

• APPLICAZIONI DI AGRICOLTURA DI PRECISIONE IN FRANCIACORTA

Concimazione a dosi variabili in viticoltura

La prova conferma la fattibilità dell'uso delle mappe di vigore dei vigneti, ottenute tramite rilevamento multispettrale, per realizzare una concimazione «di precisione» all'interno del vigneto in modo automatico e indipendentemente dall'operatore alla guida di una trattrice

di Pierluigi Donna,
Paolo Dosso, Flavio Serina,
Vittorio Usanza

Dalla bibliografia più recente si deduce particolare interesse per i metodi di programmazione delle attività agricole meccanizzate e guidate da informazioni sempre più precise e dettagliate.

I programmi di fertilizzazione sono sempre più spesso formulati, oltre che in relazione ai dati di raccolta, anche sulla base di indici relativi all'aspetto vegetativo delle colture. Si tratta però spesso di «impressioni» che difficilmente possono essere ricondotte a misure oggettive.

In viticoltura si utilizzano indici di vigore, come per esempio il peso del legno di potatura, l'indice di Ravaz, e parametri come la superficie e la potenzialità fotosintetica nelle diverse fasi fenologiche, la cui valutazione richiede, però, tempo, risorse e particolari competenze.

Anche quando si facesse tutto questo, rimane il problema della differenziazione degli apporti in funzione della diversificazione dello stato vegetativo, cioè delle necessità nutrizionali in punti diversi di appezzamenti non omogenei.

L'osservazione di questa variabilità dovrebbe, quindi, essere mappata e in qualche modo resa disponibile al momento della distribuzione dei fertilizzanti nelle

Il Consorzio per la tutela del Franciacorta a partire dal 2001 ha promosso e coordinato un articolato progetto di ricerca applicata sull'uso del telerilevamento multispettrale da satellite in supporto alla viticoltura di precisione



Foto 1 e 2 - Le differenze dei suoli che si registrano anche in spazi limitati determinano variazioni di vigore nelle viti. Nelle immagini da satellite a falsi colori le aree a maggiore intensità vegetativa sono in rosso più intenso (foto 1: dettaglio di alcuni vigneti; foto 2: Franciacorta)



loro svariate forme.

Spesso la viticoltura «di qualità» insiste in aree collinari che, per loro natura e origine geologica, sono caratterizzate

da suoli molto diversificati anche in ambiti spaziali ristretti; si osservano così «macchie di colore» che difficilmente possono essere trattate in modo diversificato

da un operatore che si trovi alla guida di una trattrice (foto 1 e 2).

Benché gli operatori si rendano conto, durante la fase vegetativa, di quali siano le aree più equilibrate rispetto a quelle carenti o in eccesso di vigore, durante

la fase di fertilizzazione invernale risulta particolarmente difficoltoso rintracciare i siti e riconoscerne le particolarità (Basso *et al.*, 2005).

Gran parte della fertilizzazione, infatti, viene eseguita nel periodo di riposo vegetativo, quando la mancanza dell'apparato fogliare rende ancor meno evidenti, o persino nascoste, eventuali disomogeneità nello sviluppo vegetativo o isolate manifestazioni di carenza.

Nel corso degli ultimi anni, il Consorzio per la tutela del Franciacorta ha promosso e coordinato un articolato progetto di ricerca applicata incentrato sull'utilizzo del telerilevamento multispettrale da satellite in supporto alla viticoltura di precisione, avvalendosi della collaborazione e del contributo di partner privati, enti e istituzioni, Università. In particolare, nel 2005 il progetto si è potuto avvalere di

PER CONCIMAZIONE FOGLIARE E GRANULARE AL SUOLO

Modifiche alle macchine per la distribuzione a dose variabile

Per distribuire gli elementi nutritivi, sia nella concimazione fogliare che granulare al suolo, in modo diversificato sulle aree del vigneto con vigore differente in funzione della programmazione disposta in base alle mappe tematiche del vigore, è stato necessario apportare delle modifiche alle macchine.

Fertilizzante fogliare

A un nebulizzatore a basso volume, con due diffusori a 5 tromboncini ciascuno, è stata applicata una pompa supplementare (foto a), a comando elettrico, gestita da un computer di bordo a sua volta comandato da GPS. La pompa pescava in un recipiente contenente un fertilizzante fogliare. Durante la prova la trattrice (gommata da 85 CV) procedeva a una velocità di 5,5 km/ora, in 2ª marcia veloce, a 1.700 giri. La presa di forza, in economica a 540 giri, azionava il nebulizzatore trainato.

