

● CARATTERISTICHE TECNICHE E POSSIBILI IMPIEGHI IN AGRICOLTURA

Geomateriali, qualità e impiego nella difesa dai fitofagi

di Massimo Coltorti,
Barbara Faccini, Giacomo Ferretti

Il termine «polvere di roccia» identifica un materiale geologico ridotto in polvere. Il termine «geomateriale» include la polvere di roccia, ma vuole dare una connotazione più specifica in relazione a dei prodotti che abbiano particolari caratteristiche minero-petrografiche e di conseguenza anche chimico-fisiche.

Le rocce si distribuiscono su tre grandi gruppi: le rocce sedimentarie, quelle ignee e quelle metamorfiche e all'interno di ciascun gruppo ci sono vari sottogruppi che ne identificano con maggior precisione i meccanismi genetici. Molto genericamente, le rocce sedimentarie derivano dall'accumulo di sedimenti che si compatteranno in strati di diverso spessore. Le rocce ignee originano dal raffreddamento di un magma e si dividono in intrusive o effusive a seconda che il magma si raffreddi in profondità o in superficie. Le rocce metamorfiche derivano dalla trasformazione di precedenti rocce sedimentarie o ignee o anche metamorfiche per il cambiamento delle condizioni di temperatura e pressione in cui si sono formate originariamente. La classificazione delle rocce – che sono materiali prodotti dalla natura – è quanto mai articolata e variegata, ma naturalmente lo scopo di questo breve articolo non è quello di imparare a classificare le rocce.

Importante è capire che **ognuna di queste rocce potrà essere più o meno facilmente ridotta in polvere, ma evidentemente le caratteristiche minero-petrografiche della roccia di origine si rispecchieranno nella polvere finale prodotta.** Una roccia cosiddetta ignea o metamorfica avrà minerali diversi da una roccia sedimentaria carbonatica, la quale avrà una composizione chimica diversa da una roccia terrigena e così via.

Entrando un po' più nel dettaglio della pratica, senza doversi perdere nei meandri della geologia per gli addetti ai

L'impiego dei geomateriali (caolino, zeoliti) in applicazioni fogliari risulta utile nelle strategie di difesa contro la mosca dell'olivo o la cimice asiatica grazie all'effetto repellente e deterrente. È però fondamentale conoscere la composizione dei prodotti in commercio per verificarne le reali potenzialità e la presenza di elementi potenzialmente utili per la pianta o dannosi per l'ambiente e la salute umana

lavori, nella maggior parte dei casi che abbiamo visto sino ad ora **la «polvere di roccia» utilizzata in ambito agronomico deriva dalla frantumazione di roccia basaltica in genere sotto forma di genere vulcanica.** Tuttavia, anche gli altri materiali che vengono utilizzati in agricoltura come le zeoliti naturali, il caolino o il talco derivano, in genere, da rocce che sono state frantumate. In questo caso la differenza sta nel fatto che la roccia preesistente era pressoché monomineralica, ovvero costituita in larga parte da un solo tipo di minerale, con percentuali che in genere superano il 50%. In questo caso il termine «polvere di roccia» non sarebbe sufficientemente esplicativo ed è di gran lunga preferibile usare il termine che ci dice già direttamente di cosa è composta la polvere che andremo a utilizzare,

appunto zeoliti, caolinite, talco o altro.

A questo proposito l'esempio calzante è quello delle zeolititi. Il termine zeolite significa pietra che bolle, anche se in realtà identifica una famiglia di minerali. In genere la roccia da cui derivano le zeoliti è un tufo, ovvero una roccia di origine vulcanica, che può essere chiamato tufo ricco in zeoliti o zeolitite (Passaglia, 2019) a cui può essere aggiunto il nome del minerale zeolitico prevalente, a chabasite, a clinoptinolite, a phillipsite e via dicendo. Il prodotto polverizzato sarà venduto come chabasite o clinoptinolite per identificare il minerale prevalente e di conseguenza conoscerne subito le proprietà chimico-fisiche, ma nella polvere, come si vedrà più avanti, ci potranno essere anche altri minerali in proporzioni più o meno variabili.



