

# La valutazione della fertilità del suolo

# Valutazione della fertilità

Molteplici fattori interdipendenti concorrono alla espressione della crescita della pianta e della resa produttiva della coltura.

- ✓ Condizioni ambientali (clima e morfologia)
- ✓ Specie e varietà (caratteristiche genetiche e fisiologiche della pianta)
- ✓ Pratiche fitoiatriche (strategie di difesa)
- ✓ Pratica agronomica (forme di gestione)
- ✓ Caratteristiche del suolo e rapporti pianta-suolo-ambiente

# Valutazione della fertilità

La stima della disponibilità nel suolo degli elementi nutritivi essenziali, delle condizioni fisico-chimiche e biologiche che ne modulano la biodisponibilità, del potenziale inquinante di specie tossiche, dello stato nutrizionale della coltura richiede un approccio analitico adeguato, condotto mediante l'impiego tempestivo, integrato, organizzato e competente di tecniche diagnostiche di campo e di laboratorio.

**Lo stato funzionale e nutrizionale della pianta e del suolo può essere valutato mediante:**

1. **identificazione dei sintomi visivi di carenza nelle piante**
2. **analisi di tessuti delle specie vegetali in pieno campo ed in laboratorio**
3. **saggi biologici di allevamento di piante in condizioni controllate**
4. **indagini strumentali e spettrali di pieno campo**
5. **indagini analitiche di campioni di suolo in pieno campo e in laboratorio**

# 1. Sintomi visivi di carenza nella pianta



# 1. Sintomi visivi di carenza nella pianta

Il metodo visivo fu il primo e, per lungo tempo, l'unico metodo ad essere utilizzato per accertare situazioni di carenza o di squilibri nutrizionali. Per una felice riuscita richiede che l'osservazione sia precoce e distinta per sintomatologia di foglie giovani o foglie mature. Complesso, ma utile, osservare anche l'apparato radicale.

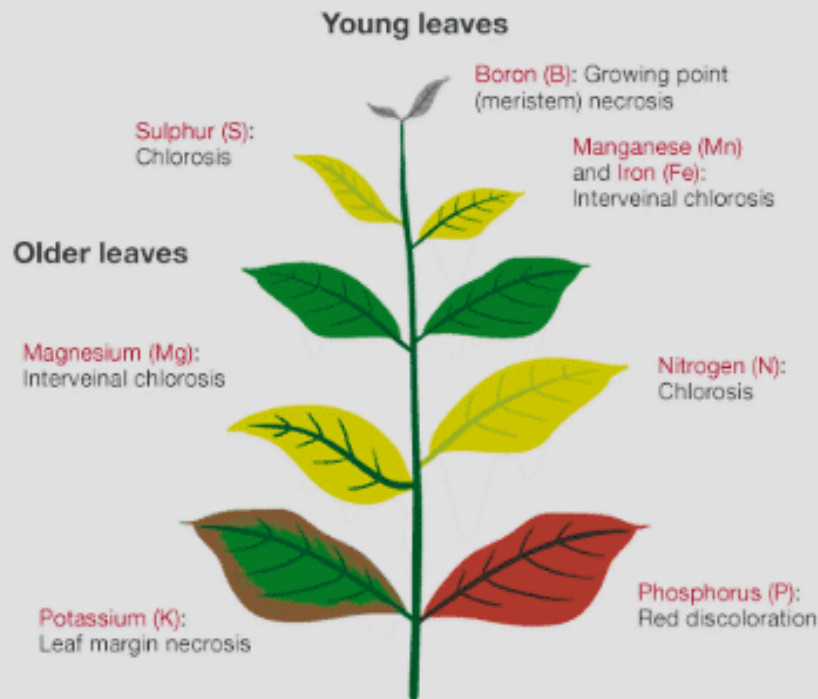
L'ispezione radicale riguarda:

- presenza di micorrize su specie arboree
- presenza di nodulazione su leguminose
- condizioni di scarso drenaggio e asfissia radicale
- direzione della crescita radicale
- presenza di suola di lavorazione o di strati compatti
- aspetto della radice (le radici assorbenti "sane" sono sottili, estese, flessibili e bianche; quelle "non sane" sono inspessite, imbrunite, fragili, troncate)

# 1. Sintomi visivi di carenza nella pianta

La comparsa dei sintomi visivi di carenza nutrizionale interessa distretti distinti della parte aerea. Infatti, gli elementi nutritivi presentano una mobilità diversificata all'interno della pianta, soprattutto durante lo stadio riproduttivo.