All'interno della cabina sono stati collocati, e tra loro connessi, un computer di bordo aggiuntivo (foto b) - che rileva tra l'altro velocità di avanzamento e portata della pompa - e un palmare GPS (che rileva e trasmette la posizione al computer) (foto c). Due antenne sono state collegate a questi strumenti e portate sulla sommità della cabina (foto d).

Fertilizzante in pellet al suolo

A un fertilizzatore di tipo centrifugo semilocalizzato è stato applicato un cilindro elettrico posizionario (foto e) in grado di regolare l'apertura del foro di passaggio del fertilizzante granulare. All'interno della cabina sono stati collocati gli stessi strumenti utilizzati per il nebulizzatore (un computer di bordo aggiuntivo e un palmare GPS ad esso collegato - foto b e c - e le antenne - foto d), ma in questo caso la regolazione dell'apertura di distribuzione è stata impostata in modo che, indipendentemente dalla velocità di avanzamento e dal numero di giri, si giungesse alla distribuzione predefinita in base alle mappe di vigore.

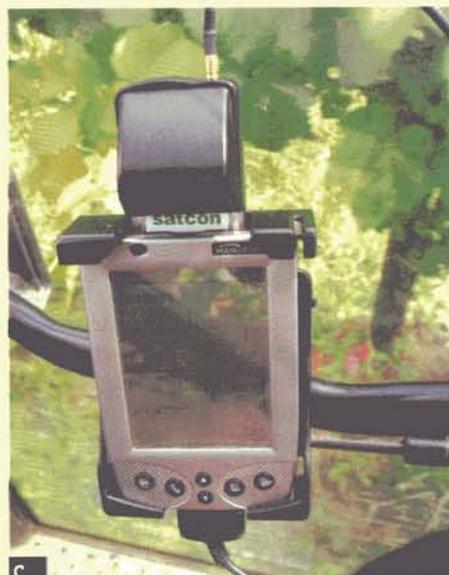


Foto a - Al nebulizzatore a basso volume è stato applicato un **dispositivo** (vedi freccia) che modula la distribuzione della miscela
Foto b e c - All'interno della cabina, in entrambe le operazioni, è stato aggiunto un computer di bordo (foto b), che nel caso del nebulizzatore a basso volume rileva tra l'altro velocità di avanzamento e portata della pompa; il computer (vedi freccia) è stato connesso a un palmare GPS, che rileva e trasmette la posizione (foto c)
Foto d - Le due antenne per collegare i computer di bordo al satellite sono state poste sulla sommità della trattrice
Foto e - Al fertilizzatore di tipo centrifugo semilocalizzato è stato applicato un **cilindro elettrico** (vedi freccia) posizionario che regola l'apertura del foro di passaggio del fertilizzante granulare

un finanziamento della Regione Lombardia nell'ambito del programma di ricerca in campo agricolo che – con la collaborazione dell'azienda Terradat (Paderno Dugnano - Milano), del Dipartimento di produzione vegetale (DiProVe) dell'Università degli studi di Milano e del Centro vitivinicolo provinciale di Brescia – ha consentito di monitorare la superficie di più di 200 vigneti per un totale di circa 400 ha iscritti all'albo vigneti Franciacorta.

Obiettivi principali del progetto sono stati: la valutazione delle potenzialità del telerilevamento come strumento di controllo delle rese su ampie superfici, anche in riferimento agli adempimenti previsti per l'attività di controllo di cui il Consorzio per la tutela del Franciacorta è stato incaricato con decreto delegato del 2-12-2003.

Ai fini della sperimentazione di cui stiamo trattando, il Consorzio per la tutela del Franciacorta ha messo a disposizione una serie di mappe tematiche, ottenute a partire da immagini multispettrali riprese da satellite. Si tratta essenzialmente di immagini, in formato digitale, che rappresentano il vigore vegetativo del vigneto utilizzando all'uopo i dati multispettrali ad alta risoluzione rilevati da satellite.

Sono ora oggetto di indagine le possibilità di esprimere altri parametri di interesse viticolo ed enologico come la resa stimata, il tenore zuccherino, l'acidità totale, ecc.