Mosca dell'olivo e cimice asiatica sono due insetti target per l'impiego dei geomateriali

Come controllare la qualità dei geomateriali

I geomateriali possono essere utilizzati allo stato naturale o, nel caso specifico delle zeoliti, anche «arricchiti» di sostanze utili al benessere della pianta, sia a livello radicale che fogliare. Grazie alla loro particolare struttura cristallina, le zeoliti si comportano in modo paragonabile a delle spugne, avendo la capacità di adsorbire e rilasciare certi elementi, molecole e acqua da e verso l'ambiente circostante (capacità di scambio cationico, o CSC, e di disidratazione reversibile). Attraverso un procedimento brevettato dal nostro gruppo di ricerca, la zeolite viene arricchita in azoto e può essere utilizzata in forma granulata come ammendante-fertilizzante nel terreno, mentre se ridotta in polvere micrometrica può essere impiegata nel trattamento fogliare mediante irrorazione.

In entrambi i casi, ma soprattutto laddove le dimensioni diventino micrometriche, la composizione mineralogica diventa impossibile da riconoscere ad occhio nudo e anche con l'ausilio di un normale microscopio ottico. In questi casi, per una corretta identificazione del geomateriale ci si deve servire di un diffrattometro, ovvero un apparecchio a raggi X che interagendo con il reticolo cristallino del minerale ne permette l'identificazione. Un altro apparecchio a raggi X, la fluorescenza, permette invece di conoscere con esattezza la composizione chimica sia per gli elementi maggiori, che costituiscono il 99% della roccia, sia per gli elementi in tracce, che pur essendo presenti in ppm (parti per milione) possono rappresentare

dei micro-nutrienti molto utili per la salute della pianta. In genere granulometria, composizione mineralogica e composizione chimica sono elencate nella scheda del prodotto, anche se non sempre in modo completo ed accurato.

Effetto deterrente o repellente

Utilizzati come trattamento fogliare, i geomateriali si stanno rivelando utili nel contrasto ai parassiti come la mosca olearia (*Bactrocera oleae*) o la cimice asiatica (*Halyomorpha halys*).

L'effetto deterrente si esplica come un semplice effetto fisico, ovvero il geomateriale, di qualunque natura sia, forma una barriera fisica, introducendo un ostacolo, costituito dalla polvere, allo stazionamento o al movimento dell'insetto. In questo caso maggiore è la superficie della foglia o del frutto ricoperta, maggiore sarà l'effetto di deterrenza nei confronti dell'insetto e di salvaguardia della coltura. L'effetto migliore in questo senso lo svolge il caolino, geomateriale composto da caolinite, un fillosilicato (dal greco *phylon*, foglia) che per sua natura intrinseca nell'assemblaggio degli atomi che lo costituiscono si presenta in fogli e pertanto aderisce più facilmente ai vari organi della pianta. Aderisce tanto bene che spesso però i frutti risultano «imbrattati» per l'incapacità di togliere questa polvere anche dopo un lavaggio. Anche il talco, altro geomateriale largamente utilizzato in agricoltura, è un fillosilicato e pertanto si comporta in modo simile alla caolinite.

Le zeoliti invece sono dei tectosilicati e per loro natura hanno una forma

cristallina ben diversa dai fillosilicati, ovvero si appoggiano sul frutto o sulla foglia senza spalmarsi. Esplicano comunque un effetto deterrente costituendo un ostacolo e un fastidio per l'insetto, grazie alla patina scabrosa e chimicamente più reattiva che vanno a formare. Infatti, l'asso nella manica di questa tipologia di minerali è proprio l'elevata CSC.

Grazie ad essa, le zeoliti posso fungere infatti da agenti veicolanti di sostanze attive di varia natura e con diverse funzioni: sia molecole che respingono gli insetti (effetto repellente), sia elementi utili per la salute e lo sviluppo delle colture (effetto corroborante).

Geomateriali come trattamento fogliare

L'uso dei geomateriali come trattamento fogliare ha mostrato efficacia nei confronti di svariati fitofagi e micropatogeni. Studi su pomodoro e peperone effettuati con una miscela di zeolite a chabasite, estratti vegetali e consorzio microbico (*Trichoderma harzianum*, *T. viride*, *Bacillus subtilis*), in sostituzione del trattamento con rame, zolfo e antiparassitario, hanno verificato che le piante mostravano un miglioramento della fotosintesi e dell'efficienza dell'utilizzo dell'acqua, con significativo incremento dei parametri agronomici e della produttività (Passaglia, 2019).

