

S.F.I.D.A.

Smart Farming: Innovare con i Droni l'Ambiente



Progetto S.F.I.D.A. "Smart Farming: Innovare con i Droni l'Ambiente", realizzato all'interno del territorio del cratere sismico della Regione Marche e finanziato con i fondi del Piano di Sviluppo Rurale della Regione Marche, Bando 16.1 azione 2 Sostegno alla creazione e al funzionamento di Gruppi Operativi del PEI - Azione 2 "Finanziamento dei Gruppi Operativi", PSR Marche 2014-20 - Annualità 2017, ID SIAR 29073.



Unione Europea / Regione Marche
PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE 2014-2022
FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI



Materiale realizzato da Agenzia di Sviluppo Rurale Srl con il contributo della
sottomisura 16.1 azione 2 del PSR Marche 2014/2020 - Progetto ID 29073

Titolo del Progetto

S.F.I.D.A.

Smart Farming: Innovare con i droni l'ambiente

Durata

13.03.2019 - 13.03.2023

Capofila di progetto

Azienda Agricola Passacantando Andrea

Altri partner:

Università degli Studi di Macerata, Università di Camerino, Agenzia di Sviluppo Rurale srl, AMAP - Agenzia per l'Innovazione nel settore agroalimentare e nella pesca, Amleto Fioretti, Centro Studi G. Valenti, Attilio Giampieri, Tommaso Di Silvestre, Antonio Feliziani, Francesco Allegrini.

Spesa concessa

385.495,05 Euro

ISBN:

979-12-210-5424-8

Finanziamento

Progetto S.F.I.D.A. "Smart Farming: Innovare con i Droni l'Ambiente", realizzato all'interno del territorio del cratere sismico della Regione Marche e finanziato con i fondi del Piano di Sviluppo Rurale della Regione Marche, Bando 16.1 azione 2 Sostegno alla creazione e al funzionamento di Gruppi Operativi del PEI - Azione 2 "Finanziamento dei Gruppi Operativi".

PSR Marche 2014-20 - Annualità 2017, ID SIAR 29073.

S.F.I.D.A.

Smart Farming: Innovare con i Droni l'Ambiente



Unione Europea / Regione Marche
PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE 2014-2022
FONDO EUROPEO AGRICOLA PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI



Abstract

Il progetto nasce nel 2017 con l'obiettivo di dare un svolta tecnico-scientifica al panorama agricolo della regione Marche.

Il G.O. del progetto S.F.I.D.A. ha reso partecipi partner regionali, tra cui: aziende agricole, Università e professionisti del settore agroalimentare.

Il G.O. ha rivolto la sua attenzione alla mosca dell'olivo e, grazie agli anni di sperimentazione, è stato possibile incrementare il concetto e la realtà pratica dell'agricoltura di precisione e della digitalizzazione del settore agroalimentare. Per combattere il parassita, il G.O. ha progettato un drone capace di irrorare dall'alto prodotti fitosanitari in grado di sconfiggere questo problema.

Dunque, è stato possibile dedurre come sia importante e di aiuto l'utilizzo di un drone in ambito agricolo. A beneficio vi sono sicuramente: riduzione tempo/lavoro, non calpestio del terreno con mezzi pesanti, irrorazione precisa e controllata, digitalizzazione dell'intera coltura, finalizzazione e progettazione preventiva, monitoraggio della coltura e minor impatto ambientale.

Indice

1. Premessa	5
2. Il Gruppo Operativo S.F.I.D.A.	13
3. Irrorazione aerea di prodotti fitosanitari mediante droni: la SFIDA per il legislatore europeo e nazionale	17
4. Valutazione dell'impatto dei fitofarmaci sugli organismi "non bersaglio" del suolo in oliveto: Applicazioni nel progetto SFIDA	31
5. Il Laboratorio sulle politiche agricole, ambientali e alimentari "Ghino Valenti" e il progetto SFIDA	49
6. Conclusioni	71
7. Ringraziamenti	73

Premessa

Il settore agricolo odierno si trova di fronte ad una SFIDA sempre più complessa e incalzante: quella di coniugare il bisogno di aumentare la produzione alimentare, migliorando la sicurezza e la qualità, con la necessità di garantire la salvaguardia del suolo e dell'ambiente, la conservazione della biodiversità, la tutela delle acque e, non ultimo, il miglioramento della qualità del lavoro degli operatori.

L'agricoltura di precisione è la risposta a tale sfida rendendo concreta la possibilità di produrre con una maggiore efficienza e con minori impatti ambientali. Grazie all'impiego delle tecnologie digitali è possibile monitorare e controllare in maniera più dettagliata un appezzamento di terreno e di intervenire nel momento e nel luogo in cui è necessario, aumentando le rese con un risparmio dei fattori produttivi (semi, fertilizzanti, acqua, suolo, fitofarmaci, carburanti, ecc.), tempo, forza lavoro (fisica e mentale) e ricavando benefici che superano il singolo contesto aziendale.

A tal fine, le nuove tecnologie digitali connesse con la sensoristica, l'automazione, la raccolta e la gestione di enormi quantità di dati colturali e di campo saranno uno strumento essenziali per affrontare e vincere la SFIDA sopra indicata.

Nasce, così, il progetto S.F.I.D.A. "*Smart Farming: Innovare con i Droni l'Ambiente*", realizzato all'interno del territorio del cratere sismico della Regione Marche e finanziato con i fondi del Piano di Sviluppo Rurale della Regione Marche, Bando 16.1 azione 2 Sostegno alla creazione e al funzionamento di Gruppi Operativi del PEI - Azione 2 "Finanziamento dei Gruppi Operativi", PSR Marche 2014-20 - Annualità 2017, ID SIAR 29073.

L'obiettivo del progetto è la realizzazione di un sistema di irrorazione aerea sopra chioma mediante S.A.P.R. (Sistema Aereo a Pilotaggio Remoto, ossia drone) di prodotti fitosanitari autorizzati in agricoltura biologica per la lotta contro le avversità dell'olivo in impianti specializzati, con l'intenzione di dimostrare l'efficacia di tale metodologia rispetto a quelle attualmente in uso, la sua rapidità esecutiva, la riduzione dell'impatto ambientale, la sua economicità.

L'olivo rappresenta una delle coltivazioni maggiormente sviluppate nella Regione Marche ma purtroppo si trova di fronte a molte sfide legate al bisogno di aumentare

la produzione, migliorandone la sicurezza e la qualità anche sotto il profilo nutrizionale, e alla necessità di garantire al contempo la salvaguardia del suolo e dell'ambiente, la conservazione della biodiversità, la tutela delle acque e non ultimo il miglioramento della qualità del lavoro degli operatori.

Il progetto S.F.I.D.A. intende impiegare dei S.A.P.R. per l'irrorazione aerea dall'alto sulla chioma stessa, laddove, finora tali operazioni sono state effettuate solo dal basso, a piedi o da mezzo agricolo. Questo genere di irrorazione è in grado di offrire plurimi benefici come la riduzione degli sprechi e dell'inquinamento, una migliore fertilità del suolo ed il monitoraggio ambientale. Infatti, attraverso l'utilizzo dei S.A.P.R. è possibile irrorare il prodotto fitosanitario sulla coltura interessata in maniera precisa, senza sprechi e senza l'esposizione diretta dell'operatore.

Nel caso specifico della prova, la sperimentazione ha come obiettivo la lotta alla mosca dell'olivo, in quanto azione volta a supportare la produzione di olive di qualità nella Regione Marche, nel rispetto dell'ambiente e della salute umana e animale, è stata eseguita negli oliveti dell'Azienda Agraria dell'IIS G. Garibaldi di Macerata (Istituto Agrario). L'azienda agraria è costituita attualmente da una superficie totale di HA 64.37.15, comprese alcune superfici classificate dal SIAR a bosco, a pascolo arborato, ritirate momentaneamente dalla produzione, uso non agricolo e tare. La S.A.U. è di ha 50.44.59 coltivata per la maggior parte a seminativi, con ha 6.49.06 di vigneto, ha 0.56.00 di frutteto e ha 5.04.60 di oliveti.

