

Analisi spaziale del suolo e correlazione con la produttività in melicoltura

LEONARDO DA ROSA KUSE¹ - ABEL LISBOA VIEIRA¹ - LUCIANO GEBLER² - CÉLIA REGINA GREGO³

¹Università di Caxias do Sul/CAMVA (RS-Brasile).

²Università de Caxias do Sul/CAMVA e Embrapa Uva e Vinho (RS-Brasile).

³Embrapa Monitoramento Satelitare.

L'evoluzione a livello mondiale che interessa la moderna frutticoltura impone di aumentare l'efficienza produttiva degli impianti nel tentativo di massimizzare la redditività (Fao, 2010) mediante la corretta interpretazione delle tecniche agronomiche a disposizione, così come l'impiego di nuove tecnologie. Nel caso specifico della frutticoltura brasiliana, che attraversa una fase di tumultuosa crescita e che si caratterizza per la coltivazione intensiva di grandi estensioni, l'applicazione dei principi dell'agricoltura di precisione (AP) quale strumento per il monitoraggio delle condizioni del frutteto a supporto delle scelte agronomiche (Coelho, 2003) trova condizioni ideali per l'esaltazione delle proprie potenzialità.

L'applicazione dell'agricoltura di precisione in ogni una nuova area comincia con l'individuazione e la caratterizzazione di un numero variabile di punti rappresentativi distribuiti su una mappa che consentiranno un'accurata descrizione della variabilità del suolo. I dati analitici relativi ai punti individuati verranno impiegati per definire la variazione spaziale tra gli stessi attraverso tecniche di geostatistica che permettono l'elaborazione delle mappe e la definizione di aree omogenee all'interno delle quali sarà possibile intervenire con tecniche di gestione agronomica differenziate (Farias, 2002).

Nel caso della frutticoltura, oltre ai parametri chimici del suolo normalmente considerati, quelli fisici sembrano assumere un'importanza sempre maggiore, poiché questi ultimi possono mutare solo nell'arco di alcune decadi. I parametri di densità,

TAB. 1 - ANALISI STATISTICA DESCRITTIVA PER I FATTORI RESISTENZA ALLA PENETRAZIONE (RP) SULLA FILA E NELL'INTERFILA TRA 0 E 10 CM DI PROFONDITÀ, CONTENUTO DI ARGILLA, PH IN ACQUA, SOSTANZA ORGANICA, CSC, SATURAZIONE DELLE BASI E CONDUCIBILITÀ ELETTRICA TRA 0 E 30 CM DI PROFONDITÀ

Parametro	Num.	Media	Varianza	Dev. STD	C.V.
RP fila	40	3.667	1.183	1.088	29.67
RP interfila	40	6.188	0.4659	0.6826	11.03
Argilla	40	41.2	40.88	6.394	15.52
pH (in acqua)	40	6.945	0.2107	0.4591	6.61
Sostanza organica	40	3.582	1.025	1.012	28.26
CSC	40	19.57	2.869	1.694	8.655
Saturazione delle basi	40	86.71	33.4	5.78	6.666
CE 0- 30cm	4994	5.169	10.93	3.306	63.95

compattazione e resistenza alla penetrazione del suolo, poiché possono influenzare direttamente la produttività dell'impianto e la qualità dei frutti (Aguilar, 2008), assumono rilevanza per la definizione di aree omogenee e la successiva applicazione delle tecniche di frutticoltura di precisione. In questo caso, l'applicazione di sensori a controllo remoto che consentano la descrizione e la correlazione tra i risultati produttivi reali e quelli ottenuti mediante la mappatura remota consentirebbe una riduzione sostanziale dei costi e l'aumento del grado di adozione tecnologica.

Una simile modalità di interventi aziendali può portare quindi a vantaggi di ordine agronomico mediante l'accrescimento della performance della coltura, economico, attraverso il miglior utilizzo degli input e la riduzione dei costi colturali ed ambientali, permettendo di incrementare l'efficienza del sistema produttivo attraverso una gestione ottimale degli interventi.

