

L'estratto contiene pagine non in sequenza

Davide Misturini

Precision Farming

**Strumenti e tecnologie
per un'agricoltura evoluta**



1ª edizione: gennaio 2020



© Copyright 2020 by "Edagricole - Edizioni Agricole di New Business Media Srl",
via Eritrea, 21 - 20157 Milano
Redazione: p.zza G. Galilei, 6 - 40123 Bologna
Vendite: tel. 051/6575833; fax: 051/6575999
e-mail: libri.edagricole@newbusinessmedia.it - www.edagricole.it

5587

Proprietà letteraria riservata - printed in Italy

La riproduzione con qualsiasi processo di duplicazione delle pubblicazioni tutelate dal diritto d'autore è vietata e penalmente perseguibile (art. 171 della legge 22 aprile 1941, n. 633). Quest'opera è protetta ai sensi della legge sul diritto d'autore e delle Convenzioni internazionali per la protezione del diritto d'autore (Convenzione di Berna, Convenzione di Ginevra). Nessuna parte di questa pubblicazione può quindi essere riprodotta, memorizzata o trasmessa con qualsiasi mezzo e in qualsiasi forma (fotomeccanica, fotocopia, elettronica, ecc.) senza l'autorizzazione scritta dell'editore. In ogni caso di riproduzione abusiva si procederà d'ufficio a norme di legge.

Realizzazione grafica: Emmegi Group, via F. Confalonieri, 36 - 20124 Milano
Impianti e stampa: Centro Stampa Digitalprint S.r.l., via A. Novella, 15 - 47922 Rimini (RN)

Finito di stampare nel gennaio 2020

ISBN-978-88-506-5587-8

Indice generale

1	Introduzione	Pag.	1
1.1	Definire l'agricoltura di precisione	"	1
1.2	I benefici attesi	"	2
2	Il cerchio dell'agricoltura di precisione	"	3
2.1	Il rilievo dei confini	"	4
2.2	La mappatura del terreno	"	4
2.3	La guida automatica	"	4
2.4	La concimazione a rateo variabile	"	4
2.5	La semina a rateo variabile	"	5
2.6	L'irrorazione variabile	"	5
2.7	L'irrigazione di precisione	"	5
2.8	La mappatura della raccolta	"	5
2.9	Il report	"	6
3	Conoscere la posizione	"	7
3.1	Le costellazioni di satelliti	"	8
3.1.1	Navstar-GPS	"	8
3.1.2	Glonass	"	8
3.1.3	Galileo	"	9
3.1.4	Compass - BeiDou	"	9
3.2	Com'è composto un sistema gnss?	"	9
3.2.1	Segmento spaziale	"	9
3.2.2	Segmento di controllo	"	9
3.2.3	Segmento utente	"	10
3.3	Il ricevitore satellitare: lo strumento indispensabile per conoscere la posizione	"	10
3.4	I messaggi inviati da un ricevitore satellitare	"	11
3.4.1	Gga (<i>Global Positioning System Fix Data</i>)	"	11

3.4.2	Rmc (<i>Recommended Minimum Navigation Information</i>)	Pag.	13
3.4.3	Vtg (<i>Track Made Good And Ground Speed</i>).....	"	14
3.5	La correzione differenziale.....	"	15
3.5.1	Dgps	"	15
3.5.2	Rtk	"	16
4	Il rilievo dei confini	"	19
4.1	I sistemi per il rilievo dei confini.....	"	19
4.1.1	Gps e palmare.....	"	19
4.1.2	I display installati nella cabina del trattore.....	"	19
5	La mappatura dei terreni	"	23
5.1	La tecnica tradizionale di analisi del terreno.....	"	24
5.2	I sensori innovativi disponibili.....	"	24
5.2.1	I sensori ad induzione elettromagnetica.....	"	25
5.2.2	Sensore ottico per il rilievo di sostanza organica	"	27
5.2.3	Il campionatore del pH mobile.....	"	28
5.2.4	Lo spettrofotometro a raggi gamma.....	"	30
5.3	Tipologie di mappe.....	"	32
5.3.1	Mappe di conducibilità o di resistività elettrica apparente.....	"	32
5.3.2	Mappe di sostanza organica	"	32
5.3.3	Mappe delle zone omogenee del terreno.....	"	32
6	I sistemi di guida	"	35
6.1	Le tipologie	"	35
6.2	I display in cabina.....	"	36
6.3	Le applicazioni.....	"	38
6.4	Il controllo del traffico	"	38
6.5	<i>Strip tillage</i> o «coltivazione a strisce».....	"	38
6.6	Lavorazioni del terreno: le variabili	"	39
7	La concimazione a rateo variabile	"	41
7.1	Le tecnologie disponibili.....	"	41
7.2	I sistemi di controllo.....	"	43
7.2.1	Display	"	46
7.2.2	L'attuatore	"	46
7.3	Le mappe di prescrizione.....	"	48
7.3.1	Lo stadio vegetativo delle colture: indice NDVI	"	48
7.3.2	Il telerilevamento.....	"	48
7.3.2.1	Le immagini ad alta risoluzione da drone	"	49