## The ABC of deficiency symptoms – how to reliably recognize plant nutrition deficits



Pochissimo mobili: B, Ca

Poco mobili: Cu, Fe, Mn, Mo, Zn,  
Ni

Moderatamente mobili: S

Molto mobili: N, P, K, Mg, Cl

# 1. Sintomi visivi di carenza nella pianta

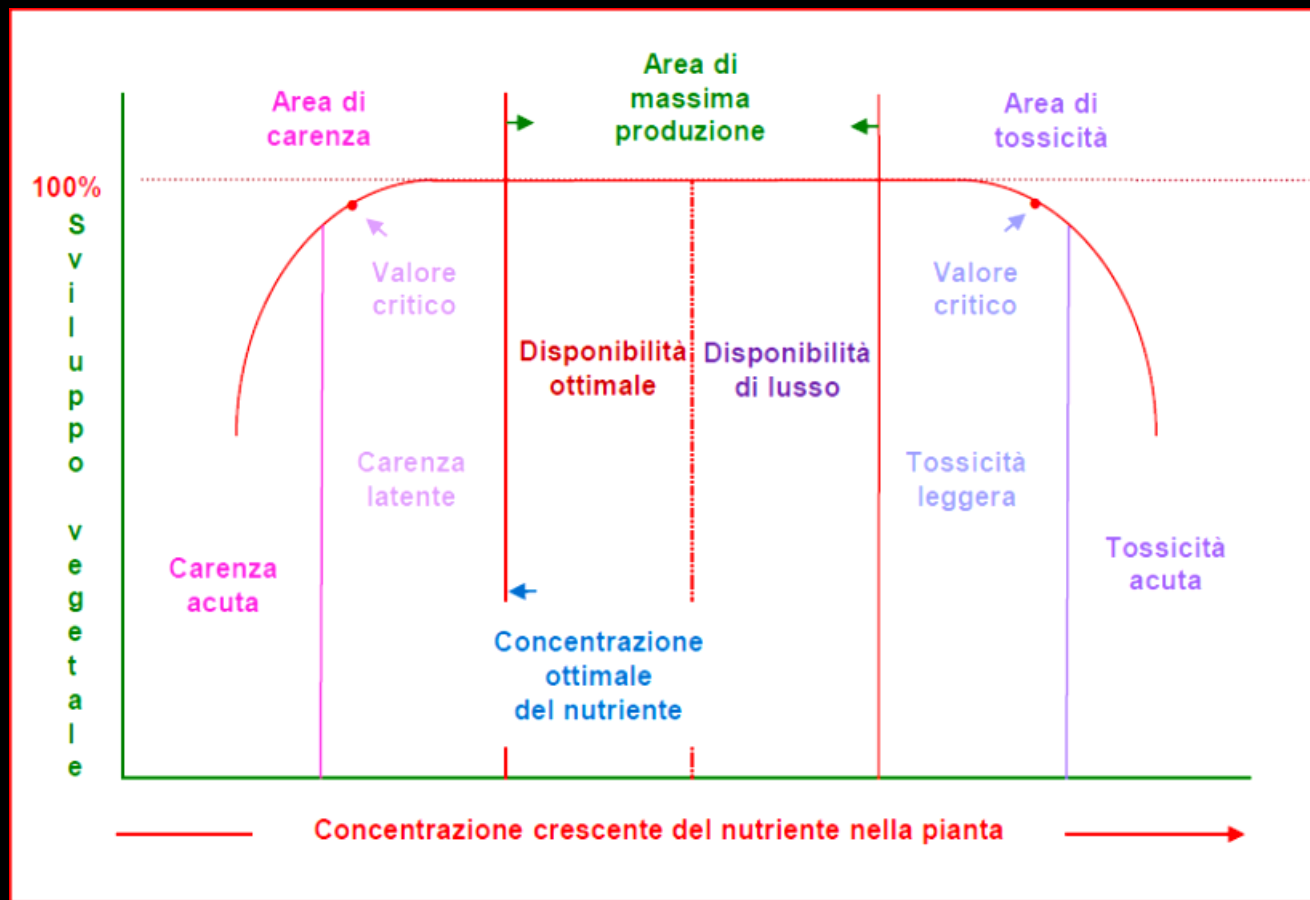
Metodo che richiede notevole esperienza, si basa sul confronto eseguito in campo tra situazioni differenti.

