

AGRICOLTURA DI PRECISIONE E COLTIVAZIONE DELLA CAROTA: SFIDE E OPPORTUNITÀ PER IL TERRITORIO ITALIANO

PRECISION AGRICULTURE AND CARROT CULTIVATION: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN ITALY.

Cecilia Squeri^{1*}, Andrea Mariani¹, Vincenzo Di Genova¹, Giuseppe Concaro¹, Federica Prina¹, Filippo Milazzo² Giovanni Maria Poggi³, and Francesca Ventura⁴

¹ Sata S.R.L. Strada Alessandria 13, 15044 Quargento (AL)

² Agricolus S.R.L. Via Settevalli 320 – 06129 Perugia, Italia

³ Department of Biological, Geological and Environmental Sciences (BiGeA), Alma Mater Studiorum, University of Bologna, Bologna, Italy

⁴ Department of Agricultural and Food Sciences (DISTAL), Alma Mater Studiorum, University of Bologna, Bologna, Italy

* c.squeri@satasrl.it

Abstract

The development of precision agriculture technologies is at a highly advanced stage, although Italy remains, according to the European Innovation Scoreboard, a moderate innovator. Certainly, a key role in the promotion of precision agriculture technologies has been played by the funding measures of the past few years that have driven digitalisation in some Italian agricultural sectors. Agricultural digitalisation has not followed a homogeneous development among Italian crops, being more present in the extensive crop sectors and in viticulture. The Italian horticultural sector, in which carrot cultivation is a strategic crop with 9.270 hectares cultivated in 2023 (ISTAT), was instead investigated to a limited extent in terms of adoption level and expected benefits. Aim of the study was to investigate the penetration rate of precision agriculture technologies in the carrot sector in Italy, and the opportunities for improvement that the sector requires.

Parole chiave

Agricoltura di precisione, Orticoltura, Carote, Livello di adozione

Keywords

Precision agriculture, Horticulture, Carrots, Technology adoption

Introduzione

Le operazioni agricole comportano complessi problemi decisionali, caratterizzati da notevoli livelli di incertezza. I fattori che determinano l'efficacia degli interventi in campo sono molteplici e comprendono disponibilità di acqua e sostanze nutritive e una serie di fattori specifici, quali le caratteristiche pedoclimatiche del sito di coltivazione la tecnica culturale adottata. Un'elevata variabilità di questi parametri all'interno di un singolo appezzamento diversifica ulteriormente l'ottimizzazione e l'efficacia dei trattamenti. In tali casi, la pratica comune di considerare il campo come un'entità omogenea riduce l'efficienza di vari interventi. Oggi, le sfide poste all'agricoltura, tra le quali spiccano la riduzione dei trattamenti fitosanitari e l'ottimizzazione dei costi di produzione, trovano risposta negli strumenti e tecnologie dell'agricoltura di precisione, che permettono la raccolta e la gestione oggettiva delle informazioni, per renderle disponibili a tecnici e produttori al fine di effettuare scelte consapevoli. Non solo, negli ultimi anni l'avvento dell'Intelligenza Artificiale (AI) promette nuovi sviluppi che consentiranno ai tecnici di creare nuove proiezioni, algoritmi e sistemi di supporto decisionali (Decision Support System, DSS) (Aubert *et al.*, 2012; Wolfert *et al.*, 2017).

Alcuni casi di successo, in cui l'utilizzo combinato di questi strumenti ha consentito di monitorare la variabilità temporale e spaziale in campo, adattando gli input alle reali esigenze del suolo e delle piante coltivate, sono stati esplorati per diverse colture. Le applicazioni della gestione sito-specifica

hanno portato ad un aumento della redditività, miglioramento nella quantità e nella qualità della resa, nonché riduzione dei costi e degli impatti ambientali (Vecchio *et al.*, 2020).

