



**Soil Secrets:
Scopri il
potenziale
del terreno
che coltivi
con l'analisi
del
microbioma**

**BIOME
MAKERS**

Contenuti



LA CHIAVE DELLA VITA, I MICROORGANISMI



TERRA O SUOLO?

1. Composti minerali
2. Sostanza Organica
3. Microorganismi



DESERTIFICAZIONE E PERDITA DELLA POPOLAZIONE MICROBICA



RIDEFINIZIONE DI SALUTE DEL SUOLO



COSA POSSONO FARE I MICROORGANISMI PER L'AGRICOLTURA?

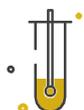


MIGLIORARE LE RESE COLTURALE ED ECONOMICA NELLA FASE DI CAMBIAMENTO CLIMATICO



4 VIE PER SOSTENERE IL MICROBIOMA DEL SUOLO

1. Analizzare e filtrare l'acqua d'irrigazione.
2. Usare prodotti in maniera corretta
3. Proteggere il terreno
4. Analizzare il microbioma del suolo con regolarità



BECROP: IL PRINCIPALE STRUMENTO DI ANALISI



COME TESTARE IL MACROBIOMA DEL VOSTRO SUOLO



COSA SCOPRIRETE NEI RISULTATI DELL'ANALISI ?



UN APPROCCIO BIOLOGICO ALL'AGRICOLTURA DEL FUTURO

La chiave della vita, i microorganismi

Vivono in ogni ambiente sulla Terra. Dalle radici delle piante, al rumine delle vacche a ogni centimetro quadrato della nostra pelle, si riuniscono su miliardi di cellule. Inoltre, sono stati trovati negli oceani più profondi e nei centri dei vulcani¹. All'interno del nostro corpo, ammontano a oltre 40 trilioni di cellule, superando il numero di cellule umane nel nostro stesso corpo. Nei terreni di tutto il mondo, aiutano a determinare il successo (o la lotta) dei loro compagni in superficie: le piante.

I **Microorganismi**, sono la forza trainante di tutta la vita su questo pianeta. In effetti, furono le primissime forme di vita a migrare dagli oceani e colonizzare la terra². Poiché facilitatori di antiche connessioni tra piante e suolo, questi organismi microscopici hanno la capacità di rivoluzionare l'agricoltura come la conosciamo.

Terra o Suolo?

In un solo cucchiaino di terreno sano, almeno 1 miliardo di microbi fluiscono in una complessa rete ecologica³. Funghi, batteri, protozoi e nematodi sono gli attori chiave in questo teatro sotterraneo di decomposizione, predazione e ciclo dei nutrienti. Insieme, costituiscono il microbioma del suolo: un serbatoio genetico diversificato di trilioni di geni microbici. Questi ecosistemi microbici hanno la capacità di aumentare i raccolti agricoli dal 20 al 50% o più⁴, eliminando il carbonio dall'atmosfera e immagazzinandolo nel suolo³. L'abbondanza e la diversità del microbioma del suolo è un bioindicatore chiave della salute del suolo.



Ma cos'è un terreno veramente sano? La principale microbiologa del suolo, la dottoressa Elaine Ingham, definisce il suolo in tre parti⁵:

Composti Minerali

- Rocce, sabbie, limo e argille
- Conosciuta come tessitura del terreno

Materia Organica

- Frazione morta e in decomposizione che è cibo per i microrganismi.
- Principalmente a base di carbonio

Organismi viventi

- La biologia che alimenta i cicli del suolo.
- Microbiota come funghi, batteri, protozoi, nematodi e microartropodi
- Macroorganismi come lombrichi, insetti e creature del suolo che si possono vedere a occhio nudo.

Questa terza componente, gli organismi viventi, è “un requisito assoluto per il suolo”. Il dottor Ingham dice che senza microrganismi non c'è per niente terreno; c'è solo sporcizia⁶.



Desertificazione e perdita della popolazione microbica

Non è un segreto che stiamo perdendo terreno coltivabile a un ritmo preoccupante; secondo alcune stime, 24 miliardi di tonnellate all'anno⁸. Soffiato via, dilavato via e persa la sua capacità di "coltivare piante".