Una delle metodologie che viene attualmente testata in diverse aree frutticole del Brasile si basa sull'analisi della conducibilità elettrica del suolo, proprietà intrinseca dello stesso (Castro e Molin, 2006), al fine di indi-

viduare l'eventuale correlazione con alcuni fattori considerati importanti quali: contenuto di argilla, umidità, capacità di scambio cationico, tenore di calcio e magnesio scambiabili, distribuzione degli strati del profilo del suolo, contenuto di sostanza organica e di sali nella soluzione del suolo (Molin *et al.*, 2005).

L'obiettivo del presente studio, non ancora concluso, è quello di valutare la variabilità spaziale all'interno di un meleto commerciale attraverso la mappatura strutturale del suolo, la densità volumetrica, la resistenza alla penetrazione, la conducibilità elettrica, la produttività e la qualità dei frutti e verificare se esista tra gli stessi parametri una correlazione mediante analisi geostatistiche.

Materiali e metodi

La prova, giunta al termine del primo anno, è stata impostata in un meleto commerciale della varietà Fuji di 13 anni ubicato nel comprensorio di Vacaria (Rio Grande do Sul). All'interno del frutteto è stata individuata l'area sperimentale costituita da otto filari distribuiti su due appezzamenti e per una superficie totale di 3,5 ha

Traduzione ed adattamento di Giovambattista Sorrenti - Dipartimento di Scienze Agrarie, Università di Bologna

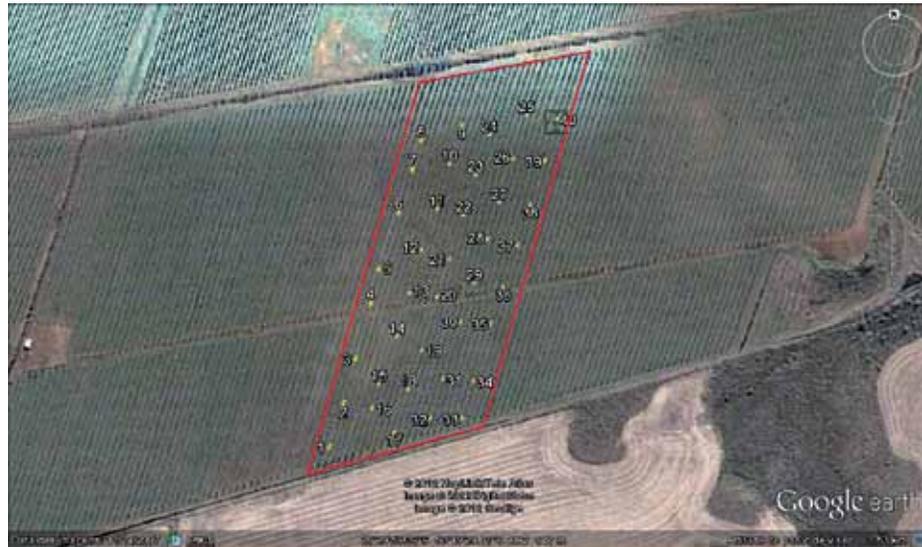
nella quale sono stati individuati e georeferenziati (DGPS Manual de Navegazione, TRIMBLE, Etrex) 40 punti di campionamento del suolo (Fig 1).

Per i punti così identificati sono stati eseguiti campionamenti di suolo e, sulla pianta più prossima al punto stesso, sono stati campionati dei frutti. La conducibilità elettrica (CE) (solo per questo parametro sono stati raccolti 4994 dati ed i campioni sono stati prelevati solo nell'interfilare) è stata misurata mediante un sensore in continuo per induzione magnetica Veris 3100 (Fig. 2) (Veris, 1997), la resistenza alla penetrazione (campioni prelevati sia sulla fila sia nell'interfila) attraverso un penetrometro manuale (Camargo *et al.*, 2009), oltre alle tradizionali determinazioni chimiche (Arshad *et al.*, 1996). Per ognuno dei 40 punti selezionati, le proprietà del suolo sono state messe in relazione alle caratteristiche dei frutti: calibro (valore relativo al diametro del frutto inversamente proporzionale al numero dei frutti in un campione rappresentativo di 18 kg), residuo solido rifrattometrico ($^{\circ}$ Brix), consistenza della polpa (kg), componenti del colore della buccia "L" (esprime la luminosità della buccia) ed "a" (esprime la variazione tra la componente verde e rossa della buccia).

