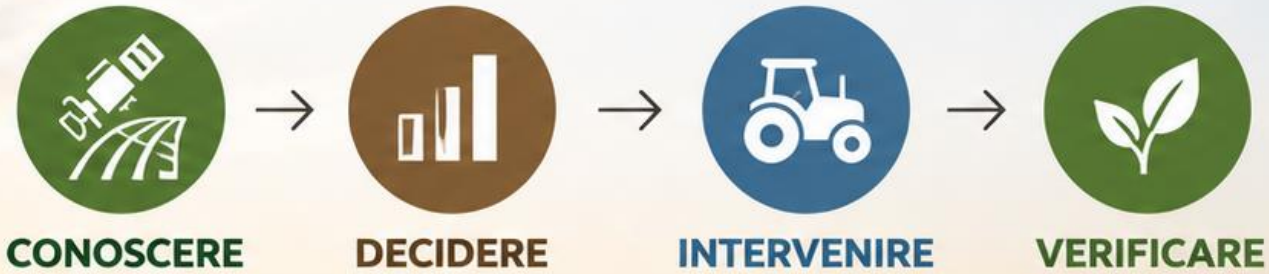
AGRIP - RES

L'agricoltura di precisione al servizio dell'agricoltura rigenerativa

Misurare, decidere e intervenire per rigenerare il sistema suolo–pianta



Suoli più sani di oggi, per domani

SRG09 AGRIP-RES

Antonio Pescatore, Marco Napoli

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE
DAGRI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE, ALIMENTARI, AMBIENTALI E FORESTALI

Cosa vogliamo rigenerare?

Non solo produttività, ma la funzionalità del sistema suolo.

L'agricoltura rigenerativa mira a recuperare e mantenere un suolo sano, vivo e funzionante, capace di sostenere la produzione ecosistemi resilienti nel lungo periodo.

Un suolo sano è la base per sistemi agricoli più resilienti, produttivi e sostenibili.



Struttura

Porosità, aggregazione, infiltrazione, resistenza alla compattazione.

Acqua

Maggiore infiltrazione e ritenzione idrica, meno ruscellamento e erosione.

Produttività

Rese stabili e di qualità nel lungo periodo.

Nutrienti

Cicli più efficienti e maggiore disponibilità nel tempo.

Carbonio

Più sostanza organica nel suolo, per fertilità, stabilità e mitigazione climatica.

Biodiversità

Più vita nel suolo e sopra il suolo, per sistemi più stabili e resilienti.

Rigenerare il suolo significa mettere in relazione produzione, ambiente e futuro.

Un suolo sano per un'agricoltura sostenibile

Dalla gestione rigenerativa del suolo a sistemi agricoli più resilienti

Investire nel suolo oggi per le generazioni di domani

Principali benefici

Suoli più fertili
maggiore sostanza organica e disponibilità di nutrienti

Maggiore disponibilità idrica
più infiltrazione e minore ruscellamento

Produzioni più stabili
maggiore resilienza agli stress ambientali

Minori emissioni di gas serra
più carbonio nel suolo

Maggiore biodiversità
habitat più ricchi e funzionali

Cosa serve

Conoscenza e dati
monitoraggio e supporto alle decisioni

Formazione e competenze
agricoltori, tecnici e consulenti

Tecnologie appropriate
adattate ai contesti aziendali

Collaborazione e filiere
ricerca, imprese, istituzioni e territorio

Politiche di supporto
incentivi e norme che premiano la gestione sostenibile

Le sfide future

Adattamento al cambiamento climatico
siccità, eventi estremi, nuove pressioni

Scalare le buone pratiche
da progetti pilota a larga adozione

Integrare agricoltura, ambiente e territorio
una visione di paesaggio

Rendere l'innovazione accessibile
anche alle piccole e medie aziende

Garantire la sostenibilità nel lungo periodo
per la sicurezza alimentare e la qualità dell'ambiente

Suoli sani, cibo sicuro, territori resilienti.
La base per un futuro più sostenibile.

Il suolo di oggi nutre il domani

SRG09 AGRIP-RES Università di Firenze DAGRI - Antonio Pescatore, Marco Napoli

I principi dell'agricoltura rigenerativa

Pratiche agronomiche per un suolo sano, produttivo e resiliente

Stessi obiettivi, più valore nel tempo

1. RIDURRE IL DISTURBO DEL SUOLO



- No-till
- Minimum tillage
- Strip tillage
- Controlled traffic

Mantenere la struttura, la vita del suolo e ridurre rischi di erosione.

2. MANTENERE IL SUOLO COPERTO



- Cover crop
- Residui colturali
- Pacciamature

Proteggere il suolo dalla pioggia e dal sole, alimentare la biologia del suolo.

3. AUMENTARE LA SOSTANZA ORGANICA E IL CARBONIO



- Ammendanti organici
- Compost
- Letami
- Biochar
- Cover crop

Più carbonio nel suolo per maggiore fertilità, struttura e resilienza climatica.

4. RIATTIVARE I CICLI BIOLOGICI DEI NUTRIENTI



- Leguminose
- Inoculi e microrganismi
- Minore dipendenza da fertilizzanti minerali
- Integrazione con letame e compost

Nutrienti disponibili al momento giusto, grazie alla biologia del suolo.

5. DIVERSIFICARE COLTURE E ROTAZIONI



- Rotazioni colturali
- Cover crop diversificate
- Intercropping
- Agroforestry

Maggiore biodiversità nel tempo e nello spazio per sistemi più stabili e produttivi.

6. MIGLIORARE LA GESTIONE DELL'ACQUA



- Maggiore infiltrazione
- Migliore ritenzione idrica
- Riduzione del ruscellamento
- Gestione efficiente dell'irrigazione

Più acqua nel suolo e meno perdite, per affrontare meglio la variabilità climatica.

Dove entra l'agricoltura di precisione?

Due approcci complementari

Obiettivi diversi, un'unica direzione: sistemi agricoli più resilienti

La tecnologia è uno strumento, non un fine

Agricoltura rigenerativa

COSA cambiare

- **Suolo vivo e protetto**
  ridurre il disturbo, mantenere la copertura
- **Cicli naturali più efficienti**
  sostanza organica e nutrienti
- **Maggiore biodiversità**
  rotazioni, consociazioni, agroecosistemi diversificati
- **Uso sostenibile delle risorse naturali**
  acqua, energia, input esterni
- **Resilienza e adattamento**
  sistemi produttivi stabili nel tempo

Dalla conoscenza all'azione per rigenerare



STESSA DIREZIONE

Agricoltori più competitivi
Territori più sani
Cibo di qualità

Agricoltura di precisione

COME raggiungere gli obiettivi

- **Conoscere la variabilità**
  suolo, coltura, clima, storia produttiva
- **Misurare lo stato del sistema**
  sensori, satelliti, mappe, dati aziendali
- **Supportare le decisioni**
  modelli, mappe di prescrizione, DSS
- **Intervenire in modo mirato**
  dove serve, quanto serve, quando serve
- **Verificare i risultati**
  mappe di resa, indicatori di suolo, efficienza degli input

**La tecnologia non rigenera il suolo,
ma ci aiuta a prendere decisioni migliori per rigenerarlo.**

1. Proteggere e migliorare la struttura del suolo

Un suolo strutturato è la base di sistemi agricoli produttivi, resilienti e rigenerativi

Perché è importante?

- Favorisce l'infiltrazione dell'acqua
- Permette l'aerazione e lo scambio gassoso
- Sostiene lo sviluppo radicale
- Protegge dall'erosione e dal compattamento
- Crea habitat per la biodiversità del suolo
- Aumenta la disponibilità e l'efficienza dei nutrienti

Cosa possiamo fare in ottica rigenerativa?

- **Ridurre le lavorazioni**
  (no-till, strip-till, minimum tillage)
- **Mantenere i residui e il suolo coperto**
  (cover crop, pacciamature)
- **Rotazioni e diversificazione colturale**
- **Apporti di sostanza organica**
  (compost, letame, biochar)



Principali servizi ecosistemici

- **Infiltrazione dell'acqua**
  meno ruscellamento e erosione
- **Maggiore disponibilità idrica**
  suoli più resistenti alla siccità
- **Esplorazione radicale**
  migliore assorbimento di acqua e nutrienti
- **Attività biologica**
  cicli dei nutrienti più efficienti
- **Sequestro di carbonio**
  maggiore sostanza organica
- **Maggiore resilienza**
  sistemi più stabili nel tempo

Suoli sani, campi più forti

**Un suolo vivo e strutturato oggi,
produce di più e resiste meglio alle sfide di domani.**

Ridurre il disturbo del suolo, ma intervenire dove serve

Dalla lavorazione uniforme alla gestione sito-specifica

Meno passaggi, più suolo vivo

Pratiche rigenerative



No-till
Semina su sodo, disturbo minimo



Strip tillage
Lavorazione localizzata sulla fila



Minimum tillage
Lavorazioni superficiali e ridotte



Mantenimento dei residui
Protezione del suolo, più sostanza organica

Cosa può fare l'agricoltura di precisione?

Individuare la variabilità del suolo
Mappe di suolo, compattamento, resa storica

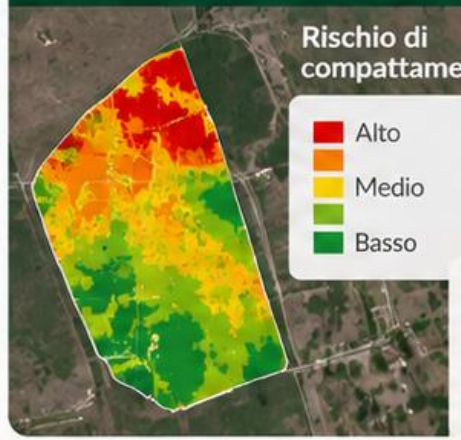
Guida automatica e controlled traffic
Meno sovrapposizioni e minore compattamento

Lavorazioni sito-specifiche
Intervenire solo dove necessario

Supporto alle decisioni
Integrazione di mappe, modelli e dati storici

Verifica degli effetti nel tempo
Monitoraggio della struttura del suolo e della resa

I dati mostrano dove intervenire





Intervenire solo dove serve significa meno costi, meno emissioni e un suolo più sano.

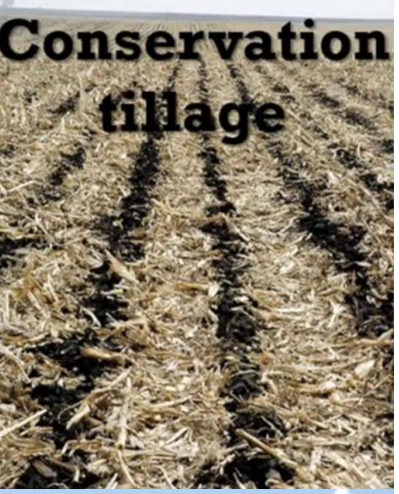
I benefici della riduzione delle lavorazioni

- Maggiore stabilità della struttura
- Più infiltrazione dell'acqua
- Maggior attività biologica
- Minori emissioni di GHG
- Ridotto rischio di erosione

Ridurre le lavorazioni non significa rinunciare alla gestione: significa intervenire solo dove serve.