Possiamo vedere questi schemi preoccupanti in tutto il mondo. La "Mezzaluna Fertile" del Medio Oriente è ora piena di aridi deserti sabbiosi. I suoli profondi e ricchi di "oro nero" del Midwest, che una volta erano alcuni dei terreni più fertili del mondo, hanno perso più della metà del loro terreno superficiale nel secolo scorso. Oltre 1/6 della massa terrestre cinese è in degrado o è già degradato⁷. E la triste lista continua

Porre fine al degrado del suolo e rigenerare i terreni coltivabili si rivelerà una delle sfide più grandi e chiave del nostro tempo. Che cosa succederebbe se la natura ci avesse già concesso gli strumenti necessari per fermare l'erosione, ridurre al minimo gli effetti della siccità e ripristinare la salute del suolo per la massima produzione agricola?



Ridefinizione di “Salute del Suolo”

L'agricoltura è stata a lungo limitata a ciò che possiamo vedere a occhio nudo. Per decenni abbiamo pensato che le manifestazioni in superficie di malattie delle piante e problemi agronomici fossero causate da microbi malvagi invisibili. Gli scienziati pensavano che il terreno fosse sterile tranne quando batteri o funghi cattivi erano in grado di prendere piede e attaccare i raccolti. Gran parte della letteratura scientifica esistente si concentra su questi microbi "cattivi" chiamati agenti patogeni o organismi patogeni.

Solo negli ultimi anni il paradigma è cambiato. Con la tecnologia e la microscopia di sequenziamento genico all'avanguardia, un mondo completamente nuovo si è aperto sotto la superficie. Nessuno avrebbe potuto prevedere che i microscopi high-tech e le analisi genomiche di laboratorio avrebbero potuto diventare strumenti così preziosi nella cassetta degli attrezzi di un agricoltore. Grazie a queste tecnologie in crescita, ora sappiamo che i microrganismi sono in realtà i nostri alleati contro le malattie delle piante, i parassiti, l'erosione e persino le emissioni di gas serra⁹.

La stragrande maggioranza dei microbi del suolo è benefica. È stato dimostrato che questi preziosi organismi competono contro i microbi patogeni in un sistema di controlli e contrappesi⁹. Eppure approssimativamente...

Ogni anno vengono “investiti” nel suolo 38,7 miliardi di dollari di prodotti chimici per l'agricoltura che uccidono i microbi¹⁰, la maggior parte dei quali uccide effettivamente i "buoni" piuttosto che i cattivi. Proprio come prendere un antibiotico, le applicazioni di fungicidi, erbicidi e persino fertilizzanti sintetici possono spazzare via milioni di microbi benefici.

Con queste intuizioni, agricoltori e scienziati di tutto il mondo hanno scoperto il segreto per la salute del suolo: lavorare con i microbi piuttosto che contro di loro. La salute del suolo è completamente ridefinita. Invece di vederla come assenza di malattie delle piante o erosione, la salute del suolo integra l'intero sistema di componenti fisiche, chimiche e, soprattutto, biologiche. Il National Resource Conservation Service degli Stati Uniti definisce la salute del suolo come "la condizione del suolo e il suo potenziale per sostenere le funzioni biologiche, mantenere la qualità ambientale e promuovere la salute delle piante e degli animali"¹¹. I microbi aiutano gli agricoltori a massimizzare il potenziale del loro suolo.



Che cosa possono fare i microorganismi per l'agricoltura?

Il miglioramento delle condizioni del suolo inizia senza dubbio con il sostegno e il potenziamento del microbiota benefico. L'elenco dei vantaggi di un microbioma del suolo robusto e resiliente suona un po' come uno spot di marketing, ma sono certamente possibili:

- Aumento della resa e della produttività delle colture¹²
- Riduzione delle malattie delle piante⁹
- Riduzione dell'erosione¹³
- Riduzione della lisciviazione
- Prevenire la compattazione¹⁴
- Riduzione dei costi dei fertilizzanti¹⁵
- Ottimizzare l'uso agrochimico¹⁶
- Maggiore resistenza alla siccità¹⁷
- Piante più sane e dalla crescita più rapida¹⁸
- Prodotti vegetali di qualità superiore
- Capacità di sequestrare il carbonio nel suolo¹³

È troppo bello perché sia vero? Come possono degli organismi microscopici avere quel tipo d'impatto su un'azienda agricola e sul paesaggio agricolo nel suo complesso? A prima vista, chiunque sarebbe scettico su queste affermazioni. Quei minuscoli microbi invisibili sono davvero capaci di tutto ciò?

Le prove scientifiche danno una clamorosa risposta: Sì!

Migliorare le rese colturali ed economiche nella fase di cambiamento climatico

Con recenti film documentari come “Kiss the Ground e Unbroken Ground”, lo stimolo verso un'agricoltura rigenerativa sta guadagnando molta attenzione da parte dei media. La domanda del pubblico di alimenti più sani e di un'agricoltura più sostenibile è alimentata da enormi problemi di salute pubblica e dal degrado globale del suolo, e dalle minacce incombenti del cambiamento climatico. Le persone si rivolgono sempre più all'agricoltura per una soluzione innovativa, ma abbiamo gli strumenti per realizzare queste enormi imprese?

