



# AGRITALIA



## **Sostanze umiche, materie organiche, Humus, Umati, Humin, Acidi Umici e Fulvici: la loro importanza per la fertilità del terreno e per la salute delle piante**

*Mr. Serge Demkoff, AridGrow Production JLLC*

*Dr. Alexander Abramets, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus*

Le sostanze umiche, come quelle elencate nel titolo sopra, svolgono un ruolo fondamentale per la fertilità del suolo e la nutrizione delle piante. Le piante coltivate su terreni che contengono una quantità adeguata di humin, additivi umici (HAs), e additivi fulvici (FAs) sono meno soggette a stress, sono più sane, danno rendimenti più elevati; e la qualità nutrizionale dei cibi raccolti e dei foraggi è superiore. Il valore delle sostanze umiche nella fertilità del suolo e nella nutrizione della pianta riguarda le molte funzioni che questi composti organici complessi svolgono come parte del ciclo di vita sulla terra. Il ciclo di vita e morte comporta un riciclo del carbonio che contiene componenti strutturali di piante e animali attraverso il terreno e l'aria per poi tornare nella pianta vivente.

**L'uomo si è distratto dall'importanza del riciclo di composto organico quando fu scoperto che i "fertilizzanti" solubili a base acida N-P-K avrebbero potuto stimolare la crescita delle piante. Le grandi imprese industriali hanno approfittato della scoperta dei N-P-K per mettere in commercio "fertilizzanti" trasformati industrialmente da depositi minerali. L'uso protratto di questi fertilizzanti acidi in assenza di sostanze umiche adeguate (nel terreno) ha causato molti gravi problemi sociologici ed ecologici. L'uomo ha bisogno di riconsiderare il suo approccio alla tecniche di fertilizzazione, dando maggiore priorità all'humus del terreno.**

L'urgenza di sottolineare l'importanza delle sostanze umiche e il loro valore come ingredienti fertilizzanti non è mai stata più importante di quanto lo sia oggi. Tutti quelli preoccupati per la capacità dei suoli di sostenere la crescita delle piante necessita di assistenza nell'educare il pubblico. Le sostanze umiche sono considerate dalla maggior parte degli studiosi del suolo e dagli agronomi come la componente più importante di un terreno sano e fertile. Per illustrare come funzionano le sostanze umiche, è stato predisposto il seguente sommario come guida e programma educativo, basato su dati scientifici pubblicati. Inoltre, comprendendo il funzionamento di queste sostanze contenenti carbonio, i professionisti avranno una solida base su cui elaborare programmi di agricoltura sostenibile rispettosi dell'ambiente.

### **DESCRIZIONE DEI TERMINI USATI NEL SOMMARIO**

Una breve presentazione di alcuni termini importanti aiuterà a chiarire al lettore il significato delle sostanze umiche, e come gli scienziati hanno suddiviso e descritto gli estratti specifici da queste sostanze. Le caratteristiche principali di questi estratti sono state scoperte mentre gli agricoltori lavoravano per capire le proprietà strutturali e funzionali delle sostanze umiche.

**La MATERIA ORGANICA è definita come un raggruppamento di composti contenenti carbonio, che hanno avuto origine da esseri viventi e che sono stati depositati sopra o all'interno dei componenti strutturali della terra. La sostanza organica del suolo comprende i resti di tutti gli organi vegetali ed animali, che sono caduti sulla superficie terrestre o che sono stati volutamente posti dall'uomo sotto forma di pesticidi biologici di sintesi. Un terreno fertile dovrebbe contenere da 2 a 8 % di materia organica, ma la maggior parte dei terreni contiene meno del 2%. In presenza di acidità, i terreni lisciviati, che spesso sono sabbiosi, parti sostanziali di materia organica si presentano sotto forma di residui vegetali e acidi fulvici (FAs). Nei suoli neutri e alcalini, una grande percentuale di sostanza organica è presente sotto forma di acidi umici (HAs) e humin.**

Quando la materia organica viene bruciata, rimane della cenere residua. La cenere residua è composta dai minerali, oligoelementi necessari alle piante e agli animali durante i loro normali processi di crescita. Così la materia organica contiene elementi minerali richiesti dalle piante.

Una misura accurata del contenuto di materia organica nel suolo sarebbe utile nel monitoraggio della fertilità del suolo. Attualmente il miglior solvente per la rimozione di sostanze organiche da un terreno è un normale idrossido di sodio 0.5 (NaOH) (che lavora sotto N<sub>2</sub>). Il secondo miglior estraente è il pirofosfato di sodio decaidrato (Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> · 10H<sub>2</sub>O (pH 9.8)). Nessuno di questi estraenti è in grado di rimuovere tutto il materiale organico da un campione di suolo. Ovviamente poiché tra quelle conosciute queste sostanze chimiche sono le migliori, è impossibile determinare l'esatta quantità di materia organica presente nel terreno. In realtà, la materia organica non è un componente del terreno misurabile. Il contenuto di materia organica di un campione di suolo, ha riferito il test del suolo, è solo una stima. Il contenuto di carbonio organico del terreno può essere misurato e sarebbe un'indicazione molto più importante del potenziale chimico unico di un terreno. Il contenuto di carbonio nei terreni sarebbe un'informazione auspicabile nel report di un test del suolo.

**L'HUMUS** è definito come un complesso di carbonio variabile di colore dal marrone al nero contenente composti non riconosciuti al microscopio ottico come avente organizzazione cellulare in forma di corpi vegetali e animali. L'Humus viene dissociato dalle sostanze non umiche quali carboidrati (una frazione rilevante di carbonio nel suolo), grassi, cere, alcani, peptidi, amminoacidi, proteine, lipidi e acidi organici in quanto possono essere scritte formule chimiche distinte per queste sostanze non umiche. La maggior parte delle piccole molecole delle sostanze non umiche vengono rapidamente erose dai microrganismi presenti all'interno del terreno. Al contrario, l'humus del terreno è lento a decomporsi (degradarsi) in condizioni di terreno naturale. Mentre, in combinazione con i minerali del suolo, l'humus può persistere nel terreno per diverse centinaia di anni. L'Humus è il componente principale di materia organica del terreno, costituendone dal 65% al 75% del totale. L'Humus assume un ruolo importante come componente nella fertilità di tutti i suoli, di gran lunga superiore al contributo in percentuale che rende alla massa totale del terreno.

Le **SOSTANZE UMICHE** sono componenti dell'humus e come tali sono composti ad alto peso molecolare che insieme formano l'idrofili dal marrone al nero, molecularmente flessibili, polielettroliti chiamato humus. Molti dei componenti dell'humus sono complessi organici eterogenei relativamente grandi e stabili. La loro funzione è dare al suolo struttura, porosità, capacità di ritenzione idrica, scambio di cationi e anioni, e sono coinvolti nella chelazione degli elementi minerali. L'analisi elementare di sostanze umiche rivela che esse sono composte principalmente di carbonio, ossigeno, idrogeno, azoto e zolfo in catene complesse di carbonio (componenti alifatici che costituiscono circa il 40% 50% del totale) CCC e 4, 5 e 6 -member anelli di carbonio (componenti aromatiche che costituiscono il 35 il 60% del totale) con gruppi CC, C N e C = O.

Le intese preliminari su come sono formate le sostanze umiche sono basate su 4 teorie pubblicate: (1) Modifica lignina, (2) Interazione aminoacidi Quinone, (3) Sintesi microbica di composti aromatici, e (4) the Mallard Reaction (una sequenza di reazione aminoacido zucchero). Ogni teoria descrive le complicate reazioni biotiche e abiotiche in cui una varietà di composti organici, come i composti fenolici (es. lignine), i carboidrati complessi e le sostanze azotate sono risintetizzate per formare grandi polimeri complessi. Affinché queste reazioni di polimerizzazione procedano, devono essere presenti dei catalizzatori minerali inorganici. Pertanto, la disponibilità di minerali traccia è un requisito per la formazione della sostanza umica. L'estrema variabilità nelle caratteristiche molecolari delle sostanze umiche si ricollega ai composti precursori e alle condizioni ambientali in cui le sostanze umiche si sono formate.