7.3.2.2	Le immagini ad alta risoluzione da satellite	Pag.	51
7.3.3	Il rilievo prossimale	"	52
8	La semina a rateo variabile	"	57
8.1	Le mappe di prescrizione di semina	"	57
8.2	I sistemi di controllo della dose di semina	"	57
8.2.1	Le seminatrici a righe	"	58
8.2.2	Le seminatrici di precisione monogerme	"	60
8.3	La chiusura della sezione	"	61
8.4	Il controllo della profondità	"	63
9	I trattamenti	"	65
9.1	Le macchine per trattamento a rateo variabile	"	65
9.1.1	L'elettrovalvola principale	"	65
9.1.2	Il flussometro	"	67
9.1.3	Le elettrovalvole di azionamento delle sezioni	"	67
9.2	Sensori innovativi	"	68
9.2.1	Sensori per il rilievo delle malerbe	"	70
9.2.2	Sensori per il volume della vegetazione	"	71
10	Irrigazione di precisione	"	73
10.1	Le stazioni meteo	"	74
10.2	Le sonde di rilievo dell'acqua	"	75
10.3	Le sonde di bagnatura fogliare	"	76
10.4	Grafico andamento climatico e acqua suolo	"	77
10.5	Applicazioni web con consigli irrigui	"	79
11	La mappatura delle rese	"	81
11.1	Mappatura delle rese: i componenti del sistema	"	82
11.1.1	Il sensore di resa	"	83
11.1.1.1	Il sensore a impatti	"	83
11.1.1.2	Il sensore volumetrico	"	83
11.1.2	Il sensore di umidità	"	84
11.1.3	Le camere speciali per la pulizia del prodotto raccolto	"	85
11.1.4	Il sensore NIR (<i>Near Infrared</i>)	"	86
11.2	Le mappe di resa e dei costituenti	"	87
11.2.1	Le mappe di resa	"	87
11.2.2	Le mappe dei costituenti	"	89
12	La tracciabilità dei dati raccolti	"	91

12.1	La documentazione dei lavori.....	Pag.	91
12.2	La documentazione del prodotto distribuito	"	92
12.3	I sistemi gestionali	"	92
12.3.1	L'anagrafica aziendale	"	93
12.3.2	I confini e il piano colturale	"	94
12.3.3	Macchine e attrezzature	"	95
12.3.4	Le mappe di raccolta, semina e trattamento.....	"	95
12.3.5	La reportistica.....	"	96
12.4	I sistemi di telemetria e i sistemi gestionali su cloud	"	96
13	La robotica	"	101
13.1	I robot disponibili.....	"	101
13.1.1	Robot e droni per il monitoraggio delle colture	"	102
13.1.2	Robot per il diserbo meccanico	"	104
13.1.3	I robot per la semina.....	"	105
13.1.4	I robot per la raccolta della frutta.....	"	105
13.2	Le prospettive future.....	"	107
Appendice	"	109
Bibliografia	"	114

5. La mappatura dei terreni

La conoscenza approfondita delle caratteristiche chimico-fisiche di ogni appezzamento è fondamentale per valutarne la fertilità e, successivamente, pianificare attentamente le colture da seminare e il numero di piante per metro quadro che il terreno può sostenere per massimizzare la resa.

Oggi la moderna tecnica ha messo a disposizione strumenti in grado di misurare la variabilità di diversi parametri del suolo e legarli alla loro posizione in campo grazie al sistema di navigazione satellitare. In questo capitolo cercheremo di capire meglio quali sono e come funzionano le mappe digitali che possono fornire.

Fig. 5.1 | Variabilità dei terreni; è importante conoscerne l'andamento e la disposizione all'interno dell'appezzamento per applicare approcci diversificati al fine di massimizzarne le potenzialità.