La natura ha progettato il suolo per sostenere la vita sulla Terra molto prima che esistessero gli esseri umani. I microbi del suolo svolgono oltre il 90% dei processi del suolo¹⁹, dalla messa a disposizione dei nutrienti alle piante²⁰ al miglioramento della crescita e della resilienza delle piante in condizioni di siccità¹⁷. I servizi ecosistemici offerti dai microrganismi del suolo hanno un valore stimato di \$ 1.5 trilioni di dollari all'anno a livello globale²¹. Passando da metodi di agricoltura industriale intensiva a metodi di agricoltura biologica a “bassa perturbazione”, gli agricoltori hanno il potenziale per aumentare i raccolti dal 20 al 70%^{4,16}.



Inoltre, l'attività microbica sotterranea rappresenta il 46% del sequestro globale del carbonio terrestre²². C'è una crescente attenzione internazionale sul potenziale di crediti di carbonio e incentivi per gli agricoltori che dimostrano il sequestro del carbonio attraverso i loro sistemi microbici del suolo²³. Un recente studio su scala globale di oltre 1200 articoli scientifici ha anche scoperto che temperature più elevate aumentano effettivamente la mineralizzazione dell'azoto nel suolo, rivelando un'implicazione promettente per i microbi per rispondere positivamente al cambiamento climatico globale²⁴.

L'evidenza è chiara: il microbiota del suolo dovrebbe essere il migliore amico dell'agricoltore. Porta i soldi direttamente nelle tasche degli agricoltori chiedendo poco in cambio. Questi minuscoli lavoratori sono pronti ad aiutare gli esseri umani a combattere le emissioni di gas e ad alimentare un mondo in crescita, ma cosa ci guadagnano?



4 Vie per sostenere il microbioma del suolo.

Il microbiota benefico del suolo è adattivo e strategico, ma non è invincibile. A un livello molto elementare, le sue esigenze sono abbastanza simili alle nostre:

- Un posto dove vivere (habitat)
- Acqua da bere (Acqua pulita d'irrigazione)
- Cibo da mangiare (minerali ed essudati radicali)
- Ossigeno per respirare (condizioni aerobiche.)

Purtroppo, molti terreni agricoli sono stati trasformati in terra battuta dopo decenni di degrado e nuda esposizione al vento e all'acqua. Ma la buona notizia è che i microbi sono le creature più resistenti sulla Terra. Con una corretta gestione, possono riprendersi.

Tuttavia, non vorrete che un "vecchio" microbo ri colonizzi il suolo. Lo sviluppo di microrganismi benefici per le piante, richiede strategie precise. Potreste avere familiarità con il termine rapporto fungino / batterico; questo concetto dimostra perfettamente l'importanza dell'equilibrio e della diversità nell'ecologia del suolo. Come potremo bilanciare e modificare i microbi del suolo?



1. Testare e filtrare l'acqua d'irrigazione

La qualità dell'acqua è spesso trascurata come fonte di contaminazione per le colture e il microbiota del suolo. Tuttavia, si è scoperto che l'acqua d'irrigazione è un importante fattore trainante della diversità batterica nel suolo²⁷. Il cloro e la clorammina sono aggiunti alla maggior parte delle risorse idriche comunali nei paesi sviluppati e agiscono come antibiotici ad ampio spettro nel suolo⁶.

Le acque reflue trattate possono avere simili effetti di uccisione del microbioma, alimentando potenzialmente lo sviluppo di batteri resistenti agli antibiotici e introducendo agenti patogeni dannosi per piante ed esseri umani²⁷. L'irrigazione dell'acqua di pozzo o di fiume può porre problemi a causa dell'inquinamento all'origine, sebbene tendano a essere fonti d'acqua più pulite.

L'unico modo per sapere con certezza come l'acqua d'irrigazione sta influenzando il microbioma del suolo è testarlo. La filtrazione direttamente all'uscita dell'irrigazione può essere la scelta migliore per garantire che i microbi del suolo non siano uccisi da contaminanti in soluzione. I filtri al carbone e persino gli sbarramenti per compost sono forme di filtrazione convenienti⁶.