Le sostanze umiche hanno dimostrato di contenere una grande varietà di componenti molecolari. Alcuni componenti tipici sono: polisaccaridi; acidi grassi; polipeptidi; lignine; esteri; fenoli; eteri; carbonili; chinoni; lipidi: perossidi; varie combinazioni di benzene, acetale, chetale, e lattolo, e composti furano anelli; e composti alifatici (catene di carbonio). La degradazione ossidativa di alcune sostanze umiche produce alifatico, fenolici e acidi benzene carboxilici oltre ad alcani ed

acidi grassi n. I principali acidi fenolici contengono circa 3 gruppi di ossidrilici (OH) e tra 1 e 5 gruppi di carbossilici (COOH).

Le sostanze umiche possono essere suddivise in tre frazioni principali (1) HUMIN, (2) HUMIC ACIDS (HAs), e (3) ACIDI FULVICI (FAs). Queste suddivisioni sono arbitrariamente basate sulla solubilità di ciascuna frazione in acqua adattata a diverse condizioni acide alcaline (livelli di pH). Alcune delle principali caratteristiche delle sostanze umiche sono riassunte **nella figura 1**.

**HUMINS sono quella frazione di sostanze umiche non solubili in alcali (pH elevato) e neppure solubili in acido (pH basso). Gli humins non sono solubili in acqua in qualsiasi pH. I complessi Humin sono considerati sostanze macro organiche (molto grandi) in quanto il loro peso molecolare (MW) varia da circa 100.000 a 10.000.000. A confronto, il peso molecolare dei carboidrati (zuccheri complessi) varia da circa 500 a 100.000. Le proprietà chimiche e fisiche dei humins sono solo parzialmente comprese. Gli humins presenti nel suolo sono i più resistenti alla decomposizione (lenti a distruggersi) di tutte le sostanze umiche. Alcune delle principali funzioni degli humins all'interno del terreno sono di migliorare la capacità di ritenzione idrica del suolo, di migliorare la struttura del suolo, di mantenere la stabilità del suolo, di funzionare come un sistema di scambio cationico, e di migliorare in generale la fertilità del suolo. Grazie a queste importanti funzioni l'humina è un componente chiave nei terreni fertili.**

**Gli ACIDI UMICI (HAs) racchiudono una miscela di alifatico debole (catene di carbonio) e di acidi organici aromatici (anelli di carbonio) che non sono solubili in acqua in ambiente acido ma sono solubili in acqua in condizioni alcaline. Gli acidi umici consistono in quella frazione di sostanze umiche che sono precipitate da una soluzione acquosa quando il pH diminuisce sotto 2.**

Gli acidi umici (HAs) sono definiti polidispersi a causa delle loro caratteristiche chimiche variabili. Da una prospettiva tridimensionale questi composti complessi contenenti carbonio sono considerati polimeri lineari flessibili che esistono in quanto coils casuali con legami reticolati. In media il 35% delle molecole di acido umico (HA) sono aromatiche (anelli di carbonio), mentre i restanti componenti sono sotto forma di molecole alifatiche (catene di carbonio). La dimensione molecolare degli acidi umici (HAs) varia da circa 10.000 a 100.000. I polimeri di acido umico (HA) si legano facilmente a minerali argillosi per formare complessi organici stabili di argilla. I pori periferici nel polimero sono in grado di accogliere (vincolando) prodotti chimici organici naturali e sintetici in un reticolo (clatrato) tipo arrangiamenti.

Gli acidi umici (HAs) facilmente formano sali con oligoelementi minerali inorganici. L'analisi degli estratti di acidi umici naturali (HAs) rivelerà la presenza di oltre 60 diversi elementi minerali presenti. Questi elementi sono legati a molecole aggiunte di umico in una forma che può essere facilmente utilizzata da vari organismi viventi. Il risultato è che gli acidi umici (HAs) funzionano come importanti sistemi di scambio ionico e metallo complessante (chelante).

**Gli ACIDI FULVICI (FAs) sono una miscela di acidi organici aromatici e di alifatici deboli che sono solubili in acqua a tutte le condizioni di pH (acido, neutro o alcalino). La loro composizione e forma sono piuttosto variabili. La dimensione degli acidi fulvici (HFs) risulta essere più piccola degli additivi umici (HAs), con peso molecolare che va da circa 1.000 a 10.000. Gli acidi fulvici (FAs) hanno un contenuto di ossigeno doppio di quello degli acidi umici (HAs). Hanno molti gruppi carbossilici (COOH) e idrossili (COH), quindi i fulvici (FAs) sono molto più reattivi chimicamente. La loro capacità di scambio è più del doppio di quella degli acidi umici (HAs). Questa elevata capacità di scambio è dovuta al numero totale di gruppi carbossilici (COOH) presenti, che varia da 520 al 1120 cmol (H +)/kg.**

Gli acidi fulvici presi da molte fonti diverse e analizzati, non mostrano alcuna evidenza di gruppi metossilici (CH<sub>3</sub>), che sono a basso contenuto di fenoli, e sono meno aromatici rispetto agli acidi umici raccolti dalle stesse fonti. A causa delle dimensioni delle molecole di acido fulvico che sono relativamente piccole (FA), esse possono facilmente penetrare nelle radici delle piante, negli steli e

nelle foglie. Nel momento in cui entrano in queste parti delle piante, esse portano tracce di minerali dalle superfici ai tessuti vegetali. Gli acidi fulvici (FAs) sono gli ingredienti principali dei fertilizzanti fogliari di alta qualità. Le applicazioni spray fogliari contenenti acido fulvico (FA) chelati minerali, nelle specifiche fasi di crescita delle piante, possono essere utilizzate come tecnica primaria di produzione per massimizzare le capacità produttiva delle piante. Una volta applicati al fogliame della pianta, gli acidi fulvici (FAs) trasportano tracce di minerali direttamente ai siti metabolici delle cellule vegetali. Gli acidi fulvici (FAs) sono i composti chelanti contenenti carbonio più efficaci conosciuti. Sono compatibili con le piante, pertanto non tossici, quando applicati a dosaggi relativamente bassi.

**Figura 1. Caratteristiche generali delle tre principali sostanze umiche**

HUMIN	HUMIC ACID		FULVIC ACID	
Molecular weight decreasing				
10,000,000	100,000		10,000	1,000
Cation exchange capacity (cmol/kg) and acidity increasing				
100	300		500	1,000
Carbon content (g/kg)				
550	620	0	520	430
Oxygen content (g/kg)				
340	290	360	440	510
Nitrogen content (g/kg)				
46	55		43	7
Hydrogen content (g/kg)				
55	29	67	33	so
Fertilizer properties - plant response increasing				
Slow response			Rapid response	

*Modificato da Dixon, J. B. e S. B. Weed, 1989. Pagina 95 di "Minerals in Soil Environments"  
Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 1244 pagine*

Gli UMATI sono sali metallici (minerali) di acidi umici (HAs) o acidi fulvici (FAs). All'interno di qualsiasi sostanza umica ci sono un gran numero di molecole complesse di umati. La formazione di un umato si basa sulla capacità dei gruppi di carbossile (COOH) e di idrossile (OH) (sulla parte esterna dei polimeri) di dissociare (espellere) lo ione di idrogeno. Una volta che gli ioni di idrogeno sono dissociati, il risultato è un anione con carica negativa (COO<sup>-</sup> o -CO<sup>-</sup>). Due di questi anioni possono legarsi a cationi metallici positivi, quali Ferro (Fe ++), Rame (Cu ++), Zinco (Zn ++), Calcio (Ca ++), Manganese (Mg ++), e Magnesio (Mg ++). La reazione semplificata (COO<sup>-</sup> + Fe ++ >> COOFe ++ H) procede legando due anioni, spesso un gruppo COOH e uno COH. La composizione umata di qualsivoglia sostanza umica è specifica per tale sostanza. Esiste quindi una grande variabilità nella composizione molecolare delle diverse sostanze umiche. Gli umati provenienti da diversi depositi di minerali sarebbero tenuti ad avere le proprie caratteristiche uniche.

