI SISTEMI AGRICOLI URBANI

1. CENNI INTRODUTTIVI SULLA QUALITÀ DEI SUOLI

La qualità (o salute) del suolo deriva dalle complesse interazioni tra le sue proprietà mineralogiche, chimiche, fisiche e biologiche. Nei sistemi agricoli, la qualità del suolo è associata principalmente alla resa delle colture e al valore di mercato dei prodotti. Al contrario, negli ecosistemi naturali, le valutazioni si concentrano principalmente sul mantenimento della qualità ambientale e sulla conservazione della biodiversità. Pertanto, determinare se un suolo sia di buona o scarsa qualità dipende dai risultati combinati di vari processi e funzioni del suolo in condizioni specifiche, nonché dallo scopo della valutazione. In questo senso, la qualità del suolo può essere vista come un'estensione moderna del concetto più ampio di fertilità del suolo, fungendo da indicatore sia della salute dell'ecosistema che dello sviluppo sostenibile.

Poiché la qualità del suolo è legata alla sua funzionalità, la sua valutazione mira a quantificare le funzioni del suolo. Tale quantificazione supporta gli agricoltori ed i vari portatori di interesse (amministratori, politici, ecc.) nel monitorare i miglioramenti o il declino delle funzioni del suolo ed è preziosa anche per modellare i cambiamenti in queste funzioni. Questa modellizzazione è cruciale per prevedere gli impatti delle pressioni esterne, in particolare quelle legate alle pratiche di gestione agricola e ai cambiamenti climatici.

A differenza dell'aria e dell'acqua, dove i cambiamenti possono spesso essere monitorati progressivamente nel tempo, i suoli in genere rispondono lentamente ad alterazioni quali i cambiamenti nell'uso del suolo o le pratiche di gestione. Di conseguenza, il declino della qualità del suolo può passare inosservato fino a quando non si sono verificati danni irreversibili. Le funzioni del suolo non sono proprietà direttamente misurabili, sono piuttosto risultati integrati di complesse interazioni tra processi fisici, chimici e biologici. Di conseguenza, la valutazione delle funzioni del suolo richiede l'identificazione di attributi sensibili del suolo che possano fungere da indicatori affidabili. La selezione appropriata di questi indicatori è quindi un aspetto fondamentale nella valutazione della qualità del suolo.

In questo contesto, i suoli possiedono sia proprietà intrinseche, quali la tessitura e la mineralogia, che cambiano poco su scale temporali brevi e riflettono il potenziale funzionale naturale del suolo, sia proprietà dinamiche, quali la struttura del suolo, il contenuto di sostanza organica, il pH, la capacità di ritenzione idrica e la biodisponibilità dei nutrienti, che sono influenzate dall'uso del territorio e dalle pratiche di gestione. È noto che gli organismi e i microrganismi del suolo svolgono un ruolo chiave nella maggior parte dei processi che avvengono nel suolo (flusso di energia, ciclo dei nutrienti e biodisponibilità di nutrienti per le piante) e determinano quindi in modo significativo la funzionalità del suolo. Gli indicatori biologici sono infatti ampiamente utilizzati per la valutazione "dinamica" della qualità del suolo, essendo più sensibili e in grado di riflettere rapidamente ai cambiamenti ambientali o gestionali rispetto alle proprietà fisiche e chimiche. Tuttavia, molti di questi indicatori possono mostrare un'elevata variabilità temporale (anche stagionale) e spaziale.

La **qualità dei suoli agricoli urbani** rappresenta un tema sempre più rilevante nel contesto delle città moderne, dove cresce l'interesse per l'agricoltura urbana come strumento di sostenibilità ambientale, sicurezza alimentare e miglioramento della qualità della vita. La qualità di questi suoli

dipende da numerosi fattori e deve essere valutata con particolare attenzione. Nel contesto urbano, infatti, la qualità del suolo può essere influenzata da fattori di degrado legati alle attività umane. Uno dei problemi più rilevanti è la possibile contaminazione del suolo, dovuta alla presenza di elementi potenzialmente tossici (EPT), di contaminanti organici persistenti (POP) e di inquinanti provenienti dal traffico veicolare. Queste sostanze possono accumularsi nel suolo e rappresentare un rischio sia per la crescita delle piante sia per la salute umana, soprattutto quando i prodotti coltivati sono destinati al consumo alimentare. Per questo motivo, prima di avviare attività agricole in ambito urbano è spesso necessario effettuare analisi del suolo per verificare la presenza di eventuali contaminanti.