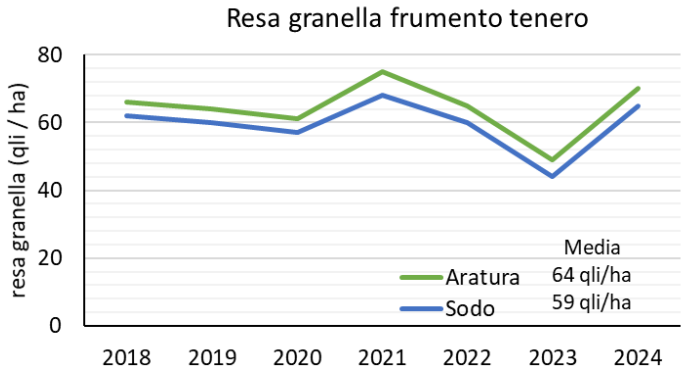
Stessi obiettivi, meno impatto, più resilienza

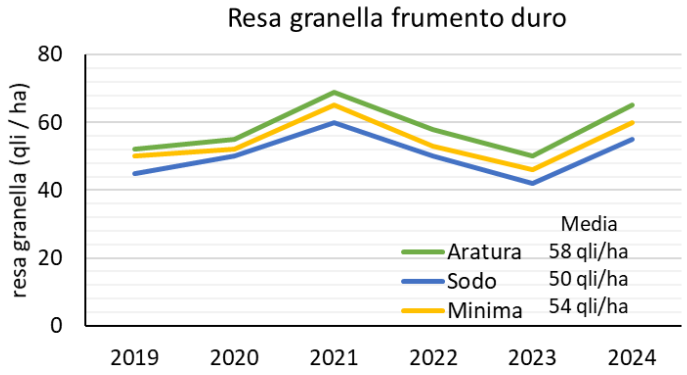


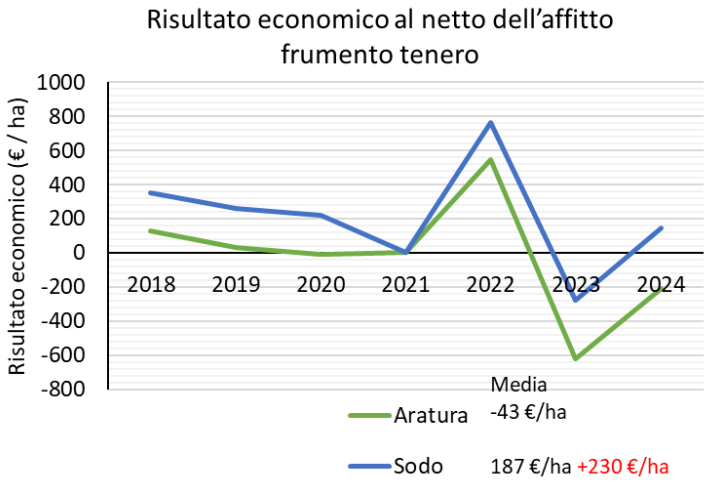


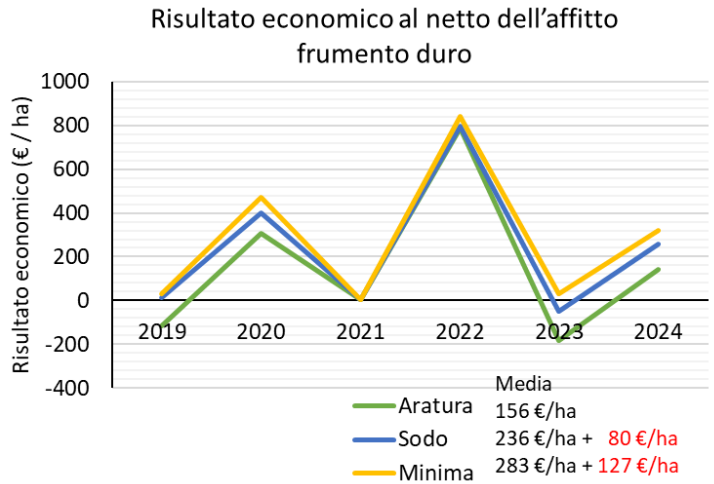


Minimo disturbo del suolo









Dati rielaborati a partire da:
Gualandi, Eros. 2024. "Rese spesso buone, qualità ok, prezzo basso." Terra e Vita, 24(2024): 30–34. Speciale frumento tenero.

Dati rielaborati a partire da:
Gualandi, Eros. 2024. "Nord, buone le rese e la qualità ma non basta a far reddito." Terra e Vita, 27(2024): 30–34. Speciale frumento duro.

Rigenerare significa trattenere più acqua nel suolo

Suoli sani, più infiltrazione, maggiore resilienza ai periodi di siccità e agli eventi estremi

L'acqua più economica è quella che tratteniamo nel suolo

Il ruolo dell'acqua nel suolo

Trasporto di nutrienti
Porta gli elementi alle radici

Attività biologica
Permette la vita e il movimento dei microrganismi

Crescita delle piante
Sostiene l'assorbimento e la produttività

Regolazione termica
Stabilizza la temperatura del suolo

Depurazione e qualità
Contribuisce a filtrare e ridurre gli inquinanti

Suolo degradato

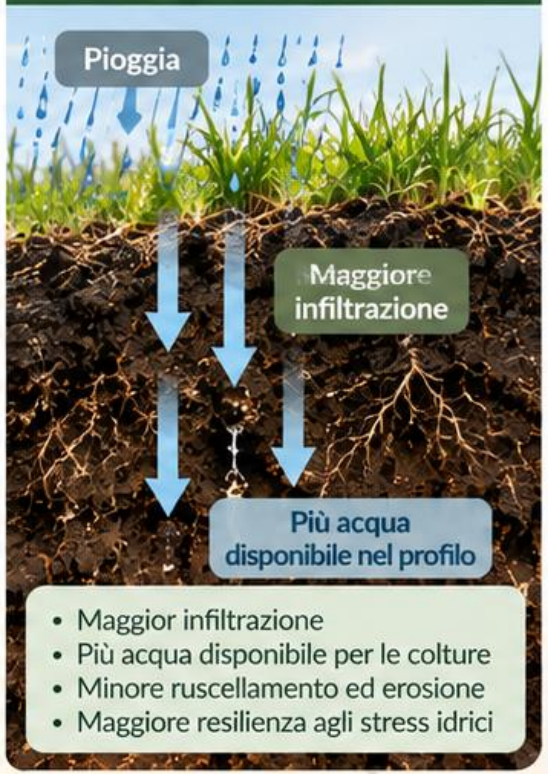
Bassa sostanza organica, struttura instabile



- Maggior ruscellamento
- Minore ritenzione idrica
- Maggiore rischio di erosione
- Colture più vulnerabili alla siccità

Suolo rigenerato

Più sostanza organica, struttura stabile



- Maggior infiltrazione
- Più acqua disponibile per le colture
- Minore ruscellamento ed erosione
- Maggiore resilienza agli stress idrici

Come può aiutare l'agricoltura di precisione?

Mappe satellitari
Individuano aree soggette a stress idrico, ruscellamento o ristagni.

Sensori nel suolo
Misurano l'umidità e supportano le decisioni irrigue.

Modelli e dati meteo
Prevedono il fabbisogno idrico e aiutano a programmare gli interventi.

Gestione sito-specifica
Interventi su drenaggio, pacciamature e lavorazioni solo dove necessario.

Valutazione nel tempo
Monitorano l'effetto delle pratiche rigenerative sulla disponibilità idrica del suolo.

Più acqua nel suolo significa colture più stabili, meno rischi e una maggiore resilienza del sistema agricolo.

SRG09 AGRIP-RES Università di Firenze DAGRI - Antonio Pescatore, Marco Napoli

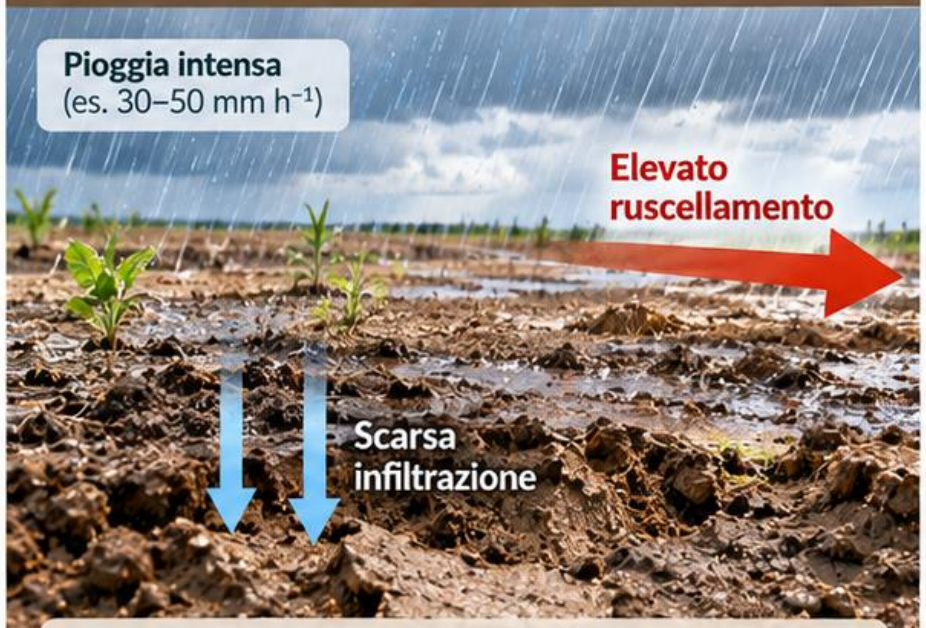
Infiltrare la pioggia invece di perderla

La struttura del suolo determina il destino dell'acqua

La migliore riserva idrica è nel suolo

Suolo degradato

Bassa sostanza organica, struttura instabile, superficie nuda o compattata



- Chiusura dei pori superficiali
- Rapido ruscellamento e rischio di erosione
- Minore ricarica della falda
- Maggiore perdita di nutrienti e suolo

Suolo rigenerato

Maggiore sostanza organica, struttura stabile, residui colturali e copertura vegetale



- Copertura del suolo protegge dall'impatto della pioggia
- Porosità continua e maggiore infiltrazione
- Minore ruscellamento ed erosione
- Maggiore ricarica della falda
- Migliore disponibilità idrica per le colture

Messaggi chiave

Quando l'intensità della pioggia supera la capacità di infiltrazione, l'acqua diventa ruscellamento.