## **LE SOSTANZE UMICHE E LA LORO INFLUENZA SULLA FERTILITA' DEL SUOLO**

Le sostanze umiche sono una buona fonte di energia per gli organismi benefici del suolo. Le sostanze umiche ed i composti non umici (organici) forniscono l'energia e molti dei requisiti minerali per i microrganismi e gli animali del suolo. Gli organismi terricoli benefici mancano di apparato fotosintetico per catturare l'energia dal sole, quindi devono sopravvivere di sostanze residue contenenti carbonio che sono sul o nel terreno. L'energia immagazzinata all'interno dei legami di carbonio serve per fornire energia per varie reazioni metaboliche all'interno di questi organismi. Gli organismi benefici del suolo (alghe, lieviti, batteri, funghi, nematodi, micorrize e piccoli animali) svolgono molte funzioni benefiche che influenzano la fertilità del suolo e la salute delle piante. Ad esempio, i batteri rilasciano acidi organici che aiutano nella solubilizzazione di elementi minerali legati nel terreno. I batteri rilasciano anche polisaccaridi complessi (composti a base di zucchero) che aiutano a creare briciole di terreno (aggregati). Le briciole di terreno conferiscono al suolo una struttura allettante. Altri microrganismi benefici del suolo, quali le Actinomicosi rilasciano degli antibiotici nel terreno. Questi antibiotici vengono assorbiti dalla pianta per proteggerla contro i parassiti. Gli antibiotici servono anche per creare auspicabili equilibri ecologici di organismi del suolo sia sulla superficie della radice (rhizoplane) che nel suolo in prossimità delle radici (rizosfera). Anche i funghi eseguono molte funzioni benefiche nei terreni. Ad esempio, le micorrize aiutano le radici delle piante ad assorbire acqua e oligoelementi. Altri funghi decompongono i residui delle colture e la materia vegetale rilasciando sostanze nutritive per gli altri organismi. Molti dei composti organici rilasciati dai funghi aiutano a formare humus e briciole di suolo. Gli animali benefici del suolo creano tunnel come canali nel terreno. Questi canali permettono al terreno di respirare e scambiare gas con l'atmosfera. Gli animali terricoli aiutano anche a formare humus e contribuiscono ad equilibrare la concentrazione di microrganismi nel suolo. Un terreno fertile e sano deve includere sufficienti composti aventi carbonio per sostenere i miliardi di forme di vita microscopiche necessarie per un terreno fertile ed una pianta sana. Un terreno ricco di esseri viventi è un terreno vivo, sano e fertile.

**L'humus serve per migliorare la capacità di ritenzione idrica del suolo. La funzione più importante delle sostanze umiche all'interno del suolo è la loro capacità di trattenere l'acqua. Da un punto di vista quantitativo, l'acqua è la sostanza più importante derivata dal suolo per le piante. Le sostanze umiche aiutano a creare una struttura del suolo necessaria che facilita l'infiltrazione dell'acqua e aiuta a trattenerla all'interno della zona radicale. A causa della grande superficie e delle cariche elettriche interne, le sostanze umiche funzionano come spugne, vale a dire hanno la capacità di trattenere acqua pari a sette volte il loro volume, dunque una maggiore capacità di ritenzione idrica rispetto alle argille sod. L'acqua immagazzinata all'interno della superficie del terreno quando necessario, fornisce un supporto informatico per i nutrienti richiesti dagli organismi terricoli e dalle radici delle piante.**

**La disponibilità d'acqua è senza dubbio il componente più importante di un terreno fertile. I terreni che contengono elevate concentrazioni di sostanze umiche trattengono l'acqua per l'uso delle colture nei periodi di siccità. Questo è il motivo per cui i produttori che applicano fertilizzanti a base di umati e integrano pratiche di produzione che conservano le sostanze umiche, sono spesso in grado di fare raccolti durante i periodi di siccità.**

Le sostanze umiche sono componenti chiave di una struttura di terreno friabile (loose). Varie sostanze umiche contenenti carbonio sono componenti chiave delle briciole del suolo (aggregati). I carboidrati complessi sintetizzati dai batteri e dalle sostanze umiche agiscono insieme all'argilla e al limo per formare aggregati del suolo. Poiché le sostanze umiche diventano interiormente associate con la parte minerale del suolo, si formano complessi colloidali di aggregati humus-argilla e humus limo.

Questi aggregati sono formati da processi elettrici che aumentano le forze coesive che portano le particelle di suolo molto sottili e i componenti di argilla di attrarsi reciprocamente. Una volta formati, tali aggregati contribuiscono a creare una struttura briciola nella parte superiore del terreno, rendendolo più friabile. I terreni con una buona struttura briciola hanno incrementato il tilth e

migliorato aperture più porose (spazi aperti). Questi pori permettono l'interscambio gassoso con l'atmosfera e una maggiore infiltrazione dell'acqua.

I tempi medi di questi aggregati organo-minerali complessi varia con diverse sostanze umiche. Il tempo medio delle sostanze umiche all'interno di questi aggregati, basato sulla datazione al radiocarbonio, utilizzando estratti di terreni non disturbati, è il seguente: humin, 1140 anni; acido umico, 1235 anni; e acido fulvico, 870 anni. L'uomo ha ridotto il tempo di permanenza delle sostanze umiche con la concimazione eccessiva e con l'uso di pratiche tilling che causano l'eccessiva erosione delle zolle. I terreni maltrattati da applicazioni di ammoniaca anidra e da altre pratiche distruttive (quelle che distruggono le sostanze umiche) possono ridurre i tempi di conservazione di diverse centinaia di anni. Il tempo di biociclo del carbonio organico aggiunto ogni anno da residui vegetali ed animali è in media di circa 30 anni, in condizioni ideali. Al fine di mantenere le sostanze umiche all'interno del suolo, i coltivatori necessitano di implementare pratiche di produzione che impediscono la loro distruzione. I coltivatori hanno bisogno di sviluppare pratiche che mantengono il tempo di permanenza delle sostanze umiche. E' essenziale evitare pratiche distruttive di fertilizzazione, ruotare le colture, ridurre al minimo l'uso di pesticidi, l'aratura profonda e mescolare residui colturali nella parte superiore del terreno, utilizzando pratiche minime di lavorazione. I terreni che contengono sostanze umiche adeguate hanno migliorato il tilth (lavorabilità) e sono quindi mantenuti più efficienti per la produzione agricola.

Il degrado o la non attivazione delle sostanze tossiche viene mediato dalle sostanze umiche. Le sostanze umiche del suolo servono sia a stabilizzare che a contribuire alla degradazione di sostanze tossiche quali: la nicotina, le aflatossine, gli antibiotici, lo scalogno e la maggior parte dei pesticidi organici. Nel processo di degradazione microbica, non tutto il carbonio contenuto all'interno di queste tossine è rilasciato come CO<sub>2</sub>. Una parte di queste molecole tossiche, principalmente i composti ad anello aromatici, sono stabilizzate e integrate all'interno dei polimeri complessi delle sostanze umiche. Le sostanze umiche hanno siti, caricati elettricamente, sulle loro superfici che funzionano per attrarre ed inattivare i pesticidi e altre sostanze tossiche. Per questo motivo, l'Agenzia di Protezione Ambientale raccomanda l'uso di umati per mantenere puliti questi siti di rifiuti tossici. Molte aziende di bio risanamento applicano composti a base umati ai siti di rifiuti tossici come parte del loro programma di pulizia. I coltivatori interessati a ripulire i loro terreni (distruggendo vari pesticidi tossici) possono accelerare la degradazione dei veleni (tossine) mediante l'applicazione di sostanze umiche. I coltivatori che lavorano terreni agricoli a basso contenuto di humus necessitano di includere l'acquisto di sostanze umiche nel loro bilancio dei costi per i fertilizzanti. Il costo delle sostanze umiche può essere più che compensato dalla riduzione dei costi di altri ingredienti fertilizzanti.

Le sostanze umiche neutralizzano il pH del terreno e liberano anidride carbonica. Le sostanze umiche servono a tamponare la concentrazione di ioni di idrogeno (pH) nel terreno. Ripetuti studi sul campo hanno evidenziato a livello sperimentale che l'aggiunta di sostanze umiche ai terreni aiuta a neutralizzare il pH di tali terreni. Entrambi i terreni acidi e alcalini sono neutralizzati. Una volta che il terreno viene neutralizzato, molti oligoelementi precedentemente vincolati nel terreno e quindi non disponibile per l'apparato radicale, a causa delle condizioni alcaline o acide, diventano disponibili per le radici delle piante. Le sostanze umiche liberano anche l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) dai carbonati di calcio presenti all'interno del suolo. La CO<sub>2</sub> rilasciata può essere catturata dalla pianta o può formare acidi carbonici. Gli acidi carbonici agiscono sui minerali del suolo rilasciando sostanze nutritive per piante.