Per ognuna delle 10 piante scelte sono stati prelevati, in maniera randomizzata, 6 frutti, 3 per ogni lato del filare. Inoltre, è stato conteggiato il numero di frutti per pianta e, per determinazione indiretta ($n. \text{frutti} \cdot \text{peso medio}$), la produttività per albero (kg pianta^{-1}). La variabilità tra i 40 punti individuati e la loro influenza sulla produzione è stata determinata attraverso l'analisi geostatistica utilizzando il software Stat (Vieira *et al.*, 2002).

I semivariogrammi (usati per descrivere la relazione tra le variabili di un sistema a differenti intervalli e distanze fisiche sul terreno; Manfrini e Corelli Grappadelli, 2008), sono stati adattati mediante modelli matematici opportuni, mentre i programmi informatici e i processi di costruzione e adattamento dei semivariogrammi si basano su quanto descritto da Vieira *et al.* (2002).

È stato calcolato il grado di dipendenza spaziale (GD) che rappresenta la proporzione in percentuale del "partial sill" (C_1) in relazione alla soglia (C_0+C_1), considerando valori di correlazione deboli di quelli inferiori a 25%, correlazione



▲ Fig. 1 - Mappa satellitare dell'impianto e localizzazione dei punti georeferenziati.



▲ Fig. 2 - Attrezzatura impiegata per la determinazione in continuo della CE del suolo.

moderata i valori compresi tra 25 e 75 e di correlazione elevata quelli superiori a 75% (Zimback, 2001). I valori così stimati sono stati impiegati per la realizzazione di isolinee, in funzione della coordinata geografica. L'uso del "kriging" quale strumento di interpolazione, ha permesso di evidenziare la variabilità spaziale di una determinata area, poiché proprio a partire da questa è possibile la costruzione delle isolinee sulla mappa.