In Italia, la più importante indagine sul tasso di adozione delle tecnologie in agricoltura viene presentata dall'Osservatorio Smart AgriFood. I dati del gruppo di lavoro hanno mostrato come il trend di adozione delle tecnologie digitali in Italia anche nel 2023 è stato investito di una crescita decisa (+19%) (Cinquemani, 2024). L'incremento delle soluzioni 4.0, però, non ha interessato in modo uniforme tutta la filiera produttiva. Infatti i dati mostrano che il numero delle aziende che adottano soluzioni 4.0 è rimasto stabile (72%), suggerendo che questo aumento è dovuto all'aggiunta di più soluzioni per ogni azienda. Infatti, un tema importante evidenziato dal Report dell'Osservatorio SmartAgriFood riguarda la maturità digitale delle aziende, che oggi rimane ancora fortemente dipendente dalla possibilità delle aziende di poter investire fondi e capitale umano.

Long *et al.* (2016) avevano già indagato le barriere che pongono limiti all'adozione di tecnologie a livello europeo, identificando tra le principali la scarsa consapevolezza dei produttori, i costi elevati, la mancanza di impatto verificato delle tecnologie, i problemi normativi e politici, la mancanza di competenze e le iniziative di ricerca non aderenti alle necessità del mercato. Nello studio veniva già affrontato il

tema della diversità di impatti e benefici delle soluzioni 4.0 a seconda della tipologia di filiera alle quali venivano applicate, portando come esempio virtuoso il caso del vino in Australia e Nuova Zelanda, che ha saputo integrare in modo congruente le tecnologie 4.0 perché generassero benefici diretti ai produttori.

È evidente come il processo di adozione non sia un fenomeno immediato, ma dipenda da una vasta gamma di variabili come l'attitudine dell'agricoltore, le caratteristiche strutturali dell'azienda, l'ubicazione, i fattori organizzativi/istituzionali e quelli legati all'informazione (Vecchio *et al.*, 2020).

Un altro elemento importante da evidenziare è quello dell'integrazione tra soluzioni. Se infatti anche nel 2023 la meccanizzazione è stato il principale fattore determinante nella crescita del tasso di adozione dell'agricoltura di precisione, la possibilità di utilizzare i dati in modo organico e integrato resta un elemento di criticità. Infatti, se la tecnologia viene adottata soprattutto da grandi aziende che utilizzano più soluzioni, allora è importante comprendere se il flusso di dati può essere gestito complessivamente da un solo software per facilitare l'utente. Come evidenziato da Zambon *et al.* (2019), l'azienda 4.0 non sarà gestita da un solo sistema 4.0, ma riunirà sotto di sé diversi sistemi verticali specializzati e integrati. Di conseguenza, la facilità nell'utilizzo e di scambio di dati diventa un fattore fondamentale per incentivarne l'adozione, a condizione che questo aspetto non comporti un significativo aumento dei costi di investimento (Pierpaoli *et al.*, 2013). Infatti, uno dei temi evidenziati in diversi studi sull'argomento quello del costo di capitale umano che ancora oggi resta il soggetto principale al quale è affidata la responsabilità dell'imputazione dei dati, operazione time-consuming (Long *et al.*, 2016; Bolfe *et al.*, 2020).

Una maggiore "Ease of Use" si raggiunge anche con l'informazione. Le politiche agricole sono decisive per promuovere nuove misure a sostegno dei sistemi di informazione e delle reti o dei progetti che coinvolgono sia le piccole che le grandi aziende agricole come anche evidenziato dal Report dell'Osservatorio SmartAgrifood. Inoltre, le nuove misure politiche orientate all'informazione possono portare all'aumento delle competenze in agricoltura e ad una maggiore disponibilità di professionalità tecniche e di consulenza. Maggiori livelli di informazione tra gli agricoltori possono anche ridurre la percezione della complessità del processo di adozione delle tecnologie digitali. Migliorare questo livello di informazione può aiutare l'agricoltore a comprendere i vantaggi e le opportunità associate agli strumenti per l'agricoltura di precisione.