Gli enzimi del suolo sono stabilizzati e inattivati dalle sostanze umiche. Gli enzimi del suolo (proteine complesse) sono stabilizzati dalle sostanze umiche presenti nel suolo mediante legame covalente. La stabilizzazione rende questi enzimi meno soggetti alla degradazione microbica. Una volta stabilizzata e unita alle sostanze umiche l'attività enzimatica è notevolmente ridotta o cessa di funzionare. Tuttavia, molti di questi legami sono relativamente deboli durante i periodi di cambiamento del pH del terreno, questi enzimi possono essere rilasciati. Quando alcuni componenti della sostanza umica reagiscono con gli enzimi del suolo, essi sono legati più rigorosamente. Per esempio, i complessi enzimatici fenolici sono frequentemente associati alle

argille, stabilizzando ulteriormente gli enzimi. Questi processi di stabilizzazione dell'enzima aiutano a limitare l'attività di potenziali patogeni delle piante. Mentre i potenziali patogeni delle piante, rilasciano enzimi destinati ad abbattere le difese delle piante, quando gli enzimi patogeni si uniscono alle sostanze umiche. Come risultato, i patogeni sono incapaci di invadere potenziali piante ospiti.

La temperatura del suolo e il tasso di evaporazione dell'acqua sono stabilizzati dalle sostanze umiche. Le sostanze umiche contribuiscono a stabilizzare la temperatura del suolo ed a rallentare il tasso di evaporazione dell'acqua. Le proprietà isolanti delle sostanze umiche aiutano a mantenere una temperatura più uniforme del suolo, in particolare durante i periodi di rapidi cambiamenti climatici, come ondate di freddo o di calore. Siccome l'acqua è legata all'interno delle sostanze umiche e queste riducono le fluttuazioni di temperature, l'umidità del suolo è meno soggetta ad essere rilasciata nell'atmosfera. Le caratteristiche elettriche delle sostanze umiche influenzano le reazioni chimiche conosciute. Sia i gruppi di acidi organici complessi, gli acidi umici (HAs) che gli acidi fulvici (FAs) hanno dimostrato di essere coinvolti in tre specifiche reazioni chimiche. Queste reazioni sono comunemente definite: (1) attrazione elettrostatica (columbic), (2) formazione del complesso o chelazione e (3) l'apporto d'acqua.

L'attrazione elettrostatica delle tracce di minerali riduce la lisciviazione nel sottosuolo. L'attrazione elettrostatica dei cationi metallici verso i siti anionici sulla sostanza umica previene questi ioni dalla lisciviazione nel sottosuolo. Il catione metallico è liberamente fissato, quindi può essere rilasciato quando attratto da un'altra carica elettrica più forte. Il catione è prontamente disponibile nell'ambiente del terreno per essere trasportato alle radici delle piante o sostituito con un altro catione metallico.

I siti elettricamente carichi di sostanze umiche servono a sciogliere e legare tracce di minerali. Quando sulla superficie della sostanza umica avviene una reazione complessa con i cationi metallici essa è definita chelazione. Due siti carichi negativamente sulla sostanza umica attirano i cationi metallici con due cariche negative. Come risultato, il catione si lega a più di un sito anionico carico. Formando artigli organo-metallici questi acidi organici provocare la dissoluzione dei minerali primari e secondari all'interno del terreno. Questi minerali diventano poi disponibili per essere assorbiti dalle radici delle piante. Maggiore è l'affinità del catione metallico dell'acido umico (HA) o acido fulvico (FA), più facile è la dissoluzione del catione dalle varie superfici minerali. Sia l'effetto acidico che gli effetti di chelazione sembrano essere coinvolti nella dissoluzione dei minerali e nei processi vincolanti. La prova della dissoluzione dei minerali può essere supportata dalla diffrazione a raggi x ed dalle analisi ad infrarossi. La chelazione degli elementi nutritivi vegetali come ferro (Fe), rame (Cu), zinco (Zn), magnesio (Mg), manganese (Mn) e calcio (Ca) riduce la loro tossicità come cationi, previene la loro lisciviazione ed aumenta la loro percentuale di assorbimento da parte delle radici delle piante.

**La reazione di scambio di chelazione comporta un elemento di raccordo. Il rilascio di questi minerali nella pianta è abbastanza diverso dal sistema di scambio cationico classico. I cationi con carica più due presenti nel chelato, non possono essere sostituiti da un catione con carica singola come  $H^+$ ,  $K^+$  o  $Na^+$ . I cationi con una carica positiva sono incapaci di sostituire un ione metallico, come  $Cu^{++}$  con due cariche positive. Lo ione metallico esaltato può essere scambiato con un altro ione metallico transitorio che ha due cambi positivi. I chelati forniscono il meccanismo vettore attraverso il quale gli elementi nutritivi esauriti vengono reintegrati alla superficie della radice. Il processo di chelazione aumenta anche il flusso di massa di elementi micronutrienti minerali alle radici. La chelazione di metalli pesanti tossici presenti nel suolo è anche influenzata dalle sostanze umiche presenti. Quando i metalli pesanti tossici come mercurio (Hg), piombo (Pb), cadmio (Cd) sono chelati questi complessi organo-metallici diventano meno disponibili per essere assorbiti dalle piante. Studi dettagliati sulla chelazione di metalli pesanti presenti nei fanghi industriali hanno illustrato il valore delle sostanze umiche nel prevenire l'assorbimento di questi metalli tossici. Tenete presente che i metalli liberi come:  $Fe^{+2}$ ,  $Cu^{+2}$  e  $Zn^{+2}$  non sono compatibili con le cellule vegetali. Le applicazioni dirette di sali metallici, come il solfato di ferro, il solfato di rame e il solfato di zinco per correggere le carenze di**

**oligoelementi, possono causare seri problemi quando i terreni mancano di sostanze umiche sufficienti per effetto tampone. Tracce di minerali devono essere applicate in uno chalet organico, preferibilmente da acidi umici (HAs) e additivi fulvici (FAs). Molti studi scientifici hanno dimostrato che le sostanze umiche [acidi umici (HAs) e acidi fulvici (FAs)] presenti nella zona radicale riducono la tossicità dei cationi metallici.**

L'apporto d'acqua è una funzione importante degli acidi umici e fulvici. L'acqua apportata da sostanze umiche comporta l'attrazione di una molecola di acqua seguita dall'attrazione di un catione elemento minerale (semplicemente illustrato da  $\text{COO}^- - \text{H}_2\text{O} - \text{Fe}^{+2}$ ) ad un punto anionico sui polimeri umici (HA) o dell'acido fulvico (FA). La capacità di ritenzione idrica delle sostanze umiche e la loro abilità di legare elementi minerali funzionano insieme nell'apportare acqua. Si ritiene che l'apporto d'acqua migliori la mobilità degli ioni dei nutrienti che va dalla soluzione terricola alla radice. Questi meccanismi aiutano anche a ridurre la lisciviazione dei nutrienti vegetali nel sottosuolo. Esperimenti recenti indicano che l'apporto d'acqua può essere più comune nelle sostanze umiche di quanto inizialmente creduto.

Le sostanze umiche aiutano i minerali nel terreno, formando complessi di argilla organici metallici, un processo chiamato genesi del suolo. La formazione del terreno (genesì del suolo) comporta un'azione complessante di elementi minerali di transizione, come rame (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe) e manganese (Mn) da minerali terricoli con acidi umici (HAs), additivi fulvici (FAs) e giorni. Questo processo complessante inibisce la cristallizzazione di questi elementi minerali. Il processo di complessazione è in parte controllato dall'acidità di questi acidi deboli e dalla capacità chelante delle sostanze umiche. In assenza di sostanze umiche oligoelementi vengono convertiti in precipitati insolubili come carbonati metallici, ossidi, solfuri e idrossidi. Così la presenza di acidi umici (HAs) e acidi fulvici (FAs) all'interno dei terreni inibisce lo sviluppo di nuovi minerali del terreno. Ad esempio, la cristallizzazione del ferro per formare gli ossidi di ferro è inibita dalla presenza di acidi umici (HAs) e acidi fulvici (FAs). I terreni carenti di sostanze umiche possono contenere ferro in misura adeguata, sebbene il ferro presente sia spesso legato a forme che lo rendono non disponibile alle radici della pianta. Poiché la concentrazione di acidi fulvici (FAs) aumenta all'interno di un terreno, la cristallizzazione metallica di transizione viene prima ritardata e quindi inibita ad alte concentrazioni di acido fulvico (FA). I cationi di questi metalli di transizione (ad esempio  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Zn}^{++}$  e  $\text{Fe}^{++}$ ) avvengono nei grandi polimeri umici, per chelazione, per essere nel futuro rilasciati agli organismi SOD o alle radici delle piante. Questi processi fisici e chimici prevengono la lisciviazione dei nutrienti delle piante nel sottosuolo.