2. Uso consono dei prodotti in agricoltura

I batteri che fissano l'azoto (Rhizobium), sono tra gli organismi del suolo più conosciuti. Hanno la capacità di trasformare l'azoto atmosferico in azoto disponibile per le piante all'interno dei noduli radicali dei legumi. Fondamentalmente, creano fertilizzante gratuito dal nulla.

Quello che la maggior parte delle persone non sa è che esiste un'enorme diversità di altri microbi con capacità simili di "fissare" carbonio, azoto, fosforo, potassio e micronutrienti e renderli accessibili alle piante. Questi processi sono chiamati collettivamente mineralizzazione dei nutrienti.

Uno studio sulle interazioni microbiche con il fosforo nella canna da zucchero, ha indicato che i funghi micorrizici arbuscolari fanno letteralmente esplodere la mobilità e l'assorbimento del fosforo nelle colture²⁸. Un altro studio ha scoperto che i rizobatteri che promuovono la crescita delle piante, hanno ridotto del 70% il fabbisogno di fertilizzanti nei pomodori in serra¹⁵. Una comunità mista di microrganismi ha ridotto di oltre il 50%, l'apporto di fertilizzanti NPK nel peperoncino indiano²⁹.

Proprio come la microflora nell'intestino umano, i microbi del suolo espellono enzimi essenziali che scompongono il materiale organico in forme che le piante possono assorbire³⁰. I microbi sono come un sistema digestivo esterno per le piante, "l'intestino al rovescio"³⁷. È così che hanno prosperato enormi foreste secolari e vaste praterie native senza mai avere una goccia di fertilizzante sintetico. Il microbioma del suolo offre una fonte inesauribile di fertilità gratuita attraverso il ciclo naturale dei nutrienti.

3. Proteggiamo il terreno

Il Top Soil è un profilo sottile, come fosse una buccia di cipolla, tutto attorno alla superficie della Terra. Allo stesso modo in cui la nostra pelle ha bisogno di protezione dagli agenti atmosferici, questo delicato strato di terreno deve essere coperto e protetto dal vento, dall'acqua e dalle attività umane. Un terreno sano richiede una copertura continua di piante in crescita e/o di pacciamatura in decomposizione. Ciò è subito evidente osservando gli ecosistemi naturali come foreste e praterie; è raro vedere terreno nudo o esposto salvo che un'area non sia stata disturbata da eventi naturali o dall'azione dell'uomo.



Sappiamo tutti che le piante trasformano la luce solare, l'anidride carbonica e l'acqua in zuccheri tramite la fotosintesi. Ora, la ricerca sta facendo luce sul fatto che le piante cedono letteralmente dal 40 al 50% della loro energia ai loro alleati microbici nel suolo³⁴. Gli essudati delle radici sono una serie di composti che le piante espellono attraverso le loro radici per nutrire il microbiota del suolo. In cambio, i microbi apportano loro nutrienti minerali, rendendoli disponibili alle piante e, nel caso dei funghi micorrizici, estendono anche le loro zone radicali per consentire un maggiore assorbimento di acqua e nutrienti. Se si mantiene il terreno coperto, specialmente con radici intatte di piante vive o addirittura morte, i microbi del suolo mantengono queste importanti connessioni.

Gabe Brown descrive nel suo libro "Dirt to Soil" come ha trasformato i suoi 5.000 acri nel North Dakota in un sistema biologico incentrato sulla coltivazione³⁵. Ha visto i raccolti aumentare del 20-25%, la salute del suolo è migliorata notevolmente. Utilizza strumenti come falciatrici, crimpatrici a rullo ed erpici senza aratura per far crescere, sviluppare e seminare diversi mix di colture da sovescio. Queste applicazioni stanno diventando sempre più disponibili per facilitare il passaggio dalla lavorazione del terreno alle tecniche di "costruzione del suolo".

Il microbiota del suolo vi ripagherà enormemente una volta che i microorganismi saranno in grado di prosperare e sostenere le colture senza disturbi o esposizione agli elementi.

4. Analizzare il microbioma del terreno con regolarità.

Come sappiamo se le pratiche di gestione agronomica stanno migliorando o distruggendo il microbioma del suolo? Senza un microscopio e anni di esperienza microbiologica, potremmo sentirci come se stessimo volando alla cieca, prendendo decisioni a caso senza una linea di base microbica.

Grazie a nuove tecnologie come l'analisi funzionale del suolo BeCrop di Biome Maker, i coltivatori possono valutare rapidamente e facilmente le popolazioni microbiche del loro suolo. Abbiamo raccolto un database proprietario di oltre 4,5 milioni di riferimenti microbici tassonomici.