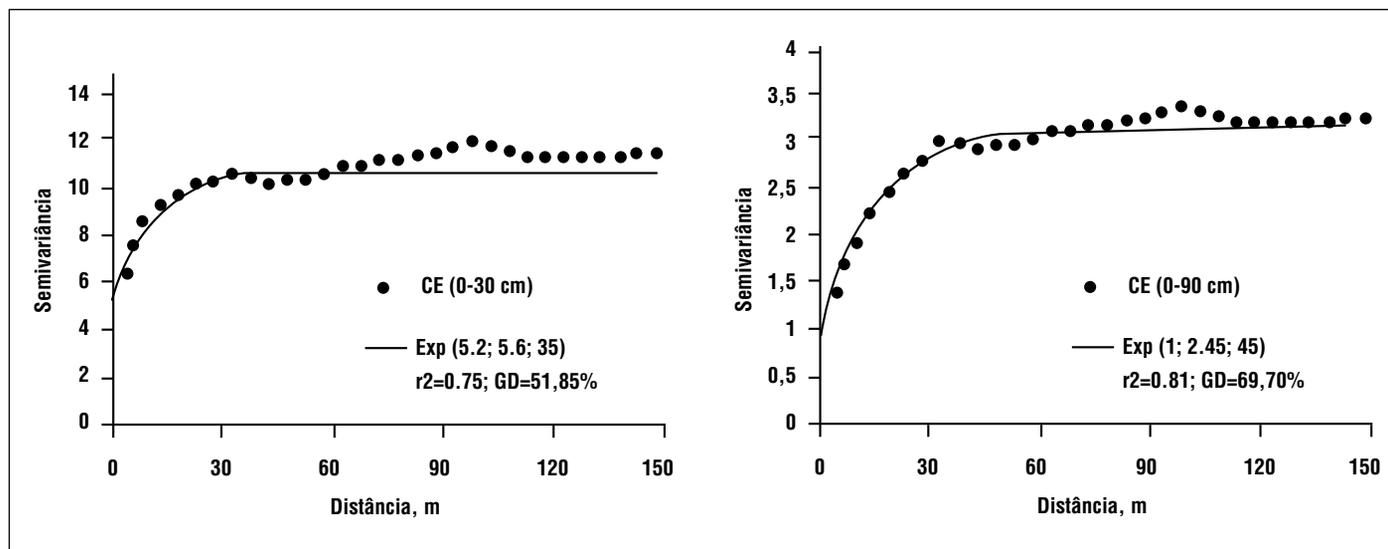
Risultati e discussione

È emersa una correlazione spaziale per tutti i parametri in considerazione, ad eccezione della resistenza alla penetrazione (RP) sulla fila e per il contenuto di sostanza organica (Tab. 1).

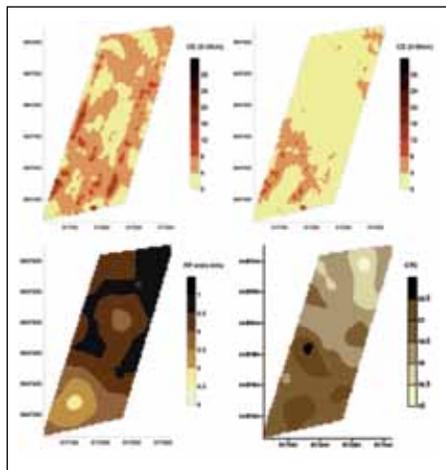
La maggior parte dei parametri fisici e chimici del suolo ha presentato

indici di variabilità da basso a moderato, ad eccezione della CE che ha presentato un CV del 63,95%. L'elevata densità dei punti di campionamento (4994) e l'elevata variabilità dei valori di CE hanno dato origine a valori di asimmetria e curtosi lontani da 0, indicando la non normalità dei dati. Anche l'analisi statistica relativa ai dati qualità dei frutti ha evidenziato indici di variabilità da basso a medio, con eccezione della componente di colore "a" (50,23%), sebbene i valori di asimmetria e curtosi indicano una distribuzione normale della frequenza.

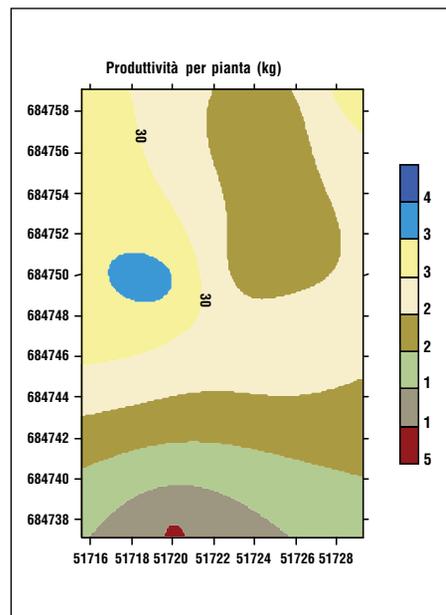
I semivariogrammi adattati per le funzioni esponenziale e sferica hanno mostrato una correlazione spaziale per tutti i parametri fisici e chimici del suolo studiati, con eccezione della resistenza alla penetrazione (RP) misurata sulla fila e del contenuto di sostanza



▲ Fig. 3 - Semivariogramma relativo alla CE del suolo del frutteto.



▲ Fig. 4 - Mappa della conducibilità elettrica (CE) tra 0-30 e tra 0-90 cm di profondità, resistenza alla penetrazione sulla fila e CSC del suolo.



