



Agriregionieuropa anno 14 n°53, Giu 2018

## Digitalizzazione ed alta tecnologia, nuovi scenari per la gestione delle

### coltivazioni arboree

Una crescita che necessita di cura e responsabilità

Marco Vieri <sup>a</sup>, Daniele Sarri <sup>a</sup>, Marco Rimediotti <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Università degli Studi di Firenze, Dipartimento GESAAF - AgriSmartLab

### Abstract

Il settore agricolo sta attraversando un passaggio culturale che risulta piuttosto caotico, a causa di un mercato che propone soluzioni tecnologiche, spesso non ancora appropriate per essere introdotte proficuamente. Questo nuovo approccio richiede, invece, una efficace identificazione della architettura tecnologica, della formazione degli operatori e della creazione ottimale, affidabile di prodotti e servizi.

### Introduzione

Tutte le nostre attività sociali stanno affrontando il nuovo paradigma tecnologico della digitalizzazione e della connettività, per una ottimizzazione nella gestione delle informazioni; nei comparti più avanzati del settore industriale questa evoluzione ha preso il nome di "industria 4.0". Il settore agricolo sta rincorrendo velocemente questa sfida soprattutto, in quelle attività produttive che si svolgono in ambienti "protetti", come le serre e l'agroindustria (stalle, cantine, oleifici, industrie di trasformazione, ecc.) dove è possibile creare condizioni pienamente controllabili.

Ben diverso è il caso del "*farming*", ovvero tutte quelle attività agricole che si attuano in ambiente aperto e che sono soggette alla variabilità climatica ed alle relative risposte degli elementi territoriali: i versanti, le esposizioni, il suolo con le sue caratteristiche strutturali e di gestione, la struttura orografica, le sistemazioni etc, che richiedono continui aggiustamenti gestionali per la mutevolezza delle condizioni e la conseguente tempestività operativa.

Digitalizzazione, connettività ed alta tecnologia rappresentano a pieno titolo l'attuale paradigma, un nuovo capitolo nell'uso degli strumenti per le produzioni, soprattutto in agricoltura. Come nelle precedenti rivoluzioni tecnologiche quello attuale è un passaggio caotico dove all'imprenditore viene proposto un universo di tecnologie, spesso non ancora appropriate e mature per il loro uso efficace e proficuo. La prospettiva futura viene costantemente anticipata senza dare informazioni precise sui tempi ed i passaggi necessari per la sua efficace attuazione; ad esempio la diffusione degli pneumatici in agricoltura, introdotti dagli Alleati nel dopoguerra, ha richiesto più di un decennio di sviluppo: il miglioramento del prodotto, la ricerca delle necessarie compatibilità con le macchine di cui fanno parte, la formazione del personale addetto, la creazione di nuove attività relative alla vendita, assistenza e riparazione.

Inoltre, nel *farming* vi è ancora un approccio tecnologico non sistemico: l'innovazione emergente è poco sviluppata e spesso proposta da produttori non inseriti nei processi produttivi agricoli o realizzata in modo frammentato da organismi di ricerca, che identificano il simulacro, ma non hanno il ruolo di creare produzioni di mercato normalizzate e affidabili.

Eppure nel ritrovato approccio sistemico della Agricoltura di Precisione, le misurazioni ed il controllo puntuale necessitano di queste tecnologie innovative ed è necessario che questa rivoluzione gestionale segua percorsi di razionalizzazione come il "*lean manufacturing*" (produzione snella) che hanno messo in ordine, razionalizzato e rese proficue le aziende manifatturiere più attente e innovative.

Come nella rivoluzione della meccanica, che abbiamo vissuto quasi un secolo fa, è necessario creare quello che si chiama un "ecosistema produttivo" affidabile, equilibrato efficace; prendendo l'esempio dell'introduzione dei trattori in agricoltura, l'acquisizione della meccanica agraria è diventata proficua quando: le macchine sono diventate appropriate e affidabili, i servizi di rivenditore,

motorista, meccanico, gommaio sono diventati presenti nel territorio (nei 100 km), si sono costituiti centri di formazione (Famoso in Toscana era il Centro di formazione alla Meccanizzazione Agricola di Borgo a Mozzano (Lucca) finanziato dal Governo e dalla Esso). La corretta introduzione di questo nuovo paradigma richiede, quindi, una particolare cura e responsabilità nella identificazione della architettura tecnologica, della formazione degli operatori, della creazione di prodotti e servizi che siano affidabili, interoperabili, proficui.