Un suolo con più sostanza organica e una struttura stabile può infiltrare più acqua e trattenerla più a lungo.

L'acqua più economica è quella che riusciamo a immagazzinare nel suolo.



Suoli vivi Paesaggi più sicuri

Suoli più sani, campi più resilienti, territori più sicuri

Cosa può fare l'agricoltura di precisione per l'acqua?

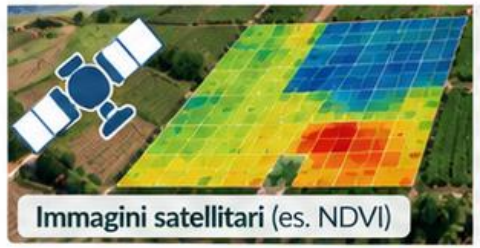
Dati, modelli e tecnologie per decisioni più efficaci e un uso più efficiente dell'acqua

Conoscere per usare meglio ogni goccia

Sensori / satelliti / modelli
possono aiutare a individuare:

- Zone che si asciugano prima
- Ristagni
- Differenze di vigore legate all'acqua
- Fabbisogni irrigui
- Aree con possibile compattamento
- Risposta delle colture dopo eventi piovosi

Dal dato all'informazione



Vigore vegetativo
Alto
Basso



Umidità del suolo
Alta
Bassa



- ✔ Variabilità spaziale
- ✔ Individuazione delle criticità
- ✔ Supporto alle decisioni

Dall'informazione all'azione



Irrigazione uniforme
Stessa quantità di acqua tutta la superficie



Irrigazione guidata dal fabbisogno
Acqua nella giusta quantità, al momento giusto, dove serve

Non solo rateo variabile

Il momento corretto dell'irrigazione
è già agricoltura di precisione

L'acqua dove serve
evita sprechi e riduce i rischi di stress idrico o ristagni

Soluzioni adattabili al contesto aziendale
Dal monitoraggio alla gestione, anche senza rateo variabile

Più conoscenza, meno sprechi, più resilienza.

Tecnologia e conoscenza per un uso più efficiente dell'acqua, oggi e nel futuro.

Ogni goccia conta

SRG09 AGRIP-RES Università di Firenze DAGRI - Antonio Pescatore, Marco Napoli

Tenere il suolo vivo e coperto

Cover crop e biodiversità per sistemi agricoli più resilienti

Piante di copertura per un suolo vivo e produttivo

Perché le cover crop?

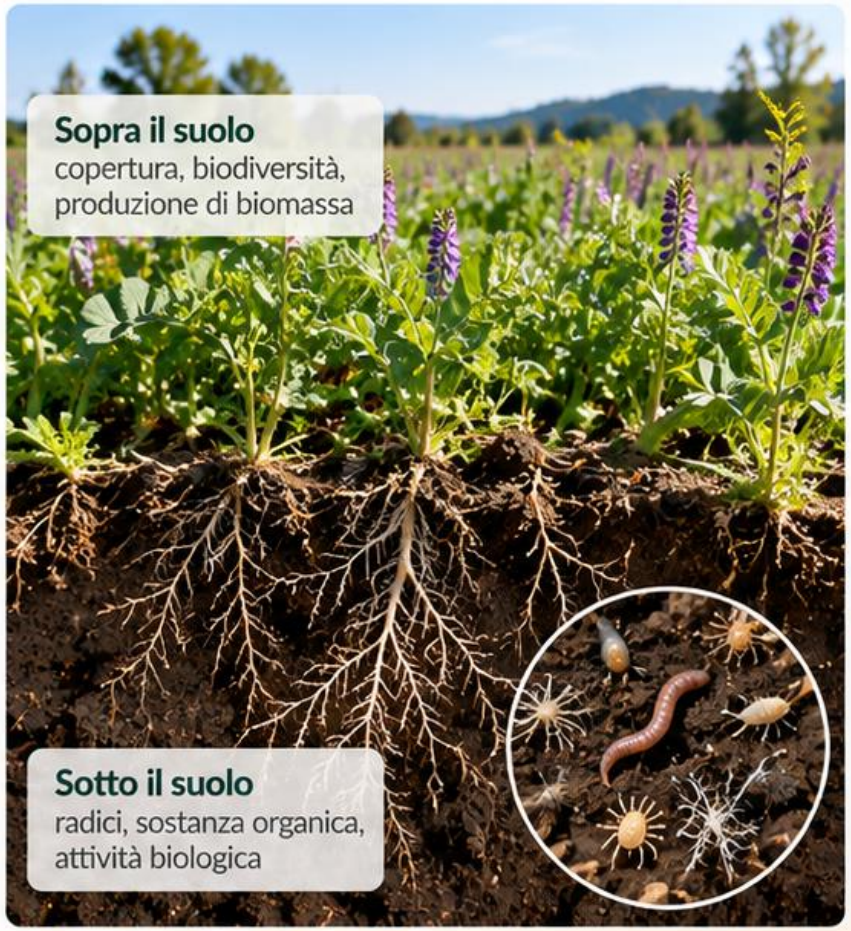
Copertura del suolo
protezione dall'erosione e dagli impatti della pioggia

Alimentazione della biologia del suolo
più carbonio e habitat per i microrganismi

Radici vive
migliore struttura del suolo e porosità

Recupero nutrienti
minor lisciviazione e maggiore efficienza d'uso

Sostanza organica
più stabilità, fertilità e resilienza nel lungo periodo



I benefici misurati

Maggiore infiltrazione ↑ ↑

Minore ruscellamento ↓

Minore erosione ↓

I residui superficiali (cover crop e no-till) **riducono l'impatto della pioggia, aumentano** l'infiltrazione e limitano le perdite di suolo e nutrienti.

Esempio di rotazione con cover crop



Cover crop (inverno)	Terminazione e residui al suolo	Coltura primaverile	Raccolta e nuovi residui

Suoli coperti, suoli più fertili, sistemi più resilienti.

Le cover crop sono un investimento oggi, per la produttività di domani.

Biodiversità nel suolo, valore nel tempo

SRG09 AGRIP-RES Università di Firenze DAGRI - Antonio Pescatore, Marco Napoli

Ma quale cover crop?

Dalla scelta alla gestione: decisioni informate per il contesto aziendale

Diversificare le rotazioni per suoli più sani e aziende più resilienti

Le principali tipologie



Leguminose
- Fissazione dell'azoto
- Biomassa di qualità
- Miglioramento della fertilità
- Maggiore biodiversità



Graminacee
- Elevata produzione di biomassa
- Apparato radicale fittonante e fascicolato
- Protezione dall'erosione
- Struttura del suolo



Brassicacee
- Radici profonde e fitosanità
- Recupero nutrienti (es. N, S)
- Effetto decompattante
- Controllo delle infestanti



Miscugli
- Complementarietà tra specie
- Maggiore resilienza
- Benefici multipli su suolo, biodiversità e nutrienti

Quali fattori considerare?

Tipo di suolo
tessitura, pH, drenaggio, sostanza organica, compattamento

Clima e piovosità
disponibilità idrica, rischio siccità o ristagni

Storia produttiva
colture precedenti, residui e obiettivi della rotazione

Apparato radicale
superficiale o profondo, capacità di esplorare il suolo

Input richiesti
esigenze di semina, costi, disponibilità di seme, terminazione (meccanica/chimica)

Obiettivi aziendali
fertilità, controllo infestanti, produzione di biomassa, servizi ecosistemici

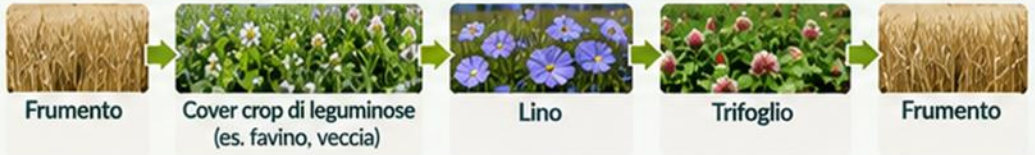
Esempi di rotazioni con cover crop (prove in corso)

a) Frumento – cover crop di leguminose – pomodoro



Prova di **Alberese**

b) Frumento – cover crop di leguminose – Lino – trifoglio – frumento



Prova di **Asciano**

c) Frumento – cover crop di leguminose – frumento (semina febbraio) – trifoglio



Prova di **Asciano**

d) Frumento – cover crop di leguminose – girasole



Prova di **Val di Chiana e Capalbio**

Rotazioni diversificate con cover crop per suoli più fertili, produttivi e resilienti.

Colture diverse, servizi multipli, valore nel tempo.

SRG09 AGRIP-RES Università di Firenze DAGRI - Antonio Pescatore, Marco Napoli

Diversificare nel tempo e nello spazio

Rotazioni e consociazioni per più biodiversità, più stabilità, più resilienza

Colture diverse, suoli più sani, sistemi più resilienti

Biodiversità nel tempo
Rotazioni colturali

- Alternare colture e famiglie botaniche
- Interrompere cicli di patogeni, parassiti e infestanti
- Migliorare la fertilità e la struttura del suolo
- Distribuire i rischi produttivi
- Aumentare la resilienza ai cambiamenti climatici

Biodiversità nello spazio
Intercropping (consociazioni)

- Coltivare specie diverse nello stesso spazio
- Maggiore uso di risorse (luce, acqua, nutrienti)
- Controllo naturale di infestanti e parassiti
- Habitat per la biodiversità funzionale
- Sistemi più stabili e produttivi



Più specie, più funzioni, più servizi ecosistemici.

Monocoltura: sequenze di rotazione colturale

Anno	Sequenza 1	Sequenza 2	Sequenza 3	Sequenza 4	Sequenza 4	Sequenza 6	Sequenza 7	Sequenza 8
1	Trifoglio	Mais	Mais	Mais	Mais	Mais	Mais	Mais
2	Frumento	Frumento Trifoglio	Frumento Erba medica	Frumento	Frumento Erba medica	Frumento Erba medica	Frumento Trifoglio	Frumento Trifoglio
3	–	Trifoglio	Erba medica	Riso	Erba medica	Erba medica	Trifoglio	Trifoglio
4	–	Frumento	Erba medica	Riso	Erba medica	Erba medica	Frumento Erba medica	Frumento
5	–	–	Frumento	Riso	Erba medica	Erba medica	Erba medica	Mais
6	–	–	–	–	Frumento	Frumento	Erba medica	Frumento Erba medica
7	–	–	–	–	–	Avena	Erba medica	Erba medica
8	–	–	–	–	–	–	Frumento	Erba medica
9	–	–	–	–	–	–	–	Erba medica
10	–	–	–	–	–	–	–	Frumento


Frumento


Mais


Riso


Trifoglio


Erba medica


Avena

I benefici delle rotazioni e consociazioni

- Migliore fertilità del suolo
- Maggiore efficienza idrica
- Minor pressione di patogeni e infestanti
- Maggiore resilienza climatica
- Produzioni più stabili e sostenibili

Rotazioni e consociazioni tarate sul contesto aziendale

- ✓ Suolo e clima
- ✓ Obiettivi produttivi
- ✓ Disponibilità di input e servizi
- ✓ Pratiche aziendali e mercato

Diverse colture, più vita nel suolo, più stabilità nei sistemi, più futuro per le nostre aziende.