▲ Fig. 5 - Mappa delle isolinee della produttività per pianta espressa in kg/pianta.

organica, in accordo con quanto già emerso da Sánchez *et al.* (2010) su banana. Per i parametri di qualità dei frutti è emersa una correlazione spaziale ad eccezione del contenuto di solidi solubili, le componenti di colore L e "a" e la produzione per pianta per la quale non è stato possibile applicare alcuna funzione matematica e, pertanto, non è stata evidenziata alcuna dipendenza spaziale.

La correlazione spaziale per i parametri considerati è variata tra 35 e 90 m, che indica come questa si collochi all'interno della fascia di distanza per le variabili studiate in campo.

Per i parametri che hanno presentato dipendenza spaziale, in accordo con la classificazione di Zimback (2001), il grado di correlazione (GD) è variato da moderato ad elevato, il che indica che la distanza intercorsa tra due punti consecutivi di campionamento è risultata sufficiente per esprimere l'occorrenza della variabilità spaziale stessa.

Le variabili per le quali sono stati costruiti i semivariogrammi sono stati sottoposti all'interpolazione mediante "kriging" e le relative mappe di isolinee ottenute (Fig. 5) suggeriscono che, sebbene siano necessarie ulteriori conferme sperimentali, la conducibilità elettrica fino a 30 cm, la CSC e la resistenza alla penetrazione del suolo nell'interfila hanno presentato un certo grado di correlazione positiva.

La produttività delle piante all'interno dell'area sperimentale ha presentato una variabilità significativa, con valori compresi tra 9,5 e 37,1 kg/pianta, per cui non è stato possibile determinare alcuna dipendenza

spaziale, indicando la necessità di disporre di un numero superiore a 10 campioni per ogni appezzamento al fine di ottenere una valida risposta dall'analisi geostatistica. I valori sono stati sottoposti all'analisi del software Surfer per l'ottenimento di mappe per l'analisi visuale non considerando i semivariogrammi generati.

In figura 5 si osservano i gruppi di piante caratterizzati da differenti livelli di produttività, essendo la media dell'area di circa 25 kg/pianta. Per i parametri del suolo considerati è stata osservata una moderata correlazione visiva significativa con la produttività, richiedendo tuttavia l'applicazione di modelli statistici più rigidi per una valutazione più approfondita.

È necessario sottolineare che l'impianto in questione è stato gestito in maniera autonoma dal produttore e che il presente lavoro si è limitato alla raccolta dei dati, senza intervenire agronomicamente in funzione delle indicazioni ottenute. Inoltre, bisogna riportare che durante la sperimentazione sembra essere intercorso un fenomeno di deriva di un trattamento erbicida effettuato nell'area confinante che può giustificare i bassi livelli di produttività osservati nella porzione inferiore della figura 5.

Conclusioni

La variabilità del suolo a livello strutturale di ogni superficie del frutteto è una caratteristica importante per il successo della coltura, ancora poco percepito dalla maggioranza degli operatori, soprattutto in regioni come



quella brasiliana in cui le estensioni dei frutteti sono molto ampie. L'applicazione dell'analisi spaziale mostra che la conoscenza approfondita delle informazioni relative al suolo del frutteto può dare indicazioni che possono essere di aiuto nella pianificazione di un nuovo impianto e nella gestione di ogni singola parte dello stesso, favorendo in maniera sostanziale l'ottimizzazione delle produzioni. Emerge la potenzialità legata alla frutticoltura di precisione sebbene le mappe basate sulla conducibilità elettrica del suolo hanno presentato scarsa correlazione. Si riscontra, invece, la relazione tra valori elevati di conducibilità elettrica in corrispondenza di alti valori di CSC e bassi di resistenza alla penetrazione. Non è stata verificata alcuna relazione tra la produttività dell'impianto e i parametri di conducibilità elettrica (CE), capacità di scambio cationico (CSC) e resistenza alla penetrazione (RP).