Questo è ciò che emerge anche dagli studi e dalle dichiarazioni della Unione Europea nella Carta di Cork (*European Commission*, 2016) e nei due documenti del centro studi del [Parlamento Europeo](#) sulla Agricoltura di Precisione ([Parlamento Europeo](#), 2016) che rappresentano pietre miliari in questo paradigma.

## Agricoltura 4.0?

Oggi riprendendo il termine “industria 4.0” si attribuisce una corrispondente versione all'agricoltura, senza riferirla spesso ai passaggi consecutivi, con il rischio di non mutuare ma di parodiare questo nuovo approccio.

In generale si può dire che le grosse evoluzioni sistemiche nella agricoltura moderna cominciano con la nascita delle Accademie nel 1700, fra cui spicca quella della Accademia dei Georgofili a Firenze nel 1753. In questa prima rivoluzione del sistema agrario, il dibattito sulle tecniche e sui modelli organizzativi portò allo sviluppo di nuovi sistemi produttivi, alle unità strutturali autonome come il “podere” in Toscana, alle prime scuole di agricoltura, allo sviluppo di attrezzi come l'aratro a versoio Lambruschini Ridolfi (1924), o il primo motore endotermico Barsanti e Matteucci (1853). Tale rivoluzione trova esempi eccellenti in Italia e Europa; nel 1827, in Irlanda, Patric Bell aveva realizzato la prima mietitrice meccanica (Atti dell'Accademia dei Georgofili, 2011)

La seconda rivoluzione in agricoltura avviene nel secondo dopo guerra ed è chiamata “rivoluzione verde” e, anche grazie all'esuberanza produttiva dell'industria bellica, portò all'esteso inserimento di macchine e prodotti chimici. Tale impulso ebbe il pregio di aumentare le produzioni unitarie e garantire la [sicurezza alimentare](#) ad un continente stremato da due guerre mondiali.

Negli anni '90, tuttavia, gli effetti negativi di questo approccio “estrattivo” delle pratiche agricole si manifestano in forme evidenti: diffusione di prodotti chimici (eutrofizzazione delle acque, residui negli alimenti, dilavamento dei terreni, ecc.). In quegli anni nell'America settentrionale, muoveva i primi passi la cosiddetta “agricoltura di precisione” che grazie alla disponibilità dei sistemi di posizionamento satellitare e dei dati rilevati dai satelliti Sentinel, poteva ottimizzare gli interventi adeguando gli *input* alle capacità di risposta dei terreni. In Europa con l'Ecpa (*European Conferences on Precision Agriculture*) iniziate nel 1997, l'agricoltura di precisione è stata indirizzata verso la sostenibilità, che è ottenibile su vasta scala solamente con controlli puntuali nelle diverse fasi dei processi. Questo nuovo approccio tecnologico, unitamente ad una ritrovata agricoltura analitica, è da considerare l'inizio della terza rivoluzione in agricoltura che lentamente, attraverso sempre più accessibili strumenti digitali e di automazione, si sta attuando.

Si può parlare di “agricoltura 4.0” con l'introduzione della connettività digitale e quindi con quello che viene oggi definito come IoT (internet delle cose). I presupposti di sviluppo di questo nuovo aspetto del nuovo paradigma di digitalizzazione ed alta tecnologia sono stati per la prima volta definiti nel 2017, nel primo seminario europeo su *Digital Innovation Hub* (*European Commission*, 2017) e si stanno testando su vasta scala nel grande progetto europeo *Internet of Food and Farm 2020* ([www.iof2020.eu](http://www.iof2020.eu)).

## L'Agricoltura di Precisione non è tecnologia ma si avvale della tecnologia

Il cuore reale della innovazione è la possibilità di attuare in maniera effettiva e proficua una Agricoltura di Precisione Sostenibile. La disponibilità di tecnologie di misura e di gestione automatizzata ci permette di riappropriarsi della complessità della materia agronomica, in particolar modo nelle colture all'aperto e ancora di più nelle coltivazioni arboree. La conoscenza delle condizioni del suolo della coltura, dell'ambiente e di altri fattori come la dinamica delle popolazioni dei parassiti, rappresenta il primo grande strumento di realtà aumentata che ci permette di incrementare le nostre capacità di gestione sia nel particolare che nell'estensione della nostra azione.