Mentre la mappa tematica del vigore vegetativo si ottiene direttamente a partire dai dati rilevati dal satellite, per la produzione delle mappe che rappresentano gli altri aspetti colturali si ricorre al confronto tra i dati rilevati dal satellite e rilievi e analisi di laboratorio su specifici campioni di uva localizzati all'interno del vigneto; si ottengono così rapporti che, elaborati con opportune procedure

TABELLA 1 - Dosi di concimi, fogliare e granulare, per i diversi livelli di vigore individuati dai colori sulla mappa tematica

Colore/vigore (*)	Concimazione	
	fogliare (miscela, L/ha)	granulare al suolo (pellet, q/ha)
Marrone	200	15
Giallo	100	7
Verde scuro	0	3

(*) La sequenza cromatica da marrone-giallo-verde scuro indica il passaggio dalla classe di piante meno vigorosa a quella più vigorosa.

Le dosi di concimazione previste aumentano al diminuire del vigore.

e algoritmi, consentono di generalizzare i dati rilevati dal satellite.

In questo lavoro, come dato di base, sono state utilizzate immagini multispettrali ad alta risoluzione raccolte dal satellite Ikonos. Esso acquisisce contemporaneamente immagini pancromatiche (cioè con tutti i colori reali con risoluzione del pixel al suolo di 1 m) e multispettrali (4 bande nel blu, verde, rosso e vicino infrarosso con risoluzione del pixel al suolo di 4 m).

Si tratta di alcune delle mappe tematiche che, in ambito del Consorzio di tutela del Franciacorta, vengono rese disponibili all'utente finale tramite accesso ad un'area riservata del sito Internet del Consorzio stesso e che possono essere stampate autonomamente dall'utente oppure utilizzate con software GIS (Sistemi informativi geografici) da campagna, caricate su palmari o personal computer portatili, interfacciate con ricevitori GPS (Global positioning system), in modo da «navigare» in tempo reale all'interno della mappa e adottare direttamente in campo le scelte opportune.

In questo ultimo caso è possibile rilevare le zone a diverso sviluppo vegetativo e, a partire da un confronto oggettivo tra i rilievi di campo in alcuni punti e l'immagine satellitare, è possibile estrapolare le differenze – significative e proporzionali – tra le diverse aree. La variabilità esistente, infatti, deve essere tale da consentire l'individuazione di porzioni ben distinte del vigneto con una differenza di vigore gestibile dal punto di vista tecnico.

Con questo lavoro si è voluto valutare l'applicabilità pratica di un metodo di trasferimento delle immagini, ottenute da fonte satellitare, direttamente alle macchine operatrici adottate per diverse forme di fertilizzazione.

In questo modo, indipendentemente dalle manovre impostate dall'operatore, gli elementi nutritivi, nella forma prescelta, vengono distribuiti in modo mirato e programmato sulle diverse aree in relazione a reali esigenze.

Reperimento ed elaborazione delle immagini

Nel panorama delle mappe riferite al suolo di Franciacorta sono stati scelti due siti all'interno dei quali si manifestasse forte variabilità anche nel senso dell'orientamento dei filari. Proprio in questo caso, infatti, risulta più difficile

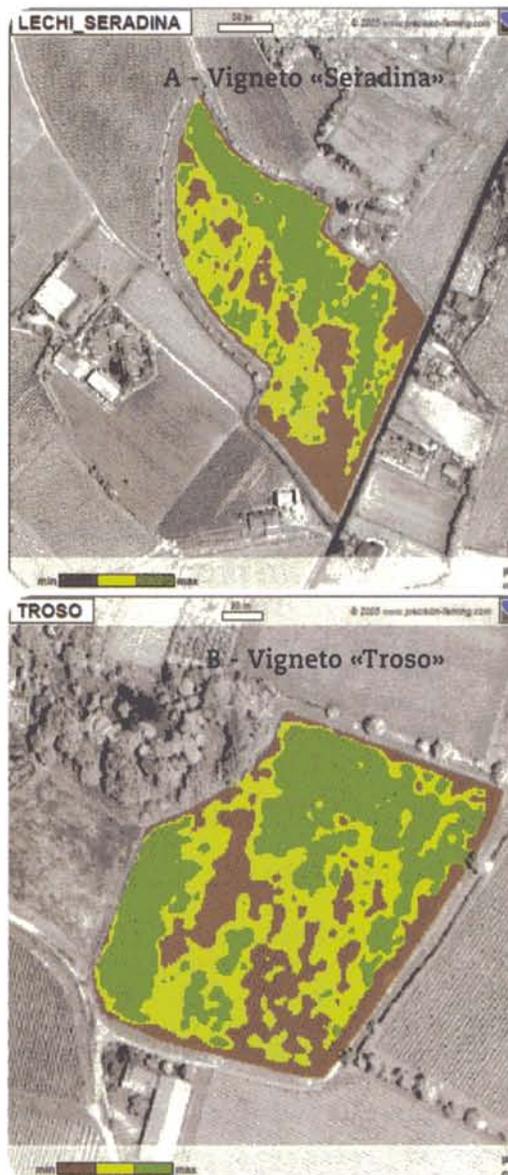


Foto 3A e 3B - Le mappe tematiche dei due vigneti con sviluppo vegetativo disforme rendono l'idea della variazione del vigore legata a particolari condizioni di fertilità del suolo