In altre parole, abbiamo il DNA di milioni di microbi provenienti dai suoli di tutto il mondo. Usiamo l'intelligenza artificiale per identificare quali di questi microbi sono più attivi nel vostro suolo

Il Principale Strumento d'Analisi

Le analisi convenzionali del terreno si concentrano solo sulla chimica del suolo. Usano centinaia di acidi diversi come agenti di estrazione per determinare i livelli stimati di N, P, K e micronutrienti. Il problema è che queste estrazioni acide sono arbitrarie e non forniscono alcuna comprensione della solubilità e del ciclo in continua evoluzione dei nutrienti attraverso le comunità del suolo³⁶.

Inoltre, a causa delle dinamiche in continua evoluzione del microbioma del suolo, un test convenzionale del suolo ci fornisce solo i livelli stimati di nutrienti in una breve istantanea nel tempo.

Il test del microbioma del suolo è uno strumento innovativo ed essenziale da utilizzare insieme ai test standard di chimica del suolo. Perché? Perché i microbi stanno alimentando i cicli biogeochimici dinamici che i test regolari del suolo cercano d'individuare²⁰. Questi cicli dinamici sono ciò che determina la disponibilità di nutrienti, il pH, la consistenza del suolo, il drenaggio, l'efficienza idrica, i livelli di materia organica e i requisiti di fertilità. Tutto ciò alla fine si traduce in produzione.

L'analisi del microbiota del suolo fornisce informazioni che un test standard del suolo non potrebbe mai offrire. Questo perché i test convenzionali del suolo non affrontano nemmeno il microbioma del suolo. Questi microrganismi del suolo sono stati la parte mancante del puzzle per secoli, ma ora sono facilmente accessibili a chiunque.



Usare il test BeCrop per capire:

- Percorsi ciclici dei nutrienti delle piante: quali microbi stanno trasformando i minerali nel suolo.
- Rischi di malattie specifiche delle colture: se potenziali agenti patogeni possono prendere piede nel vostro terreno.
- Monitoraggio nel tempo: guardare come le pratiche agronomiche stanno influenzando le popolazioni microbiche.
- Differenze tra appezzamenti, utilizzando le nostre funzioni di mappatura integrate.

Come testare il Microbioma del suolo

Qui a Biome Makers, lavoriamo da molti anni per creare uno strumento all'avanguardia che sia facile e accessibile a tutti nell'ecosistema agricolo. La nostra tecnologia di analisi del microbioma del suolo si chiama BeCrop. Sappiamo che i coltivatori sono persone impegnate, quindi ci siamo assicurati che il processo di raccolta dei campioni e di ottenimento dei risultati sia facile e diretto.



4 Semplici Passi:

1. Ordinate il BeCrop Soil Collection Kit
2. Raccogliete i campioni (solamente 3 cucchiaini di terreno)
3. Otterrete un rapporto di facile comprensione in tempi rapidi.
4. Ottimizzazione delle prestazioni delle colture e delle decisioni aziendali