Presenta delle limitazioni:

- aspecificità sintomatica di alcune carenze
- possibilità di cause indirette di carenza
- azione concorrente di danni da patogeni, risposte fitotossiche, stress idrici, asfissia radicale
- tardività nella comparsa dei sintomi e superamento della fase fenologica di intervento

Richiede l'ausilio della diagnostica strumentale di laboratorio.

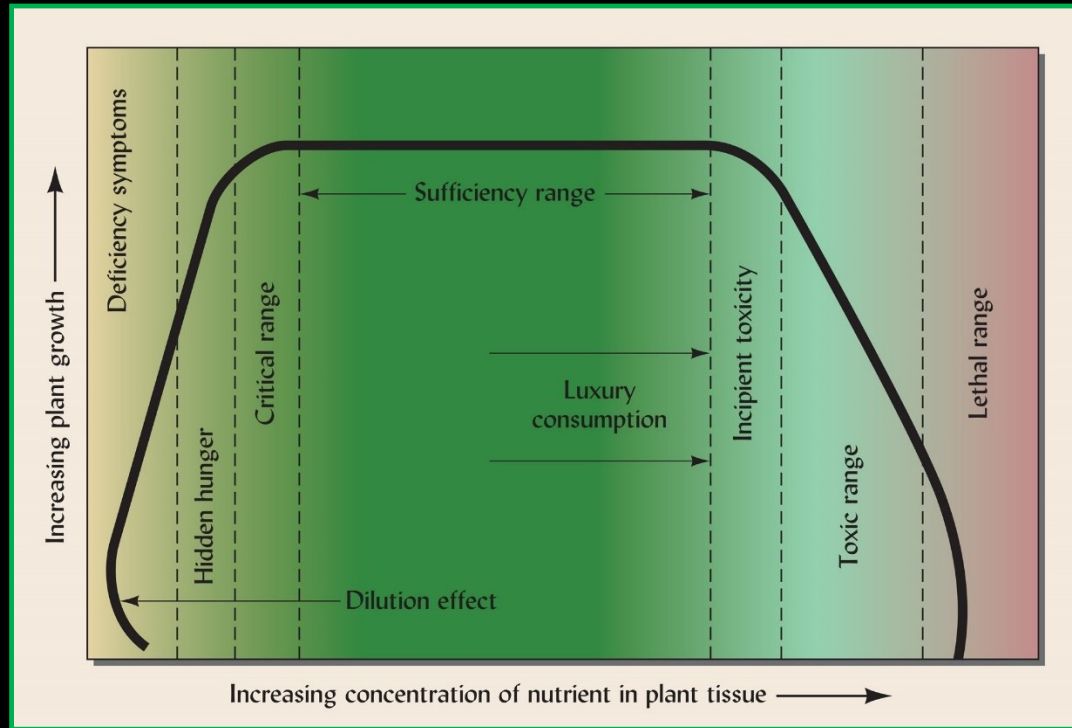
# 1. Sintomi visivi di carenza nella pianta



I sintomi visivi di carenza compaiono nell'intervallo della carenza acuta, ben al di sotto del valore critico di carenza