Le informazioni relative alla produttività dell'impianto desunte da 10 alberi distribuiti in maniera randomizzata nell'impianto e l'utilizzo di 40 punti di campionamento della variabilità del suolo sono risultate insufficienti per verificare l'esistenza di correla-

zione tra la produzione e le proprietà fisico-chimiche del terreno, rendendosi necessarie ulteriori verifiche ed aumentando il numero dei punti di campionamento.

SUMMARY

EVALUATION OF SOME PHYSIC-CHEMICAL SOIL PARAMETERS INFLUENCE IN APPLE ORCHARD PRODUCTION

The application of precision agriculture in apple orchards in Brazil is still incipient. Insufficient data to define basic physicochemical parameters which are relevant to the representative yield in relation to soil variability, forcing the producers to collect data from the beginning, making the process costlier. The results of this study found no correlation between productivity and the physic-chemical properties of soil, however, suggest that the planning of plots uniforms should only be done by taking into account these principles at the time of implantation, avoiding future productivity changes derived from management environment.

BILIOGRAFIA

- ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.). Methods for assessing soil quality. Madison : Soil Science Society of America, 1996. p.123-141. (SSSA Special Publication, 49).
- CAMARGO, O.A. et. al. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do instituto agrônomo de Campinas. Campinas, Instituto Agrônomo, 2009. 77 p.

CASTRO, C. N. ; MOLIN, J.P. Aliada potencial, Cultivar, Pelotas, p.8-11, 2006.

COELHO, A. M. Agricultura de Precisão: Manejo da Variabilidade Espacial e Temporal dos Solos e das Culturas : In: Alvarez, V. H. et al. Tópicos em ciência do Solo. v.3. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003, p. 249-290.

Manfrini L. e L. Corelli Grappadelli. 2008. Frutticoltura di precisione: applicazione dell'analisi spaziale nella gestione delle pratiche colturali. Frutticoltura, 12: 24-28.

MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L.M.; PAULETTI, V.; SCHMIDHALTER, U.; HAMMER, J. Mensuração da condutividade elétrica do solo por indução e sua correlação com fatores de produção, Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.2, p.420-426. 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. Feeding the world: the sustainable management of natural resources: Roma, 2010.

VERIS TECHNOLOGIES. CE FAQ; Manuals. Disponível em <http://www.veristech.com/>, acesso em 16/11/11.

VIEIRA, S. R.; MILLETE, J. A.; TOPP, G. C. & REYNOLDS, W. D. Handbook for Geostatistical analysis of variability in soil and meteorological parameters. In: ALVAREZ, V. H. (Ed.). Tópicos em Ciência do Solo 2, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, p 1-45, 2002.

ZIMBACK, C.R.L. Análise espacial de atributos químicos de solo para o mapeamento da fertilidade do solo. Botucatu, Unesp, 2001, 114p. Tese de livre docência. ■

¹Metodo di regressione, meglio noto come processo gaussiano, usato nell'ambito dell'analisi spaziale geostatistica che consente di interpolare una grandezza nello spazio, minimizzando l'errore quadratico medio (Ndb).

Syllit[®]

A base di **DODINA**,
unica molecola della famiglia delle guanidine
PENETRANTE, PREVENTIVO, CURATIVO
resistente al dilavamento può
essere utilizzato su pianta bagnata
attivo anche a basse temperature (**da 6°C**)

SCACCO ALLA BOLLA IN TRE MOSSE:

- 1 trattamento autunnale alla caduta delle foglie
- 2 trattamento di fine inverno ad apertura gemme
- 3 trattamento a bottoni rosa

Syllit[®] 355 SC (355 g/l) Xi-N
Syllit[®] 65 (65% WG) Xn-N

AGRIPHAR GROUP TERRANALISI
Marchio di Agriphar Italia

Sede legale: via Nino Bixio, 6 - 44042 Cento (Fe)
Sede amministrativa: via Donizetti, 2/a - 44042 Cento (Fe)
Tel. 051 6836207 - Fax 051 6835777
e-mail: agripharitalia@agripnar.com - www.agripnaritalia.it

Fungicida a base di Dodina