Da studi scientifici (Rotondi et al., 2021a) è emerso che sia i caolini che le zeoliti sono efficienti nel contrasto della mosca olearia ma impattano in modo diverso sull'attività fisiologica della pianta. Da un lato, il caolino può ridurre l'attività fotosintetica, gli scambi gassosi e la traspirazione ma allo stesso modo può aumentare l'efficienza nell'uso dell'acqua e la capacità di riflettere i raggi solari (grazie all'effetto patina), rendendolo particolarmente idoneo all'utilizzo in climi aridi-semi aridi. Dall'altro, la zeolite (in questo caso specifico si trattava di zeolite a chabasite) non impatta l'attività fotosintetica e la traspirazione, ma sembra favorire gli scambi gassosi a livello fogliare (maggiore conduttanza stomatica) e migliorare le caratteristiche olfattive e gustative degli oli prodotti.

Il sottile strato di polvere di roccia che va a coprire le foglie e i frutti ha l'effetto di ridurre l'attrattività dei segnali visivi e impedisce all'insetto

TABELLA 1 - Composizione mineralogica attesa (da etichetta) e reale dei campioni analizzati

Fase (!)	Caolino1		Caolino2		Talco		Zeolite-chabasite		Zeolite-clinoptilolite	
	atteso	reale	atteso	reale	atteso	reale	atteso	reale	atteso	reale
Caolinite	100	0	95	61,5						
Mullite	0	36,9	0	7,2						
Talco					100	61,3				
Chabasite							65	71,3		
Clinoptilolite									90-95	80
Altro	0	63,1	5	31,3	0	38,7	35	28,7	5-10	20

(!) Per semplicità sono indicate solo le fasi mineralogiche principali attese (concentrazione in peso attesa da etichetta rispetto a quella analizzata). Per «altro» si intendono altre fasi mineralogiche presenti e fasi amorfe non cristalline. I dati sono stati acquisiti tramite diffrazione a raggi X su polveri (XRPD) e raffinamento con metodo Rietveld-RIR.

di riconoscere le parti della pianta in cui andrebbe a deporre le uova. Inoltre, interferisce con l'emissione dei composti organici volatili (VOC) della pianta che agiscono come promotori dell'ovideposizione per la mosca (Rotondi et al., 2021b).

Per quanto riguarda la lotta alla cimice asiatica, diversi geomateriali (principalmente caolini, zeolititi e talco) sono stati utilizzati in prove di campo su pero, nell'ambito del progetto Alien.Stop, finanziato dalla Regione Emilia-Romagna grazie al fondo Psr 2014-2020. Diverse prove (sia parcellari sia a parcelloni) sono state realizzate nel biennio 2020-2021.

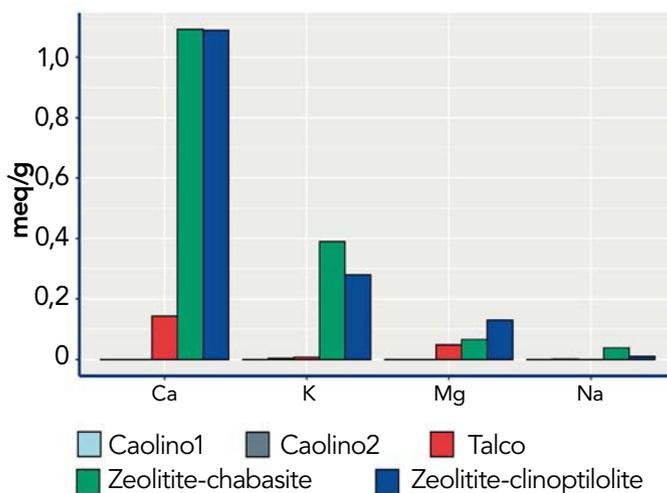
Le applicazioni con i geomateriali sono state realizzate tra la fine di aprile e la metà di luglio valutando l'incidenza del danno da cimice in termini di percentuale di frutti deformati durante la stagione e alla raccolta. I risultati (che verranno prossimamente pubblicati) hanno mostrato che **il caolino ha una performance migliore della zeolite nel ridurre il danno alla raccolta, ma anche la combinazione caolino-zeolite ha permesso una riduzione significativa del danno rispetto ai controlli aziendali.** In particolare, questa soluzione si è rivelata particolarmente performante nel caso di frutteto in regime biologico.