5.1 LA TECNICA TRADIZIONALE DI ANALISI DEL TERRENO

La base di partenza per conoscere i propri terreni è da sempre l'uso delle analisi di laboratorio per identificarne le principali componenti fisiche, la tessitura e le dotazioni chimiche, come azoto, fosforo, potassio, sostanza organica e microelementi.

La tecnica classica, come si vede nella figura 5.2, si basa sul prelievo di campioni seguendo uno schema a griglia oppure seguendo un disegno a W o X e successivamente mescolando insieme il terreno per creare un unico campione da far analizzare.

Questa metodologia consente di avere una visione delle caratteristiche medie, ma potrebbe non separare zone differenti eventualmente presenti del campo.

5.2 I SENSORI INNOVATIVI DISPONIBILI

Le tecnologie da utilizzare per rilevare le diverse variabili del suolo sono molteplici e specifiche a seconda del parametro che si vuole

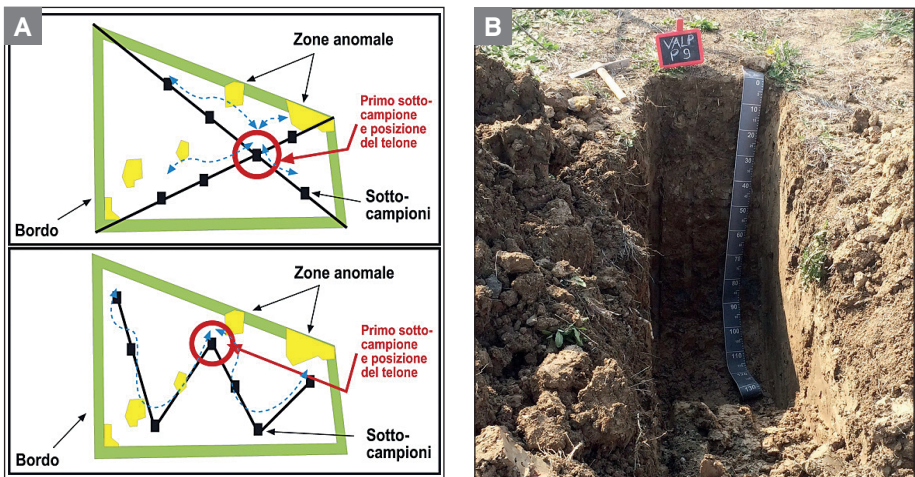


Fig. 5.2 | Uno schema di campionamento del suolo tradizionale (Fonte Pioneer) (A) e un profilo pedologico tradizionale (B).

investigare. Ma essenzialmente per lo svolgimento e la tipologia del rilievo si possono classificare in 2 grandi gruppi:

- **con contatto con il terreno:** per eseguire la misura l'elemento di contatto deve essere inserito nel terreno. Può essere un disco liscio, un disco dentato oppure un assolcatore (vedi Fig. 5.3);
- **senza il contatto con il terreno:** per misurare il valore sono posti a un'altezza variabile tra i 30 e i 40 cm sopra il terreno. Possono essere installati su apposite slitte o strutture particolari per il loro trasporto e utilizzo nei campi (vedi Fig. 5.4).

5.2.1 I SENSORI AD INDUZIONE ELETTROMAGNETICA

Questi strumenti (Figg. 5.5 e 5.6) sono fra i più usati per il rilievo della variabilità del suolo in agricoltura, perché di semplice utilizzo e facili da trasportare. Nascono per il rilievo geologico e pedologico e negli ultimi anni sono stati utilizzati in agricoltura per mappare le caratteristiche del suolo agrario. Sono in grado di misurare la conducibilità o resistività elettrica di un suolo fino a oltre due metri a seconda della lunghezza e delle caratteristiche del sensore.

Per eseguire la misura sfruttano la capacità che ha il terreno in fun-

Fig. 5.3 | Un sensore a contatto con il terreno. I dischi anteriori con punte sull'estremità, durante il rilievo si inseriscono nel terreno e trasmettono il campo elettrico. Altri quattro dischi posteriori rilevano il campo secondario per misurare la resistività elettrica opposta dal suolo (Fonte Geocarta).





Fig. 5.4 | Un sensore senza contatto con il terreno.