La diversità coltiva il futuro.

SRG09 AGRIP-RES Università di Firenze DAGRI - Antonio Pescatore, Marco Napoli

Rotazioni colturali: alternare colture con funzioni complementari

Una buona rotazione combina colture che si integrano tra loro, bilanciando l'uso delle risorse del suolo e migliorando la fertilità, la struttura e la sostenibilità del sistema colturale.

Fertilità del suolo

- Una coltura non leguminosa dovrebbe essere seguita da una leguminosa e viceversa.
- Colture depauperanti dovrebbero essere seguite da colture miglioratrici.
- Colture da sovescio seguite da colture da granella.
- Colture altamente fertilizzate seguite da colture con minori o nessuna fertilizzazione.



Le leguminose arricchiscono il suolo di azoto e migliorano la fertilità.

Residui colturali

- Alternare colture che lasciano quantità e qualità di residui diversi.
- Colture con elevata restituzione di residui (es. mais, sorgo) dovrebbero essere seguite da colture meno restitutive.
- Colture con residui facilmente decomponibili dovrebbero alternarsi a colture con residui più persistenti.



Residui diversi migliorano la sostanza organica e la struttura del suolo.

Tipo e durata della coltura

- Colture perenni o di lunga durata dovrebbero essere seguite da colture stagionali o miglioratrici.
- Colture foraggere dovrebbero essere seguite da colture da granella o orticole.
- Colture a tagli multipli (multicut) dovrebbero essere seguite da colture da seme.



Colture perenni e foraggere migliorano la struttura e la biodiversità del suolo.

Gestione dei nutrienti

- Colture che richiedono elevate dosi di fertilizzante dovrebbero essere seguite da colture con minori esigenze o non fertilizzate.
- La coltura successiva dovrebbe compensare ciò che la precedente ha sottratto in termini di nutrienti.



Alternare colture con diverse esigenze nutrizionali riduce il rischio di squilibri e perdite di nutrienti.

Esempi di rotazioni nel nostro contesto



Favino (leguminosa) →  **Frumento** (cereale)



Trifoglio (leguminosa) →  **Mais** (cereale)



Erba medica (foraggera) →  **Frumento** (cereale)



Ciò che una coltura sottrae o modifica dovrebbe essere, per quanto possibile, compensato dalla coltura successiva.

Rotazioni colturali: alternare radici, ambiente e intensità di gestione

Utilizzare il suolo in modi diversi nel tempo migliora la sua struttura, la capacità di trattenere acqua e nutrienti e la resilienza del sistema colturale.

Apparato radicale

Colture a radice profonda dovrebbero essere seguite da colture a radice superficiale e viceversa.



Radici profonde
(es. girasole, colza, medica)

↔



Radici superficiali
(es. frumento, mais)

- Esplorazione di differenti strati del suolo
- Migliore utilizzo di acqua e nutrienti
- Maggiore stabilità e struttura del suolo

Lavorazione del suolo

Colture che richiedono lavorazioni profonde dovrebbero essere seguite da colture gestite con minima o nessuna lavorazione.



Lavorazione intensa
(es. patata, barbabietola)

↔



Minima o non lavorazione
(es. frumento, leguminose)

- Alternare l'intensità del disturbo del suolo
- Mantenere la struttura e la sostanza organica
- Ridurre il rischio di compattazione

Condizioni del suolo

Le colture da ambienti umidi (anaerobici) dovrebbero essere seguite da colture da ambienti asciutti (aerobici).



Ambiente umido
(es. riso)

↔



Ambiente asciutto
(es. leguminose, oleaginose)

- Diversificare le condizioni idriche del suolo
- Migliorare la struttura e l'attività biologica
- Esempio: riso → leguminosa / oleaginosa

Architettura dei residui

Colture che lasciano residui rigidi e persistenti dovrebbero essere seguite da colture che richiedono poche lavorazioni o interventi.



Residui rigidi e persistenti
(es. mais, sorgo, cotone)

↔



Residui facilmente gestibili
(es. leguminose, cereali autunno-vernini)

- Alternare quantità e qualità dei residui
- Facilitare la decomposizione e il riciclo dei nutrienti
- Ridurre i problemi di gestione dei residui

Gruppo botanico

Le dicotiledoni dovrebbero essere seguite da monocotiledoni (e viceversa).



Dicotiledoni
(es. girasole, colza, leguminose)

↔



Monocotiledoni
(es. frumento, mais)

- Maggiore diversità biologica
- Diversi cicli colturali e apparati radicali
- Esempi: girasole → frumento
  leguminosa → cereale
  colza → frumento



Principio chiave

Evitare di utilizzare il suolo nello stesso modo anno dopo anno.

Rotazioni colturali: la diversità della rotazione come strumento di difesa

Colture diverse interrompono i cicli di patogeni, parassiti e infestanti, favoriscono la biodiversità e rendono il sistema colturale più resiliente.

Patogeni e parassiti

- Una coltura suscettibile dovrebbe essere seguita da una coltura non ospite, tollerante o "break crop".
- Interrompe il ciclo di patogeni e parassiti tellurici.
- Riduce l'accumulo di inoculo nel suolo.

Esempio



Frumento
(suscettibile a malattie del terreno)



Leguminosa
(coltura non ospite / break crop)

Infestanti

- Colture che favoriscono infestanti problematiche dovrebbero essere seguite da colture di pulizia, multitaglio o con ciclo diverso.
- Cambiare epoca di semina, competizione e tipo di disturbo.
- Riduce la banca semi nel suolo.

Esempio



Mais
(infestanti estive)



Cover crop / foraggera
(specie competitive)

Colture di pulizia

- Colture molto competitive, da sfalcio o con elevata copertura del suolo dovrebbero essere seguite da colture più sensibili alla competizione.
- Favoriscono la riduzione di infestanti e patogeni nel sistema.

Esempio



Erba medica
(multitaglio, effetto pulente)



Frumento
(più sensibile alla competizione)

Diversità biologica

- Alternare famiglie botaniche (dicotiledoni e monocotiledoni), cicli colturali, apparati radicali e modalità di gestione.
- Evita la specializzazione della comunità di infestanti, patogeni e parassiti.
- Aumenta la biodiversità del suolo e la stabilità del sistema.

Esempio



Girasole
(dicotiledone)



Frumento
(monocotiledone)



Leguminosa
(dicotiledone)



Mais
(monocotiledone)

Simbiosi e microbi utili

- Colture con gli stessi simbionti (es. rizobi) possono essere alternate tra specie ospiti compatibili.
- La scelta della leguminosa dovrebbe considerare la compatibilità con i rizobi e la storia colturale del terreno.

Esempio di specie con gli stessi rizobi



Erba medica
(Meliloti)



Trifoglio
(Meliloti)



Pisello
(Leguminosarum)



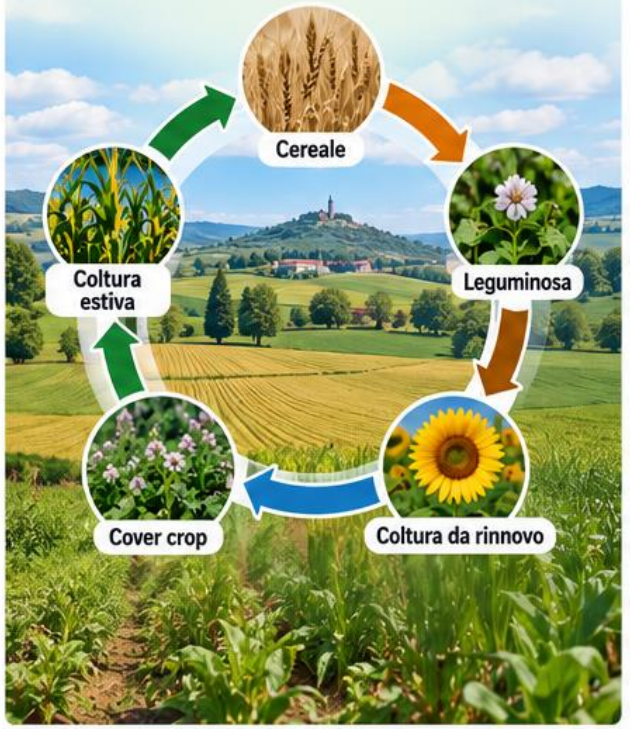
Fagiolo
(Phaseoli)



Soia
(Japonicum)

Effetti di una rotazione diversificata

- Minore pressione di malattie e parassiti
- Riduzione delle infestanti
- Maggiore attività biologica del suolo
- Migliore struttura e fertilità
- Sistemi colturali più stabili e resilienti



Una buona rotazione non è semplicemente una successione di colture:
è una successione di funzioni diverse.

Colture diverse per suoli più sani e produttivi

La precisione può aiutarci a capire se la diversificazione funziona

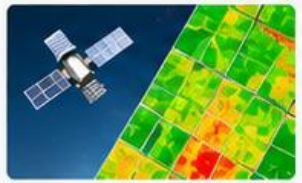
Dai dati al valore: monitorare, confrontare, misurare gli effetti nel tempo

Non solo buone pratiche, ma evidenze reali nei nostri campi

Fonti di informazione



Mappe di resa
variabilità produttiva nel tempo e nello spazio



Immagini satellitari pluriennali
vigore, copertura, indici di vegetazione



Campionamenti del terreno
sostanza organica, nutrienti, struttura



Sensori in campo
umidità del suolo, clima, stato delle colture

Confrontare pratiche diverse nel tempo



Coltura in successione

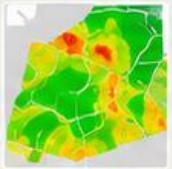


Leguminosa / cover crop

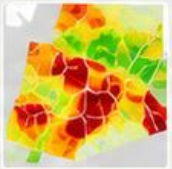


Minima lavorazione

Analizzare i cambiamenti nel tempo e nello spazio



Vigore (NDVI)



Sostanza organica



Resa (t/ha)



Stabilità produttiva



Efficienza degli input (N, P, acqua)

Cosa possiamo valutare?

Vigore delle colture
sviluppo e copertura vegetale

Fertilità del suolo
sostanza organica, nutrienti, attività biologica

Resa
livello e variabilità nel tempo e nello spazio

Stabilità produttiva
maggiore resilienza agli stress

Utilizzo degli input
efficienza di acqua, fertilizzanti e agrofarmaci

Non soltanto applicare una pratica: misurarne l'effetto.
La precisione ci permette di quantificare i benefici della diversificazione e di adattare la gestione alle condizioni reali.