Le applicazioni a rateo variabile, dai nutrienti agli induttori di resistenza, agli antiparassitari, all'acqua consentono di razionalizzare le risorse con una riduzione di [costi diretti](#) e dell'impatto ambientale. Il suolo nelle coltivazioni arboree viene considerato sempre più come coltura ancillare a quella produttiva, per il mantenimento della fertilità della biocenosi ipogea, sono noti, infatti, i vantaggi di colture temporanee di sovescio che incrementano il vigore (leguminose), o lo riducono (graminacee e crucifere), permettendo di controllare la variabilità fra zone disomogenee dell'impianto (Vieri, 2004). Ecco che strumenti di realtà e conoscenza aumentata rendono possibile la gestione ottimizzata degli innumerevoli fattori che regolano l'andamento delle coltivazioni.

Le buone prassi di inerbimento controllato o di pacciamatura vegetale temporanea richiedono il supporto dei ricercatori di agronomia e patologia che possano, ad esempio, individuare soluzioni per attuare queste pratiche conservative, eliminando o inibendo le erbe che proteggono parassiti.

In questo obiettivo, la tecnica di applicazione deve necessariamente seguire un metodo e quello del “*lean processing – lean farming*”

può essere una guida potente. Il principio industriale della “produzione snella” si fonda su 5 cardini che vengono indicati anche come le 5S: *Sort, Set in order, Shine, Standardize, Sustain*. Detto in altri termini, il ciclo migliorativo richiede di: identificare, mettere in ordine, eliminare il non necessario, normalizzare questo processo e applicare efficacemente la strategia di miglioramento.

Questi sono solo alcuni esempi di come alta tecnologia, riscoperta e focalizzazione dei fenomeni agro-bio-ambientali devono trovare sinergia e complementarità. Purtroppo, spesso siamo abbagliati dallo stupore di nuove tecnologie (il drone ne è un esempio) e non vediamo l'architettura complessiva della nuova macchina produttiva; quindi non ne consideriamo neppure i tempi ed i passi necessari per costruire questo nuovo sistema produttivo, abbagliati dall'euforia per l'innovazione percepita.

## Deontologia nella introduzione di innovazione

I sistemi tecnologici per essere proficui devono trovare un loro preciso ambito applicativo. La Toscana in tal senso ha promosso la *High Tech Farming Platform* nell'ambito dell'*Agrofood Smart Specialization Strategies (European Commission, 2018)* evidenziando come le nuove tecnologie di Digitalizzazione e *Smart Specialization* devono essere identificate in [cluster](#) di strumenti abilitanti come evidenziato nella figura 1.

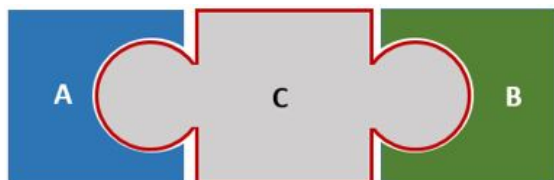
**Figura 1** – Identificazione delle tecnologie abilitanti nello *Smart Farming*



Fonte: Gesaaf-Unifi, 2017

Il “prodotto della innovazione” deve essere conforme ai sistemi cui si collega. Ne abbiamo un esempio con il sistema tecnologico della conduzione/guida automatica del trattore nelle colture di pieno campo; che si è oggi innestato in modo soddisfacente fra il “sistema Gps” e il “sistema trattore”.

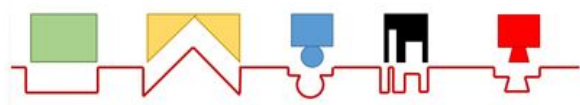
**Figura 2** - compatibilità, interconnettività e efficacia dei sistemi. A – sistema Gps; B – sistema trattore, C – sistema guida automatica dei trattori su pieno campo