per l'operatore memorizzare la diversificazione e tenerne conto durante la marcia. Le immagini dei vigneti «Seradina» dell'azienda agricola Cavalleri (Erbusco - Brescia) e «Troso» dell'azienda agricola Barone Pizzini (Cortefranca - Brescia) (foto 3A e 3B) sono state ottenute riproducendo il rilievo satellitare e formulando un indice di vegetazione che descrive, mediante mappe tematiche, il vigore vegetativo dei vigneti. La tematizzazione è basata sulla suddivisione dell'intera superficie dei singoli vigneti in zone rappresentate dalla sequenza cromatica marrone-giallo-verde chiaro-verde scuro (dalla classe meno vigorosa alla più vigorosa). L'operazione di tematizzazione si realizza, a partire dai dati rilevati da

satellite, senza la necessità di alcuna attività di campo.

Successivamente, in funzione dell'effettiva conoscenza delle condizioni vegeto-produttive del vigneto, è stata stabilita una corrispondenza tra classi tematiche di vigore e le esigenze nutritive del vigneto stesso. Le mappe tematiche sono state prodotte, mediante una procedura fortemente automatizzata e sviluppata ad hoc, in formato georeferenziato standard (pronte per l'uso nei comuni sistemi informativi GIS); tali dati sono stati utilizzati come input al sistema di video-radio-trasmissione utilizzato per la sperimentazione.

Tipologie di concimazione in prova

È stato deciso di provare i due tipi di intervento più frequenti in viticoltura: quello fogliare di pronto effetto, finalizzato a risolvere velocemente situazioni di sofferenza della pianta, e quello al suolo, che rappresenta la normalità della fertilizzazione nel periodo invernale.

Intervento per via fogliare

Simulando le necessità di un intervento per via fogliare, nel caso della cura di una carenza localizzata in una porzione di vigneto o nel caso di un intervento di «emergenza» con concimazione fogliare, si è ipotizzato di utilizzare un atomizzatore nel cui flusso



Foto 4 - Per valutare le quantità di concime granulare distribuito è stato pesato il contenuto dei tre contenitori posti a terra per ogni area corrispondente a una classe di distribuzione

TABELLA 2 - Quantitativi di pellet distribuiti con due livelli di regolazione in relazione al vigore individuato dai colori sulla mappa tematica

Colore/vigore (1)	Dose rilevata nel contenitore (g) (2)		Dose corrispondente a ettaro (q/ha)		Dose obiettivo (q/ha)	Variazioni tra dosi distribuite e dose obiettivo (%)	
	1ª regolazione	2ª regolazione	1ª regolazione	2ª regolazione		1ª regolazione	2ª regolazione
Marrone	27,5	24,3	18,33	16,2	15	22,2	8
Giallo	13,2	10,95	8,8	7,3	7	25,7	4,3
Verde	5,55	4,8	3,7	3,2	3	23,3	6,6

(1) La sequenza cromatica da marrone-giallo-verde scuro indica il passaggio dalla classe di piante meno vigorosa a quella più vigorosa.

(2) La superficie dei contenitori è di 500 cm².

La seconda regolazione risulta migliore della prima con scostamenti rispetto alla dose obiettivo inferiori.

di portata fosse immessa la soluzione necessaria in modo programmato e automatizzato con tre classi di dose riferite a tre livelli di colore, quindi di vigore, dedotti in mappa per il vigneto «Seradina» (tabella 1).

Intervento al suolo

Per la fertilizzazione al suolo, che rappresenta la scelta dominante nelle forme di fertilizzazione in viticoltura, le tre classi di colore corrispondenti al vigore sono state riferite ad altrettante dosi di un fertilizzante organico pellettato. Il pellet è stato scelto con caratteristiche fisiche e di concentrazione (solo 6% in N) tali da garantire una distribuzione con ampia variazione di dose e un campionamento corretto nei recipienti posti a terra nel vigneto (per evitare che rimbalzasse, uscendo dai contenitori e falsando le misure).