# 1. Sintomi visivi di carenza nella pianta



(da Weil & Brady, 2017)

**Intervallo di sufficienza:** optimum di concentrazione in una determinata fase fenologica della pianta

**Intervallo critico:** nel quale si manifestano piccole diminuzioni marginali di crescita (*critical range*)

**Carenza latente:** diminuzione di resa/crescita senza che i sintomi della carenza siano ancora visivamente apprezzabili (*hidden hunger*)

**Sintomi visivi di carenza** (*deficiency symptoms*) si manifestano quando la carenza nutrizionale è in uno stadio molto avanzato, al di sotto della concentrazione di carenza latente. La crescita/resa sono compromesse

## 2. Analisi dei tessuti delle specie vegetali

La diagnostica dei tessuti della pianta è finalizzata a:

- ❖ confermare o, meglio, anticipare gli indizi visivi della carenza nutrizionale
- ❖ valutare la biodisponibilità dei nutrienti nel mezzo di crescita in risposta alle caratteristiche pedologiche, all'andamento climatico, alla gestione della coltura
- ❖ stabilire la relazione tra stato nutrizionale ed andamento colturale delle piante

L'analisi della pianta o, di parti di essa, può essere condotta in pieno campo su tessuti vegetali freschi della coltura in atto, oppure in laboratorio mediante l'impiego di tecniche analitiche specifiche.

Richiede competenza e metodo nel campionamento e cura nella gestione dei campioni vegetali.

## 2. Analisi dei tessuti delle specie vegetali

Accertamento in campo della concentrazione di nutrienti nel succo cellulare per valutare lo stato nutrizionale della coltura in atto:

- ✓ valutazione semi-quantitativa
- ✓ indagine veloce e di semplice esecuzione
- ✓ eseguita mediante kit disponibili commercialmente
- ✓ stadio fenologico, condizioni meteorologiche, orario del campionamento influenzano il risultato della lettura analitica

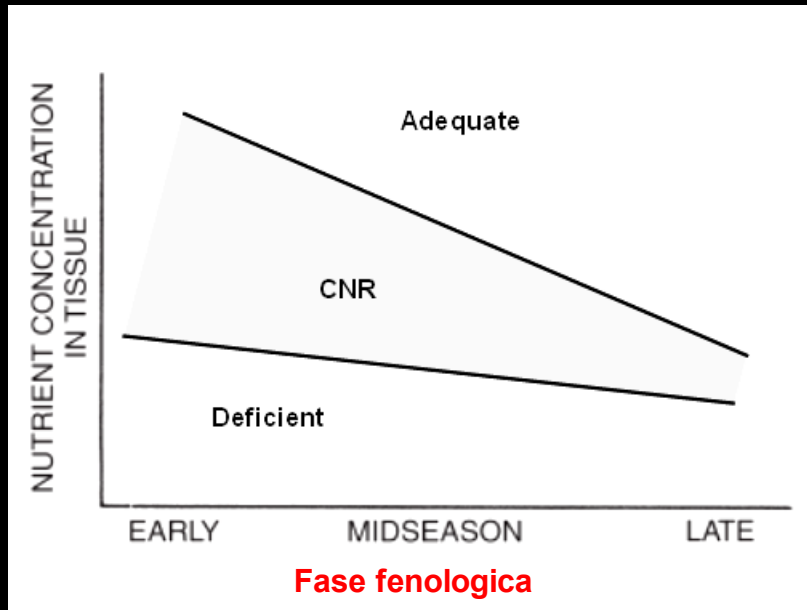


Plant stems or leaf petioles are chopped into small pieces (left) and then squeezed to express a few drops of sap (middle) which is then placed on an ion selective sensor to determine the concentrations of such ions as  $\text{NO}_3^-$  or  $\text{K}^+$ . Reference values for sap  $\text{NO}_3^-$  and K, as well as tissue analysis norms for those and other elements are given for vegetable crops in Hochmuth et al. (2012). (Photos courtesy of Ray R. Weil)

## 2. Analisi dei tessuti delle specie vegetali

L'analisi della pianta o di parti di essa (piccioli, steli, foglie, gemme), condotta in laboratorio, consente la determinazione accurata di tutti i nutrienti, essenziali e benefici.