**L'energia immagazzinata e il contenuto di minerali traccia delle sostanze umiche aiuta a sostenere gli organismi SOD coinvolti nella trasmutazione. La presenza di sostanze umiche all'interno di terreni salini (quei terreni che contengono elevate concentrazioni di sale, per esempio cloruro di sodio) contribuisce alla trasmutazione degli ioni di sodio. Le reazioni di trasmutazione, un processo biologico che si verifica all'interno degli organismi viventi, comportano la combinazione di sodio con un secondo elemento, come l'ossigeno, per formare un nuovo elemento. Sebbene la teoria della trasmutazione abbia incontrato una forte opposizione da parte di alcuni fisici e chimici tradizionali, i biologi hanno registrato dei dati convincenti per dimostrare che la trasmutazione avviene negli organismi viventi. L'applicazione di humins, acidi umici e fulvici a suoli salini, in combinazione con organismi specifici del terreno, determina una riduzione della concentrazione di sali di sodio (ad esempio NaCl). La riduzione non è connessa con una lisciviazione del sale, piuttosto con un aumento della concentrazione di altri elementi. L'aggiunta di sostanze umiche ai terreni contenenti sali in eccesso può contribuire a ridurre la concentrazione. Riducendo il contenuto di sale di un terreno, la sua fertilità e salute possono essere "portate indietro" ai fini di fornire un ambiente più adatto alla crescita delle radici delle piante.**



## **LE SOSTANZE UMICHE E LA LORO INFLUENZA SULLA CRESCITA E SVILUPPO DELLA PIANTA**

La crescita della pianta è influenzata indirettamente e direttamente dalle sostanze umiche. Correlazioni positive tra il contenuto di humus del terreno, i rendimenti della pianta e la qualità del prodotto sono stati pubblicati in diverse riviste scientifiche. Gli effetti indiretti, discussi in precedenza, sono quei fattori che forniscono energia per gli organismi benefici all'interno del terreno, influenzano la capacità di ritenzione idrica del suolo, influenzano la struttura del terreno, il rilascio di nutrienti per le piante da parte di minerali complessati, la maggiore disponibilità di tracce di minerali e in generale il miglioramento della fertilità del terreno. Gli effetti diretti includono quei cambiamenti nel metabolismo della pianta che si verificano a seguito della diffusione di macromolecole organiche, come gli acidi umici, acidi fulvici. Una volta che questi composti entrano nelle cellule vegetali, avvengono diversi cambiamenti biochimici nelle membrane e in vari componenti citoplasmatici delle cellule vegetali. Alcuni dei miglioramenti biochimici nel metabolismo vegetale, influenzati dalle sostanze umiche, sono riassunti nella Figura 2.

L'assorbimento dei principali nutrienti per le piante è mediato da sostanze umiche. Un effetto di stimolo delle sostanze umiche sulla crescita della pianta è il maggior assorbimento dei principali nutrienti: azoto (N), fosforo (P) e potassio (K). Quando le sostanze umiche sono presenti in maniera adeguata all'interno del suolo, si riduce la richiesta di applicazioni di fertilizzante N P K. Non appena si impoverisce il livello di sostanze umiche, aumenta la domanda di concentrazioni più elevate di N P K. Molti coltivatori hanno evidenziato nel corso degli ultimi anni una crescente domanda di fertilizzanti acidi solubili al fine di mantenere le rese delle colture. Tali osservazioni indicano che qualcosa non funziona nel terreno. La crescente lisciviazione di ingredienti di concimi azotati nelle falde acquifere è un ulteriore avvertimento relativo ai problemi che stanno giungendo. Inoltre, le tendenze riflettono perdite di sostanze umiche del suolo. I coltivatori potrebbero ridurre il loro fabbisogno di fertilizzanti e trattenere i componenti dei fertilizzanti all'interno della zona radicale delle piante attraverso l'applicazione di fertilizzanti a base di umati. L'applicazione di sostanze umiche secche o liquide nei terreni aumenta notevolmente l'efficienza dei fertilizzanti. Altri ricercatori hanno rilevato un maggiore assorbimento di calcio (Ca) e magnesio (Mg) quando le piante vengono irrigate con sospensioni liquide di acidi umici (HAs) o acidi fulvici (FAs). Un altro meccanismo chiave, che massimizza l'efficienza fertilizzante e fa riferimento ad una funzione delle sostanze umiche, è la riduzione della tossicità e la lisciviazione di composti azotati nell'acqua del sottosuolo. Le sostanze umiche trattengono questi importanti nutrienti vegetali in una forma molecolare che riduce la loro solubilità in acqua. Questi processi di legame riducono la lisciviazione di azoto nel sottosuolo e aiutano a prevenirne la volatilizzazione nell'atmosfera.

L'assorbimento di sostanze umiche nei semi ha un'influenza positiva sulla germinazione degli stessi e lo sviluppo della piantina. L'applicazione di acidi umici (HA) fulvici (FA) ai semi aumenterà la germinazione dei semi, con conseguente aumento delle percentuali di germinazione. La percentuale di applicazione degli acidi umici (HAs) o fulvici (FAs), necessaria per migliorare la germinazione dei semi, varia da 20 a 100 mg litro di soluzione. Affinché la germinazione migliori, le sostanze umiche devono essere presenti all'interno delle cellule dei semi. Quando la sostanza umica entra nelle cellule del seme, aumenta il livello di respirazione e i processi di divisione cellulare sono accelerati. Questi stessi processi respiratori migliorano lo sviluppo del meristema radicale e attivano altri punti di crescita all'interno delle piantine. Le sostanze umiche hanno dimostrato di migliorare l'attività mitotica durante la divisione cellulare in esperimenti attentamente controllati. Il posizionamento di queste sostanze umiche sui semi (trattamento delle sementi) o all'interno del solco del seme migliorerà in modo significativo la germinazione dei semi e lo sviluppo piantina. Eccessive concentrazioni di acidi umici (HAs) e/o di acidi fulvici (FAs) possono inibire la germinazione dei semi e, ad alte concentrazioni, possono uccidere le piantine giovani. Pertanto, seguite le percentuali raccomandate quando si applicano le sostanze umiche.

**Le sostanze umiche hanno un'influenza molto pronunciata sulla crescita delle radici delle piante. Quando gli acidi umici (HAs) e/o fulvici (FAs) sono applicati al terreno, si rileva un miglioramento nell'iniziazione delle radici e una maggiore crescita dell'apparato radicale. Da qui deriva la considerazione comune che gli acidi umici (HAs) e gli additivi fulvici (FAs)**

**sono stimolanti radicali. In studi sperimentali, la crescita della radice della pianta è stimolata in misura maggiore rispetto alla stimolazione di parti vegetali all'esterno del suolo. Esperimenti progettati attentamente sono stati condotti in condizioni controllate per misurare la risposta della pianta. Ad esempio, trattamenti ripetuti su piante coltivate in serra, con e senza acidi umici e fulvici hanno illustrato come le sostanze umiche influenzino la crescita delle radici. In esperimenti ripetuti, la radice trattata pesa in media maggiormente dal 20 al 50% rispetto al peso di radici non trattate. Il tipo di sostanza umica applicata ha avuto un'influenza significativa sulla percentuale di aumento. Non tutte le sostanze umiche contengono una miscela molecolare adeguata di humins, acidi umici (HAs) e acidi fulvici (FAs) in grado di stimolare rapidamente la crescita radicale. Alcune sostanze umiche, a causa delle loro grandi dimensioni molecolari, non sono riuscite a stimolare lo sviluppo delle radici delle piante. La stimolazione radicale si verifica quando i componenti molecolari più piccoli dell'acido fulvico (FA) si presentano ad una concentrazione che varia da 10 a 100 mg / litro di soluzione. La crescita è ulteriormente stimolata quando si usano gli acidi fulvici (FAs) in combinazione con gli acidi umici (HAs) e con altri elementi nutritivi necessari. Le sostanze umiche migliorano la nutrizione delle piante, tuttavia non sono nutrienti completi da soli. Concentrazioni eccessivamente elevate di sostanze umiche possono provocare una riduzione del peso della radice. Per una crescita ottimale della pianta, gli acidi umici (HAs) e gli acidi fulvici (FAs) devono essere applicati a concentrazioni relativamente basse. Applicazioni di sostanze umiche entro una gamma piuttosto ampia di concentrazioni sono di grande beneficio per lo sviluppo delle radici delle piante.**