Da ultimo, nelle grandi filiere organizzate, le grandi aziende hanno assunto un ruolo fondamentale nell'incentivazione delle tecnologie in quanto, in operazioni legate alla gestione della filiera stessa, hanno finanziato protocolli di coltivazione in cui i software di agricoltura 4.0 sono presenti in modo, talvolta, obbligatorio. Le conseguenze dirette di queste operazioni sono da un lato il finanziamento di software 4.0, che spinge aziende agricole anche di medio-piccole dimensioni a dotarsi di queste soluzioni, dall'altro la possibilità che la stessa azienda, se inserita in diverse filiere,

si trovi a utilizzare la stessa tipologia di soluzione. Grandi capi filiera quindi chiedono e guidano adozione di tecnologie.

Lo scopo del presente lavoro è stato quello di indagare il livello di adozione di tecnologie in Italia, prendendo la filiera della carota come modello. A tale scopo, sono stati analizzati diversi studi che hanno registrato la propensione all'adozione delle tecnologie, ponendoli a confronto con un'indagine che è stata proposta a diversi soggetti operanti nella filiera (produttori, magazzini e trasformatori).

Materiali e metodi

Da un'indagine tra le pubblicazioni degli ultimi anni, si nota come i focus principali della ricerca sulla filiera carota sono principalmente due: la previsione delle rese e la gestione delle infestanti.

Le mappe di resa sono una delle funzionalità più utilizzate nell'agricoltura di precisione, e la loro stima nel caso della carota risulta particolarmente complessa, visto lo sviluppo ipogeo della coltura (Wei *et al.*, 2020). Inoltre, la scarsa consapevolezza della variabilità interparcellare che caratterizza le aziende della filiera, spesso di dimensioni medio-piccole, e la mancanza di serie di dati pluriennali, limitano anche lo sviluppo di sistemi di predizione delle rese basati sull'AI. (Suarez *et al.*, 2024).

Se dai dati dell'osservatorio SmartAgrifood emerge che il mercato negli anni è riuscito a implementare soluzioni che creassero un buon matching tra fabbisogno degli agricoltori e offerta, non sono presenti studi che indaghino l'uniformità di adozione delle tecnologie tra le diverse filiere produttive. In un'indagine condotta da SATA s.r.l. si è cercato di comprendere quale fosse il tasso di adozione delle tecnologie 4.0 tra i player della filiera carota.

La coltivazione della carota ha rappresentato per anni una delle filiere strategiche italiane. Nonostante una riduzione delle superfici negli ultimi anni, nel 2023 sono stati registrati 9.270 ettari coltivati (ISTAT), in cui il Fucino rappresenta di certo una delle aree più vocate a livello italiano.

L'indagine ha visto coinvolte 29 aziende su tutto il territorio italiano, di cui 15 solo produttori, mentre i restanti erano produttori che lavoravano anche nelle fasi di magazzino. Tra le aziende, è emerso che l'83% degli intervistati adotta soluzioni di agricoltura 4.0, dato in linea con quanto evidenziato dal Report dell'Osservatorio SmartAgrifood a livello generale.

Risultati

Andando a indagare le tipologie di soluzioni adottate, i dati anche per quanto riguarda la filiera carota, confermano quanto emerso dall'indagine dell'Osservatorio SmartAgrifood, in quanto le soluzioni più utilizzate dalle aziende sono quelle per il controllo delle macchine (Fig. 1).