I geomateriali hanno infatti il grande vantaggio di poter essere utilizzati in agricoltura biologica, essendo totalmente naturali (alcuni di essi sono anche utilizzati come integratori a uso umano e animale). **La zeolite è stata introdotta tra i materiali utilizzabili in biologico mediante il dm 3-3-2015 e l'Italia ha il grande vantaggio di avere sul suo territorio dei reservoirs molto importanti di rocce vulcaniche zeolitizzate prevalentemente a chabasite e phillipsite di tipo potassico, ottime a scopi agronomici in quanto molto povere in sodio e capaci di scambiare sia potassio sia calcio in buone quantità** (Passaglia, 2008).

Limiti all'impiego dei geomateriali

Bisogna tuttavia considerare che le strategie di applicazione dei geomateriali prevedono dosaggi molto differen-

GRAFICO 1 - Quantitativo di calcio (Ca), potassio (K), magnesio (Mg) e sodio (Na) potenzialmente scambiabile dai geomateriali



ti, per esempio, tra caolini e zeolititi. Il quantitativo di caolino per singola applicazione è generalmente anche 4 volte superiore a quello consigliato di zeolite (25 kg/ha vs 6 kg/ha). Questa differenza nei dosaggi è senza dubbio responsabile di parte degli effetti osservati in campo (ad esempio gli effetti sulla fotosintesi e traspirazione discussi sopra). Tuttavia, queste grandi quantità di caolino tendono a imbrattare maggiormente i frutti e dunque il suo utilizzo deve tenere conto della tendenza all'accumulo che, pur non costituendo un pericolo per la salute dei consumatori, può avere effetti negativi dal punto di vista commerciale. **Una valida soluzione potrebbe essere quella di prevedere applicazioni di caolino nella prima fase dell'anno agronomico e, con l'avvicinarsi alla raccolta, utilizzare zeolititi per ridurre l'imbrattamento mantenendo l'azione protettiva.**

Dati del progetto Alien.Stop

Nell'ambito del progetto Alien.Stop, il gruppo di lavoro afferente al Dipartimento di fisica e scienze della terra dell'Università degli studi di Ferrara ha svolto una serie di analisi chimico-fisiche e mineralogiche su diversi campioni di geomateriali utilizzati nel progetto. Le analisi svolte sono spaziate dalla determinazione della distribuzione granulometrica alla capacità di scambio cationico (in termini di ioni Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+), alla concen-

trazione di elementi maggiori e metalli pesanti, fino alla determinazione quantitativa delle fasi mineralogiche costituenti i materiali.

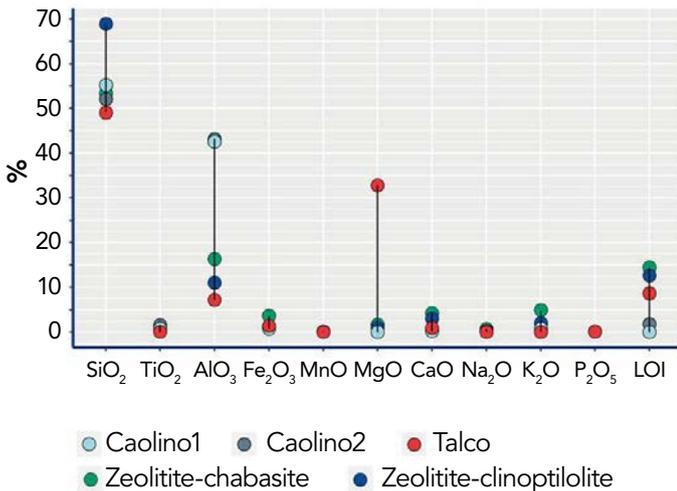
Queste analisi hanno permesso di mettere in evidenza alcune delle differenze significative esistenti tra le due categorie di geomateriali precedentemente discusse: caolini, talco e zeolititi. Inoltre, questa caratterizzazione ha permesso di verificare quanto effettivamente dichiarato sulle etichette dei prodotti commercializzati, soprattutto per quanto riguarda la composizione mineralogica che, come facilmente immaginabile, è impossibile da verificare se non con le tecniche analitiche sopra menzionate.

I materiali caratterizzati sono stati due caolini, due tufi zeolitici, di cui uno a elevato contenuto di clinoptilolite e uno a elevato contenuto di chabasite, e un campione di talco.