Un altro elemento che può influenzare la qualità dei suoli urbani è la compattazione del suolo, causata dal passaggio frequente di mezzi pesanti o dalle attività antropiche. Un suolo troppo compatto presenta una ridotta porosità e una scarsa circolazione di aria e acqua, condizioni che possono limitare lo sviluppo delle radici e ridurre l'attività biologica del suolo.

Nonostante queste criticità, i suoli agricoli urbani possono svolgere funzioni ecologiche molto importanti. Essi contribuiscono alla regolazione del microclima urbano, favoriscono l'infiltrazione dell'acqua piovana riducendo il rischio di allagamenti e rappresentano habitat per numerose specie di organismi del suolo. Inoltre, la presenza di orti urbani e spazi agricoli all'interno delle città favorisce la biodiversità e rafforza il legame tra cittadini e ambiente. La qualità di un suolo agricolo urbano dipende quindi dalla capacità di **gestire il suolo in modo sostenibile**, monitorando nel tempo le sue caratteristiche e gli indicatori di qualità fisici, chimici e biologici e prevenendo fenomeni di degrado o contaminazione. Attraverso pratiche agricole rispettose dell'ambiente, come l'uso di compost (possibilmente autoprodotta), la rotazione delle colture e la riduzione dell'uso di fertilizzanti di sintesi e agrofarmaci, è possibile migliorare la fertilità del suolo e garantire la produzione di alimenti sani anche all'interno degli spazi agricoli urbani.

2. INDICATORI PER IL MONITORAGGIO E LA GESTIONE SOSTENIBILE DEI SUOLI URBANI

Gli indicatori di qualità del suolo possono essere suddivisi in tre grandi categorie: fisici, chimici e biologici. Ciascuna categoria fornisce informazioni specifiche sulla funzionalità del suolo urbano.

Gli **indicatori fisici** riguardano le proprietà fisico-meccaniche del suolo e la sua struttura. Tra questi indicatori rientrano, ad esempio, la tessitura e la struttura del suolo, la porosità, la densità apparente e la capacità di ritenzione idrica. La tessitura del suolo, cioè la proporzione tra sabbia, limo e argilla, rappresenta uno dei più importanti indicatori fisici, poiché influisce sulla fertilità e sulla gestione agricola del suolo. Una buona struttura del suolo, invece, consente alle radici delle piante di svilupparsi facilmente e favorisce la circolazione di aria e acqua all'interno dei pori. Quando il suolo è troppo compatto o degradato, invece, la crescita delle piante può essere ostacolata e diminuisce la capacità del suolo di assorbire e trattenere l'acqua, aumentando il rischio di erosione o ristagni idrici. Una giusta porosità (circa un 40–60% di pori rispetto al volume totale di suolo) è essenziale per garantire il corretto equilibrio tra acqua e aria nel suolo. L'acqua immagazzinata nei pori più piccoli può essere utilizzata dalle piante, mentre i pori più grandi favoriscono il drenaggio

dell'acqua in eccesso e permettono lo scambio di gas con l'atmosfera. In questo modo le radici possono respirare e assorbire efficacemente i nutrienti necessari alla crescita.

Gli **indicatori chimici** sono parametri che permettono di valutare la composizione chimica del suolo e la sua capacità di fornire i nutrienti necessari alla crescita delle piante. Attraverso l'analisi di questi indicatori è possibile comprendere il livello di fertilità del suolo, individuare eventuali squilibri nutrizionali e rilevare possibili fenomeni di contaminazione. Essi sono quindi fondamentali sia per la gestione agricola sia per la tutela ambientale.

Uno degli indicatori chimici più importanti è il pH del suolo, che esprime il grado di reazione del suolo. Il pH influisce in modo significativo sulla disponibilità dei nutrienti per le piante e sull'attività dei microrganismi del suolo. In generale, la maggior parte delle colture cresce meglio in suoli con un pH compreso tra 6 e 7,5, cioè in condizioni leggermente acide o neutre. Se il suolo è troppo acido o troppo alcalino, alcuni elementi nutritivi possono diventare meno disponibili o, al contrario, possono accumularsi in quantità dannose per le piante. Inoltre, il pH condiziona l'attività biologica del suolo, influenzando i processi di decomposizione della sostanza organica e di trasformazione dei nutrienti.