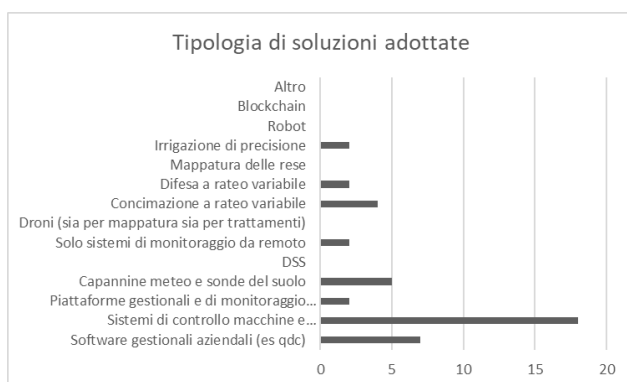


Fig.1 – Tipologia di soluzioni di agricoltura 4.0 adottate dalle aziende della filiera carota.

Fig.1 – Type of agriculture 4.0 solutions adopted by companies in the carrot supply chain.

L'acquisto di tali sistemi ha sicuramente beneficiato degli incentivi concessi dalle misure di credito d'imposta per la Transizione 4.0. Purtroppo però, a livello aziendale, l'utilizzo delle macchine resta spesso limitato ai sistemi di guida autonoma, mentre le funzionalità legate per esempio alla mappatura delle rese o alla concimazione a rateo variabile restano ancora ad un minor livello di adozione. Tuttavia, emergono comunque tra le soluzioni adottate i sistemi gestionali aziendali, le stazioni meteo e i sistemi di concimazione a rateo variabile, mentre non vengono adottati da nessuna azienda i DSS. Nei dati dell'Osservatorio SmartAgrifood, al contrario, DSS, blockchain e sistemi di controllo delle rese erano citati come soluzioni emergenti. In particolare, la mancanza di aziende che utilizzino DSS conferma la mancanza di soluzioni verticali e dedicate alla coltivazione della carota.

Tra i benefici attesi (Fig. 2) le aziende hanno citato l'ottimizzazione degli input e del carico degli operatori, la consapevolezza per la gestione aziendale, l'adesione ai requisiti di legge e l'accesso ai finanziamenti.

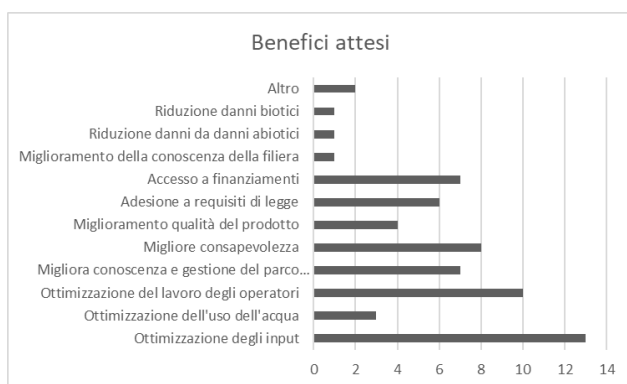


Fig.2 – Benefici attesi dall'adozione delle tecnologie di agricoltura 4.0.

Fig.2 – Expected benefits from the adoption of agriculture 4.0 technologies.

Tra le motivazioni che hanno spinto le aziende ad adottare le soluzioni di agricoltura 4.0 emerge la volontà di miglioramento e l'utilizzo di finanziamenti (Fig.3).

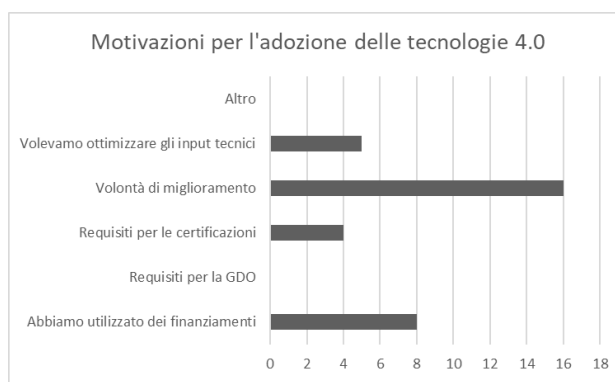


Fig.3 – Ragioni per le quali sono state adottate le soluzioni di agricoltura 4.0 nelle aziende intervistate.