Tutti i materiali, essendo destinati all'utilizzo come corroborante, sono commercializzati in forma di polvere micronizzata. Come logico aspettarsi, i minerali fillosilicati sono caratterizzati da dimensioni estremamente ridotte, e, infatti, le analisi granulometriche hanno confermato che la dimensione media delle particelle del campione caolino2 e talco è al di sotto di 0,45 μm . Caolino1 invece presentava dimensioni medie delle particelle leggermente maggiori (3 μm) seppure inferiori ai materiali zeolitici. Tra questi ultimi, il tufo zeolitico a elevato contenuto di chabasite ha presentato il miglior grado di micronizzazione e la migliore classazione rispetto a quello a elevato contenuto di clinoptilolite. In linea generale, tutti i materiali sono caratterizzati da un buon livello di micronizzazione, specialmente i caolini e il talco.

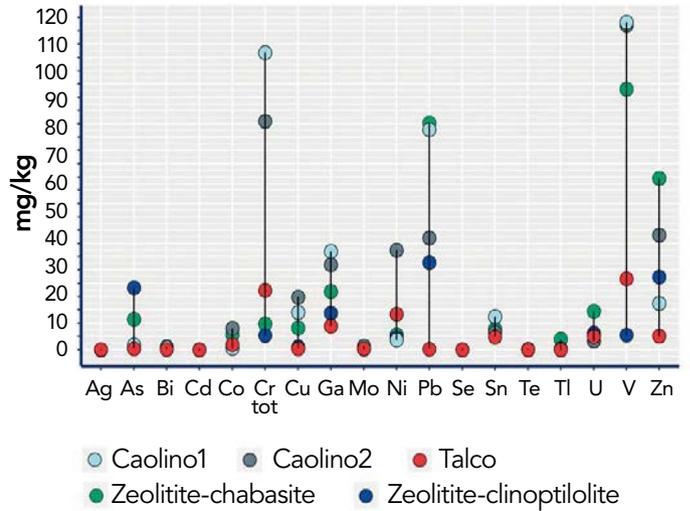
Dalle prove sulla capacità di scambio ionico sono invece emerse le prime significative differenze tra le due categorie di materiali. La capacità di scambio (CSC), volendo semplificare, è indice della reattività di questi materiali. Più è elevata, più il materiale interagisce con l'ambiente circostante mediante scambi continui di elementi chimici, acqua e gas. Le prove di laboratorio svolte hanno evidenziato una

GRAFICO 2 - Concentrazione degli elementi maggiori (espressi in ossidi) costituenti i geomateriali analizzati



LOI si riferisce alla cosiddetta «Loss on ignition» ovvero perdita di materiale (generalmente acqua) dovuta al riscaldamento a elevate temperature (1.000 °C).

GRAFICO 3 - Concentrazioni dei metalli pesanti individuati nei geomateriali analizzati



forte differenza tra i materiali contenenti minerali zeolitici e le polveri contenenti prevalentemente caolinite e talco (grafico 1).

Entrambi i tufi zeolitici si mostrano molto più reattivi dei materiali a base di caolinite e talco, che presentano una capacità di scambio pressoché nulla. La capacità di scambio dei due tufi zeolitici non ha mostrato particolari differenze, nonostante la diversa natura dei minerali zeolitici in essi contenuti. Nonostante sia risaputo che la chabasite è una zeolite avente maggiore capacità di scambio rispetto la clinoptilolite, questa somiglianza può essere spiegata col fatto che le percentuali di minerali zeolitici nella roccia sono diverse, con maggiori contenuti di zeoliti nel campione contenente clinoptilolite.

La tabella 1 mostra le percentuali attese (da etichetta) delle varie fasi mineralogiche rispetto alle concentrazioni realmente misurate. Risulta evidente che molto spesso le concentrazioni siano affette da grande errore. Per esempio, il campione caolino1 non contiene caolinite cristallina rispetto al 100% dichiarato, mentre caolino2 ne contiene quasi il 35% in meno. **Spesso sono state individuate grandi quantità di fasi amorphe (incluse nella voce «altro») che sono notoriamente inerti e quindi non giocano alcun ruolo utile dal punto di vista chimico nelle interazioni con la pianta.** Nel caso del campione caolino1, è stata rinvenuta una fase minerale chiamata «mullite» riconducibile a processi di lavorazione della ceramica ad alta temperatura.