L'azienda non presenta siti Natura 2000 o altre aree protette. L'azienda possiede 5 settori di oliveto ben distinti:

- a) Lato sud della proprietà vicino serra, oliveto per lo più composto da Piantone di Mogliano;
- b) Lato sud della proprietà a confine con il fosso posizionato ad ovest della proprietà, giovane oliveto composto soprattutto da Leccino, originariamente progettato a palmetta e nel tempo riconvertito alle forme più attuali;
- c) Oliveto in piano composto da numerose varietà per cui rimane la fonte principale per la produzione di oli monovarietali: Orbetana, Piantone di Mogliano, Coroncina, Mignola, etc (circa 6.500 mq);
- d) Lato nord della proprietà sotto le strutture dell'ex centro di fecondazione artificiale equina, composto soprattutto da Leccino ma anche da altre varietà;

e) Lato nord della proprietà confinante ad ovest con l'oliveto precedente, nuovo oliveto ad alta densità (circa 6.300 mq) formato da varietà a lento sviluppo vegetativo che si prestano bene allo sfruttamento intensivo come Piantone di Mogliano, Leccio del Corno e la varietà estere Arbequina, Sikitita e Koroneiki.

Per il progetto S.F.I.D.A. è stato messo a disposizione della sperimentazione il settore e), ossia l'oliveto ad alta densità.

Va considerato che la mosca dell'olivo ha causato notevoli problemi alle colture, provocando una riduzione del raccolto sino all'80%. La mosca dell'olivo è un dittero tripetide diffuso in tutti areali di coltivazione dell'olivo e può ritenersi il fitofago più dannoso per la coltura tale da causare perdite di produzione per cascola precoce delle olive, riduzione di resa in olio per ridotto peso del mesocarpo e alterazioni delle caratteristiche chimico-organolettiche per maggiore acidità e presenza di sapori non conformi agli standard. Negli areali olivicoli marchigiani l'intensità degli attacchi di mosca è mediamente elevata con un trend in aumento negli ultimi anni ed il controllo delle infestazioni richiede un numero elevato di applicazioni soprattutto in aziende biologiche.

Si è raggiunto l'obiettivo previsto tramite l'impiego di un prototipo di S.A.P.R. multirottore dal peso totale in ordine di volo superiore ai 20 Kg, progettato, realizzato e testato nell'oliveto in questione, costituito da un sistema meccanico, da software e hardware, predisposto e studiato per l'impiego specifico. La sua unicità è quella di poter garantire sia l'irrorazione sulla coltura senza alcun calpestio del suolo sia, cambiando il payload, garantire un lavoro di monitoraggio sulla coltura stessa grazie all'uso di sensori di diversa natura tra cui una camera multi spettrale e/o una iperspettrale

Il monitoraggio sulla coltura stessa è stato eseguito grazie all'uso di sensori di diversa natura, tra cui una camera multispettrale. L'operazione di irrorazione è stata eseguita volando nelle immediate vicinanze della chioma delle piante, a distanza minore di 2 metri, in modo da ridurre al minimo gli effetti di deriva. Inoltre, per gli stessi motivi, il volo è stato effettuato a basse velocità, indicativamente non superiori ai 2 m/s. Lo spargimento mirato ed effettuato a ridotta distanza dalla pian-

ta target (minore di 2 metri) con gocce di diametro elevato minimizza la deriva del prodotto irrorato dall'alto, evitando che organismi non-bersaglio vengano accidentalmente irrorati, a vantaggio sia dell'ambiente sia dell'agricoltore. Inoltre, a differenza dei tradizionali macchinari agricoli, il S.A.P.R. non produce pressione sul suolo e dunque non ne incrementa la compattazione che ne causa la riduzione di fertilità e, grazie alla limitata deriva del prodotto verso gli organismi non target presenti nel terreno, consente di preservare la preziosa biodiversità del suolo.

Il prodotto che è stato irrorato mediante S.A.P.R. è un prodotto fitosanitario attualmente autorizzato in agricoltura biologica e già presente in commercio: lo *Spintor[®]Fly (Spinosad)*. *Spinosad* è una sostanza di origine naturale derivante da fermentazione del batterio *Antinomycete Saccharopolyspora Spinososa*.

Il profilo eco-tossicologico di *Spinosad* e la modalità di distribuzione dei formulati come *Spintor[®]Fly* rendono sicuro per l'uomo e l'ambiente l'impiego di detti prodotti con un profilo dalle seguenti caratteristiche: sicurezza per gli operatori; ridotti tempi di rientro dopo il trattamento; nessun rischio per mammiferi, uccelli, pesci, insetti utili, microrganismi del suolo; nessuna contaminazione delle acque e delle falde superficiali; nessun accumulo nel suolo; sostanze non volatili.

Il progetto prevedeva il confronto tra diversi sistemi di applicazione del metodo adulticida di lotta alla mosca dell'olivo ed è finalizzato all'esecuzione di trattamenti fitosanitari mediante irrorazione del prodotto insetticida con metodo "bait spray" sulla chioma degli olivi direttamente dall'alto finora nelle Marche tali irrorazioni sono state effettuate solo dal basso (a piedi o con mezzo agricolo). In particolare, sono stati eseguiti trattamenti con *Spintor[®]Fly* (s.a. *Spinosad*) alla dose indicata in etichetta (1 lt/ha in particolare nell'oliveto in questione 4 ml a pianta), mediante l'impiego del sistema S.A.P.R. posto a confronto con altri sistemi meccanici di distribuzione del prodotto insetticida (sistema Casotti FAMILY 30) da terra nell'apezzamento in questione con impianto super intensivo a conduzione biologica.

L'apezzamento della superficie di circa 0,5 ha è stato suddiviso in due parcelloni

dove è stato previsto che i trattamenti per il controllo della mosca siano effettuati fino a n°8 applicazioni di *Spintor[®]Fly* alla dose di etichetta impiegando rispettivamente come sistema di distribuzione del prodotto il sistema S.A.P.R. e l'irroratrice (modello Casotti FAMILY 30).

Il testimone non trattato è stato collocato in un'area non contigua a quella oggetto di trattamento allo scopo di annullare gli effetti secondari di attrazione da parte del formulato a base di esca proteica. Sui parcelloni trattati con *Spintor[®]Fly* e sul testimone non trattato è stato costantemente monitorato sia il volo degli adulti di mosca sia il livello di infestazione delle drupe espresso in percentuale di infestazione attiva (uova e larve di I e II età), percentuale di infestazione dannosa (larve di III età, pupe e fori di sfarfallamento), percentuale di infestazione totale (infestazione attiva + infestazione dannosa).

Al fine di monitorare l'entità della popolazione degli adulti di *B. oleae* nell'oliveto, sono state installate due trappole cromotropiche nell'azienda, innescate con feromone ed esca alimentare.

I livelli di infestazione sono stati valutati a cadenza periodica (7-10 giorni) su un campione di 100 drupe prelevate a caso nelle aree corrispondenti alle diverse tesi in prova ed osservato con microscopio stereoscopico presso il laboratorio del Servizio Fitosanitario Regionale.

Come da etichetta del prodotto *Spintor[®]Fly* l'applicazione è stata eseguita a bassa pressione (2-3 atm) senza nebulizzazione, distribuendo gocce grosse in modo da ottenere una bagnatura di 40 - 50 cm di diametro, localizzata sulla chioma.

Informazioni relative al S.A.P.R. impiegato durante le prove

Il Sistema Aereo a Pilotaggio Remoto che è stato impiegato durante le prove è un Velivolo BLY-C (DJI Matrice 600 PRO) in versione AGRI con Kit Distribuzione Liquidi e Serbatoio da 10 litri.

Il suddetto Kit Distribuzione Liquidi è composto da: a. Serbatoio 10L; b. Pompa; c.

Meccanismo di attuazione movimento asta di distribuzione; d. Asta porta ugello; e. Un ugello in ceramica 0,2 mm Casotti; f. Vincolo meccanico per distribuzione orizzontale.

Il sistema di erogazione ha le seguenti caratteristiche: Ugello Casotti 0,2 mm; Alimentazione pompa: 22-25v DC; Portata massima pompa: 3,5 l/min.; Potenza massima pompa: 25W; Pressione massima pompa: 10 atm; Portata kit: 3,5l/min.

Il velivolo ha le seguenti performance di volo (senza payload e assenza di vento): massima velocità: 22 m/s (ATTI mode) e 17 m/s (GPS Mode); massima velocità di ascesa: 5 m/s; massima velocità di discesa: 3 m/s; massima resistenza al vento: 8 m/s; accuratezza di hovering verticale: 0,5 m; accuratezza di hovering orizzontale: 1,5 m; massima velocità angolare in pitch: 300°/s; massima velocità angolare in yaw: 150°/s; angolo massimo di pitch: 25°.

Il velivolo ha le seguenti dimensioni:



Il Gruppo Operativo S.F.I.D.A.

Azienda Agricola Passacantando Andrea

L'Azienda Agricola Passacantando Andrea ha ricoperto il ruolo di capofila e coordinatore del progetto. L'azienda si è resa disponibile durante la fase iniziale, di progettazione e test sul campo.