Poiché la concentrazione dei nutrienti nei tessuti vegetali diminuisce al procedere della maturazione, è essenziale per il successo informativo dell'indagine considerare la fase fenologica di esecuzione del campionamento.



CNR: intervallo di concentrazione critica del nutriente

Fasi fenologiche ottimali:

- ✓ massimo sviluppo vegetativo
- ✓ inizio della fase riproduttiva

Può essere indicativo dello stato nutrizionale non solo il contenuto assoluto di un nutriente, ma anche il rapporto tra il contenuto reciproco di nutrienti diversi (N/P, N/S, Mg/K, Fe/Mn, etc).

## 2. Analisi dei tessuti delle specie vegetali

Tab. 33.4 - Valori medi della concentrazione di alcuni nutrienti nella sostanza secca delle piante.

Nutrienti	Forma ionica preferenzialmente assorbita	Concentrazione	
		g · kg <sup>-1</sup> (*)	μmol · g <sup>-1</sup>
<b>Macronutrienti</b>			
Azoto (N)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	14.0	1000
Fosforo (P)	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1.9	60
Potassio (K)	K <sup>+</sup>	9.8	250
Calcio (Ca)	Ca <sup>2+</sup>	5.0	125
Magnesio (Mg)	Mg <sup>2+</sup>	1.9	80
Zolfo (S)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.0	30
<b>Micronutrienti</b>			
Fe (Fe)	Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup> , chelati di Fe	112	2
Manganese (Mn)	Mn <sup>2+</sup>	55	1
Rame (Cu)	Cu <sup>2+</sup>	6	0.1
Zinco (Zn)	Zn <sup>2+</sup>	20	0.3
Molibdeno (Mo)	MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.1	0.001
Boro (B)	B(OH) <sub>4</sub> <sup>-</sup> , BO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	22	2
Cloro (Cl)	Cl <sup>-</sup>	106	3

(\*) La concentrazione dei nutrienti varia enormemente in funzione del tessuto vegetale, dell'età della pianta, della fertilità del suolo, della specie vegetale, del genotipo, del ciclo culturale.

(da Violante, 2013)

Il contenuto dei nutrienti nei tessuti vegetali costituisce indicazione di **carenza** o di **sufficienza** nutrizionale.

# 2. Analisi dei tessuti delle specie vegetali

**Table 16.15**

**A GUIDE TO SUFFICIENCY RANGES FOR TISSUE ANALYSIS OF SELECTED PLANT SPECIES**

Values apply only to the indicated plant parts and stage of growth. Normally, 6–20 plants should be sampled. Leaves should be washed briefly in distilled water to remove any soil or dust and then dried before submitting for analysis.