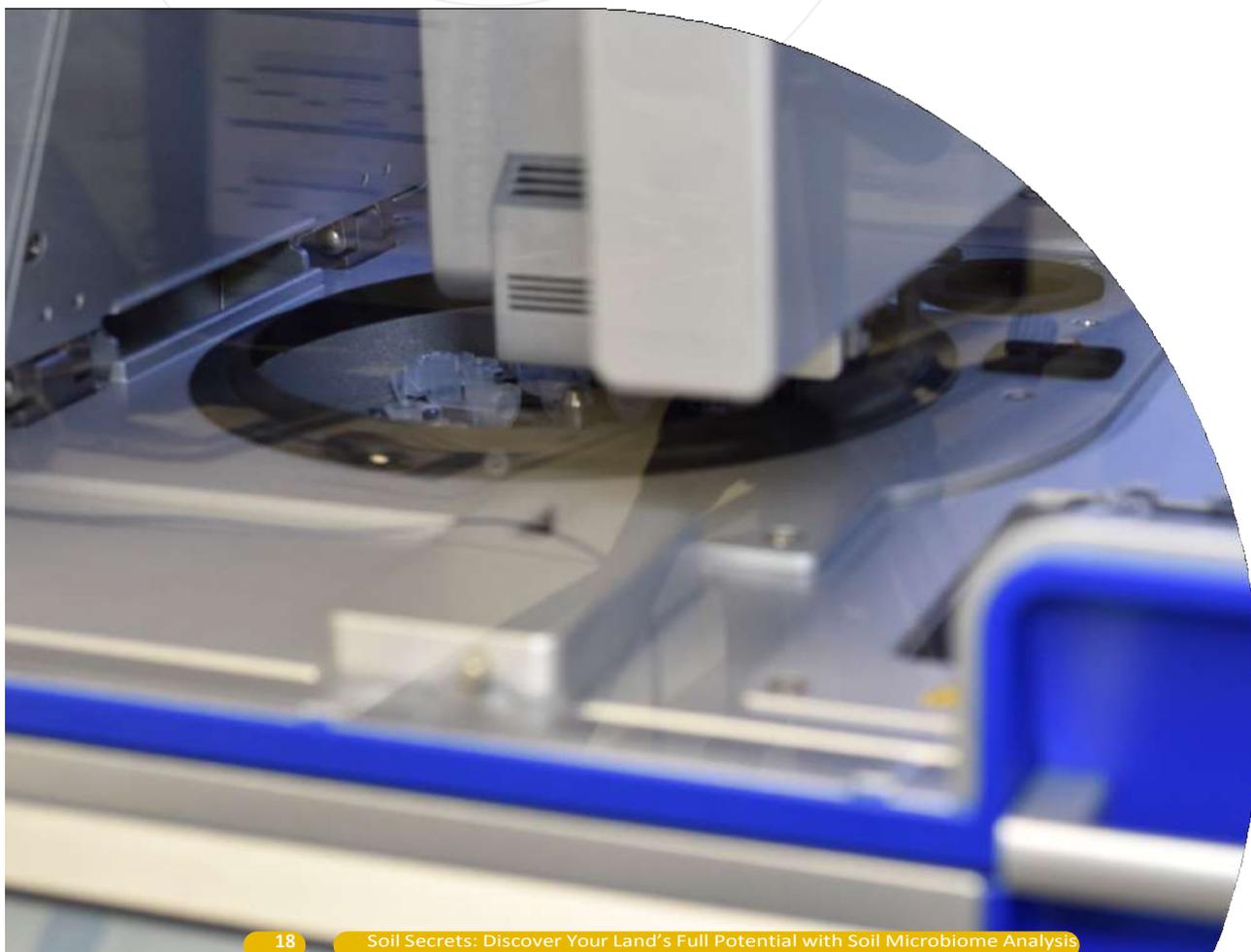
Che cosa scoprirà nei risultati dell'analisi?

BeCrop vi aiuterà a guidare le scelte agronomiche e a ottimizzare gli input. Questo test rivelerà cosa sta realmente accadendo nel complesso microbioma del suolo della vostra azienda. Niente più supposizioni. Saranno identificati batteri e funghi e saranno inclusi diversi strumenti per tenere traccia delle loro popolazioni nel tempo. Inoltre, sarete in grado di utilizzare i risultati per determinare quali microrganismi stanno migliorando le rese colturali e quali microbi potrebbero rappresentare un rischio futuro.



La vostra analisi conterrà:

- Stima quantitativa dei microrganismi dominanti
- Percorsi ciclici dei nutrienti microbici
- Monitoraggio nel tempo delle popolazioni del microbioma
- Indici di biodiversità nel suolo
- Indici di rischio minacce di malattie delle piante
- Un sistema informativo territoriale (GIS) per la mappatura del microbioma del suolo nella vostra azienda
- Accesso al portale BeCrop per confrontare i diversi appezzamenti, visualizzare i risultati, accedere all'analisi e altro ancora.
- Spiegazione completa dei risultati da parte dei nostri specialisti.



Un Approccio Biologico all'Agricoltura del Futuro

Il paradigma dell'agricoltura incentrato sulla chimica si sta lentamente dissolvendo, insieme alla diffusa dipendenza dagli input agricoli sintetici. Scienziati, agricoltori e consumatori, chiedono un approccio più ecologico alla produzione alimentare mentre affrontiamo il futuro di una popolazione in crescita e un pianeta in via di riscaldamento.

Il microbioma del suolo offre un approccio innovativo ma antico per risolvere i problemi più urgenti della società. Dalla desertificazione e dall'inquinamento agrochimico all'aumento dei livelli di carbonio atmosferico e al peggioramento della siccità, i "piccoli rivoluzionari" sotto i nostri piedi custodiscono i segreti sia del suolo sia della salute umana.

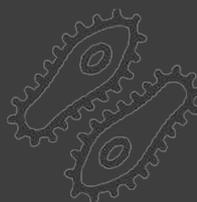
In definitiva, per sfruttare il potere di questi microbi, dobbiamo cambiare il nostro approccio alle coltivazioni. I microbi sono pronti e desiderosi di lavorare per noi, ma dobbiamo smettere di lavorare contro di loro per sperimentare il pieno potenziale del microbioma nel suolo. Tutto inizia con la conoscenza del microbiota utilizzando i migliori test disponibili sul microbioma del suolo.