Università degli studi di Macerata

Il Dipartimento di Giurisprudenza dell'Università degli Studi di Macerata (www.unimc.it) ha dato man forte al G.O. analizzando il quadro normativo concernente l'agricoltura di precisione, con particolare riferimento all'impiego di droni. La ricerca si è diramata principalmente verso due direzioni: l'analisi della disciplina applicabile al prototipo di drone da impiegarsi nel progetto, nonché di quella relativa all'irrorazione aerea di prodotti fitosanitari.

Università di Camerino

Il partner UNICAM, Scuola di Bioscienze e Medicina Veterinaria (Laboratorio di (Biodiversità del suolo), ha



svolto sia attività di laboratorio sia di campo presso gli oliveti dell'Azienda Agraria dell'IIS G. Garibaldi di Macerata. In particolare, le attività di campo hanno riguardato il monitoraggio degli eventuali impatti derivanti dall'applicazione del fitofarmaco *Spintor*[®] *Fly*, effettuato con metodo tradizionale dal basso mediante pompa Casotti, sulla biodiversità dell'agro-ecosistema oliveto con particolare riferimento alle specie non bersaglio del suolo (Indice di Qualità Biologica Suolo microartropodi, QBS-ar), rispetto al trattamento innovativo effettuato dall'alto mediante drone (S.A.P.R.). Inoltre, sono stati raccolti dei campioni di suolo per effettuare dei test ecotossicologici (avoidance test) con i lombrichi (ISO 17512-1:2008) e sono stati effettuati dei test in situ sulla attività funzionale degli organismi del suolo (Bait Lamina Test, BLTs, Norma ISO 18311:2016).

Laboratorio Ghino Valenti

Il Laboratorio sulle politiche agricole, ambientali e alimentari "Ghino Valenti" (www.centrovalenti.unimc.it) ha analizzato l'impiego di Sistemi Aerei a Pilotaggio Remoto (SAPR) nell'agricoltura della regione Marche. Nell'ambito del progetto si è verificata la sostenibilità economica degli interventi con SAPR in varie tipologie di aziende agricole. Sono state evidenziate le variabili socio-economiche che più influenzano gli interventi nel campo dell'agricoltura di precisione e che determinano maggiormente la convenienza economica.



Agenzia di Sviluppo Rurale srl

Agenzia di Sviluppo Rurale srl, società di servizi di Copagri Marche, con sede in Ancona, Partner del progetto SFIDA, nel ruolo di divulgazione delle attività di progetto. Con esperienza pluriennale nell'organizzazione e divulgazione di informazioni ed innovazioni in agricoltura, nel corso delle annualità di progetto ha organizzato: n.5 Convegni, n.1 Webinar nazionale, n.4 Webinar rivolti agli Istituti d'Istruzione Superiore Tecnici e Professionali di Agraria della Regione Marche e n.1 Pubblicazione.



Tommaso Di Silvestre, Pilota drone

Antonio Feliziani, Pilota drone

Francesco Allegrini, Pilota drone

AMAP - Agenzia per l'Innovazione nel Settore Agroalimentare e della Pesca "Marche Agricoltura Pesca"

L'AMAP ha avuto il compito di analizzare l'impiego di sensori ad attrezzature dedicate che consentono il controllo di altre condizioni/caratteristiche della coltura: un effettivo monitoraggio della maturazione della drupa, la possibilità di verificare tramite lo stato delle foglie la necessità di effettuare interventi di concimazione e verifiche dello stato della pianta e del terreno per monitorare al meglio lo sviluppo delle olive.



Hanno inoltre collaborato alla realizzazione delle sperimentazioni i seguenti consulenti esterni:

Amleto Fioretti, Dottore Agronomo, che ha seguito tutto l'iter progetto SFIDA, coordinando i Partner e l'ente finanziatore.

Attilio Giampieri, Tecnico di campagna, che si occupato della corretta gestione e del monitoraggio dei fitofarmaci in campo.

Irrorazione aerea di prodotti fitosanitari mediante droni: la SFIDA per il legislatore europeo e nazionale

Pamela Lattanzi, Serena Mariani, Beatrice Baldoni, (Università di Macerata)



Progetto S.F.I.D.A. "Smart Farming: Innovare con i Droni l'Ambiente", realizzato all'interno del territorio del cratere sismico della Regione Marche e finanziato con i fondi del Piano di Sviluppo Rurale della Regione Marche, Bando 16.1 azione 2 Sostegno alla creazione e al funzionamento di Gruppi Operativi del PEI - Azione 2 "Finanziamento dei Gruppi Operativi", PSR Marche 2014-20 - Annualità 2017, ID SIAR 29073.



Unione Europea / Regione Marche
PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE 2014-2022
FONDO EUROPEO AGRICOLA PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI



REGIONE MARCHE

1. Introduzione

Nel cammino verso il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile che nell'Unione europea sono stati tracciati dal *Green Deal* (Commissione europea, 2019) e dalle strategie a questo correlate, l'agricoltura del terzo millennio si trova a dover affrontare numerose sfide di diversa natura: ambientali, sociali ed economiche.

La Strategia "Dal produttore al consumatore – *Farm to Fork*" (Commissione europea, 2020) presentata a maggio 2020 dalla Commissione annovera tra i suoi ambiziosi target anche quello di ridurre del 50% l'uso e il rischio complessivi dei pesticidi chimici entro il 2030. Infatti, un'agricoltura davvero sostenibile deve limitare la dipendenza da prodotti fitosanitari, dovendo però al contempo salvaguardare i raccolti dai pericoli causati da stress biotici e abiotici, in grado di influire negativamente sulla quantità e qualità delle produzioni.

In questo contesto un ruolo chiave per promuovere una maggiore sostenibilità in agricoltura può essere giocato dall'agricoltura di precisione, definita dall'*International society of precision agriculture* come «una strategia di gestione dell'attività agricola con la quale i dati vengono raccolti, elaborati, analizzati e combinati con altre informazioni per orientare le decisioni in funzione della variabilità spaziale e temporale al fine di migliorare l'efficienza nell'uso delle risorse, la produttività, la qualità, la redditività e la sostenibilità della produzione agricola» (ISPA, 2021).

I sistemi aerei senza pilota o sistemi a pilotaggio remoto, comunemente noti come droni, hanno un grande potenziale nell'agricoltura di precisione. Molti sono gli studi che rilevano i vantaggi del loro utilizzo, che va dalle applicazioni di telerilevamento al rilascio di materiale (agenti di controllo biologico, pesticidi, ecc.).

Nello specifico, è stato evidenziato come l'impiego dei droni possa ridurre l'uso di prodotti fitosanitari in agricoltura (FAO, 2018) attraverso una irrorazione precisa, mirata ed efficiente, e al contempo contenere la deriva del pesticida nell'ambiente e limitare l'esposizione diretta dell'operatore a tali sostanze.

Tuttavia, sia l'implementazione dell'agricoltura di precisione che l'impiego dei droni, nello specifico, rappresentano una sfida non soltanto per gli operatori e per la società ma anche per il diritto (Lattanzi, 2018).

A fronte di molteplici vantaggi, vi è una serie di rischi (in termini di sicurezza, protezione della salute umana e dell'ambiente, protezione dei dati, ecc.) derivanti

dall'uso del drone stesso o dall'attività svolta diversi da quelli associati ai metodi di applicazione consolidati (OECD, 2021). Questi rischi possono aumentare a seconda delle dimensioni del drone, della complessità dell'operazione e del luogo.

Pertanto, è necessario trovare la soluzione ottimale che consenta di valorizzare i benefici dell'uso dei droni, prevenendo i rischi del loro utilizzo.

Nell'Unione europea, la regola generale è che l'irrorazione aerea di prodotti fitosanitari è vietata, essendo però previste delle deroghe in taluni casi specifici. Tuttavia, il quadro normativo di riferimento è attualmente al centro di importanti riforme volte a incoraggiare l'impiego sicuro di queste tecnologie in agricoltura per favorire il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile.

2. Oggetto e metodo della ricerca giuridica

Partendo proprio da queste sfide, il progetto *Smart Farming: Innovare con i Droni l'Ambiente* (S.F.I.D.A.) ha avuto come obiettivo quello di realizzare un sistema di irrorazione aerea sopra chioma mediante drone di prodotti fitosanitari autorizzati in agricoltura biologica per la lotta contro talune fitopatie, con l'intenzione di dimostrare l'efficacia di tale metodologia rispetto a quelle attualmente in uso, la sua rapidità esecutiva, la riduzione dell'impatto ambientale, la sua economicità.