Dati, conoscenza, decisioni migliori
per sistemi colturali più produttivi, resilienti e sostenibili.

Misurare oggi i benefici di domani.

SRG09 AGRIP-RES Università di Firenze DAGRI - Antonio Pescatore, Marco Napoli

5. Chiudere i cicli dei nutrienti

Nutrienti nel posto giusto, al momento giusto, nella giusta quantità

Suoli fertili e acque più pulite per un'agricoltura duratura

Il ciclo dei nutrienti in azienda

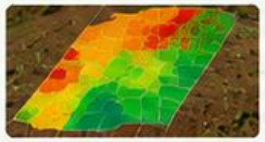


Una gestione sostenibile dei nutrienti

La gestione sostenibile non consiste semplicemente nel ridurre la fertilizzazione, ma nel fornire nutrienti:

Nelle quantità corrette	in base agli obiettivi produttivi e alla fertilità del suolo
Nei rapporti corretti	tra i diversi elementi (es. N, P, K, S, micronutrienti)
Anticipando il fabbisogno	rispetto alle fasi fenologiche
Seguendo i ritmi di assorbimento	per aumentare l'efficienza d'uso dei nutrienti
Evitando perdite ambientali	lisciviazione, volatilizzazione, ruscellamento, erosione

Il supporto dell'agricoltura di precisione



Mappe di suolo
variabilità della fertilità, prescrizioni sito-specifiche



Sensori e immagini
stato nutrizionale delle colture (es. NDVI, NNI)



Modelli previsionali
fabbisogno, dinamica dei nutrienti, rischio di perdite



Concimazione a rateo variabile
nutrienti nel posto giusto, alla dose giusta, al momento giusto

Ridurre gli input ≠ **ridurre indiscriminatamente i nutrienti**

Meno fertilizzanti non significa suoli più fertili né sistemi più sostenibili.

I benefici di una gestione efficiente

- Colture più produttive e resilienti
- Minori perdite nell'ambiente
- Suoli più fertili e attivi
- Maggiore efficienza economica

Nutrienti ben gestiti oggi,
produttività, ambiente e sicurezza alimentare domani.

Dal suolo alle colture, alle generazioni future.

SRG09 AGRIP-RES Università di Firenze DAGRI - Antonio Pescatore, Marco Napoli

Prima conoscere il suolo

Dai campioni alle mappe, dalle mappe alle decisioni

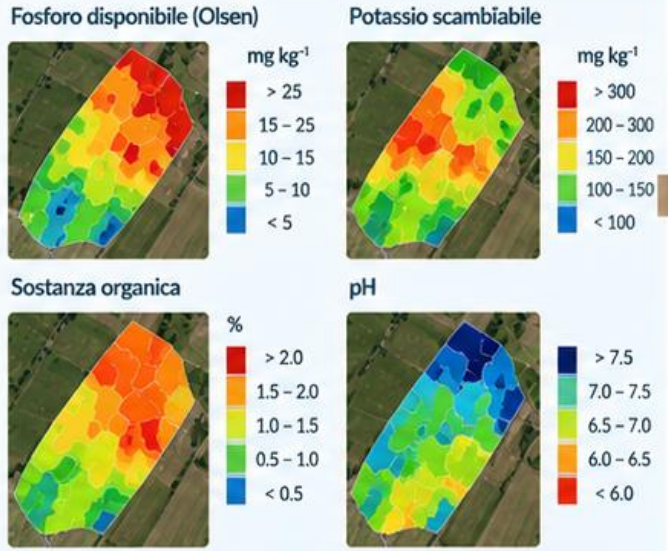
Suoli diversi, opportunità diverse. La conoscenza fa la differenza.

1. Campionamento georeferenziato

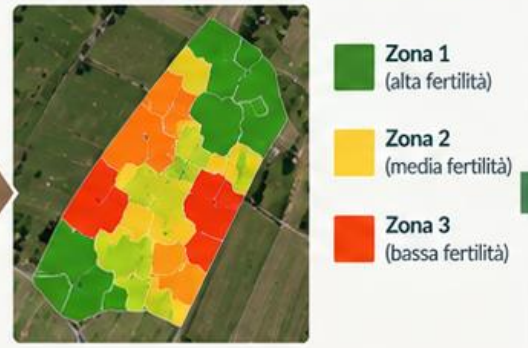


- Campioni georeferenziati (con GPS)
- Analisi del suolo: P, K, sostanza organica, pH, tessitura, microelementi...
- Banca dati geospaziale

2. Mappe di fertilità

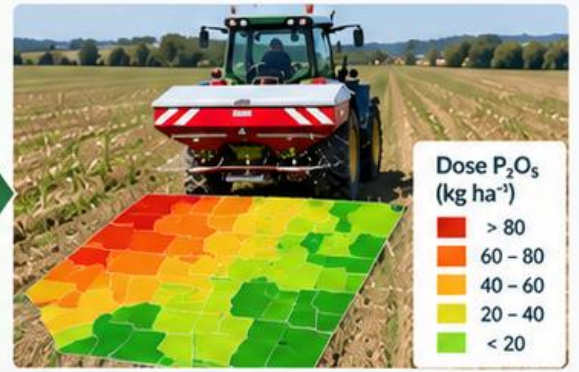


3. Zone di gestione



- Definizione di zone omogenee di gestione
- Basata su più parametri (P, K, SO, pH...)
- Supporto alle decisioni per una fertilizzazione mirata

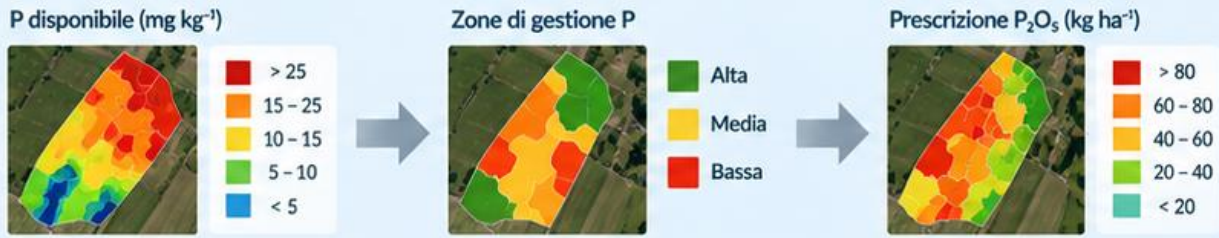
4. Applicazione a rateo variabile



- Prescrizioni sito-specifiche
- Apporto mirato solo dove serve
- Maggiore efficienza e minori perdite ambientali

Il caso del fosforo

Il fosforo è un elemento chiave per la produttività, ma spesso presenta una forte variabilità spaziale nel suolo. La mappatura del P disponibile consente di ottimizzare l'apporto, evitando carenze produttive e sovradosaggi non necessari.



Risultati attesi

- Maggiore efficienza d'uso del P
- **Rese più stabili** e sostenibili
- Minori rischi di perdite ambientali
- Uso più razionale delle **risorse**

Conoscere il suolo è il primo passo della gestione sostenibile e di precisione.

Stessi campi, nuove prospettive.

SRG09 AGRIP-RES Università di Firenze DAGRI - Antonio Pescatore, Marco Napoli

Poi ascoltare la coltura

Dai sensori al fabbisogno: la coltura ci fornisce informazioni in tempo reale

La tecnologia ci aiuta a vedere quello che l'occhio non vede.

Sensori e immagini



Satellite (Sentinel-2, Landsat)
Copertura su vasta scala, serie storiche, indici di vegetazione (NDVI, EVI)

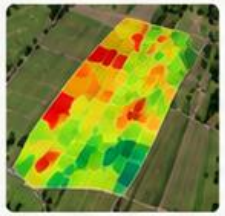


GreenSeeker
Misure in campo, alta risoluzione, monitoraggio in tempo reale

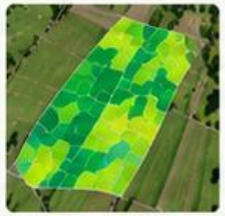


Droni
Dettaglio spaziale elevato, mappe di vigore e biomassa

Cosa possiamo misurare



Vigore (NDVI, EVI)
Stato di copertura e crescita



Biomassa
Sviluppo della coltura



Stato nutrizionale
Indici, clorofilla, diagnosi precoce di carenze

⚠ NDVI ≠ azoto

Il NDVI è un indice di vigore, influenzato da molti fattori (biomassa, copertura del suolo, varietà, stress idrici, ecc.). Da solo non quantifica il contenuto di azoto della pianta.

Dal vigore alla prescrizione

NDVI (dal satellite o GreenSeeker)



Modello agronomico



Relazione NDVI – biomassa – assorbimento di N (in funzione di stadio fenologico, varietà, condizioni ambientali)

NNI (Indice Nutrizionale Azotato)



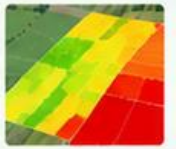
Confronto tra N effettivo e N critico

Fabbisogno di azoto



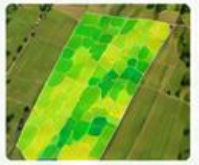
Dose da applicare (dove, quanto, quando)

Mappa di prescrizione

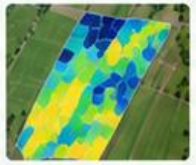


Applicazione a rateo variabile o mirata (tempestività)

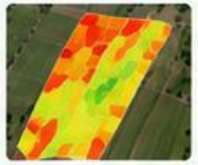
Esempio: mappa di prescrizione dell'azoto