Simulando le necessità di un vigneto grandinato e le condizioni dettate dalla scelta di un concime organico, per il quale si richiede una fertilizzazione anticipata nel periodo autunnale, anche sul vigneto «Troso» sono state programmate tre classi di quantità riferite a tre livelli di colore espressi in mappa (tabella 1).

Risultati

Nel caso della fertilizzazione fogliare le dosi di prodotto variabili sono espresse direttamente dal computer di bordo durante l'avanzamento. Per verificare l'efficacia del sistema di distribuzione a dose variabile sono stati fissati sul suolo i punti cor-

rispondenti alla variazione delle condizioni vegetative da mappa del vigneto, constatando la corrispondenza della variazione automatica del dosaggio, sui confini dei settori stabiliti, con una tempestività di adattamento che avviene nell'arco di 2 m di avanzamento a 5,5 km/ora.

Per il controllo dei quantitativi di concime granulare effettivamente di-

A partire dalle mappe di vigore si può realizzare una concimazione «di precisione» nel vigneto in modo automatico e indipendentemente dall'intervento dell'operatore alla guida della trattrice

istribuiti sono stati posti a terra tre contenitori, con superficie di 500 cm² ciascuno, per ogni area corrispondente ad una clas-

se di distribuzione. Il prodotto raccolto nei collettori dopo il passaggio della macchina (foto 4) è stato pesato, per classe di dose, con bilancia di precisione.

Nel caso della fertilizzazione al suolo sono state effettuate due prove di distribuzione con due diverse regolazioni, scelte con apposito programma sul computer di bordo, in modo da avvicinarsi il più possibile all'obiettivo prefissato. Nella tabella 2 sono descritti i livelli di distribuzione nei due casi in relazione alle dosi stabilite per le diverse classi di vigore.

La seconda regolazione risulta migliore della prima con scostamenti percentuali inferiori alla «dose obiettivo».

Durante l'avanzamento si è potuta constatare una tempestività di adattamento al variare della dose nell'arco di 5 m di avanzamento a 7 km/ora.

Conclusioni

La prova descritta ha confermato la fattibilità dell'uso delle mappe di vigore dei vigneti, ottenute tramite rilevamento multispettrale, per realizzare una conci-

Le parole della «precisione»

Telerilevamento. Insieme di tecniche, strumenti e mezzi interpretativi che permettono l'acquisizione a distanza di informazioni qualitative e quantitative su fenomeni od oggetti, senza entrare in contatto con essi.

Sensore. Qualsiasi dispositivo che raccoglie l'energia elettromagnetica proveniente dalla superficie investigata e la converte in un segnale elettrico che porta informazioni relative alla superficie stessa.

Multispettrale.

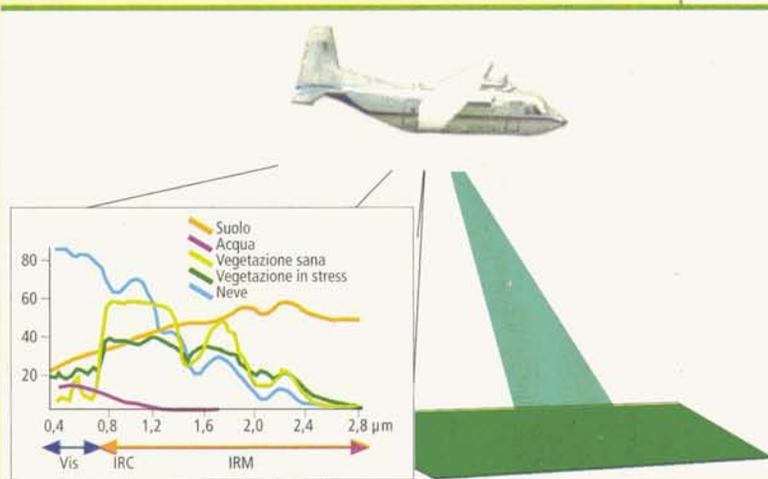
Termine che indica una delle caratteristiche principali delle tecniche di telerilevamento e che si riferisce alla capacità dei sistemi di elaborazione e dei sistemi di ripresa di raccogliere la radiazione proveniente dalla superficie investigata contemporaneamente in più bande spettrali. La radiazione, utilizzando un sistema di filtri e di sensori diversi, viene suddivisa in intervalli più o meno larghi dello spettro elettromagnetico centrati su lunghezze d'onda che normalmente vanno dall'ultravioletto alle microonde.