BIOME MAKERS



Biome Makers è una Smart startup con sede a Sacramento. Collegiamo la biologia del suolo ai processi decisionali in agricoltura per avvantaggiare gli agricoltori e invertire il degrado dei terreni coltivabili, incoraggiando il sequestro del carbonio nel suolo. Attraverso la nostra piattaforma leader nella tecnologia del suolo (BeCrop), misuriamo la qualità biologica del terreno e forniamo approfondimenti agronomici per ottimizzare le operazioni agricole.



Pubblicazioni Citate

1. Montgomery, D. R., & Biklé, A. (2016). The hidden half of nature: The microbial roots of life and health. New York: W.W. Norton & Company.
2. Sender R, Fuchs S, Milo R. Are We Really Vastly Outnumbered? Revisiting the Ratio of Bacterial to Host Cells in Humans. *Cell*. 2016 Jan 28;164(3):337-40. doi: 10.1016/j.cell.2016.01.013. PMID: 26824647.
3. Wallenstein, Matthew. "To Restore Our Soils, Feed the Microbes." *The Conversation*, 20 Jan. 2020, theconversation.com/to-restore-our-soils-feed-the-microbes-79616.
4. Ingham, Elaine. "Case Studies: Soil Food Web." *Soil Food Web*, <https://www.soilfoodweb.com/case-studies/#case-studies>
5. "Soil Health and Compost Tea with Dr. Elaine Ingham." *Grassfed Network*, 6 May 2015, www.grassfednetwork.com/soil-health-and-compost-tea-with-dr-elaine-ingham.
6. Frost, Jesse. "The No-Till Market Garden Podcast: Dr. Elaine Ingham." *The No-Till Market Garden Podcast*, 25 Mar. 2019, www.notillgrowers.com/blog/2019/3/25/the-no-till-market-garden-podcast-dr-elaine-ingham.
7. William C. Burns, The International Convention to Combat Desertification: Drawing a Line in the Sand?, 16 *MICH. J. INT'L L.* 831 (1995). Available at: <https://repository.law.umich.edu/mjil/vol16/iss3/10>.
8. Pimentel, D.; Burgess, M. Soil Erosion Threatens Food Production. *Agriculture* 2013, 3, 443-463. <https://www.mdpi.com/2077-0472/3/3/443#cite>.



9. Lowenfels, J. and Lewis, W. (2006). *Teaming with Microbes: A Gardener's Guide to the Soil Food Web*, Chapter 3: Bacteria, Timber Press, Portland, Oregon.
10. "A Look at Fertilizer and Pesticide Use in the US." Gro Intelligence, gro-intelligence.com/insights/articles/a-look-at-fertilizer-and-pesticide-use-in-the-us.
11. "Natural Resources Conservation Service." Soil Health Glossary | NRCS Soils, www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/soils/health/?cid=nrcs142p2_053848.
12. Sessitsch, A. and Mitter, B. (2015), Plant microbiomes for improved crop production. *Microbial Biotechnology*, 8: 32-33. doi:[10.1111/1751-7915.12180](https://doi.org/10.1111/1751-7915.12180)
13. "From the Ground up: Regenerative Agriculture Revives Farmland While Curbing Climate Change." The Guardian, Guardian News and Media, www.theguardian.com/soil-matters/ng-interactive/2020/jul/09/regenerative-agriculture-revives-soil-curbs-climate-change.
14. Hoorman, James J, et al. "The Biology of Soil Compaction." Ohio State University Extension Service, Ohio State University College of Food, Agricultural, and Environmental Sciences, 15 Dec. 2009, mccc.msu.edu/wp-content/uploads/2016/10/OH_2009_Biology-of-soil-compaction.pdf.
15. Adesemoye, A.O., Torbert, H.A. & Kloepper, J.W. (2009) Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Allow Reduced Application Rates of Chemical Fertilizers. *Microb Ecol* 58, 921–929. <https://doi.org/10.1007/s00248-009-9531-y>.
16. "Gabe Brown of Brown's Ranch, Bismarck, ND." Center for Regenerative Agriculture and Resilient Systems – CSU, Chico, California State University, Chico, www.csuchico.edu/regenerativeagriculture/demos/gabe-brown.shtml.