Gli acidi umici (HAs) e gli acidi fulvici (FAs) sono ottimi vettori di fertilizzanti fogliari ed eccellenti attivatori. L'applicazione di acidi umici (HAs) o acidi fulvici (FAs) in combinazione con elementi traccia ed altri nutrienti vegetali, come spray fogliari, possono migliorare la crescita delle foglie, delle radici e dei frutti. Aumentando i processi di crescita delle piante all'interno delle foglie, si verifica un aumento del contenuto di carboidrati nelle foglie e negli steli. Questi carboidrati vengono poi trasportati attraverso i gambi e nelle radici, dove vengono in parte rilasciati per fornire sostanze nutritive ai vari microrganismi del suolo, sul rhizoplane e nella rizosfera. I microrganismi quindi rilasciano acidi ed altri composti organici che aumentano la disponibilità dei nutrienti vegetali. Altri microrganismi rilasciano composti "tipo ormoni" che vengono assorbiti dalle radici. Una concentrazione adeguata di acidi umici (HAs) e / o acidi fulvici (FAs) all'interno dello spray fogliare dovrebbe essere relativamente bassa, generalmente inferiore ai 50 mg di sostanza umica secca concentrata per litro di acqua. I concimi fogliari contenenti acidi umici (HAs) e acidi fulvici (FAs) in combinazione con azoto, potassio, fosforo e vari minerali traccia è stato dimostrato siano tra 100 e 500% più efficienti rispetto alle applicazioni di fertilizzanti simili. I fertilizzanti fogliari sono anche più economici perché sono sufficienti piccole quantità di fertilizzante per ottenere risposte significative dalle piante. I nutrienti vegetali presenti all'interno dei fertilizzanti fogliari sono rapidamente assorbiti dalle foglie. Entro 8 ore dall'applicazione delle sostanze umiche vengono rilevati dei cambiamenti in molti processi metabolici. L'incremento della produzione di carboidrati può essere rilevato entro 24 / 48 ore dopo l'alimentazione fogliare mediante l'uso di un rifrattometro. L'aumento della produzione di carboidrati può risultare sia da una migliore qualità del prodotto che dall'aumento delle rese.

Le radici delle piante giovani, le foglie e le piante in crescita sono più sensibili alle applicazioni delle sostanze umiche. I tessuti vegetali in fase di crescita sono più sensibili alle applicazioni delle sostanze umiche. I tessuti più giovani possiedono un meccanismo di trasporto attivo che muove i nutrienti necessari nei punti di attività metabolica. Ad esempio, le applicazioni fogliari di sostanze umiche su foglie giovani in crescita attiva si traduce nel maggior aumento della crescita delle piante rispetto alle applicazioni su foglie di piante più vecchie. Le parti di piante in crescita attiva, coinvolte nelle divisioni cellulari ed in altri processi di crescita, integrano facilmente varie tracce di minerali e composti di regolazione della crescita nei processi metabolici in corso contrastanti con le parti di piante più vecchie, in cui i processi metabolici sono rallentati, non sono in grado di utilizzare in modo efficiente le sostanze umiche aggiunte e le sostanze nutrienti associate. Le concentrazioni della materia secca (HAs) all'interno della soluzione spray dovrebbero variare da 5 a 100 mg per litro di acqua per avere una risposta ottimale. La differenza nei principi attivi di una determinata

sostanza può richiedere la modifica di queste concentrazioni. A concentrazioni più elevate, superiori a 100 mg di acido umico secco (HA) per litro, la pianta, i germogli e anche la crescita radicale possono essere inibiti, in base all'attività delle sostanze in esame. Le piante rispondono più lentamente alle applicazioni di sostanze umiche perché una percentuale elevata della sostanza umica è trattenuta all'interno delle radici durante la crescita della pianta. Nella maggior parte delle piante, meno del 30% delle sostanze umiche presenti all'interno delle radici vengono trasferite attraverso i gambi nelle foglie. Le applicazioni fogliari di unità molecolari relativamente piccole di sostanze umiche che contengono tracce di minerali (in piante che crescono) possono essere programmate per soddisfare le esigenze dei requisiti di crescita specifici. Le applicazioni possono essere programmate per attivare la crescita vegetativa, la fioritura, l'allegagione, o il riempimento e la maturazione dei frutti.

Le applicazioni collaterali di acidi umici liquidi commerciali (HAs) e di acidi fulvici (FAs) al suolo, durante la produzione della coltura, risulta nell'assorbimento diretto radicale. Come osservato in precedenza, quando le sostanze umiche sono riprese dalle radici delle piante, questi composti si concentrano all'interno delle radici. L'assorbimento di componenti molecolari minori di sostanze umiche è sia passivo che metabolicamente attivo. L'assorbimento da parte delle radici di acidi umici ad alto peso molecolare (HAs) è principalmente passivo; mentre l'assorbimento di polimeri di acidi fulvici più piccoli (FAs) è principalmente metabolico. Dopo che gli acidi umici (HAs) e gli acidi fulvici (FAs) hanno raggiunto una certa concentrazione nella radice, una parte (dal 5 al 30%) della concentrazione totale viene trasportata nei germogli e nelle foglie. Studi sul carbonio radioattivo indicano che la più grande concentrazione di sostanze umiche si accumula nelle pareti cellulari delle piante e in organelli cellulari come i mitocondri e i ribosomi. Altri esperimenti simili con l'utilizzo di carbonio radioattivo, acidi umici (HAs) e acidi fulvici (FAs) indicano che gli acidi fulvici (FAs) a basso peso molecolare sono molto più attivi rispetto agli additivi umici (HAs) ad elevato peso molecolare. Tuttavia, alcune reazioni metaboliche possono richiedere basse concentrazioni di additivi umici (HAs) in combinazione con gli acidi fulvici (FAs). La crescita delle radici è stimolata principalmente dai componenti molecolari più piccoli degli acidi umici (HAs) e fulvici (FAs).

**Gli acidi umici (HAs) e fulvici (FAs) hanno effetti diretti sulle membrane cellulari delle piante. Gli acidi umici (HAs) aumentano la permeabilità e la facilità con la quale gli elementi minerali si muovono avanti e indietro attraverso le membrane delle cellule, con conseguente aumento del trasporto di vari nutrienti minerali verso luoghi di necessità metabolica. Le sostanze umiche influenzano sia i punti idrofili (aventi affinità d'acqua) che idrofobi (privi di affinità d'acqua) sulle superfici delle membrane. Inoltre, molti scienziati ritengono che i componenti fosfolipidi delle membrane sono alterati elettricamente dalle sostanze umiche. Come risultato di questi cambi elettrici, la superficie della membrana diventa più attiva nel trasporto di minerali traccia dall'esterno della cellula vegetale all'interno del citoplasma cellulare.**