Mappa NDVI



Mappa NNI



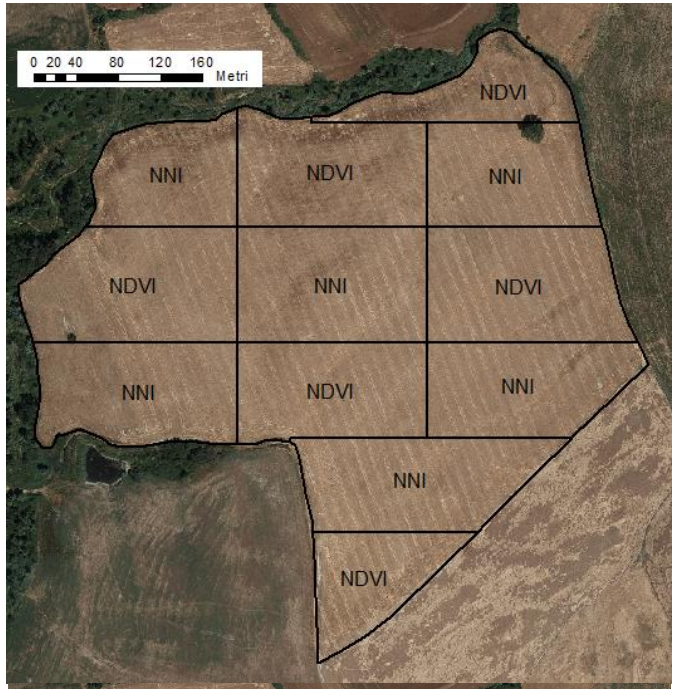
Mappa di prescrizione

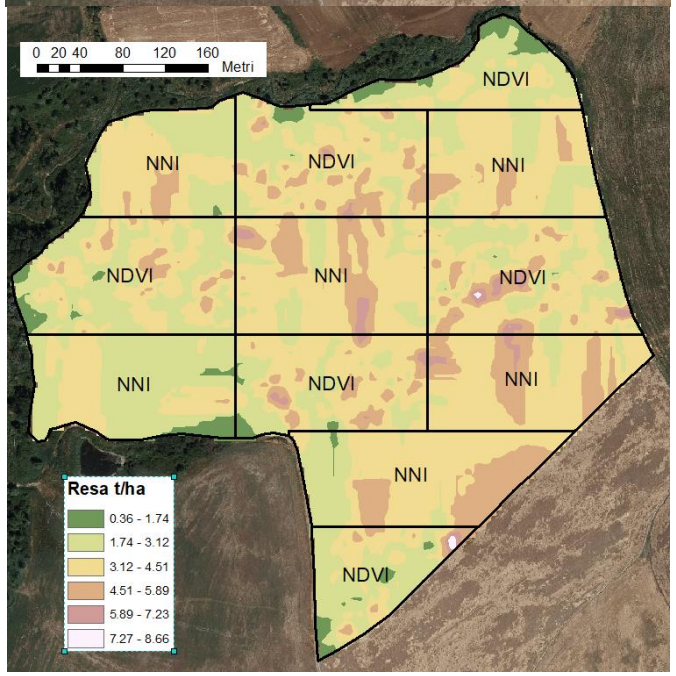
- Maggiore efficienza degli input
- Risparmio economico
- Minori perdite ambientali
- Resa più stabile
- Colture più resilienti

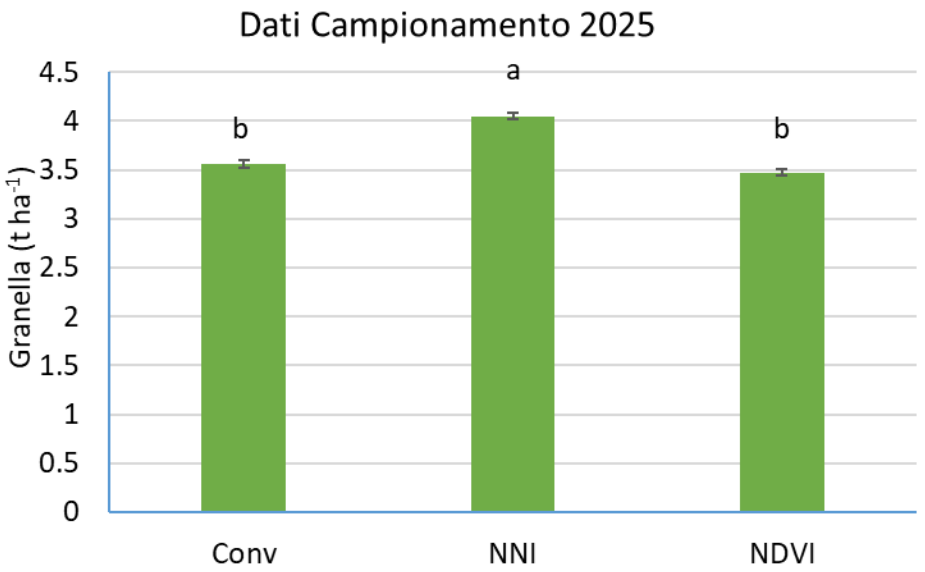
Dati e modelli per decisioni migliori:
la coltura ci indica cosa serve, noi la supportiamo nel modo giusto.

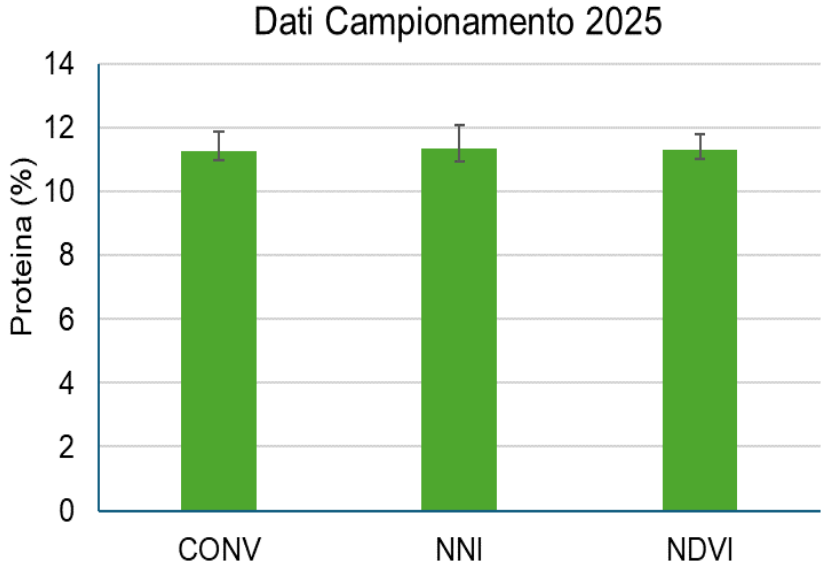
Dati in campo, valore nel futuro.

SRG09 AGRIP-RES Università di Firenze DAGRI - Antonio Pescatore, Marco Napoli









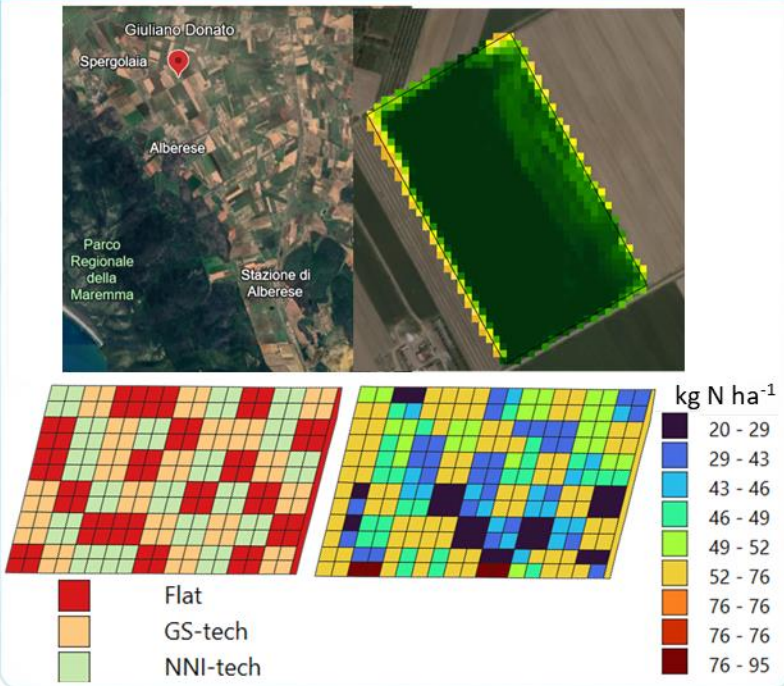
Variazioni rispetto al convenzionale		
Differenza resa (t/ha)	+0.49	-0.09
Differenza resa (€/ha)	+146,70	-26,70
Risparmio concime (€/ha)	+15,00	0,00
Margine lordo (€/ha)	+161,00	-26,70

Agricoltura di precisione nel frumento

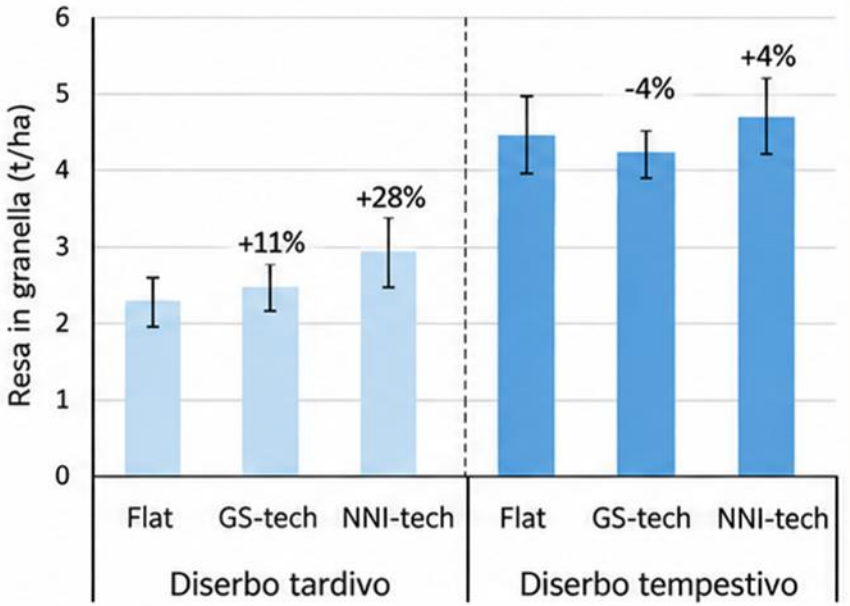
Prova ad Alberese su F. Tenero – Flat vs. Rich strip da satellite (GS-tech) vs. NNI

Meno input, più valore, campi più puliti

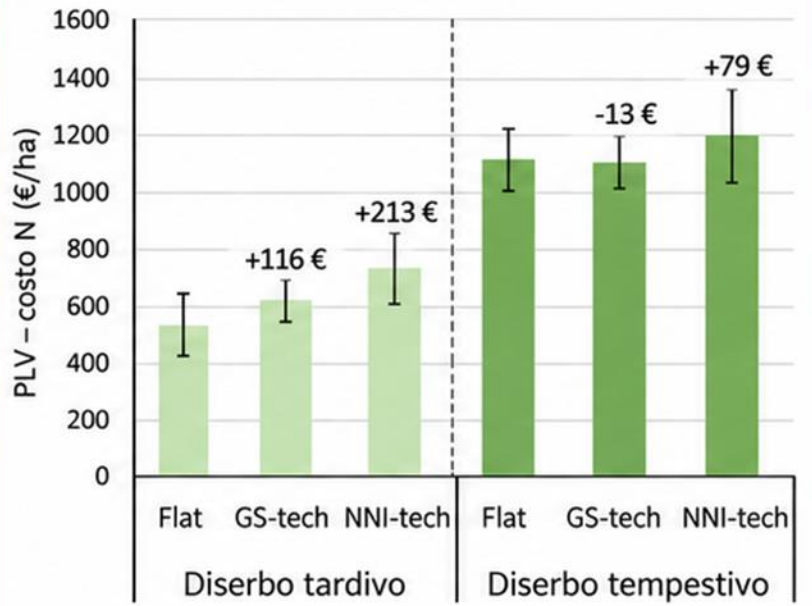
Campo sperimentale e mappe di prescrizione



Resa in granella



PLV – costo N



Risultati principali

1 La tempestività del diserbo è essenziale

Il diserbo **tempestivo** consente di conseguire **produzioni elevate** e massimizzare l'**efficienza d'uso dell'azoto**.