Un altro indicatore fondamentale è il contenuto di sostanza organica, che rappresenta una componente chiave della fertilità del suolo. Essa deriva dalla decomposizione di residui vegetali e animali e contribuisce alla formazione dell'humus. La sostanza organica migliora la struttura del suolo, aumenta la capacità di trattenere acqua e nutrienti e favorisce lo sviluppo della microfauna e dei microrganismi del terreno. Inoltre, svolge un ruolo importante nei cicli biogeochimici, contribuendo al riciclo degli elementi nutritivi e al sequestro del carbonio nel suolo.

Tra gli indicatori chimici rientrano anche la concentrazione e la disponibilità di macro e micronutrienti, indispensabili per lo sviluppo delle piante. L'azoto è essenziale per la formazione delle proteine e della clorofilla ed è quindi strettamente legato alla crescita vegetativa. Il fosforo svolge un ruolo importante nei processi energetici della pianta e nello sviluppo dell'apparato radicale. Il potassio, invece, contribuisce alla regolazione dell'equilibrio idrico della pianta e alla resistenza agli stress ambientali. La presenza equilibrata di questi elementi nel suolo è fondamentale per garantire una buona produttività agricola. Oltre ai macroelementi (N, P, K e calcio, magnesio e zolfo), è importante considerare anche i microelementi, come ferro, manganese, zinco, rame e boro. Sebbene siano richiesti dalle piante in quantità minori, questi elementi svolgono funzioni essenziali nei processi metabolici e fisiologici. Una loro carenza o un eccesso può provocare squilibri nutrizionali che compromettono la crescita e la salute delle colture.

Un ulteriore indicatore chimico rilevante è la capacità di scambio cationico (CSC), cioè la capacità del suolo di trattenere e scambiare cationi (ioni positivi) come calcio, magnesio, potassio e ammonio. Questa proprietà dipende principalmente dalla quantità di argilla e di sostanza organica presente nel suolo. Un suolo con elevata capacità di scambio cationico è generalmente più fertile, poiché riesce a trattenere i nutrienti evitando che vengano facilmente dilavati dalle piogge.

Inoltre, tra gli indicatori chimici della qualità del suolo è importante considerare anche la presenza di sostanze inquinanti, come gli elementi potenzialmente tossici (EPT), i contaminanti organici persistenti (POP) ed i residui di agrofarmaci. L'accumulo di queste sostanze può compromettere la

fertilità del suolo, danneggiare gli organismi che vi vivono e rappresentare un rischio per la salute umana e per gli ecosistemi.

Gli **indicatori biologici** riguardano l'insieme degli organismi viventi presenti nel terreno e le loro attività. Il suolo, infatti, rappresenta uno degli ecosistemi più ricchi di biodiversità del pianeta: al suo interno vivono batteri, funghi, alghe, protozoi, nematodi, insetti e organismi più grandi come i lombrichi. L'analisi di questi organismi e delle loro funzioni consente di comprendere lo stato di salute del suolo e la sua capacità di sostenere i processi ecologici fondamentali.

Uno degli aspetti più importanti è la diversità e l'abbondanza dei microrganismi del suolo, in particolare batteri e funghi. Questi organismi svolgono un ruolo centrale nei processi di decomposizione della sostanza organica. Possono essere studiati mediante saggi biomolecolari e/o enzimatici.

Un indicatore biologico molto utilizzato è la biomassa microbica, cioè la quantità totale di microrganismi presenti nel suolo. Un'elevata biomassa microbica indica generalmente un suolo attivo dal punto di vista biologico, ricco di sostanza organica e capace di sostenere efficacemente i cicli dei nutrienti. Un altro parametro importante è la respirazione del suolo, che misura la quantità di anidride carbonica prodotta dai microrganismi durante i processi di decomposizione. Questo indicatore riflette l'intensità dell'attività biologica nel terreno.

Tra gli indicatori biologici rientra anche lo studio della fauna edafica, cioè degli organismi animali che vivono nel suolo. I lombrichi, ad esempio, sono considerati ottimi indicatori della qualità del suolo perché contribuiscono a migliorare la struttura del terreno attraverso la formazione di gallerie che favoriscono la circolazione di aria e acqua. Inoltre, ingerendo il suolo e la materia organica, essi partecipano alla formazione di aggregati stabili e al riciclo dei nutrienti. Anche altri organismi, come acari, collemboli e nematodi, svolgono funzioni ecologiche importanti. Essi partecipano alla frammentazione della sostanza organica e regolano le popolazioni microbiche attraverso relazioni di predazione e competizione. La presenza di una fauna del suolo diversificata indica generalmente un ecosistema equilibrato e funzionale.