L'attività di ricerca giuridica ha avuto come principale obiettivo l'analisi dell'attuale assetto normativo e regolamentare, nazionale ed europeo, concernente l'agricoltura di precisione.

Particolare attenzione è stata dedicata alla normativa relativa all'impiego delle nuove tecnologie in agricoltura, specialmente in caso di utilizzo di droni e alla normativa concernente l'uso di prodotti fitosanitari, nonché alle istanze necessarie per consentire l'impiego di mezzi aerei per l'irrorazione aerea di prodotti fitosanitari. Per quanto concerne la metodologia utilizzata, è stato impiegato un metodo di ricerca empirico-legale.

Nello specifico è stata analizzata la normativa sull'uso dei droni (in particolare, a livello europeo, regolamento (UE) 2018/1139 recante norme comuni nel settore dell'aviazione civile, che istituisce un'Agenzia dell'Unione europea per la sicurezza aerea – AESA, c.d. regolamento basico; regolamento (UE) 2019/945 relativo ai sistemi aeromobili senza equipaggio e agli operatori di paesi terzi di sistemi aeromobili senza equipaggio; regolamento di esecuzione (UE) 2019/947 relativo a

norme e procedure per l'esercizio di aeromobili senza equipaggio); la normativa sui macchinari agricoli (in particolare, a livello europeo, direttiva 2006/42/CE relativa alle macchine – c.d. direttiva Macchine; direttiva 2009/127/CE che modifica la direttiva 2006/42/CE relativa alle macchine per l'applicazione di pesticidi; a livello italiano, d.lgs. 27 gennaio 2010 n. 17 in attuazione delle direttiva Macchine; d.lgs. 22 giugno 2012 n. 124 apportante modifiche ed integrazioni al d.lgs. 27 gennaio 2010 n. 17 in attuazione della direttiva 2009/127/CE che modifica la direttiva 2006/42/CE relativa alle macchine per l'applicazione di pesticidi); nonché la normativa sui prodotti fitosanitari (in particolare, a livello europeo, regolamento (CE) 1107/2009 relativo all'immissione sul mercato dei prodotti fitosanitari; direttiva 2009/128/CE che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi; a livello italiano, d.lgs. 14 agosto 2012 n. 150 in attuazione della direttiva 2009/128/CE; D.P.R. 23 aprile 2001 n. 290 sul regolamento di semplificazione dei procedimenti di autorizzazione alla produzione, alla immissione in commercio e alla vendita di prodotti fitosanitari e relativi coadiuvanti; d.lgs. 194 del 17 marzo 1995 in attuazione della direttiva 91/414/CEE in materia di immissione in commercio di prodotti fitosanitari e normativa ministeriale di riferimento per i pesticidi).

Inoltre, l'attività di ricerca ha preso in considerazione il quadro relativo agli standard internazionali. Infatti, l'interesse per i droni ha portato alla stesura di una norma ISO specifica per l'irrorazione aerea. Si tratta della norma ISO 23117, costituita da due parti: ISO 23117-1:2023 *Agricultural and forestry machinery – Unmanned aerial spraying systems – Part 1: Environmental requirements*, pubblicata nel mese di giugno 2023; ISO/CD 23117-2 *Agricultural and forestry machinery – Unmanned aerial spraying systems – Part 2: Test methods to assess the horizontal transverse spray deposition*, ancora in fase di sviluppo.

3. Risultati della ricerca

L'attività di ricerca si è sviluppata lungo due principali direttrici: 1) la disciplina applicabile al prototipo di drone da impiegarsi nel progetto S.F.I.D.A.; 2) la disciplina applicabile nel caso di irrorazione aerea di prodotti fitosanitari. Nell'ambito di quest'ultima direzione di analisi, è stato condotto anche uno studio di altre esperienze nazionali e, in una prospettiva *de iure condendo*, è stata svolta una riflessione sulle possibili modifiche alla legislazione italiana.

3.1. La disciplina applicabile al prototipo di drone

Per quanto concerne la prima area di indagine, va innanzitutto considerato che la normativa sull'uso degli aeromobili senza equipaggio presenta una cornice che si è gradualmente formata e che il costante sviluppo tecnico sottopone a continua revisione.

Nella Dichiarazione di Riga del 6 marzo 2015, che può essere considerata una dichiarazione programmatica sul futuro sviluppo dei droni, ci si riferisce a questi ultimi come ad una "innovativa tipologia di aeromobili" evidenziando un'avvenuta evoluzione sotto il profilo tecnico-giuridico, e precisando che, poiché "*drones need to be treated as new types of aircraft with proportionate rules based on the risk of each operations*": le peculiarità tecniche del mezzo e l'assenza fisica del pilota a bordo impongono regole particolari e corrispondenti misure di mitigazione, commisurate al rischio presentato da ogni operazione eseguita da un drone.

Nella prima fase di comparsa dei droni sulla scena internazionale, era particolarmente diffuso l'acronimo UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), da reputarsi ormai desueto, il quale si riferiva al mezzo in oggetto considerato singolarmente, prescindendo da tutti i suoi componenti associati. Più recentemente, si è presa consapevolezza dell'importanza della globalità del mezzo aereo, fondamentale ai fini della sua configurazione tecnica tipica e del suo funzionamento. Tale nuova concezione è, ad oggi, rappresentata dall'acronimo UAS (*Unmanned Aircraft System*), in cui è vi è palese riferimento al sistema inteso in modo globale che fa riferimento non solo al velivolo, ma anche alla stazione remota di comando e controllo, al *command and control link* e ai *launch e recovery elements*. Per sottolineare, inoltre, l'importanza della figura del pilota, seppur operante da remoto, si ricorre spesso all'espressione *Remotely piloted aircraft system* (RPAS).

Ruolo centrale nel processo di elaborazione della normativa tecnica di riferimento è svolto dalla Commissione europea e dall'AESA. Mediante il regolamento (UE) 2018/1139, abrogativo del precedente regolamento (UE) 2008/216, la ripartizione delle competenze tra l'Ente Nazionale per l'Aviazione Civile (ENAC) e l'AESA in materia di regolamentazione dei sistemi aerei a pilotaggio remoto è stata modificata. Il quadro normativo europeo fornito anteriormente al regolamento (UE) 2018/1139 presentava una eterogeneità e frammentarietà che ostacolavano quella uniformità da sempre perseguita dal legislatore europeo; ogni Stato membro era

fattore di un proprio sistema di certificazioni ed autorizzazioni non riconosciute dagli altri Stati.

Risultava, pertanto, indispensabile, in un'ottica di incentivazione della crescita del settore, che le competenze in materia di disciplina e certificazione dei sistemi a pilotaggio remoto venissero avocate a livello europeo, in un modo che prescindesse dal criterio della massa operativa al decollo degli stessi e che fosse destinato a stabilire livelli e standard di sicurezza uniformi ai fini del loro esercizio.

In questo progetto di evoluzione normativa, una significativa importanza va riconosciuta al documento AESA del maggio 2015 "*Concept of operations for Drones: A risk based approach to regulation of unmanned aircraft*" che ha sancito un'inversione di rotta nell'approccio regolamentatore della fattispecie, stabilendo che il criterio su cui modellare la disciplina delle diverse tipologie di mezzi aerei a pilotaggio remoto è quello del livello di rischio insito nelle missioni operative che implicano il loro esercizio, passando da un approccio "*human centric*" ad uno "*operation centric*", fondato sul fattore di rischio presentato da ogni scenario operativo.

Conformemente a questo nuovo approccio regolatorio, gli aeromobili senza equipaggio sono stati classificati in tre categorie operative, all'interno delle quali il regolamento (UE) 2019/947 permette di inquadrare le singole operazioni: *open*, *specific* e *certified*, corrispondenti a differenti regimi giuridici e adempimenti operativi.

Nell'ordinamento giuridico nazionale, in seguito al d.lgs. 9 maggio 2005 n. 96 e al d.lgs. 15 marzo 2006 n. 151 che hanno rinnovato la parte aeronautica del cod. nav., gli aeromobili a pilotaggio remoto sono ricompresi nella nozione di aeromobile di cui all'art. 743 cod. nav., che, al secondo comma, sancisce che "sono altresì considerati aeromobili i mezzi aerei a pilotaggio remoto, definiti come tali dalle leggi speciali, dai regolamenti dell'ENAC e, per quelli militari, dai decreti del Ministero della difesa".