Le analisi mineralogiche riguardan-

ti i tufi zeolitici si sono rivelate invece più corrispondenti a quelle dichiarate nelle etichette dei rispettivi prodotti, soprattutto per quanto riguarda il campione di tufo zeolitico a elevato contenuto di clinoptilolite.

Come già illustrato, è molto raro che un geomateriale sia costituito interamente da un solo minerale per cui delle etichette che riportino concentrazioni troppo elevate di zeolite (ad esempio >90%) vanno prese con cautela. Spesso queste quantificazioni vengono infatti condotte senza la giusta metodologia di raffinamento dei dati, che porta a una significativa sovrastima dei minerali zeolitici presenti nella roccia.

I campioni sono stati analizzati anche per quanto riguarda il contenuto di elementi maggiori e metalli pesanti (grafici 2 e 3). Per quanto riguarda gli elementi maggiori, i caolini sono quasi esclusivamente costituiti da silice e alluminio (contenuti nella caolinite, principale componente dei caolini) con perdite di materiali volatili (LOI) quasi nulle.

Il talco, come logico aspettarsi, è molto ricco di magnesio mentre i tufi zeolitici hanno mostrato una più diversificata composizione chimica in termini di elementi maggiori, con buoni contenuti anche di potassio (K) e calcio (Ca) oltre che elevati valori di LOI. I minerali zeolitici sono infatti caratterizzati da capacità di scambiare elementi aventi carica elettrica positiva (cationi) e dimensioni idonee per essere ospitati nella struttura cristallina.

Le analisi hanno evidenziato una ge-

nerale tendenza a un maggiore contenuto di metalli pesanti soprattutto nei caolini rispetto ai tufi zeolitici e al talco. Tra i metalli analizzati, è stata evidenziata una elevata quantità di cromo (Cr totale) in entrambi i caolini oltre che concentrazioni elevate di vanadio (V), nickel (solo per il campione caolino2), rame (Cu) e gallio (Ga).

In conclusione, un controllo dal punto di vista geologico e chimico sulle polveri di roccia utilizzate in agricoltura è fondamentale per comprendere realmente:

- le potenzialità dei materiali e il loro grado di reattività;
- la reale corrispondenza tra etichetta e prodotto;
- la reale presenza di elementi potenzialmente utili per la pianta o dannosi per l'ambiente e la salute umana.

**Massimo Coltorti
Barbara Faccini
Giacomo Ferretti**

Dipartimento di fisica e scienze della terra
Università di Ferrara

Questo lavoro è stato finanziato dalla Regione Emilia-Romagna nell'ambito del Psr 2014-2020 Op. 16.1.01 - GO PEI-Agri - FA 4B, Pr. «Alien.Stop» con il coordinamento di RI.NOVA soc. coop.

Geomateriali, qualità e impiego nella difesa dai fitofagi

BIBLIOGRAFIA

Passaglia E., 2019. Zeolititi in agricoltura. L'Informatore Agrario Eds. Verona 2019, pp. 125. ISBN 978-88-7220-400-9.

Passaglia E., 2008. Zeoliti naturali, zeolititi e loro applicazioni. Arvan Eds. Padova, pp. 99. ISBN 978-88-87801-19-4.

Rotondi A., Morrone L., Facini O., Faccini B., Ferretti G., Coltorti M., 2021a.

Distinct Particle Films Impacts on Olive Leaf Optical Properties and Plant Physiology. Foods 10, 1291. <https://doi.org/10.3390/foods10061291>.

Rotondi, A., Bertazza, G., Faccini, B., Ferretti, G., and Morrone, L. 2021b. Effect of different foliar particle films (kaolin and zeolitite) on chemical and sensory properties of olive oil, EGU General Assembly 2021, online, 19-30 Apr. 2021, EGU21-10007, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-10007>, 2021.

L'INFORMATORE AGRARIO

www.informatoreagrario.it



Edizioni L'Informatore Agrario

Tutti i diritti riservati, a norma della Legge sul Diritto d'Autore e le sue successive modificazioni. Ogni utilizzo di quest'opera per usi diversi da quello personale e privato è tassativamente vietato. Edizioni L'Informatore Agrario S.r.l. non potrà comunque essere ritenuta responsabile per eventuali malfunzionamenti e/o danni di qualsiasi natura connessi all'uso dell'opera.