2 Con diserbo non tempestivo, l'agricoltura di precisione aiuta

In presenza di competizione **delle infestanti**, GS-tech e NNI-tech **migliorano la resa e il ricavo** rispetto al Flat, con una **maggiore efficienza di uso dell'azoto**.

3 Con diserbo tempestivo, GS simile al Flat, NNI leggermente migliore

Con infestanti ben controllate, la **differenza tra Flat e GS-tech è minima** sia in termini di produzione che di N apportato, mentre **NNI-tech** consente un piccolo incremento di resa (+4%) con una sostanziale riduzione di N e un aumento del margine di **+79 €/ha**.

Precisione e buon diserbo: più produzione, maggiore efficienza, maggiore redditività.

Agricoltura di precisione nel frumento duro

Azienda Agricola Baccoleno – Senatore Cappelli

Dalla variabilità del campo a una fertilizzazione su misura

Disegno sperimentale e mappa di prescrizione dell'azoto



Disegno sperimentale

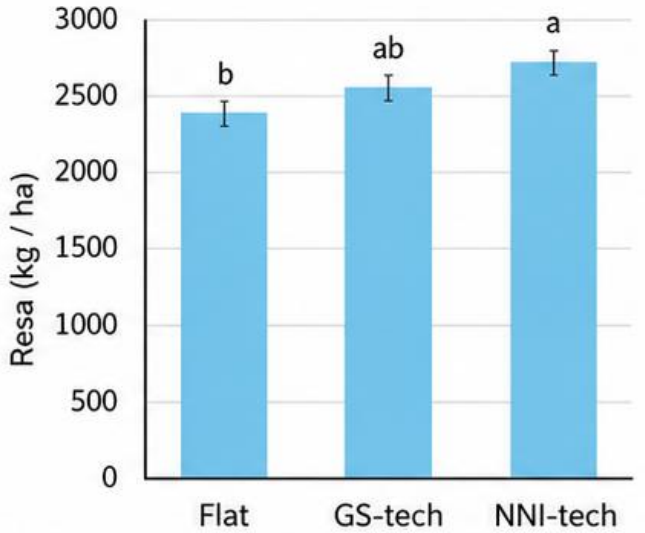
Mappa di prescrizione (dose di N)

Flat
GS-tech
NNI-tech

20 - 29
30 - 43
44 - 46
47 - 49
50 - 52
53 - 76
77 - 95
Dose di N (kg/ha)

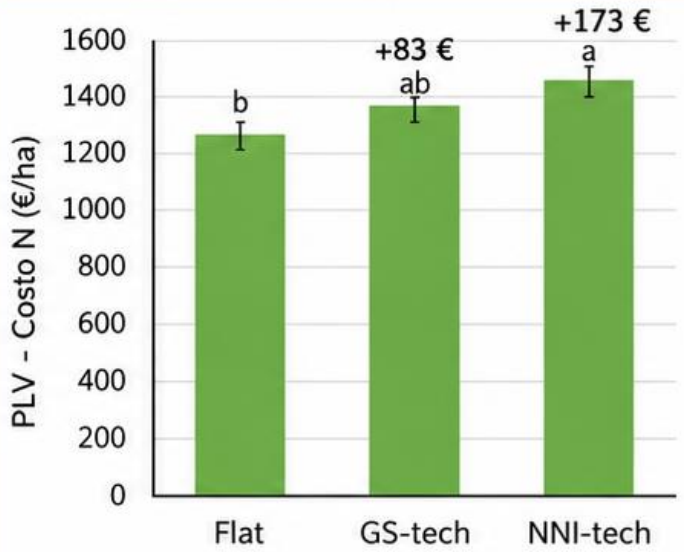
Forte variabilità spaziale della necessità di azoto (20 – 95 kg/ha). La gestione di precisione adatta la dose alle condizioni reali del campo.

Resa in granella



Rispetto al Flat:
+6% con **GS-tech**
+12% con **NNI-tech**

PLV – costo N



Rispetto al Flat:
+83 € / ha con **GS-tech**
+173 € / ha con **NNI-tech**

Risultati principali

1 La fertilizzazione di precisione aumenta la resa

La gestione sito-specifica dell'azoto migliora la produzione rispetto alla concimazione uniforme. **NNI-tech raggiunge la resa più elevata (+12% rispetto al Flat)**, con **differenza significativa**.

2 Dalla variabilità alla dose giusta

La prescrizione varia da **20 a 95 kg N/ha in funzione dell'eterogeneità del campo**, consentendo di distribuire l'azoto solo **dove e quando serve**.

3 Maggiore efficienza, maggiore valore

NNI-tech determina il **miglior risultato economico (+173 €/ha** rispetto al Flat), con un incremento significativo. **GS-tech** mostra un **vantaggio** intermedio **(+83 €/ha)**, a conferma della maggiore efficienza d'uso dell'azoto.

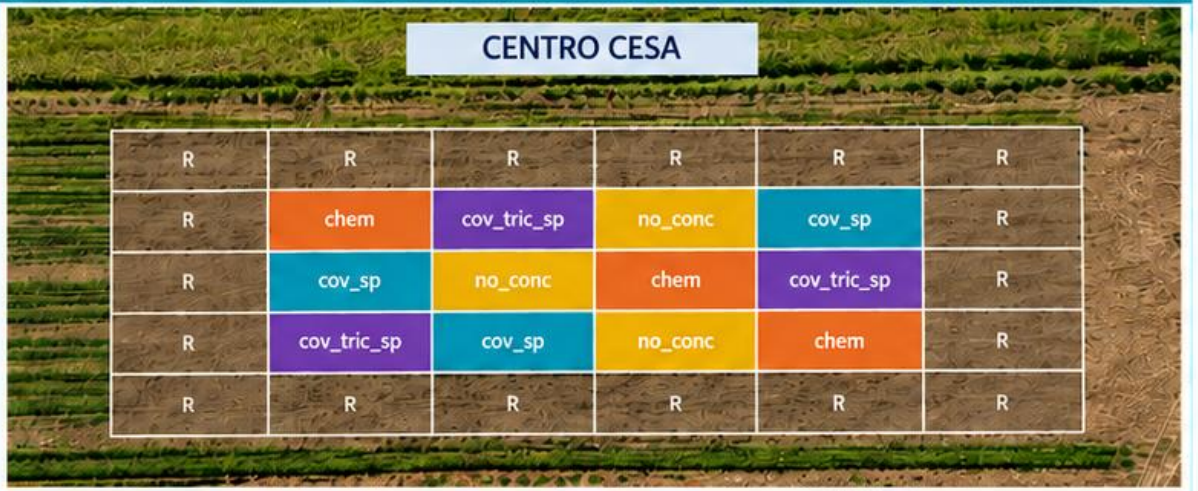
Dose giusta, nel posto giusto: più resa e maggiore margine con l'azoto, per un frumento duro di qualità.

Biostimolanti e biocontrollo nella concia del frumento

Prova a Cesa (Marciano della Chiana) – Frumento tenero cv. RGT Altavista (2025/2026)

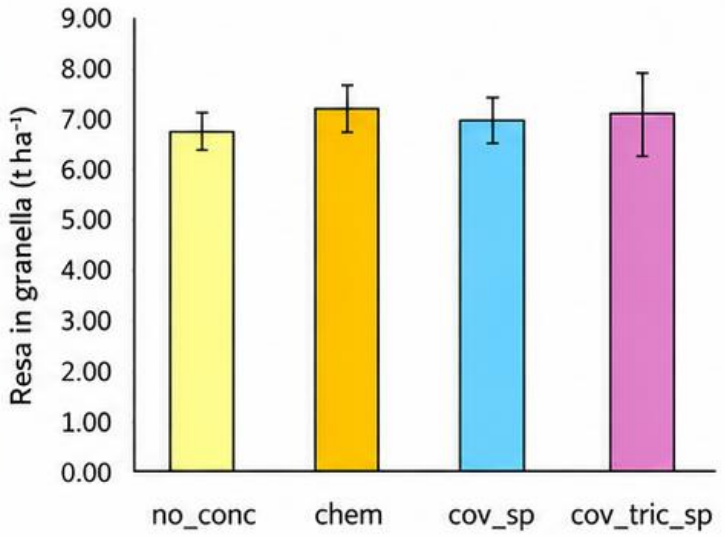
Meno input chimici, più resilienza, suoli più sani

Disegno sperimentale



- No concia (no_conc)
- Concia chimica (Fludioxonil + Tebuconazolo) (chem)
- Coveron spray 300 g ha^{-1} (cov_sp)
- Coveron + *Trichoderma atroviride* spray 50 g ha^{-1} (cov_tric_sp)
- Riempitivi (R)

Resa in granella



Cosa ci dicono i risultati?

Rese comparabili
tra la concia chimica e le soluzioni biologiche con micorrize e *Trichoderma atroviride*.

Nessuna penalizzazione produttiva evidente
dei trattamenti biologici rispetto alla concia chimica.

Messaggi chiave

1. **Micorrize per radici più efficienti**
   Le micorrize favoriscono l'assorbimento di acqua e nutrienti, migliorano la resilienza delle piante e supportano la fertilità del suolo.

2. ***Trichoderma atroviride* come fungo antagonista**
   Contribuisce al controllo di patogeni del terreno e può rappresentare una valida alternativa ai concianti chimici.

3. **Stessa resa, meno dipendenza da input chimici**
   Le soluzioni biologiche mostrano rese in linea con la concia chimica, con il potenziale di ridurre l'uso di fungicidi di sintesi.

4. **Verso un'agricoltura più rigenerativa**
   L'impiego di biostimolanti e agenti di biocontrollo si integra con i principi dell'agricoltura rigenerativa, contribuendo a suoli più sani e sistemi più resilienti.

Dati in campo, soluzioni per il futuro.
I biostimolanti supportano la produttività oggi e la salute del suolo domani.

Dati in campo, valore nel futuro.

SRG09 AGRIP-RES Università di Firenze DAGRI - Antonio Pescatore, Marco Napoli

Stiamo davvero rigenerando?

Dalle pratiche agli indicatori: monitorare per conoscere, migliorare e dare valore

Un suolo sano non si vede in un anno, ma nei suoi cambiamenti nel tempo.

Le pratiche sono il punto di partenza



Ma le pratiche da sole non sono una garanzia. Dobbiamo misurarne gli effetti.

Monitorare la salute del suolo e la produttività

FISICA
Un suolo che funziona

- Struttura e aggregazione
- Infiltrazione
- Compattamento (densità apparente)
- Acqua disponibile
- Stabilità degli aggregati



Un suolo più poroso, accumula più acqua e resiste meglio agli stress.