Il disposto enunciato dall'art. 743 cod. nav., secondo comma, è stato attuato mediante l'emanazione da parte di ENAC delle varie edizioni del regolamento nazionale sui mezzi aerei a pilotaggio remoto, la cui ultima e attuale (ENAC UAS-IT del 4 gennaio 2021) presenta numerosi cambiamenti rispetto alla prima, risalente al 2013, derivanti dalle esigenze di adeguare la normativa tecnica interna a quella statuita a livello europeo e internazionale.

Dal 31 dicembre 2020 i regolamenti (UE) 2019/945 e 2019/947, e successive modificazioni, sono diventati definitivamente applicabili in tutti gli Stati membri, delineando così un quadro giuridico normativo armonico, unitario e uniforme, atto a favorire la crescita del settore e agevolare l'implementazione dello U-space, cioè un insieme di servizi calibrati a realizzare un sistema di gestione e controllo del traffico aereo *unmanned*, coerentemente con quello *manned*, e sperimentando l'integrazione delle due tipologie di mezzi.

3.2. La disciplina applicabile nel caso di irrorazione aerea

Per quanto concerne la seconda area di investigazione giuridica è emerso che, nonostante i benefici che l'agricoltura di precisione può portare al settore in termini di riduzione degli input produttivi e incremento degli output, ponendosi come strumento irrinunciabile per rispondere alle sfide poste al centro del Green Deal dell'Unione europea, la normativa vigente non sembra tener conto delle peculiarità dei droni rispetto ai tradizionali mezzi aerei in caso di irrorazione di prodotti fitosanitari.

Difatti, l'impiego dei droni in agricoltura per l'irrorazione aerea di prodotti fitosanitari non è attualmente consentito in base a un'interpretazione estensiva della normativa di riferimento.

Ai sensi dell'art. 9 della direttiva 2009/128/CE l'irrorazione di prodotti fitosanitari con mezzi aerei è vietata, fatte salve deroghe specifiche. Analogamente dispone l'art. 13 del d.lgs. 150/2012, che ha recepito tale direttiva nell'ordinamento italiano.

L'irrorazione aerea può essere permessa solo in casi speciali e purché sussistano particolari condizioni, tra cui, ad esempio, la mancanza di alternative praticabili all'irrorazione aerea o la sussistenza di evidenti vantaggi in termini di impatto ridotto sulla salute umana e sull'ambiente rispetto all'applicazione di pesticidi da terra.

Sia la direttiva sia il d.lgs. 150/2012 definiscono l'"irrorazione aerea" come l'applicazione di pesticidi effettuata da un aeromobile: aereo o elicottero. In tale definizione ricadono anche i droni, come precisato dalla stessa Commissione europea (Commissione europea, 2017).

Stante il divieto di irrorazione aerea dei pesticidi, l'attività di ricerca si è concentrata sulle deroghe previste dal quadro normativo vigente applicabili nel caso di svolgimento di prove sperimentali mediante impiego aereo di prodotti fitosanitari.

Sulla base di tali spazi normativi, sono state presentate alle autorità competenti le istanze per l'effettuazione delle prove sperimentali previste dal progetto S.F.I.D.A durante l'anno 2021.

Sempre in questo contesto, si è ritenuto opportuno esaminare anche la normativa concernente i macchinari agricoli, la quale contiene la disciplina relativa alle macchine per l'applicazione dei pesticidi. L'obiettivo è stato quello di comprendere se il drone da impiegare durante la sperimentazione del progetto, il quale sarebbe stato specificamente utilizzato per l'irrorazione di prodotti fitosanitari, ricadesse nel campo di applicazione di tale normativa. Tuttavia, i risultati dell'indagine hanno portato alla conclusione che, nel caso di specie, non trovasse applicazione la direttiva Macchine né la relativa normativa nazionale di attuazione.

A tal proposito, si vuole evidenziare che, all'epoca della sperimentazione, non esistevano standard internazionali (es. standard ISO) relativi ai droni per irrorazione aerea di prodotti fitosanitari, né erano stabilite dal Piano di azione nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (PAN, di cui al decreto interministeriale del 22 gennaio 2014) le disposizioni in materia di certificazione delle attrezzature e degli aeromobili utilizzati per l'irrorazione aerea, così come sancito dall'art. 13, comma 2, lett. d) del d.lgs. 150/2012.

Ad ogni modo, l'aeromobile è stato equipaggiato con accessori che rappresentano la migliore tecnologia disponibile all'epoca per ridurre la dispersione nell'ambiente del prodotto irrorato e il suo impiego nell'ambito del progetto è stato posto in essere nel rispetto della salute umana e dell'ambiente.

3.2.1. L'esperienza della Spagna e della Francia e il caso della proposta di legge di modifica del d.lgs. 150/2012

L'analisi giuridica ha avuto ad oggetto anche lo studio delle normative nazionali di altri Stati membri dell'Unione europea, al fine di comprendere se e come essi si stanno adoperando per garantire che i vantaggi connessi all'impiego dei droni per l'irrorazione aerea non vengano vanificati. Particolarmente interessanti sono le esperienze di Spagna e Francia.

Per quanto riguarda la Spagna, il 16 agosto 2018 il Ministero spagnolo dell'agricoltura, della pesca e dell'alimentazione ha pubblicato una nota informativa contenente dei chiarimenti circa i requisiti che i droni devono avere per poter essere

impiegati al fine di irrorare prodotti fitosanitari, specificando che questo genere di attività deve rispettare la normativa concernente la sicurezza aerea, quella sui controlli dei macchinari che applicano prodotti fitosanitari, nonché la disciplina sull'uso dei prodotti fitosanitari secondo quanto stabilito dalla direttiva 2009/128/CE.

Più incisiva è stata l'esperienza della Francia, dove nel 2018 si è permesso di sperimentare per tre anni l'utilizzo di aeromobili a pilotaggio remoto per irrorazione aerea di prodotti fitosanitari su coltivazioni con forte pendenza. Il legislatore francese ha consentito l'utilizzo in via sperimentale per valutare rischi e benefici relativi a tale impiego in agricoltura.

Nello specifico, secondo quanto previsto dall'articolo 82 della legge n. 2018-938 del 30 ottobre 2018 *pour l'équilibre des relations commerciales dans le secteur agricole et alimentaire et une alimentation saine, durable et accessible à tous* in deroga all'art. L. 253-8 *Code Rural et de la pêche maritime*, che recepisce l'art. 9 della direttiva 2009/128/CE, i droni potevano essere utilizzati per irrorare determinati prodotti fitosanitari su superfici agricole con pendenza maggiore o uguale al 30%. La sperimentazione svolta nel triennio è servita per raccogliere dati e informazioni utili per comprendere l'impatto dell'impiego dei droni per limitare il rischio di infortuni sul lavoro e per l'applicazione di prodotti che riducono i rischi per la salute e l'ambiente. Dall'ottobre 2021, data di fine del periodo di sperimentazione, l'irrorazione aerea mediante droni è nuovamente vietata in Francia. Nel 2022 l'Agenzia francese per l'alimentazione, l'ambiente e la salute e la sicurezza sul lavoro (ANSES) ha pubblicato una nota in cui sono descritti i risultati della sperimentazione e in cui vi è una apertura verso l'utilizzo dei droni in particolare per ridurre l'esposizione dell'operatore ai pesticidi, ma si evidenzia anche la necessità che siano acquisiti ulteriori dati.

È interessante notare che, alla luce della nota ANSES e dei risultati della sperimentazione, nel novembre 2022 è stata presentata la proposta di legge n. 554 dinanzi all'*Assemblée Nationale*, composta di un unico articolo, volta a estendere la sperimentazione per un ulteriore periodo di tre anni (*Proposition de loi visant à autoriser l'épandage par drone dans le milieu agricole*). Da lì a poco, nel gennaio 2023, è stata presentata un'altra proposta di legge sullo stesso tema, sempre all'*Assemblée Nationale*, per consentire l'irrorazione aerea di prodotti fitosanitari

autorizzati in agricoltura biologica in aree agricole di difficile accesso (con pendenza maggiore o uguale al 30%), mediante droni dotati di ugelli antideriva (*Proposition de loi n°703 visant à autoriser la pulvérisation aérienne des produits phytopharmaceutiques*).

Un significativo balzo in avanti è stato fatto più recentemente, a riprova del grande interesse relativo all'utilizzo di droni per irrorazione aerea in Francia. Nello specifico, lo scorso 23 maggio il Senato francese ha adottato e trasmesso all'Assemblea nazionale la *Proposition de loi pour un choc de compétitivité en faveur de la ferme France*, un'iniziativa trasversale proposta da più di 170 senatori che mira a rendere l'agricoltura d'oltralpe più competitiva e attraente, incoraggiando l'innovazione nel settore.