Fig. 5.5 | Il sensore elettromagnetico è utilizzato in agricoltura per la mappatura delle zone omogenee presenti all'interno del campo. È utilizzato su colture estensive, in frutteto e in vigneto.

zione delle sue caratteristiche fisiche-chimiche di rispondere ad un campo elettromagnetico a bassa frequenza; come è possibile vedere in Figura 5.7, la bobina **T_x** crea il campo elettromagnetico e i sensori riceventi **R_x**, due o più, rilevano il valore del campo secondario generato dal suolo. Più il terreno è conduttivo, esempio ricco di argilla o sali, più il valore di conducibilità sarà elevato. Viceversa, se il suolo è di tessitura più leggera o ricco di pietre, il valore sarà vicino a 0.

Fig. 5.6 | Sensore geoelettrico installato su una slitta trainata da apposito mezzo 4x4. Il sensore può essere installato sull'attacco a tre punti del trattore oppure su una slitta apposita che scivola sul terreno da mappare (Fonte AgriSoing).

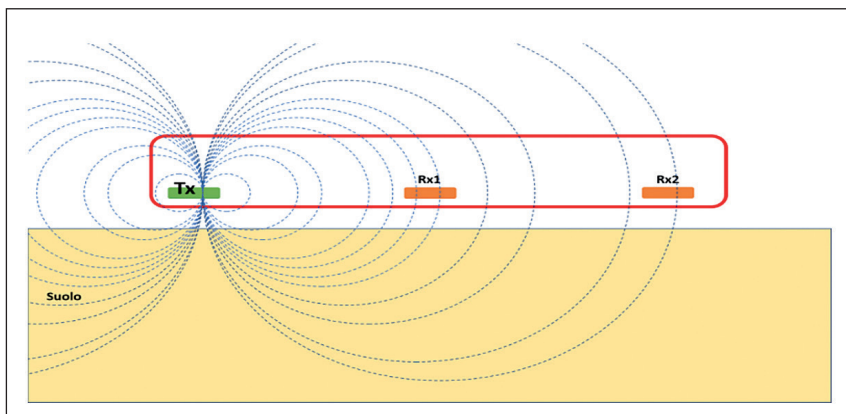


Fig. 5.7 | Lo schema di funzionamento di un sensore geoelettrico. I sensori **Rx** possono essere due o più e sono deputati ad intercettare il campo elettromagnetico secondario per misurare l'interazione del suolo con il campo primario generato dalla bobina **Tx**.

5.2.2 SENSORE OTTICO PER IL RILIEVO DI SOSTANZA ORGANICA

Misurare il valore di sostanza organica del suolo è fondamentale per valutarne la fertilità. Questa misura viene determinata attraverso un lettore Vis-Nir (Fig. 5.8) che sfrutta le diverse lunghezze d'onda



Fig. 5.8 | Particolare del lettore ottico Vis-Nir. Il sensore grazie a delle curve di taratura è in grado di determinare il valore di sostanza organica presente nel terreno indagato.

della luce nello spettro del visibile (Vis 400-700 nm) e dell'infrarosso vicino (Nir 700 – 2500 nm). Esso monitora in continuo il terreno ed è installato su un assolcatore. Il software collegato al sensore attraverso un'apposita curva di taratura è in grado di determinare per ogni punto dell'appezzamento il valore di carbonio organico. Il sistema completo è montato su un trattore e i dischi che eseguono la lettura devono essere a diretto contatto con il terreno (Fig. 5.9).

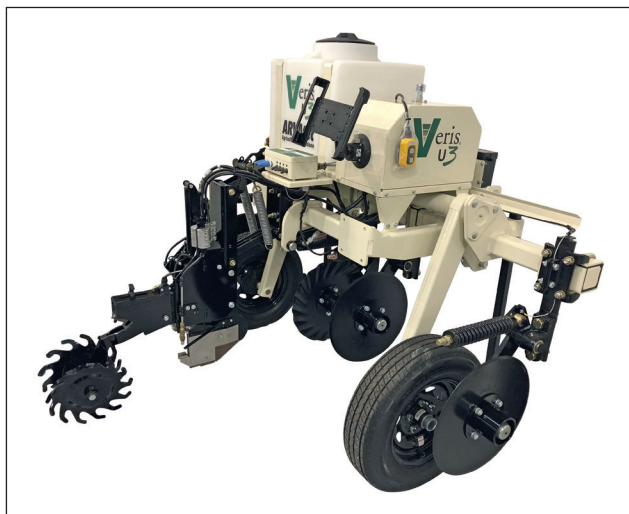
5.2.3 IL CAMPIONATORE DEL PH MOBILE

Lo strumento consente di misurare il pH del terreno, fattore che gioca un ruolo importante per far sì che la pianta riesca a crescere e svolgere tutte le sue attività per ottenere alte rese e di qualità. Avere

Fig. 5.9 | Il sistema di mappatura della conducibilità elettrica e del contenuto di sostanza organica è installato sul terzo punto di un trattore o sull'attrezzatura che esegue l'operazione in campo.