L'analisi integrata di questi indicatori permette di ottenere una visione complessiva dello stato del suolo urbano e di individuare eventuali processi di degrado, come erosione, compattazione, perdita di sostanza organica o contaminazione. Questo tipo di valutazione è particolarmente importante nel contesto attuale, in cui il suolo è sottoposto a forti pressioni dovute all'espansione urbanistica e ai cambiamenti climatici.

3. VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DEL CIBO PRODOTTO IN SISTEMI AGRICOLI URBANI

Il monitoraggio della qualità delle produzioni agricole realizzate in contesti urbani rappresenta un aspetto fondamentale per garantire la sicurezza alimentare, la sostenibilità ambientale e la tutela della salute dei consumatori. Negli ultimi decenni l'agricoltura urbana ha assunto un ruolo sempre più importante nelle città, grazie alla diffusione di orti urbani, giardini comunitari, tetti verdi e piccoli sistemi di coltivazione all'interno o nelle periferie dei centri abitati. Tuttavia, coltivare in ambiente

urbano comporta alcune criticità, già evidenziate in precedenza, che rendono necessario un attento controllo della qualità dei prodotti agroalimentari.

Il monitoraggio delle produzioni agricole urbane ha come obiettivo principale la verifica della sicurezza e della salubrità degli alimenti prodotti. A differenza delle aree agricole tradizionali, i suoli situati nelle città possono essere esposti a diverse fonti di inquinamento, come traffico veicolare, emissioni industriali, attività edilizie o residui di precedenti utilizzi del suolo. Per questo motivo il monitoraggio deve prevedere analisi periodiche del suolo e delle colture, al fine di individuare eventuali contaminazioni e valutarne il livello di rischio.

Oltre al suolo, il monitoraggio deve considerare anche altri fattori ambientali, come la qualità dell'acqua utilizzata per l'irrigazione e l'eventuale presenza di inquinanti atmosferici. L'acqua può rappresentare una fonte di contaminazione se proviene da sistemi non controllati o se contiene residui chimici. Allo stesso modo, le particelle inquinanti presenti nell'aria possono depositarsi sulle foglie e sui frutti delle piante, influenzando la qualità delle produzioni agricole.

Un altro aspetto importante riguarda il monitoraggio microbiologico dei prodotti agroalimentari. Attraverso analisi microbiologiche è possibile individuare la presenza di microrganismi patogeni nelle colture ed intervenire tempestivamente per ridurre i rischi. Questo tipo di controllo è particolarmente importante quando i prodotti agricoli vengono consumati freschi, come nel caso di ortaggi a foglia o verdure crude. È quindi chiaro che, per minimizzare i rischi di contaminazioni chimiche o microbiologiche, è sempre opportuno lavare con cura i prodotti vegetali prima del loro consumo!

Oltre alla sicurezza alimentare, è fondamentale monitorare il valore nutrizionale delle produzioni agricole urbane, analizzando la concentrazione di nutrienti essenziali, quali elementi minerali, fibre, carboidrati, vitamine e composti bioattivi (antiossidanti, polifenoli e carotenoidi, che svolgono un ruolo cruciale nella prevenzione di numerose malattie). Molti ortaggi e frutti coltivati in ambiente urbano, se prodotti in condizioni adeguate e consumati freschi poco dopo la raccolta, possono presentare livelli significativi di queste sostanze, contribuendo a migliorare il valore salutistico degli alimenti.

In conclusione, il frequente monitoraggio della qualità dei suoli, delle produzioni agrarie, delle acque e dell'aria nei contesti agricoli urbani è uno strumento essenziale per garantire lo sviluppo di sistemi produttivi salubri e sostenibili. Attraverso un'attenta gestione del suolo e delle risorse e la valutazione delle pratiche agricole è possibile migliorare la qualità degli alimenti prodotti nelle città e valorizzare il ruolo dell'agricoltura urbana come componente importante delle strategie di sviluppo sostenibile e di sicurezza alimentare. In tale contesto, la collaborazione attiva tra cittadini, istituzioni, ricercatori e produttori agricoli può consentire di migliorare la sostenibilità del suolo e delle coltivazioni, garantire la qualità delle produzioni e promuovere modelli di sviluppo urbano più partecipativi e sostenibili.