Fig.3 – Reasons why agriculture 4.0 solutions were adopted in the companies interviewed.

Ciò conferma ulteriormente il ruolo fondamentale della normativa nell'incentivazione e guida delle aziende nell'adozione delle tecnologie di agricoltura 4.0 come anche evidenziato da Long *et al.* (2016). Non emerge invece un ruolo attivo della GDO, spesso promotrice di innovazione. Analizzando con le aziende sottoposte all'indagine quali sono i fattori che limitano l'adozione delle tecnologie, i risultati si pongono in linea con quanto emerso da diversi studi in merito, ossia il costo dell'investimento iniziale (Fig. 4).

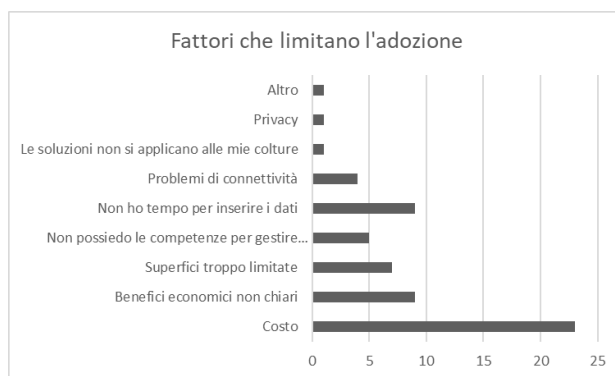


Fig.4 – Fattori che limitano l'adozione delle tecnologie 4.0 nelle aziende produttrici della filiera carota.

Fig.4 – Limiting factors in the adoption of 4.0 technologies in carrot supply chain companies.

Altre due criticità emerse dall'indagine sono le problematiche dovute all'imputazione dei dati e i benefici economici oggi non chiari alle aziende. In un contesto popolato da aziende medio-piccole come quello delle carote, è importante analizzare in quale modo le soluzioni di agricoltura 4.0 possono inserirsi nell'operatività aziendale. Se infatti l'azienda non possiede le risorse per gestire in modo organico le piattaforme, tale gestione tende a ricadere sulla figura dell'agronomo.

Tra le nuove sfide che sono state citate dalle aziende intervistate, emerge il tema dell'irrigazione, su cui si inseriscono anche diversi temi certificativi che potrebbero ricoprire un ruolo di importanza nei prossimi anni, quali

SPRING, l'Add-On di GlobalGap IFA per la gestione dell'acqua. La certificazione si articola su 5 aree di valutazione che comprendono sia temi legati alla valutazione dei rischi e la conformità legale, sia la gestione sostenibile dell'acqua in azienda.

Per questo diventerà di fondamentale importanza per le aziende dotarsi di sistemi per il monitoraggio dei parametri ambientali (dove non presenti soluzioni pubbliche) e piattaforme digitali che possano garantire il calcolo dei parametri richiesti da SPRING, come ad esempio Agricolus. La piattaforma, infatti, integra tra le sue soluzioni un DSS dedicato all'irrigazione, in grado di stimare l'evapotraspirazione culturale e il fabbisogno idrico degli appezzamenti.

Conclusioni

In conclusione, la survey condotta con focus sulla filiera carota è in linea con quanto mostrato dalle indagini condotte dall'Osservatorio SmartAgrifood su diversi aspetti. Al contempo, però, sono anche emersi alcuni elementi di criticità dovuti sia al mercato delle soluzioni 4.0, sia alle caratteristiche della filiera stessa. Infatti, si riscontra una mancanza di soluzioni verticali dedicate soprattutto alla produzione della carota quali DSS e modelli *ad hoc* limita l'adozione di tecnologie 4.0, e le aziende che compongono il contesto di riferimento sono spesso caratterizzate da superfici medio-piccole e un livello di innovazione aziendale limitato alle macchine 4.0 e al registro dei trattamenti elettronico.