CHIMICA
Nutrienti nel posto giusto

- Sostanza organica
- Macro e micronutrienti (P, K, N, S, ...)
- pH
- Capacità di scambio cationico (CEC)
- Bilancio dei nutrienti



Più sostanza organica e cicli dei nutrienti più efficienti.

BIOLOGIA
Un suolo vivo

- Attività biologica (respirazione, enzimi)
- Biomassa microbica
- Comunità microbiche
- Radici (biomassa e profondità)
- Biodiversità del suolo (mesofauna, lombrichi, ...)



Più vita nel suolo, più fertilità e resilienza.

PRODUZIONE
Un sistema più stabile e efficiente

- Resa e qualità
- Stabilità produttiva (tra anni e in condizioni variabili)
- Efficienza d'uso degli input (N, P, acqua, ...)
- Redditività
- Riduzione delle emissioni



Produrre in modo competitivo e sostenibile.

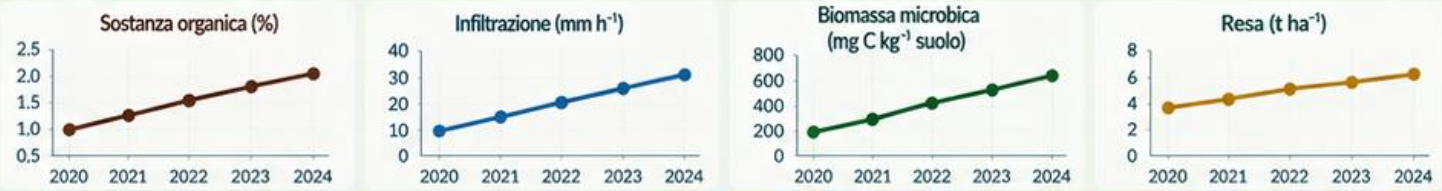
Strumenti di monitoraggio

- **Immagini satellitari** (Sentinel-2, Planet, ...)
- **Droni** (mappe di vigore, biomassa, copertura)
- **Sensori in campo** (GreenSeeker, umidità, temperatura, ...)
- **Campionamenti del suolo** (analisi fisico-chimiche e biologiche)
- **Analisi dei dati** e modelli agronomici

Monitorare nel tempo

- Stessi indicatori
- Stessi punti di campionamento (georeferenziati)
- Confronto tra anni
- Valutazione delle tendenze

Esempio di trend nel tempo (indicatori reali)



Solo dati alla mano possiamo dire se stiamo rigenerando il suolo e costruendo sistemi più resilienti.

Rigenerare significa migliorare nel tempo la fertilità, la funzionalità e la produttività del suolo.

Misurare oggi per coltivare un domani più fertile.

SRG09 AGRIP-RES Università di Firenze DAGRI - Antonio Pescatore, Marco Napoli

Ed è qui che la precisione diventa particolarmente importante

Dalla raccolta dei dati alla conoscenza: tecnologia per misurare la transizione rigenerativa

Più dati, più consapevolezza, scelte migliori.

Integriamo diverse fonti di informazione

Analisi del terreno



- P, K, sostanza organica, pH, tessitura...
- Mappe di fertilità

Satellite



- NDVI, EVI
- Copertura biomassa
- Andamento pluriennale

Sensori in campo



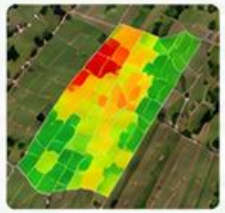
- Umidità del suolo
- Temperatura
- Stato idrico
- Vigore (es. GreenSeeker)
- Stato nutrizionale

Macchine e attrezzature



- Operazioni colturali
- Dose effettiva
- Posizione (GPS)
- Lavorazioni
- Dati in tempo reale

Mappe di resa



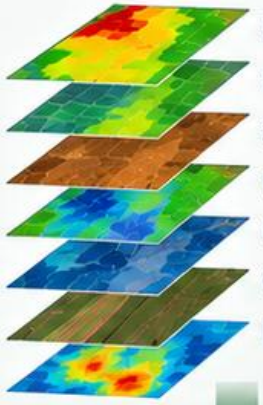
- Resa spaziale
- Qualità
- Stabilità produttiva
- Variabilità intra-appezzamento

Meteo



- Pioggia
- Temperatura
- Evapotraspirazione
- Bilancio idrico
- Eventi estremi

Dati integrati nel tempo



Serie storiche georeferenziate

su scala di appezzamento e azienda

Dai dati alle decisioni

Valutare i trend

Il sistema sta migliorando? Quali indicatori cambiano nel tempo?

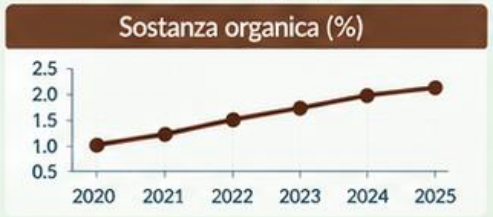
Individuare criticità

Dove intervenire? Quali fattori limitano la rigenerazione?

Gestire in modo adattativo

Migliorare le pratiche, valutare gli effetti, aggiustare la strategia.

Esempio: monitoraggio pluriennale di indicatori del suolo e della produzione









La precisione non serve solo a distribuire input, **ma a misurare, capire e guidare la transizione rigenerativa.**



Dati di oggi, suoli migliori domani.

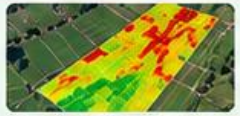
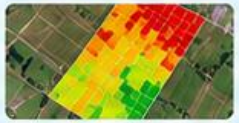
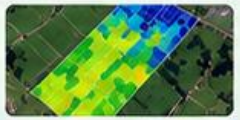
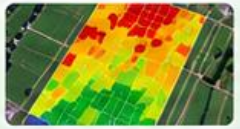
Misurare oggi il cambiamento per coltivare domani la resilienza.

SRG09 AGRIP-RES Università di Firenze DAGRI - Antonio Pescatore, Marco Napoli

Cosa significa concretamente per un agricoltore?

Dagli obiettivi rigenerativi alle decisioni quotidiane, con il supporto dell'agricoltura di precisione

Stessi obiettivi, strumenti nuovi, decisioni migliori.

Obiettivo rigenerativo Cosa vogliamo ottenere	Strumento di agricoltura di precisione Quali dati e tecnologie ci aiutano	Decisione in campo Cosa posso fare concretamente
Ridurre il disturbo Mantenere la struttura del suolo	 **RTK, mappe di compattamento** Mappe di resistenza, sensori su macchine	**Dove lavorare e dove evitare** Limitare le lavorazioni alle sole zone necessarie
Proteggere il suolo Mantenere la copertura e ridurre l'erosione	 **Immagini satellitari** Sentinel-2, NDVI, mappe di copertura	**Dove la copertura è insufficiente** Seminare cover crop o gestire i residui
Migliorare la fertilità Aumentare la sostanza organica e la disponibilità di nutrienti	 **Soil mapping** Campionamenti georeferenziati, mappe di P, K, pH, sostanza organica	**Dove apportare P, K, ammendanti** Applicare solo dove serve, nel giusto dosaggio
Migliorare l'efficienza dell'azoto Nutrire la coltura, ridurre le perdite	 **Sentinel-2, GreenSeeker, NNI** NDVI, modelli agronomici, mappe di vigore	**Quanto N distribuire** Dosi variabili in base al fabbisogno reale
Gestire l'acqua Usare l'acqua in modo efficiente	 **Sensori di suolo e meteo, satellite** Umidità del suolo, dati meteo, stress idrico	**Quando irrigare** Irrigare solo quando serve, con la giusta dose
Diversificare nel tempo e nello spazio Aumentare la resilienza del sistema	 **Mappe storiche** Rese pluriennali, NDVI, variabilità spaziale	**Dove le rotazioni funzionano** Scegliere colture e successioni in base alle evidenze
Verificare e migliorare Misurare i risultati nel tempo	 **Mappe di resa + serie temporali** Rese, qualità, indici di suolo e vegetazione	**Se stiamo davvero migliorando** Valutare trend di resa, fertilità, stabilità e uso efficiente degli input

Dati in campo, suoli più sani, aziende più resilienti.

La precisione ti aiuta oggi a coltivare domani.

SRG09 AGRIP-RES Università di Firenze DAGRI - Antonio Pescatore, Marco Napoli

Take-home message

Dalla conoscenza del suolo a sistemi agricoli più produttivi, resilienti e sostenibili

Suoli sani, aziende più forti, territori più resilienti.

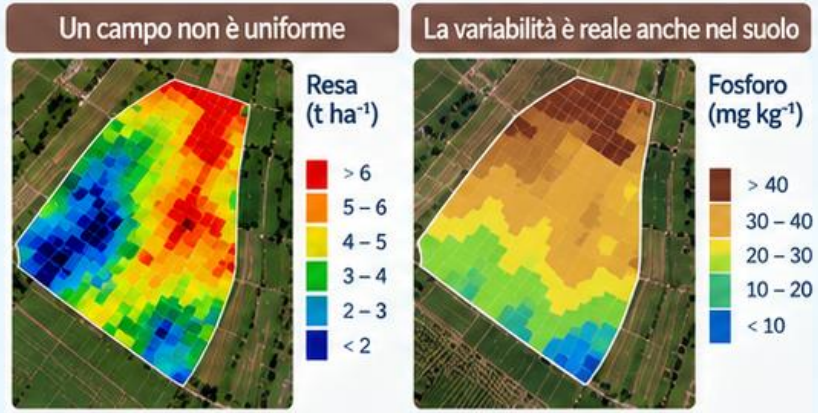
1 Rigenerare significa recuperare la funzionalità del suolo.



Un suolo funzionale è la base di un'agricoltura produttiva e duratura.

- Suolo più fertile
- Maggiore capacità di trattenere l'acqua
- Più resiliente al clima
- Più biodiversità
- Maggiore funzionalità dell'agroecosistema

2 La variabilità del campo rende impossibile una gestione veramente rigenerativa basata sempre su dosi e interventi uniformi.



Dosi e interventi uniformi non tengono conto della variabilità spaziale e rischiano di essere inefficienti o controproducenti.

3 L'agricoltura di precisione permette di trasformare i principi rigenerativi in decisioni agronomiche misurabili.

- **Satellite** — Vigore, biomassa, copertura
- **Analisi del suolo** — Fertilità, mappe di gestione
- **Sensori e macchine** — Dati in tempo reale, lavorazioni, rese
- **Dati e modelli** — Serie storiche, indicatori, supporto alle decisioni

Dati integrati → Decisioni mirate → Risultati misurabili

Non più input per ettaro. Ma input in funzione del bisogno.

La precisione dà valore alla rigenerazione.

SRG09 AGRIP-RES Università di Firenze DAGRI - Antonio Pescatore, Marco Napoli