Fonte: Gesaaf-Unifi, 2017

Nelle tecnologie avanzate a servizio della agricoltura di precisione, molti “prodotti di alta tecnologia” devono, invece, trovare ancora una loro maturità tecnologica, non tanto di prodotto, ma di sistema finito e integrabile. Ad esempio alcune applicazioni della fotonica, che costituisce materia scientifica necessaria per lo sviluppo dei sensori, rappresentano un tassello fondamentale che si deve integrare in un sistema necessario ad utilizzare la tecnologia in maniera proficua (Figura 3), poiché ha necessità di elementi tecnici finiti, complementari o ancillari, tecnologicamente maturi e compatibili, a monte ed a valle, così come riportato in forma semplificata nella tabella 1. Nello sviluppo dei nuovi sistemi di alta tecnologia risulta quindi di fondamentale importanza l’approccio multiattore e multicompetenza: servono tutte le figure indicate nella colonna “chi fa cosa” della tabella 1, cui si aggiungono i servizi di assistenza tecnologica e tecnica. Non considerare la complessità di questi sistemi di alta tecnologia e la necessaria complementarità delle competenze comporta il rischio di abbassare il livello qualitativo di tale approccio, allungarne i tempi di raggiungimento della maturità tecnologica necessaria per diventare efficace, attuabile e proficua.

**Figura 3** – Maturità del sistema tecnologico multicomponente. Ogni tecnologia trova la sua “sede” appropriata nel processo che costituisce il sistema



Fonte: Gesaaf-Unifi, 2017

**Tabella 1** - Catena tecnica di sistema nelle *High Tech Farming*

Elemento	Tipo di prodotto	Problemi e necessità	Chi fa cosa
Satellite, aereo, drone, centraline, dispositivi onboard	Vettore	Problema della risoluzione e della frequenza e affidabilità dei rilievi	Sistema ingegneristico
Sensori fotonici, ecc	Sensori	Misura diretta o indiretta? Valori reali o indici?	Fisico ricercatore
Dati digitali	Dati grezzi	Interconnettività	Informatico
Trasmissione dati	Telecomunicazioni	Banda larga Unb	Ingegnere ricercatore
Convertitore dati	Dati normalizzati	Sviluppo applicazioni	Informatico
Sistemi informativi digitali	Gis + Digital Hubs territoriali	Creazione di Hubs territoriali di servizio.	Agroinformatico Servizi informatici
Analisi dati aggregati	Modelli biologici e ambientali	Carenze nelle scienze agronomiche: necessità di conversione fra indicatori e valori reali impiegabili nella gestione	Agronomo ricercatore
Decisore e mappa di prescrizione	Interfaccia manager	Maggiore sviluppo di modelli di supporto alle decisioni	Agronomo Agroinformatico
Piano di missione per le macchine Vrt	File di istruzioni alla macchina	Formazione di agroelettronici ed agroinformatici	Ingegnere agrario Agroinformatico e Agroelettronico
Macchina operatrice Vrt	Automazione	Formazione di agroelettronici ed agroinformatici	Ingegnere agrario Agroelettronico

Fonte: Gesaaf-Unifi, 2018

E’ necessario che queste considerazioni siano chiare per tutti gli attori del sistema agricolo (ricercatori, produttori, professionisti ed utilizzatori) nella consapevolezza che gli ecosistemi produttivi richiedono tempo nella ottimizzazione degli strumenti tecnologici, nella creazione di reti di servizio e assistenza, nella formazione al loro corretto impiego (Fabbri *et al.*, 2017)

Negare questa attenzione deontologica, nell’intento di precorrere i tempi, comporta alti rischi di fallimento nelle filiere produttive con l’insorgenza di fasi di recessione e involuzione nella proficua introduzione di questa fondamentale opportunità di innovazione.

## Le tecniche per l’arboricoltura di precisione

In merito allo scenario tecnologico prevedibile nelle colture arboree, la letteratura è ormai ampia sulla disponibilità di sistemi e dispositivi. Nella tabella 2 è evidenziata una griglia di impiego delle tecnologie innovative impiegabili nella attuazione delle pratiche di agricoltura di precisione sostenibile. Si ponga molta attenzione al fatto che l’agricoltura di precisione non è tecnologia; usa la tecnologia per attuare le migliori osservazioni e le conseguenti pratiche in maniera puntuale e su ampia scala.