Fig. 5.10 | Il sistema per la mappatura del terreno e del pH. È dotato anche di una tanica di acqua per il lavaggio dell'elettrodo alla fine della misura, per consentire sempre un'elevata precisione del dato rilevato (Fonte Ag Leader).



una mappa dettagliata del valore e dove questo varia sensibilmente consente di implementare eventuali interventi di correzione per portare in caso di anomalia il pH sui valori ottimali.



Fig. 5.11 | Un dettaglio del sistema di rilievo del pH del terreno. L'elettrodo esegue la misura del valore ad intervalli regolari per avere alla fine del rilievo una mappa dei punti di campionamento e valutare come varia il dato all'interno del campo.

5.2.4 LO SPETTROFOTOMETRO A RAGGI GAMMA

Questi sensori (vedi Fig. 5.12) sono impiegati da decenni nel rilevamento geologico, essendo molto sensibili alle proprietà minerali e chimiche delle rocce e dei suoli.

Nel caso dell'agricoltura, sono installati sul trattore che esegue il rilievo. Il sensore calcola il numero di conteggi totali di raggi gamma e il contributo di alcuni ioni radioattivi, come il potassio ^{40}P , il torio ^{232}Th , l'uranio ^{238}U , e il cesio ^{137}Cs , tramite modelli matematici. L'unità di misura è il Becquerel/kg.

Questo metodo risulta utile quando il suolo da investigare è limitato ai primi 30-40 cm. I valori sono molto influenzati dalla tipologia chimico-fisica del terreno come la pietrosità, l'acqua disponibile e il pH.

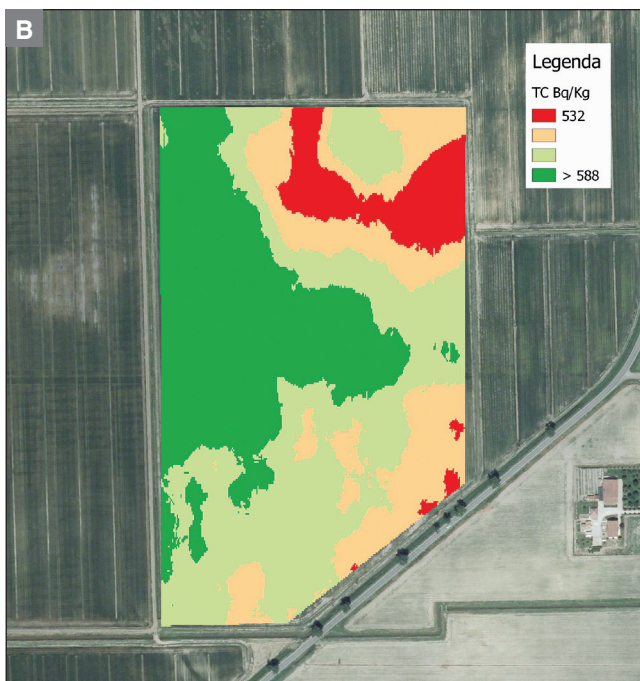


Fig. 5.12 | Il sensore a raggi gamma installato sul terzo punto del trattore (A) e la mappa a raggi gamma (B). La mappa consente di visualizzare i valori rilevati e successivamente di identificare le diverse zone omogenee del campo.

5.3 TIPOLOGIE DI MAPPE

L'elaborazione dei dati raccolti dai diversi sensori precedentemente descritti consente di creare delle mappe tematiche dei singoli componenti del terreno e di redigere delle mappe che rappresentano le diverse zone del terreno all'interno dell'appezzamento o dell'azienda. Le mappe si possono sintetizzare in:

- mappe di conducibilità o resistività elettrica;
- mappe sostanza organica;
- mappe delle zone omogenee del terreno.