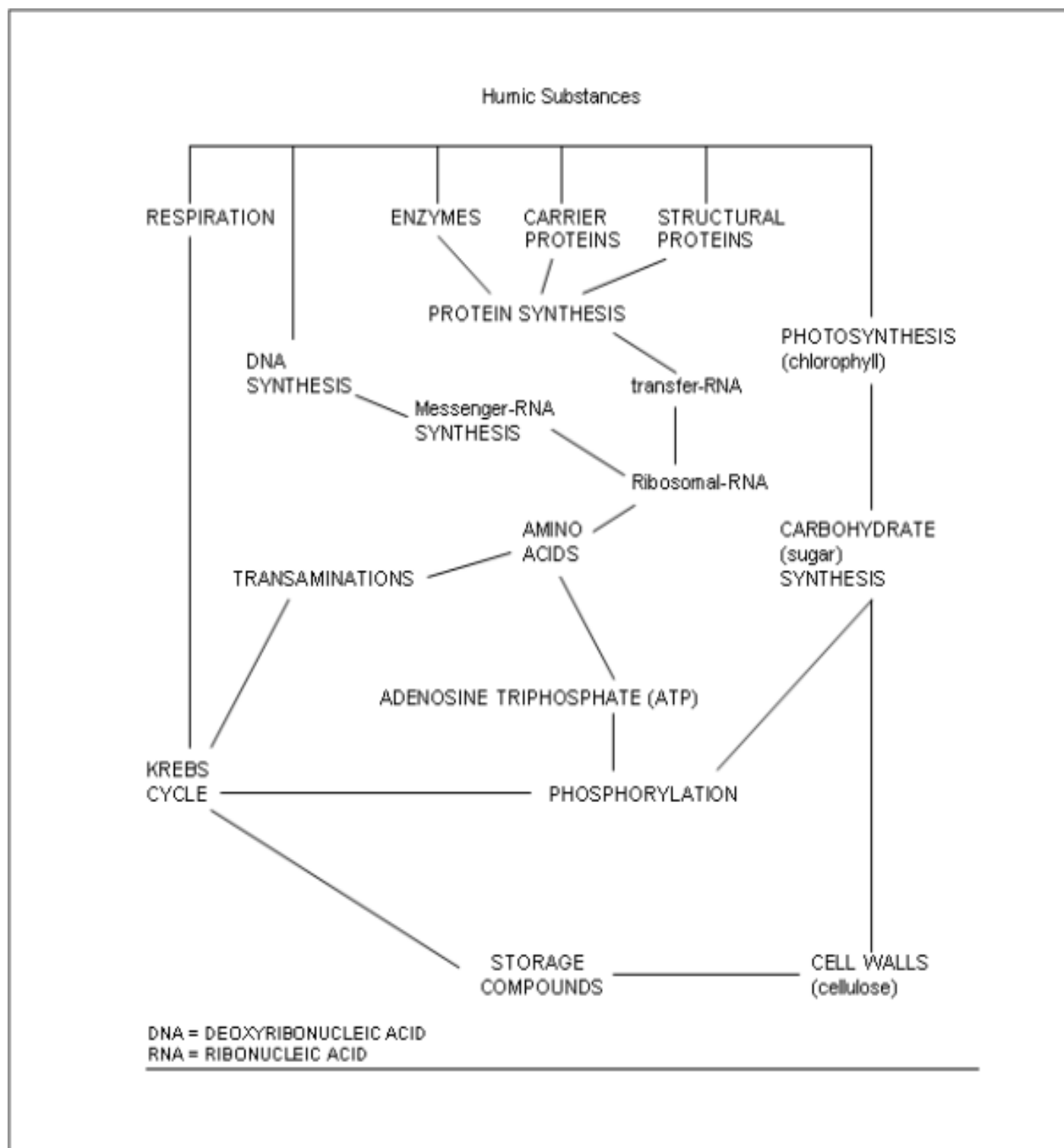
**Il metabolismo energetico viene accelerato ed il contenuto di clorofilla nelle foglie viene esaltato dalla presenza delle sostanze umiche. Quando gli acidi umici (HAs) e gli acidi fulvici (FAs) sono applicati alle foglie il contenuto di clorofilla di quelle foglie aumenta. Con l'aumentare della concentrazione di clorofilla si verifica un correlato aumento dell'assorbimento di ossigeno. Lo sviluppo di clorofilla nelle foglie è più pronunciato quando gli additivi fulvici (FAs) sono presenti nel concime fogliare. Gli acidi organici [acidi umici (HAs) e acidi fulvici (FAs)] aumentano anche la concentrazione di acidi ribonucleici messaggeri (m RNA) nelle cellule vegetali. L'RNA messaggero è essenziale per molti processi biochimici all'interno delle cellule. L'attivazione di diversi processi biochimici si traduce in aumento delle sintesi di enzimi e aumento dei contenuti proteici delle foglie. Durante questi cambiamenti metabolici, viene rilevato un aumento della concentrazione di numerosi enzimi importanti. Alcuni degli enzimi qui riportati, aumentano e sono: catalasi, perossidasi, diphenoloxidase, polifenolossidasi, e invertasi. Questi enzimi attivano la formazione sia del vettore che delle proteine strutturali.**

Alcuni componenti molecolari delle sostanze umiche agiscono per regolare gli ormoni della crescita delle piante. Sia gli acidi umici (HAs) che gli additivi fulvici (FAs) inibiscono l'enzima, indole acetico ossidasi (IAA ossidasi) ostacolando in tal modo la distruzione di IAA. Il regolatore di crescita delle piante, l'acido acetico indolo (IAA) svolge molte funzioni importanti all'interno delle parti della pianta che stanno crescendo. Quando IAA è protetto dagli enzimi IAA che degradano, lo IAA continua a stimolare i processi di crescita. Gli acidi umici non frazionati (HAs) sono i più efficaci nella regolazione degli ormoni della crescita delle piante. Le sostanze umiche influenzano anche altri enzimi coinvolti nella regolazione della crescita. Quando l'attività del regolatore di crescita viene mantenuta all'interno dei tessuti vegetali, il metabolismo della pianta rimane funzionale e continuano a verificarsi i normali processi di crescita.

Le sostanze umiche aumentano la produzione di trifosfato adenosina ad alta energia (ATP) nelle cellule vegetali. Quando vari sistemi metabolici vengono attivati dalle sostanze umiche, si verifica un aumento della produzione di legami di fosfato ad alta energia (ATP). Questi ultimi funzionano da grande energia guida per molte reazioni metaboliche differenti.

Le sostanze umiche forniscono i radicali liberi per le cellule vegetali. I radicali liberi sono "siti attivi" sui polimeri che fungono da donatori di elettroni. I radicali liberi aiutano ad esercitare effetti positivi sulla germinazione dei semi, sull'iniziazione delle radici e sulla crescita della pianta in generale. I radicali liberi contengono uno o più elettroni sparpagliati che sono altamente reattivi, sono altamente reattivi, di breve durata, e capaci di partecipare a molte reazioni differenti. Il contenuto dei radicali liberi delle sostanze umiche è correlato allo stato di umificazione della sostanza umica. Maggiore è la umificazione (basso rapporto H:C) più scuro è il colore dell'humus. Dunque gli acidi umici (HAs) hanno un contenuto di radicali liberi più elevato rispetto agli additivi fulvici (FAs), che hanno un alto rapporto H: C. Il contenuto relativamente basso di radicali liberi negli acidi fulvici (FAs), associato ad un alto rapporto H:C, è indicativo di un basso grado di condensazione chimica per queste sostanze. Gli acidi umici (HAs) contengono due tipi di radicali liberi. La prima classe è di tipo permanente, stabile che persiste per periodi più lunghi. La seconda classe è di tipo paramagnetico transizionale, vale a dire transitorio. Ogni tipo di radicale libero ha una funzione specifica (ad esempio catalizzatori, fotosensibilizzanti e attivatori) nei vari processi metabolici all'interno delle cellule viventi.

*Figura 2. Lo schema seguente illustra alcuni effetti riportati delle sostanze umiche sulle attività metaboliche nelle cellule vegetali.*



### **FONTI DELLA SOSTANZA UMICA E LORO VALORE COME INGREDIENTI CONCIMANTI**

Le sostanze umiche comunemente si verificano all'interno delle acque dei terreni, compost, torba, e nei minerali contenenti carbonio come la lignite, le ligniti di basso grado e le leonardites. La maggior parte di tutti i terreni e delle acque sulla superficie terrestre contengono alcune sostanze umiche sotto forma di humin, di acidi umici (HAs), o di acidi fulvici (FAs). Tuttavia, la concentrazione delle sostanze umiche nei terreni agricoli ha raggiunto livelli seriamente bassi. In generale, i terreni contengono una maggiore concentrazione di humin e di acidi umici (HAs). Al contrario, poiché l'additivo fulvico (FA) è solubile in acqua, esso si verifica a concentrazioni relativamente elevate sia nei terreni che nell'acqua. Le sostanze umiche del terreno sono costituite

da una percentuale più alta di composti ad anello (aromatici) rispetto alle sostanze umiche dell'acqua. Le sostanze umiche fertilizzanti di qualità possono essere ottenute in molte parti del mondo da depositi di minerali contenenti carbonio. Nel mondo ci sono molte miniere in Bielorussia, depositi di torba contenenti carbonio adatti per l'ottenimento di sostanze umiche di qualità ad uso agricolo.