Tra gli articoli proposti, uno è specificatamente dedicato all'irrorazione aerea di prodotti fitosanitari mediante droni (*Art. 8 - Autorisation d'usage d'aéronefs pour la pulvérisation de précision en agriculture*). Il testo della proposta mira ad autorizzare l'uso di aeromobili a pilotaggio remoto o controllati da intelligenza artificiale per l'irrorazione di precisione nell'ambito di una sperimentazione quinquennale, su terreni agricoli in pendenza e per l'agricoltura di precisione. Questo articolo ha l'obiettivo, dunque, di andare oltre quanto previsto dalle altre proposte di legge in materia, rimuovendo le restrizioni relative al tipo di agricoltura, nonché quelle concernenti morfologia dei terreni agricoli che possono essere irrorati con i droni. Allo stesso modo, la proposta norma anticipa lo sviluppo dell'intelligenza artificiale in agricoltura per il pilotaggio dei droni.

In Italia, la bozza del nuovo PAN per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, in corso di elaborazione, fa esplicito riferimento alla sperimentazione dell'uso di droni a fini irrorativi. In particolare, il punto A.3.10 afferma che al fine di promuovere la sperimentazione dell'uso di droni per la distribuzione dei prodotti fitosanitari nell'ambito della difesa sostenibile, verranno stabiliti dai Ministeri competenti i requisiti per l'esecuzione delle attività sperimentali, alla luce delle potenzialità legate all'impiego dell'agricoltura di precisione per una migliore gestione dei pesticidi. Inoltre, il punto A.4 della bozza di PAN prevede che, fermo restando il generale divieto di irrorazione aerea, possono essere concesse delle deroghe qualora l'irrorazione aerea presenti evidenti benefici in termini di ridotto impatto sulla salute umana e sull'ambiente.

Anche sulla scia dei lavori preparatori del PAN e delle esperienze degli altri Stati membri, nel corso del progetto S.F.I.D.A., si è fornito supporto scientifico e giuridico-normativo alla definizione della proposta di legge n. 2853 (Introduzione dell'articolo 13-bis del decreto legislativo 14 agosto 2012, n. 150, in materia di autorizzazione all'impiego sperimentale di aeromobili a pilotaggio remoto nelle attività agricole per l'irrorazione aerea di prodotti fitosanitari), presentata l'8 gennaio 2021 ad iniziativa dell'on. Tullio Patassini e di altri, volta a permettere l'impiego in via sperimentale per un periodo di tre anni, previa autorizzazione delle regioni e province autonome di Trento e Bolzano, di aeromobili a pilotaggio remoto nelle attività agricole per l'irrorazione aerea di prodotti fitosanitari qualora gli operatori e i tecnici, gli imprenditori e i lavoratori autonomi del settore agricolo richiedenti, autorizzati a utilizzare i prodotti fitosanitari, dimostrino che tali tecniche presentino evidenti vantaggi in termini di impatto ridotto sulla salute umana e sull'ambiente.

4. Conclusioni

Dall'analisi svolta si può dedurre come l'attuale normativa non tenga ancora conto dell'evoluzione tecnologica che il settore agricolo ha conosciuto negli ultimi anni e, pertanto, non sia in grado di promuovere a pieno le potenzialità connesse all'impiego delle nuove tecnologie al fine di raggiungere gli obiettivi di sviluppo sostenibile sanciti a livello europeo.

Importanti cambiamenti sono però all'orizzonte.

Negli ultimi anni, le Istituzioni europee hanno in più occasioni richiamato l'attenzione sulle potenzialità del ricorso ai droni, anche nell'ottica della riduzione dell'impiego dei pesticidi (Parlamento europeo, 2019; Commissione europea, 2018 e 2021).

A novembre 2022, la Commissione ha presentato la Strategia 2.0 per i droni per un ecosistema intelligente e sostenibile di aeromobili senza equipaggio in Europa, volta a contribuire alla realizzazione della transizione verde e digitale annunciata nel *Green Deal*, mediante la definizione di modalità per guidare lo sviluppo di tali tecnologie e il relativo contesto normativo, con l'obiettivo di fare dei droni i vettori della mobilità del futuro e di offrire una nuova gamma di servizi e trasporti maggiormente sostenibili (Commissione europea, 2022a).

Inoltre, e soprattutto, il 29 maggio 2020 la Commissione europea ha elaborato una tabella di marcia avente lo scopo di avviare un processo di valutazione dell'impatto

della direttiva 2009/128/CE, alla luce degli obiettivi stabiliti dal *Green Deal* europeo e, in particolar modo, dalla Strategia *Farm to Fork*. Questa valutazione è andata a determinare in quale misura sono stati raggiunti gli obiettivi di uso sostenibile e a vagliare ulteriori opzioni volte a diminuire l'uso dei pesticidi in agricoltura, in maniera tale da raggiungere gli obiettivi stabiliti dalla strategia. Tra le opzioni considerate vi era quella di promuovere l'impiego dei droni in agricoltura, rimuovendo le barriere che fino ad oggi ne hanno impedito l'uso.

In seguito alle consultazioni pubbliche concluse ad aprile 2021, durante le quali sono state presentate ben 1.697 risposte online, il 22 giugno 2022 la Commissione ha adottato la proposta di revisione della normativa, in forma di regolamento anziché di direttiva (Commissione europea, 2022b). Per quanto concerne l'irrorazione aerea di prodotti fitosanitari, anche nella proposta della Commissione il divieto generale previsto dalla vigente disciplina rimane. Tuttavia, all'art. 21 della proposta si prevede la possibilità per gli Stati membri di derogare a tale divieto in caso di utilizzo di aeromobili a pilotaggio remoto, inclusi i droni, a determinate condizioni. L'obiettivo è quello di permettere l'impiego di tali tecnologie qualora si dimostri che i rischi derivanti dal loro uso sono inferiori rispetto ad altri macchinari. È però interessante notare come tale deroga venga differita di tre anni dopo l'entrata in vigore del regolamento: tale rinvio viene proposto dalla Commissione in considerazione dell'attuale incertezza scientifica in materia.

L'uso sperimentale dell'irrorazione aerea mediante aeromobili a pilotaggio remoto è al vaglio anche in Italia. Pertanto, non soltanto l'Unione europea ma anche gli Stati membri si stanno occupando della materia con l'obiettivo di favorire l'impiego di queste nuove tecnologie nel settore agricolo.

In conclusione, sebbene l'agricoltura del terzo millennio sia chiamata ad affrontare numerose sfide, la tecnologia e l'innovazione possono giocare un ruolo determinante nel facilitare la transizione verso sistemi agricoli e alimentari maggiormente sostenibili da un punto di vista ambientale, sociale ed economico. Tuttavia, l'innovazione rappresenta spesso una sfida non soltanto per gli operatori ma anche per il legislatore, al quale è richiesto di non frenare il progresso tecnologico ma al contempo di tutelare l'ambiente e i diritti dei cittadini.

Sarà, pertanto, di primaria importanza valutare l'evoluzione del quadro normativo dell'Unione europea, al fine di comprendere se e come il diritto affronterà la sfida

dell'agricoltura di precisione nel breve-medio periodo, permettendo o meno – ed eventualmente a quali condizioni – l'irrorazione aerea di prodotti fitosanitari mediante drone.

Bibliografia

1.Commissione europea (2017), *Directorate-General for Health and Food Safety, Application of pesticides by drones, Directive 2009/J28/EC on the Sustainable Use of Pesticides* (SUD) - Ref. Ares (2017)6111366 - 13/12/2017.

2.Commissione europea (2018), *Digital Transformation Monitor - Drones in agriculture, Bruxelles*.

3.Commissione europea (2019), Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni, *Il Green Deal europeo, COM/2019/640 final, Bruxelles*.

4.Commissione europea (2020), Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni. Una strategia “Dal produttore al consumatore” per un sistema alimentare equo, sano e rispettoso dell'ambiente. *COM/2020/381 final, Bruxelles*.

5.Commissione europea (2021), *Advanced Technologies for Industry – Product Watch. Satellites and drones for less intensive farming and arable crops, Bruxelles*.

6.Commissione europea (2022a), Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni. Strategia 2.0 per i droni per un ecosistema intelligente e sostenibile di aeromobili senza equipaggio in Europa. *COM(2022) 652 final, Bruxelles*.

7.Commissione europea (2022b), Proposta di Regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio relativo all'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari e recante modifica del regolamento (UE) 2021/2115, *COM/2022/305 final, Bruxelles*.

8.FAO (2018), *E-Agriculture in Action: Drones for Agriculture, FAO and ITU Publishing, Bangkok*.