**Tabella 2** - Analisi della applicazione di Digitalizzazione ed Alta tecnologia alla Viticoltura ed Olivicoltura di Precisione



Operazioni di campo	Scopo	Azione	Quale misura per quale scopo	Quali tecnologie avanzate
Realizzazione di impianto	Uniformare le condizioni di impianto, conservare la biocenosi e fertilità, eliminare ristagni idrici.	Profilare il terreno, garantire il franco di coltivazione, attuare i necessari drenaggi	Saggi e tecniche geometriche (Arp, geomagnetismo) per individuare indicatori sitospecifici caratterizzanti il terreno	Fotonica, elettronica, analisi dati, sistemi di supporto decisionale, mappe di stato.
Gestione del suolo	Creare condizioni di compatibilità fra transito dei veicoli e conservazione delle caratteristiche del suolo	Analisi sitospecifica delle caratteristiche del suolo coltivato dovuti al transito. Gestione differenziata (Vrt) dell'inerbimento, e delle lavorazioni	Tecniche Arp e Ndvì, mappe di stato e di prescrizione per controllo dello stato del suolo	Fotonica, elettronica, analisi dati, sistemi di supporto decisionale, mappe di stato.
Fertilizzazione	Uso misto di nutrienti, induttori di resistenza, antiparassitari e inibitori delle infestanti con tecniche di applicazione a rateo variabile (Vra)	Sensori di stato vegetativo, rete a maglia locale (fog network) di centraline meteorologiche, sistemi di supporto decisionale, applicazioni Vra	Ndvì - IR - Nir, a livello remoto intermedio prossimale Dss. Mappe di stato e di prescrizione, automazione e robotizzazione per il controllo delle necessità nutritive	Fotonica, elettronica, analisi dati, sistemi di supporto decisionale, mappe di stato. Interconnettività digitale, Automazione, robot Vra
Irrigazione e controllo delle erbe infestanti	Controllo dello stato idrico anche a seguito dei cambiamenti climatici	Sensori di stato vegetativo, rete a maglia locale (fog network) di centraline meteorologiche, sistemi di supporto decisionale, applicazioni Vra	Ndvì - IR - Nir, ecc a livello remoto intermedio prossimale Dss. Mappe di stato e di prescrizione, automazione e robotizzazione per il mantenimento delle condizioni ottimali e l'eliminazione della competitività	Fotonica, elettronica, analisi dati, sistemi di supporto decisionale, mappe di stato
Monitoraggio delle malattie	Controllo fitoiatrico con riduzione al minimo dell'impiego di prodotti e del numero di interventi	Sensori di stato vegetativo, rete a maglia locale (fog network) di centraline meteorologiche, sistemi di supporto decisionale, applicazioni Vra	Impronta spettrale delle malattie (Nir), sensori centraline micrometeo, mappe spaziali digitali di controllo puntuale dell'insorgenza di sintomatologie	Fotonica, elettronica, analisi dati, sistemi di supporto decisionale, mappe di stato. Interconnettività digitale, robot di applicazione Vra
Operazioni di difesa fitosanitaria	Irrorazione Vra, controllo delle dispersioni	Caratterizzazione della chioma vegetale per il corretto dimensionamento dell'applicazione puntuale	Lidar, fotogrammetria, US, IR, Ndvì, sensori e mappe di prescrizione. Sensori a bordo dell'attrezzatura	Sensori, elettronica di interconnettività, data fusion, automazione e controllo automatico della guida, robot di applicazione Vra
Diradamento e defoliazione	Controllo della vigoria della chioma e dello stato del prodotto	Defogliatrici Vrt	Sensori IR, Ndvì. Sistemi di supporto alle decisioni, automazione per Vra	Sensori, elettronica di interconnettività, data fusion, automazione e controllo automatico della guida, robot di applicazione Vra
Raccolta differenziata	Raccolta differenziata nelle aree omogenee	Dati georeferenziati da sensori di controllo della maturazione	Sensori IR, Ndvì. Sistemi di supporto alle decisioni, mappe di prescrizione, automazione per Vrt	Sensori, elettronica di interconnettività, data fusion, automazione e controllo automatico della guida, robot di applicazione Vra
Indicatori di controllo della sostenibilità	Contabilità dell'uso delle risorse	Strumenti di tracciabilità	Telemetria, controllo flotte, controllo dati aziendali di processo	Farming 4.0

Fonte: Gesaaf-Unifi, 2018

Le tecnologie disponibili hanno uno sviluppo velocissimo tale da rendere realmente ipotizzabile l'impiego di robot o flotte di robot (Sarri *et al.*, 2013). Ma fallimentare, pericoloso e contrario al concetto di agricoltura di precisione sostenibile, sarebbe immaginare, in un prossimo futuro, di affidare tutto alla "macchina", delegando la fatica della gestione delle scelte strategiche ad una intelligenza artificiale.