Mappa tematica. Mappa che rappresenta su una carta di base, qualitativamente o quantitativamente, fenomeni specifici che costituiscono il tema di una determinata indagine.

GPS. Abbreviazione di Global Positioning System (Sistema globale di rilevamento della posizione), si tratta un sistema mediante cui un idoneo apparato è in grado di rilevare le proprie coordinate geografiche in qualunque punto della Terra esso si trovi. I principi su cui si basa il GPS sono in realtà piuttosto semplici, anche se il sistema stesso fa uso di tecnologie estremamente avanzate. Il sistema è costituito da una sezione orbitante (un gruppo di satelliti in orbita terrestre), una sezione terrestre (un idoneo apparato costituito da antenna e ricevitore), ol-

tre alla sezione di controllo (le parti poste al mantenimento del perfetto funzionamento del sistema). Il sistema è di proprietà del Dipartimento della difesa degli Stati Uniti d'America.

GIS. Abbreviazione di Geographic Information System, traducibile in sistema informativo geografico (o territoriale), è un sistema per la gestione, l'analisi e la visualizzazione di informazioni con contenuto geografico-spaziale. L'informazio-



Il funzionamento del Telerilevamento

Il telerilevamento si basa sulla misurazione dell'energia elettromagnetica che giunge al sensore aerotrasportato dopo l'interazione con la superficie indagata: gli oggetti infatti rispondono riflettendo, trasmettendo, assorbendo ed emettendo l'energia elettromagnetica in maniera diversa alle diverse lunghezze d'onda (firma spettrale).

ne geografica è gestita tramite insiemi di dati (dataset geografici) che costituiscono modelli di fenomeni geografici, cioè riferibili al territorio, utilizzando strutture di dati semplici e generiche. Il GIS è corredato da un insieme completo di strumenti (tool e funzionalità) per lavorare con i dati geografici.

Georeferenziazione. È una procedura che permette di assegnare delle coordinate (secondo una data proiezione cartografica) ai punti di un'immagine, utilizzando dei punti di controllo prelevati da una carta topografica o di un'immagine già georeferenziata oppure direttamente in campo con il GPS. Viene applicata una trasformazione all'immagine che ha lo scopo di riportare i punti di controllo al posto giusto, cioè di adattare l'immagine grezza alle coordinate geografiche attribuitegli con i punti di controllo e di restituire agli oggetti le dimensioni reali in scala. •

mazione «di precisione» all'interno del vigneto in modo automatico e indipendentemente dall'intervento dell'operatore alla guida di una trattrice.

Si tratta di una delle possibilità di utilizzo delle immagini di vigore prospettate fin dall'inizio della sperimentazione su «precision farming» realizzata dal Consorzio di tutela del Franciacorta a partire dal 2001: la possibilità di intervenire con pratiche agronomiche volte a ottenere una riduzione della variabilità del vigore all'interno del vigneto (Camprostrini e Serina, 2002).

Questa metodica ha come obiettivo non solo il miglioramento delle caratteristiche qualitative della produzione, ma anche la riduzione dell'impatto ambientale attraverso una fertilizzazione applicata in modo più razionale in funzione delle diversità proprie di ogni porzione dell'appezzamento.

A un risparmio «energetico» corrispondono, necessariamente, benefici economici per l'azienda.

Tale condizione è tanto più importante quanto più un territorio è ricco di variabilità nella dotazione di fertilità naturale dei suoli.

Questo lavoro, oltre a confermare l'utilità del rilevamento multispettrale e delle mappe di vigore, offre la possibilità di proseguire nella sperimentazione per verificare l'evoluzione della variabilità del vigneto in seguito a un periodo di «fertilizzazione mirata». Negli anni, infatti, si potranno verificare i cambiamenti nelle mappe di vigore del vigneto, nelle caratteristiche delle uve e nel volume delle chiome per le diverse aree a vigore omogeneo evidenziate negli appezzamenti. •

Pierluigi Donna

Studio agronomico Sata

studiosata@libero.it

Paolo Dosso

Terradat

p.dosso@precision-farming.com

Flavio Serina

Consorzio

per la tutela del Franciacorta

consorzio@franciacorta.net

Vittorio Usanza

Usanza Macchine Agricole

lorenzousanza@libero.it

La bibliografia sarà consultabile sul sito Internet all'indirizzo:

www.informatoreagrario.it/bancadati