Le sostanze umiche si possono formare in modo naturale nei terreni gestiti in modo adeguato. Alcune pratiche di produzione possono aiutare ad avere terreni contenenti humus. Alcune pratiche come la rotazione delle colture, l'utilizzo di programmi di fertilizzazione bilanciati, piantare legumi, arare in concimi verdi, che restituiscono materia organica alla terra, l'applicazione di compost e l'utilizzo di pratiche minime di lavorazione, possono contribuire a formare l'humus. Qualsiasi pratica di produzione che danneggi le attività dei componenti viventi del sod dovrebbe essere evitata. Proteggete gli organismi benefici responsabili della formazione di humus, ed essi faranno il loro lavoro. Le pratiche di formazione dell'humus sono lente, in termini di tempo, e possono essere costose, tuttavia esse consentono grossi guadagni nel corso del tempo. Al fine di restituire rapidamente a molti terreni danneggiati la loro capacità produttiva, i coltivatori dovrebbero prendere in considerazione ulteriori alternative. L'analisi di questa situazione indica che la soluzione più rapida e pratica per migliorare la fertilità del suolo è l'aggiunta di umati; (estratti da sostanze umiche) direttamente nel suolo o come fertilizzanti fogliari. Nella maggior parte dei terreni le applicazioni di fertilizzanti a base di umati è più importante che l'applicazione di fertilizzanti tradizionali N P K. Per molti anni, i coltivatori hanno applicato fertilizzanti N P K. in eccesso. Le sostanze umiche ci permetteranno di ottimizzare l'uso efficiente dei nutrienti delle piante, riducendo i costi dei fertilizzanti, e aiutando a liberare quelle sostanze nutritive attualmente legate quali i minerali e i sali.

Le sostanze umiche presenti in natura dalla torba (condizionatori naturali del suolo) sono gli ingredienti di fertilizzanti di qualità superiore. La fonte delle sostanze umiche ad uso fertilizzanti è la torba. La torba è definita come un materiale organico altamente ossidato, che contiene una concentrazione relativamente elevata di unità molecolari più piccole (acidi fulvici (FAs)). L'acido umico più piccolo (HA) e le molecole di acido fulvico (FA) hanno un valore fertilizzante superiore e sono facilmente assorbite dalla pianta insieme a tracce di minerali. La qualità e il valore di un qualsiasi estratto di umato o di un prodotto additivo umico dipende da molti fattori diversi. Un buon materiale umico può essere distrutto dall'estrazione o dalla trasformazione impropria. Così non tutte le sostanze umiche in commercio sono uguali in qualità. E' molto difficile per le persone che acquistano un fertilizzante a base di umati riconoscere la differenza tra una sostanza umica di alta qualità e un prodotto umico di bassa qualità, senza effettuare un test di laboratorio. Il vero test di qualsiasi prodotto umico è sul campo. I coltivatori interessati a migliorare la fertilità del suolo e la salute delle piante hanno bisogno di istituire test sul campo, con una mente aperta. Molti coltivatori hanno provato diverse sostanze umiche diverse in commercio, prima di scoprirne una che migliora la resa delle colture e la qualità del prodotto sui loro terreni. Nella creazione di campi prova è meglio stabilire un confronto fianco a fianco in un campo con un tipo di terreno uniforme. L'intero campo dovrebbe essere fertilizzato come al solito e la seconda metà trattata con una sostanza umica asciutta, prima di piantare. Inoltre, la sostanza umica liquefatta deve essere applicata al terreno ed al fogliame con lo spray durante la stagione di crescita. Nella scelta di un prodotto commerciale specifico a base di umati, la principale preoccupazione riguarda la qualità del prodotto. Determinare se l'Umato è una miscela di acidi umici (HAs) e acidi fulvici (FAs) o se sono principalmente acidi umici (HAs). Evitare l'acquisto di acidi umici puri (HAs). In secondo luogo il prodotto in commercio ha consistenza tra diversi lotti. Un prodotto utilizzato in maniera irregolare è di valore minimo.

Un'altra questione importante è, come fa il prodotto ad esprimere rapidamente la sua capacità di migliorare la crescita delle piante? Uno degli approcci migliori è quello di chiedere in giro e scoprire quale azienda ha procedure di controllo della qualità durante le loro operazioni di estrazione e di lavorazione industriale. Aziende consolidate nell'esperienza di lavorazione degli umati che hanno una buona tracciabilità, generalmente vendono fertilizzanti a base di umati di qualità superiore.

Nuovi standard sono necessari per monitorare la qualità dei fertilizzanti a base di umati attualmente in commercio. Il consumatore ha bisogno di protezione dai prodotti di qualità inferiore. Ci sono molti prodotti attualmente in commercio nel mondo. Alcuni di questi prodotti "umici" sono stati sviluppati da chimici industriali. Le imprese industriali hanno fatto molti tentativi per la fabbricazione di acidi umici, utilizzando diversi processi industriali. Come risultato, alcuni prodotti "sintetici" sono stati prodotti, commercializzati, acquistati e utilizzati. La maggior parte di questi sintetici sono polimeri di acetato di vinile, acido maleico, alcool polivinilico, poliacrilonitrile idrolizzato, carboxymethylcellulose, poliacrilati, isopropyl acrilamide e poli composti di ammonio quaternario. In genere, queste molecole umiche sintetiche sono risultati inefficaci in termini di capacità di migliorare la fertilità del suolo e la crescita delle piante. Questi prodotti non dovrebbero essere definiti come ingredienti fertilizzanti a base di umati, poiché le loro prestazioni in condizioni di campo sono molto irregolari. Un'analisi chimica delle loro caratteristiche molecolari rivela che questi "sintetici" mancano di molte delle proprietà delle sostanze naturali umiche. Mancano le caratteristiche molecolari che migliorano la fertilità del suolo e sono spesso incompatibili con i processi metabolici vegetali. Altri gruppi industriali hanno ottenuto da lignite insolubile alcali come carboni, hanno trattato questi materiali con i processi degradativi e di ossidazione per la produzione di soluzioni alcaline solubili "umiche" minori. Le miscele ossidate derivate da carboni neri o carbone lignite sono denominate "acidi umici rigenerati" o "ulmins". Questi ulmins hanno caratteristiche che sono simili agli acidi umici (HAs) derivati da ligniti di bassa qualità, tuttavia sono molto diversi chimicamente, quindi il termine "rigenerati" è improprio. Non ci sono prove che questi "ulmins" hanno proprietà fertilizzanti di qualità. Si auspica che i membri della Società Internazionale delle Sostanze Umiche possano proporre standard di qualità (etichettatura) per tutte le sostanze umiche in commercio e sviluppare procedure di laboratorio in grado di monitorare la qualità degli ingredienti elencati. Fino a quando gli standard progettati sono accettabili per l'industria, i coltivatori dovrebbero acquistare prodotti a base di umati (secco e liquido) estratti da torba organica naturale altamente ossidata. Le sostanze umiche provenienti da tali depositi ecologicamente puri assomigliano molto di più alle sostanze umiche che normalmente si trovano nei terreni fertili e nelle piante sane.

L'applicazione di fertilizzanti a base di umati secchi o liquidi può migliorare la qualità dei prodotti e aumentarne la produzione. Come indicato sopra, le sostanze umiche sono gli elementi costitutivi dei terreni fertili e delle piante sane. Una ragione importante per utilizzare concimi a base di umati è che il produttore può tornare ad essere un amministratore del suolo. Sviluppando un sistema di produzione agricola più ecologico è possibile ridurre l'inquinamento del terreno, dell'acqua e l'inquinamento atmosferico. Inoltre, i raccolti miglioreranno e il valore nutrizionale dei prodotti raccolti miglioreranno in modo significativo in termini di qualità. La misura in cui i fertilizzanti a base di umati migliorano i raccolti dipende dalla storia delle pratiche colturali utilizzate in ogni campo. I terreni gravemente danneggiati da un uso eccessivo di fertilizzanti o pesticidi acidi generalmente rispondono lentamente il primo anno. In genere, i primi miglioramenti osservati sono nella qualità del prodotto. Non appena le condizioni dei terreni tossici vengono risanate (corrette), si applicano fertilizzanti a base supplementare di umati e le rese delle colture e la qualità dei prodotti continuano a migliorare.

Una parola di cautela. Evitare l'applicazione di fertilizzanti in eccesso (di qualsiasi tipo) a terreni o superfici vegetali. Gli Agricoltori che applicano i fertilizzanti dovrebbero tenere a mente che l'uso eccessivo di qualsiasi tipo di fertilizzante può creare squilibri e anche ridurre la fertilità del suolo. L'impatto positivo delle sostanze umiche sulla crescita delle piante può essere invertito mediante l'uso eccessivo di questi fertilizzanti.