In questo processo di transizione i requisiti di legge e la possibilità di accedere a finanziamenti, quali i CSR regionali e i progetti europei, restano fattori fondamentali per incentivare l'integrazione di più sistemi di agricoltura 4.0.

In ottica evolutiva, la possibilità di creare un database pluriennale e completo dei dati aziendali, sarà anche fondamentale per soddisfare i requisiti di sostenibilità e per andare verso il mercato dei crediti di carbonio. In questa prospettiva, le applicazioni di agricoltura 4.0, non solo saranno integrate come mezzi di produzione e ottimizzazione degli input aziendali, ma avranno anche un ruolo fondamentale per il monitoraggio e la raccolta dei dati per il calcolo degli impatti ambientali.

Infine, è emerso come il ruolo dell'agronomo sia di fondamentale importanza specialmente in filiere frammentate come quella della carota. Le competenze e la preparazione sulle tematiche di agricoltura 4.0 saranno elementi chiave per guidare le aziende in questo processo di transizione.

Ringraziamenti

Lo studio è stato condotto nell'ambito del progetto Horizon Farmtopia (settembre 2023 – agosto 2026) "Democratizing Digital Farming for All – FARMTOPIA'S PATH TO EMPOWERING SMALL FARMS WITH DIGITAL TECHNOLOGIES".

Bibliografia

- Aubert, B.A.; Schroeder, A.; Grimaudo, J, 2012. IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decis. Support Syst.*, 54, 510–520.
- Bolfe E.L.; de Castro Jorge L.A.; Del'Arco Sanches I.; Luchiani A.J.; Cabral da Costa C.; de Castro Victoria D.; Inamasu R.Y.; Grego C.R.; Ferreira V.R.; Raminez A.R., 2020. Precision and Digital Agriculture: Adoption of Technologies and Perception of Brazilian Farmers. *Agriculture*, 10(12), 653, 1-13.
- Cinquemani, 2024. Smart farming: le tecnologie ci sono, ora bisogna usarle. *Agronotizie*. <https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agricoltura-economia-politica/2024/03/18/smart-farming-le-tecnologie-ci-sono-ora-bisogna-usarle/81516>.
- Long, T.B.; Blok, V.; Coninx, 2016. Barriers to the adoption and diffusion of technological innovations for climate-smart agriculture in Europe: Evidence from the Netherlands, France, Switzerland and Italy. *J. Clean. Prod.*, 112, 9–21.
- Osservatorio SmarAgrifood. Report 2023.
- Pierpaoli, E.; Carli, G.; Pignatti, E.; Canavari, M., 2013. Drivers of precision agriculture technologies adoption: A literature review. *Procedia Technol.*, 8, 61–69.
- Suarez L.A.; Robertson-Dean M.; Robson A., 2024. Forecasting carrot yield with optimal timing of Sentinel 2 image acquisition. *Precision Agriculture*, 25, 570-588.
- Vecchio, Y.; Agnusdei, G.P.; Miglietta, P.P.; Capitanio, F., 2020. Adoption of Precision Farming Tools: The Case of Italian Farmers. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17(3), 869, 1-16.
- Wei M.C.F.; Maldaner L.F.; Ottoni P.M.N.; Molin J.P., 2020. Carrot Yield Mapping: A Precision Agriculture Approach Based on Machine Learning. *AI*, 1(2), 229-241.
- Wolfert, S.; Ge, L.; Verdouw, C.; Bogaardt, M.J., 2017. Big data in smart farming—A review. *Agric. Syst.*, 153, 69–80.
- Zambon, I., Cecchini, M., Egidi, G., Saporito, M. G., & Colantoni, A. (2019). Revolution 4.0: Industry vs. agriculture in a future development for SMEs. *Processes*, 7(1), 36.