Plant species and part to sample	Content, %						Content, µg/g				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	B	Cu
Pine trees ( <i>Pinus</i> spp.) Current-year needles near terminal	1.2–1.4	0.10–0.18	0.3–0.5	0.13–0.16	0.05–0.09	0.08–0.12	20–100	50–600	20–50	3–9	2–6
Oak tree ( <i>Quercus</i> ) Mature leaves	1.9–3.0	0.15–0.30	1.0–1.5	0.3–0.5	0.15–0.30	0.18–0.25	50–150	35–200	15–30	15–40	6–12
Turfgrasses, warm season Clippings	2.7–3.5	0.25–0.55	1.3–3.0	0.50–1.2	0.15–0.60	0.15–0.6	35–500	25–150	15–55	6–60	5–30
Turfgrasses, cool season Clippings	3.0–5.0	0.3–0.4	2–4	0.3–0.8	0.2–0.4	0.25–0.8	40–500	20–100	20–50	5–20	6–30
Corn ( <i>Zea mays</i> ) Ear-leaf at tasseling	2.5–3.5	0.20–0.50	1.5–3.0	0.2–1.0	0.16–0.40	0.16–0.50	25–300	20–200	20–70	6–40	6–40
Soybean ( <i>Glycine max</i> ) Youngest mature leaf at flowering	4.0–5.0	0.31–0.50	2.0–3.0	0.45–2.0	0.25–0.55	0.25–0.55	50–250	30–200	25–50	25–60	8–20
Apple ( <i>Malus</i> spp.) Leaf at base of nonfruiting shoots	1.8–2.4	0.15–0.30	1.2–2.0	1.0–1.5	0.25–0.50	0.13–0.30	50–250	35–100	20–50	20–50	5–20
Wheat ( <i>Triticum</i> spp.) Youngest mature leaf at flowering	2.2–3.3	0.24–0.36	2.0–3.0	0.28–0.42	0.19–0.30	0.20–0.30	35–55	30–50	20–35	5–10	6–10
Rice ( <i>Oryza sativa</i> ) Youngest mature leaf at tillering	2.8–3.6	0.14–0.27	1.5–3.0	0.16–0.40	0.12–0.22	0.17–0.25	90–200	40–800	20–160	5–25	6–25
Tomato ( <i>Solanum lycopersicum</i> ) Youngest mature leaf at flowering	3.2–4.8	0.32–0.48	2.5–4.2	1.7–4.0	0.45–0.70	0.60–1.0	120–200	80–180	30–50	35–55	8–12
Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) Upper third of plant at first flower	3.0–4.5	0.25–0.50	2.5–3.8	1.0–2.5	0.3–0.8	0.3–0.5	50–250	25–100	25–70	6–20	30–80

Data derived from many sources.

(da Weil & Brady, 2017)

L'intervallo critico di carenza di un nutriente (NCR) varia con la fase fenologica. Concentrazioni fogliari critiche: 0.1 ppm (Mo), 5 ppm (Cu), 20 ppm (B, Mn, Zn), 50 ppm (Fe).

### 3. Saggi biologici di allevamento di piante in condizioni controllate

I saggi sono eseguiti in ambiente protetto, in condizione di forzatura su sistemi confinati, eventualmente costituiti da suoli diversi, ben caratterizzati, sottoposti a trattamenti sperimentali controllati e servono per estrapolare le risposte produttive ottenute riferendole a contesti pedoclimatici simili.

## 4. Indagini strumentali e spettrali di campo. Misura del contenuto di clorofilla per l'accertamento dello stato nutrizionale della coltura



La correlazione positiva tra il contenuto di clorofilla e la concentrazione di azoto nella foglia è il fondamento su cui si basa l'accertamento dello stato nutrizionale di una coltura.

Mediante l'utilizzo di un'attrezzatura manuale (tipo SPAD 502 Plus, Minolta), si misura il contenuto relativo di clorofilla. Esame non distruttivo.

Per limitare la variabilità dei dati campionati in campo si "normalizza" la lettura calcolando l'indice di sufficienza di azoto (NSI)

$$NSI = \frac{\text{media dei valori SPAD nella parcella d'interesse}}{\text{media dei valori SPAD in una particella con sufficiente contenuto di N}} \cdot 100$$



## 4. Indagini strumentali e spettrali di campo. Impiego di sensori remoti per la valutazione dello stato nutrizionale azotato della coltura

Rilevatori di radiazioni nel visibile e nel vicino infrarosso possono evidenziare situazioni di stress nutrizionale, idrico o per attacco di patogeni. Quando l'energia luminosa colpisce la superficie delle foglie sane, le lunghezze d'onda del blu e del rosso sono assorbite dalla clorofilla mentre quelle del verde e del vicino infrarosso sono riflesse.