17. de Vries FT, Griffiths RI, Knight CG, Nicolitch O, Williams A. Harnessing rhizosphere microbiomes for drought-resilient crop production. *Science*. 2020 Apr 17;368(6488):270-274. doi: 10.1126/science.aaz5192. PMID: 32299947.
18. Ingham, R.E., Trofymow, J.A., Ingham, E.R. and Coleman, D.C. (1985), Interactions of Bacteria, Fungi, and their Nematode Grazers: Effects on Nutrient Cycling and Plant Growth. *Ecological Monographs*, 55: 119-140. <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2307/1942528>.
19. Coleman, David C., Mac A. Callahan, and D. A. Crossley Jr. *Fundamentals of soil ecology*. Academic press, 2017.
20. Jacoby, Richard et al. "The Role of Soil Microorganisms in Plant Mineral Nutrition-Current Knowledge and Future Directions." *Frontiers in plant science* vol. 8 1617. 19 Sep. 2017, doi:10.3389/fpls.2017.01617
21. Pimentel, David, et al. "Economic and environmental benefits of biodiversity." *BioScience* 47.11 (1997): 747-757
22. Laureano A. Gherardi, Osvaldo E. Sala" Global patterns and climatic controls of belowground net carbon fixation". *Proceedings of the National Academy of Sciences* Aug 2020, 117 (33) 20038-20043; DOI: 10.1073/pnas.2006715117.
23. Barth, Brian. "Farmers Are Capitalizing on Carbon Sequestration: How Much Is Your Carbon-Rich Soil Worth?" *Modern Farmer*, 19 Oct. 2018, modernfarmer.com/2016/04/carbon-sequestration/.
24. Dai, Z, Yu, M, Chen, H, et al. Elevated temperature shifts soil N cycling from microbial immobilization to enhanced mineralization, nitrification and denitrification across global terrestrial ecosystems. *Glob Change Biol*. 2020; 26: 5267–5276. <https://doi.org/10.1111/gcb.15211>.



25. Fierer, N. Embracing the unknown: disentangling the complexities of the soil microbiome. *Nat Rev Microbiol* **15**, 579–590 (2017). <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.87>
26. Ingham, E.R. (2009). *Soil Biology Primer*, Chapter 4: Soil Fungus. Ankeny IA: Soil & Water Conservation Society. Pg. 22-23. soils.usda.gov/sqi/concepts/soil_biology.
27. Erping Cui, Xiangyang Fan, Zhongyang Li, Yuan Liu, Andrew L. Neal, Chao Hu, Feng Gao, Variations in soil and plant-microbiome composition with different quality irrigation waters and biochar supplementation, *Applied Soil Ecology*, Volume 142, 2019, Pages 99-109, ISSN 0929-1393, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139318305250>.
28. Gumiere, Thiago, et al. “Phosphorus source driving the soil microbial interactions and improving sugarcane development.” *Scientific reports* 9.1 (2019): 1-9.
29. Thilagar G., Bagyaraj D.J., Rao M.S., “Selected microbial consortia developed for chilly reduces application of chemical fertilizers by 50% under field conditions”. *Scientia Horticulturae*, Volume 198, Pages 27-35 (2016). ISSN 0304-4238, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.11.021>.
30. Dick, R. (2009). Lecture on Soil Bacteria in Soil Microbiology, Personal collection of R. Dick, The Ohio State University School of Environment and Natural Resources, Columbus, OH.
31. Prasad, Majeti Narasimha Vara, ed. *Agrochemicals Detection, Treatment and Remediation: Pesticides and Chemical Fertilizers*. Butterworth-Heinemann, 2020.
32. Druille, Magdalena, et al. “Repeated annual glyphosate applications may impair beneficial soil microorganisms in temperate grassland.” *Agriculture, Ecosystems & Environment* 230 (2016): 184-190.



33. Muñoz-Leoz, Borja, et al. “Non-target effects of three formulated pesticides on microbially-mediated processes in a clay-loam soil.” *Science of the Total Environment* 449 (2013): 345-354.
34. Ingham, Dr. Elaine. “Soil Food Web: How It Works.” Soil Food Web, www.soilfoodweb.com/how-it-works/.
35. Brown, Gabe. *Dirt to Soil: One Family’s Journey into Regenerative Agriculture*. Chelsea Green Publishing, 2018.
36. Ingham, Dr. Elaine. “Soil Food Web Testing and Conventional Testing.” Compost Werks, slowfastsoil.wordpress.com/tag/elaine-ingham/.
37. Mendes, R., Raaijmakers, J. Cross-kingdom similarities in microbiome functions. *ISME J* 9, 1905–1907 (2015). <https://doi.org/10.1038/ismej.2015.7>