## Conclusioni

In conclusione possiamo considerare complementari i 2 nuovi paradigmi, della agricoltura di precisione, della digitalizzazione ed alta tecnologia, che rappresentano una opportunità fondamentale per lo sviluppo di "conoscenza e capacità aumentate", in una interferenza di territorio fra agricoltura, servizi, sistema educativo e della ricerca.

Risultano estremamente importanti 3 considerazioni emerse dal recente seminario Scar-Akis su "Programmazione la ricerca e l'innovazione per migliorare gli impatti" (Scar Akis, 2018):

- il punto cruciale nel costruire un percorso di innovazione è la generazione di "casi di uso" (nell'adozione, la trasformazione e l'adeguamento) ad una evoluzione di sistema che sia migliorativa per i processi e i relativi attori, attraverso l'approccio multicompetenze;
- poiché l'evoluzione di sistema è generata in tempi medio lunghi si deve valutare, non tanto il singolo progetto, ma un insieme sinergico (**cluster**) di progetti che simultaneamente, contribuiscono nel tempo ad indicare la traiettoria di innovazione;
- l'approccio attuale deve indurre il cambiamento attraverso una "narrativa dell'evoluzione" che possa descrivere anticipatamente il plausibile percorso di innovazione. Questo percorso sarà progressivamente riaggiustato e trasformato in linee reali documentate di trasformazione innovativa. Da qui la necessità di strutturare urgentemente il sistema educativo e formativo che possa guidare questo percorso e gestire queste nuove tecnologie di produzione.

## Riferimenti bibliografici

- European Commission (2016). Dichiarazione Di ork 2.0 "Una vita migliore nelle aree rurali" Lussemburgo: Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea, 2016 Print Isbn 978-92-79-63440-6 doi:10.2762/35710 KF-01-16-997-IT-D PDF ISBN 978-92-79-63416-1 doi:10.2762/011384 KF-01-16-997-IT-N. retrieved from: - [pdf], accessed 15/06/2018
- European Commission. (2017). Eip-Agri Seminar Digital Innovation Hubs for Agriculture. Kilkenny (IR). [link]
- European Commission (2018) S3 High tech farming platform, retrieved from: [link], accessed 15/06/2018
- Giornata di studi: Cento anni del primo trattore italiano. Accademia dei Georgofili 11 giugno 2011. Atti dell'Accademia dei Georgofili. Anno 2011 – Serie VIII-Vol.8- (187° dell'inizio)-Tomo II. Issn 0367/4134
- Precision agriculture and the future of farming in Europe. Scientific Foresight Study Unit (Stoa).– PE 581.892 IP/G/STOA/FWC/2013-1/Lot 7/SC5 December 2016 - [pdf]
- Precision agriculture in Europe. Legal, social and ethical Considerations. Eprs | European Parliamentary Research Service. Scientific Foresight Unit (Stoa). November 2017 – PE 603.207 [pdf]. Il progresso della meccanizzazione agraria: storia di uomini e necessità, capacità e risorse.
- Sarri D., Rimediotti M., Lisci R., Vieri M. (2013) The rhea-project robot for tree crops pesticide application. Proceedings 9th european conference on precision agriculture, Lleida, 7-11 july 2013, Catalonia (Spain)
- SCAR AKIS . Roma 6 aprile 2018. Programming Research And Innovation For Improved Impact - [link]
- Fabbri F., Lombardo S., Gemmiti A., Vignini A., Sarri D., Corvo L. e Vieri M. (2017). Tuning up a Method for an Appropriate Introduction of the New Paradigm of Sustainable Agriculture Management Inducted by the Innovative High Technology Farming. Sparkle Erasmus+ KA2 Project – [www.sparkle.eu](http://www.sparkle.eu) - Esee2017 Proceedings on 23RD European Seminar On Extension (And) Education "Transformative Learning: New Directions In Agricultural Extension And Education", 4th – 7th July 2017, Chania (Greece)
- Vieri M. (2004). L'evoluzione tecnica e tecnologica nella moderna viticoltura imprenditoriale. Atti Accademia dei Georgofili. Settima serie Vol.L (179° dall'inizio), Firenze 2004

**Tematiche:** [Impresa](#) | [Ricerca e tecnologie](#)

**Rubrica:** [Tema](#)

[Accedi o registrati per inserire commenti.](#)