5.3.1 MAPPE DI CONDUCIBILITÀ O DI RESISTIVITÀ ELETTRICA APPARENTE

Queste mappe sono il risultato dell'elaborazione dei dati raccolti dai sensori geoelettrici e rappresentano le variazioni in termini di conducibilità o resistività, molto spesso legati a diversa composizione del terreno o diversa dotazione di sostanze nutritive. Sono la base per poter decidere ove eseguire campioni del terreno selettivi e successivamente creare delle aree omogenee del terreno.

5.3.2 MAPPE DI SOSTANZA ORGANICA

L'utilizzo di sensori Vis-Nir, come descritto in precedenza, porta alla determinazione del contenuto di sostanza organica presente nelle diverse aree del terreno. Il dato consente all'agricoltore di capire come varia il valore all'interno dell'appezzamento per poter intraprendere azioni correttive o decidere quale sia l'investimento di semina ideale per ogni area del suolo.

5.3.3 MAPPE DELLE ZONE OMOGENEE DEL TERRENO

Le mappe tematiche delle zone omogenee sono il frutto di un articolato lavoro di elaborazione dei dati raccolti, scavo di profili del terreno e prelievo di campioni, che permettono di descrivere a fondo le caratteristiche chimico-fisiche e strutturali di ogni singola zona del

terreno per offrire all'utente finale un quadro preciso di quali siano le reali potenzialità e specificità di ognuna di esse.



Fig. 5.13 | I passaggi col sensore geoelettrico per eseguire la misurazione su tutta la superficie del campo. La distanza di rilievo tra le linee è normalmente da 10 a 20 metri (A). In (B) elaborazione mappe di conducibilità. Tutti i dati rilevati sono poi elaborati con un apposito software per identificare le zone omogenee del campo e successivamente per eseguire rilievi in campo, al fine di definire le caratteristiche chiave di ogni singola area.



Fig. 5.14 | Una mappa di un rilievo eseguito con sensore Vir-Nir: in rosso le zone con valori bassi e in verde le zone con valori elevati di sostanza organica.

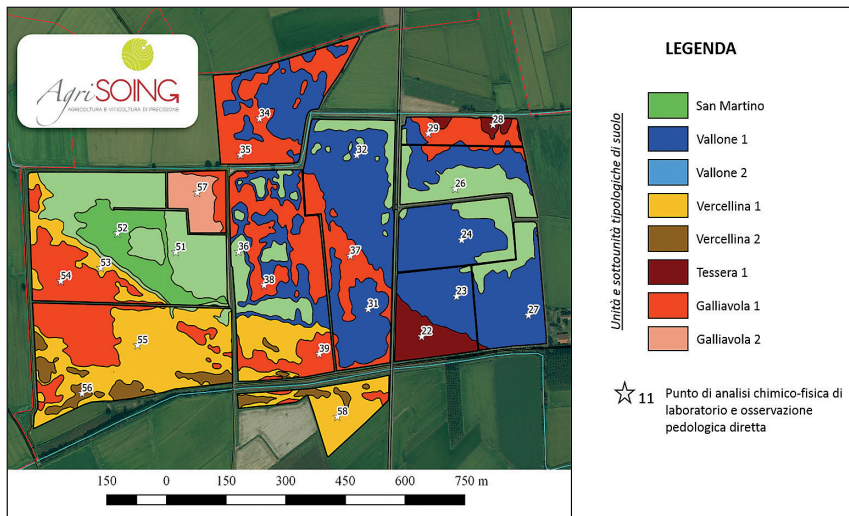
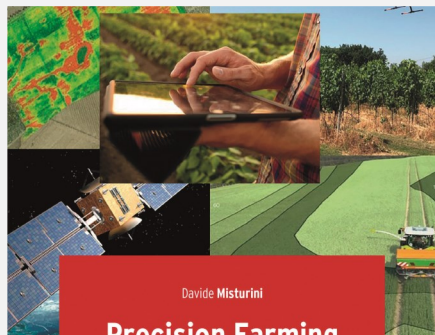


Fig. 5.15 | La carta dei suoli è il risultato dell'uso di sensori innovativi e di rilievi pedologici eseguiti in campo, per caratterizzarne i suoli ad elevatissima scala di dettaglio (Fonte AgriSOING).

Precision farming



Davide Misturini
Precision Farming
Strumenti e tecnologie per un'agricoltura evoluta

Clicca QUI per
ACQUISTARE il libro ONLINE

Clicca QUI per scoprire tutti i **LIBRI**
del catalogo **EDAGRICOLE**

Clicca QUI per avere maggiori
INFORMAZIONI