9.ISPA (2021), *Precision Ag Definition*, <https://www.ispag.org/about/definition> (ultimo accesso 31/07/2023).

10.Lattanzi P. (2018), L'agricoltura di precisione, una sfida anche per il diritto, in *Agriregionieuropa*, 53, pp. 1-5.

11.OECD (2021) *Report on the State of the Knowledge – Literature Review on Unmanned Aerial Spray Systems in Agriculture. OECD Series on Pesticides, No. 105, OECD Publishing, Paris, 15-26*.

12.Parlamento europeo (2019), Risoluzione del Parlamento europeo del 12 febbraio 2019 sull'applicazione della direttiva 2009/128/CE concernente l'utilizzo sostenibile dei pesticidi (2017/2284(INI)).

i Pur essendo frutto di un lavoro unitario, i paragrafi 1, 2, 3, 3.2, 3.2.1 e 4 sono da attribuire a Pamela Lattanzi e Serena Mariani, mentre il paragrafo 3.1. a Beatrice Baldoni.

2 Valutazione dell'impatto dei fitofarmaci sugli organismi "non bersaglio" del suolo in oliveto: Applicazioni nel progetto SFIDA

Aldo D'Alessandro, Martina Coletta, Mario Marconi, Antonietta La Terza
Scuola di Bioscienze e Medicina Veterinaria, Università di Camerino, Via Gentile III da Varano - 62032, Camerino (MC), Italy



Progetto S.F.I.D.A. "Smart Farming: Innovare con i Droni l'Ambiente", realizzato all'interno del territorio del cratere sismico della Regione Marche e finanziato con i fondi del Piano di Sviluppo Rurale della Regione Marche, Bando 16.1 azione 2 Sostegno alla creazione e al funzionamento di Gruppi Operativi del PEI - Azione 2 "Finanziamento dei Gruppi Operativi", PSR Marche 2014-20 - Annualità 2017, ID SIAR 29073.



Unione Europea / Regione Marche
PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE 2014-2022
FONDO EUROPEO AGRICOLA PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI



REGIONE MARCHE

Introduzione

Secondo l'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Alimentazione e l'Agricoltura (FAO), ogni anno fino al 40% della produzione agricola mondiale viene persa a causa dell'attacco di parassiti nocivi per le piante[1]. In questo contesto, l'impiego di pesticidi è di fondamentale aiuto nel controllare l'afflusso dei parassiti, ottenere rese agricole maggiori e mantenere costi alimentari ridotti per i consumatori. Tuttavia, gli effetti di questi prodotti non sono esclusivamente confinati ai soli patogeni, per il cui controllo sono stati sviluppati, ma possono rappresentare un rischio sia per la salute umana che per i cosiddetti organismi "non bersaglio", con particolare riferimento agli organismi del suolo[2, 3]. Inoltre, l'esposizione ai prodotti fitosanitari non è limitata alla sola area di applicazione, poiché vari meccanismi di trasporto possono contribuire a veicolare questi prodotti anche verso compartimenti ambientali "non bersaglio", cioè aree limitrofe non direttamente interessate dall'applicazione del fitofarmaco.

Il quadro normativo per i prodotti fitosanitari, stabilito dal Regolamento (CE) n. 1107/2009[4], richiede in maniera esplicita di considerare i possibili impatti dell'applicazione dei fitofarmaci sulla biodiversità dell'agroecosistema e, in particolare, sugli organismi "non bersaglio", compreso l'impatto sul loro comportamento. Il regolamento prevede, inoltre, di individuare le misure necessarie a ridurre al minimo il rischio di contaminazione dell'ambiente.

A questo riguardo, l'European Food Safety Authority (EFSA) ha fornito un'opinione scientifica volta a sviluppare e aggiornare il documento guida sulla ecotossicologia terrestre[4] specificatamente per gli organismi del suolo. Ciò in considerazione degli innumerevoli servizi ecosistemici (SE) da essi forniti, tra i quali possiamo annoverare: la decomposizione della sostanza organica, il riciclo dei nutrienti, la protezione dai patogeni, il miglioramento della struttura del suolo e la stabilità degli aggregati[3].

La salute del suolo, e della sua biodiversità, sono elementi essenziali da considerare nella transizione verso una gestione agricola sostenibile e, non di meno, verso l'obiettivo della sicurezza alimentare[6, 7]. A livello internazionale l'importanza di arrestare il degrado dei suoli è stata riconosciuta nell'ambito di Agenda 2030. In tale documento, stilato in occasione del Summit per lo sviluppo sostenibile del 2015, sono indicati gli impegni per lo sviluppo sostenibile che dovranno essere realizzati

entro il 2030: 17 obiettivi globali (SDGs - Sustainable Development Goals) e 169 target[8]. A questo riguardo, ben 4 dei 17 obiettivi contengono dei target collegati al suolo (Goal 2: sconfiggere la fame; Goal 3: salute e benessere per tutti; Goal 12: garantire modelli sostenibili di produzione e di consumo; Goal 15: proteggere, ripristinare e favorire un uso sostenibile dell'ecosistema terrestre e della sua biodiversità). Il suolo e il suo uso sostenibile costituiscono tematiche trasversali, anche nell'ambito di varie politiche e strategie europee, tra cui in primis il Green New Deal e strategie associate, quali la *Farm to Fork strategy*, *Biodiversity 2030*, *Zero Pollution* e la missione *A Soil Deal for Europe*. Complessivamente anche queste politiche fissano obiettivi ambiziosi da raggiungere entro il 2030, tra i quali: la riduzione del 50% dell'uso di pesticidi di sintesi e del 20% dell'uso di fertilizzanti al fine di preservare la fertilità del suolo, che è il fondamento della sicurezza alimentare.

Tra gli organismi del suolo che possono subire conseguenze negative dall'applicazione dei prodotti fitosanitari (oltreché dal compattamento del suolo prodotto dal passaggio di mezzi agricoli), sicuramente lombrichi e microartropodi sono tra i più noti[9]. In particolare, la comunità dei microartropodi del suolo fornisce una serie di servizi di estrema utilità per l'agroecosistema oliveto (oggetto della nostra valutazione) tra cui: il controllo biologico della mosca dell'olivo [*Bactrocera oleae* (Rossi), *Diptera: Tephritidae*], uno dei principali patogeni a livello globale per questa coltura[10]. Studi recenti hanno, infatti, evidenziato come i microartropodi predatori del suolo contribuiscono in maniera significativa ad aumentare la mortalità delle pupe di *Tephritidae*[11]. Inoltre, sia i microartropodi che i lombrichi sono ampiamente riconosciuti ed usati a livello internazionale come bioindicatori della salute/qualità del suolo, sia a livello di individuo/popolazione, attraverso l'allestimento di test ecotossicologici, che a livello di comunità, come nel caso dell'Indice di Qualità Biologica Suolo-artropodi (QBS-ar)[12, 13] o del più recente Indice di Qualità Biologica-earthworms (lombrichi) (QBS-e)[14].

È pertanto di fondamentale importanza poter preservare la biodiversità del suolo, in virtù degli innumerevoli servizi da essa forniti, al fine di sostenere la funzionalità e fertilità naturale dei suoli, ed è questa la ragione per cui lombrichi e microartropodi sono stati scelti come bioindicatori di pratiche agricole sostenibili nell'ambito del progetto SFIDA.

Attività ed Obiettivi del partner UNICAM

Le attività di progetto del partner UNICAM si sono realizzate prevalentemente nell'ambito dell'Azione 2, sottoazione 2.2: "monitoraggio dell'ambiente in situazioni di ante e post intervento in condizioni diversificate e comparazione con le pratiche in uso oggi". Nello specifico, esse hanno riguardato il biomonitoraggio (pre-trattamento e post-trattamento) degli eventuali impatti derivanti dall'applicazione del fitofarmaco *Spintor Fly* effettuato con metodo tradizionale dal basso mediante pompa Casotti sulla biodiversità dell'agro-ecosistema oliveto (con particolare riferimento agli organismi "non bersaglio" del suolo) rispetto al trattamento innovativo effettuato dall'alto mediante drone (Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto, S.A.P.R.). Questa seconda tipologia di trattamento consentirebbe di ridurre l'eventuale compattamento del suolo prodotto dai ripetuti passaggi della trattatrice, risultando in un minor impatto sulla biodiversità del suolo. Per misurare l'impatto è stato applicato l'Indice di Qualità Biologica Suolo-artropodi, (QBS-ar). Inoltre, sono stati raccolti dei campioni di suolo per i test ecotossicologici (Test di avoidance con i lombrichi, Norma ISO 17512-1:2008)[15] da condurre in laboratorio e sono stati effettuati dei test in situ sulla attività funzionale degli organismi del suolo (Bait Lamina Test, BLTs, Norma ISO 18311:2016)[16].