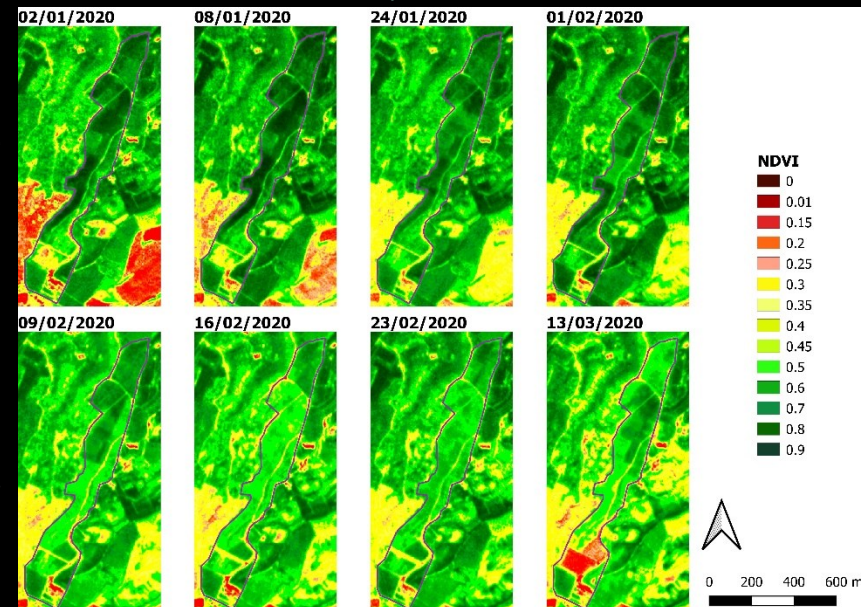
$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{PAR}) / (\text{NIR} + \text{PAR})$$

NIR= near infrared radiation

PAR= photosynthetically active radiation

- valori vicini ad 1 = aree coltivate, con vigore vegetativo (intensa colorazione verde)
- valori vicini a 0 = aree con limitata vegetazione o vegetazione senescente o sofferente
- valori  $\leq 0$  = superfici sterili, non coperte da piante, acqua.

Indice NDVI (Normalized  
Difference Vegetation Index;  
dà valori compresi tra -1 e +1)



# 5. Indagini analitiche su suolo e campioni di suolo

Le analisi di caratterizzazione del suolo hanno lo scopo di:

- Fornire un'informazione sulla disponibilità (immediata o potenziale) per le piante dei nutrienti presenti nel suolo nella fase liquida, in posizione di scambio, in forma organica o minerale
- Prevedere la possibilità di ottenere vantaggio economico dalla somministrazione di concimi o dall'apporto di ammendanti o correttivi
- Rendere disponibili informazioni indispensabili per la predisposizione dei piani di concimazione
- Stimare la funzionalità del suolo, descriverne i processi, prevederne la vulnerabilità o la vocazionalità d'uso
- Stimare le risposte indotte da modificazioni ambientali e da fattori di pressione antropica sul suolo

## 5. Indagini analitiche su suolo e campioni di suolo

La valutazione della fertilità del suolo mediante indagine analitica su campioni di suolo viene normalmente effettuata mediante l'impiego integrato di *indicatori agroambientali*, correntemente individuati tra le *variabili fisiche, chimiche e biologiche* del suolo, opportunamente selezionate in relazione alle specifiche problematiche agro-ecosistemiche di un territorio.

# Caratteristiche di un indicatore agroambientale

- ✓ **Misurabilità**: agevolmente misurabile anche in condizioni di pieno campo e possibilmente monitorabile automaticamente
- ✓ **Integrabilità**: capace di fornire, in combinazione con altri indicatori, stime rappresentative o modelli previsionali che espandano il contenuto informativo dei singoli processi monitorati
- ✓ **Ripetibilità**: facilmente utilizzabile in contesti diversificati e poco affetto da errori sistematici
- ✓ **Rappresentatività**: ben correlabile con un determinato processo che si vuole rilevare o controllare e relativamente sensibile alle forme di gestione, ad eventi di perturbazione delle condizioni ecologiche del suolo, al cambiamento climatico
- ✓ **Affidabilità**: analiticamente robusto e con una validazione internazionale