Le descritte attività di biomonitoraggio, condotte per valutare il potenziale impatto prodotto sulla biodiversità "non bersaglio" dall'applicazione del fitofarmaco *Spintor[®] Fly* nell'oliveto mediante l'utilizzo di droni, sono in linea con l'obiettivo primario del progetto SFIDA: ridurre gli impatti ambientali dei sistemi produttivi mediante uso di tecniche di Agricoltura di Precisione (AdP)[17, 18]. In particolare, la scelta di organismi modello del suolo (artropodi e lombrichi) come bioindicatori risponde alle indicazioni dei sopraccitati Regolamenti Europei nel tutelare la biodiversità "non bersaglio" e, nel contempo, individuare le misure necessarie per ridurre quanto più possibile la contaminazione dell'ambiente.

Descrizione dell'oliveto e tempistiche delle attività di monitoraggio

Per le attività del progetto è stato scelto un oliveto sperimentale a conduzione intensiva ubicato presso l'Azienda Agraria dell'ISS G. Garibaldi di Macerata. L'oliveto presenta diverse varietà di ulivi (Piantone di Mogliano, Leccio del Corno e le varietà estere Arbequina, Sikitita e Koroneiki). La Fig. 1 riporta la suddivisione dell'oliveto

oggetto di studio nei plot sperimentali (oliveto intensivo trattato con pompa Casotti, CAS; oliveto intensivo trattato con Drone, DRO) e di controllo (capezzagna, CAP).



Figura 1: Suddivisione dei plot sperimentali. DRO = plot trattato con il drone; CAS = plot trattato con la pompa casotti; CAP = capezzagna

L'aggiunta come controllo della capezzagna adiacente l'oliveto, rappresentativa di un suolo semi-naturale, è stata effettuata al fine di poter meglio discriminare tra gli effetti dello *Spintor*[®] *Fly* e quelli eventualmente prodotti da altri fattori (es. fitofarmaci o altri contaminanti) negli oliveti (trattati e non) oggetto della sperimentazione. Tale disegno sperimentale è stato convenuto tra i partner di progetto e la società Corteva che distribuisce per l'Italia il fitofarmaco *Spintor*[®] *Fly*. Sia per l'applicazione del QBS-ar che per il Bait Lamina Test sono stati effettuati due monitoraggi, prima e dopo il trattamento con *Spintor*[®] *Fly*, al fine di poterne osservare eventuali effetti. Stessa tempistica anche per il Test di avoidance. Le attività di monitoraggio dell'oliveto sono state condotte nel periodo compreso tra agosto ed ottobre 2021.

Descrizione dei Metodi (QBS-ar, Test di avoidance, Bait Lamina Test) e loro applicazione nel progetto SFIDA

Indice di Qualità Biologica Suolo-artropodi (QBS-ar)

L'indice di Qualità Biologica Suolo-artropodi [12, 13] si basa sulla valutazione della

a composizione delle comunità dei microartropodi del suolo di dimensioni inferiori ai 2 mm, il cui ruolo ecologico principale è legato alla regolazione delle comunità microbiche e al processo di umificazione. Questo indice si basa sull'identificazione di diversi gruppi di artropodi (es. isopodi, acari, collemboli, sinfili, ecc.) e sull'attribuzione di un valore EMI (Indice Ecomorfologico) il cui punteggio è compreso tra 1 e 20, in relazione al grado di adattamento al suolo. La sommatoria dei punteggi EMI costituirà l'indicatore di qualità del suolo stesso (valore QBS-ar) (Fig. 2, 3).



Figura 2: Microfotografie scattate allo stereoscopio di varie forme biologiche riscontrate nei campioni di suolo e relativo valore EMI (barra = 1mm). A. Araneide, B. Isopode, C. Pseudoscorpione, D. Acari, E. Isopode

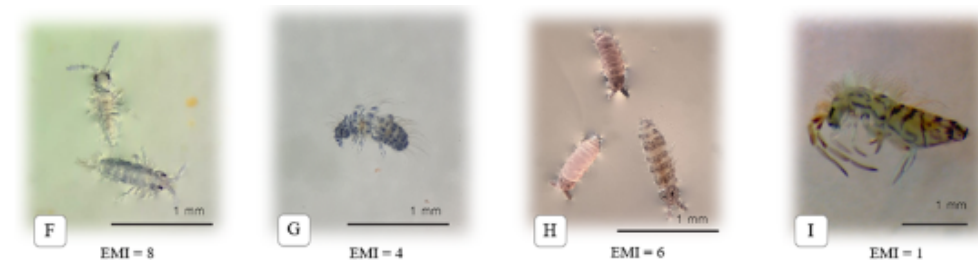


Figura 3: Microfotografie scattate allo stereoscopio di Collemboli riscontrati nei campioni di suolo e relativo valore EMI (barra = 1mm).

Operativamente per l'applicazione del metodo QBS-ar, in ogni stazione oggetto di studio vengono prelevati 3 sotto-campioni di suolo (costituenti un campione QBS-ar) mediante l'uso di una fustella in acciaio di dimensioni note che consente di ottenere volumi equivalenti di suolo (circa 800 cm³).

I campioni raccolti sono successivamente portati in laboratorio e posti (entro 24 ore) nel selettore di Berlese-Tullgren per effettuare l'estrazione dei microartropodi (tempo minimo di selettura: 7 giorni). Terminata l'estrazione, si procede all'esame

del contenuto in microartropodi in ogni sotto-campione e alla separazione degli individui in gruppi omogenei dal punto di vista morfologico (Forme Biologiche). Tale ripartizione viene effettuata in relazione ai caratteri di adattamento, che consentono di associare ad ogni gruppo un valore numerico definito Indice Ecomorfologico[12, 13] (Fig. 2, 3). La somma degli EMI presenti in ogni sotto-campione fornisce il valore di QBS parziale. La somma degli EMI contenuti nei tre sotto-campioni fornisce invece il valore di QBS-ar finale o totale. Il range dei valori di QBS-ar considerati per attribuire una classe di qualità (biologica) al suolo di un agroecosistema o di un ambiente naturale sono, generalmente, compresi tra 40 (qualità scadente) e 120 (qualità ottima) per un seminativo, tra 60 (scadente) e 160 (ottima) per colture arboree (es. frutteti e oliveti) e tra 90 e 200, per ambienti naturali (es. boschi,

praterie).

Nell'ambito del Progetto SFIDA all'interno di ciascun plot sperimentale (CAS, DRO) e di controllo (CAP) sono stati prelevati 9 sotto-campioni di suolo (3 QBS-ar per ciascun plot) (Fig. 4).

Inoltre, in considerazione della sensibilità della comunità dei microartropodi del suolo al compattamento, sono state effettuate delle misure di compattamento usando un penetrometro.

Bait Lamina Test

Il Bait Lamina Test (BLT) (Norma ISO 18311:2016)[16, 19] evidenzia gli effetti degli impatti antropici (ad esempio, l'irrorazione di fitofarmaci e/o compattamento) prodotti sull'attività di alimentazione degli organismi del suolo in situ. Il test prevede l'utilizzo di piccole barrette in plastica forate (Fig. 5), all'interno delle quali è posizionata una



Figura 4: Fasi del campionamenti in oliveto

mistura di crusca e carbone attivo (esca o bait).



Figura 5: Barrette usate per il Bait Lamina Test (BLT).

Le barrette con l'esca vengono inserite verticalmente nel suolo e lasciate in loco per almeno due settimane. Al termine della sperimentazione le barrette vengono rimosse dal suolo e viene calcolata la percentuale di mistura consumata, andando così a valutare il tasso di alimentazione. Il test non valuta l'attività di taxa specifici, bensì misura il tasso di alimentazione complessivo della biodiversità (micro-, meso- e macro-organismi) del suolo. Nel corso del progetto SFIDA si è provveduto al posizionamento delle barrette precedentemente riempite con l'esca (Fig. 6), sia negli plot sperimentali (CAS e DRO, irrorati) e di controllo (CAP, non irrorato) (3 set da 10 barrette per plot) seguendo il protocollo specificato nella Norma ISO di riferimento.



Figura 6: Preparazione delle barrette per il Bait Lamina Test (BLT)

Dopo due settimane, le barrette sono state recuperate per valutare l'esito del test. In laboratorio, le barrette sono state posizionate su una tavola luminosa, si è proceduto alla valutazione visiva, alla raccolta di foto e al calcolo della percentuale di mistura consumata (Fig. 7).

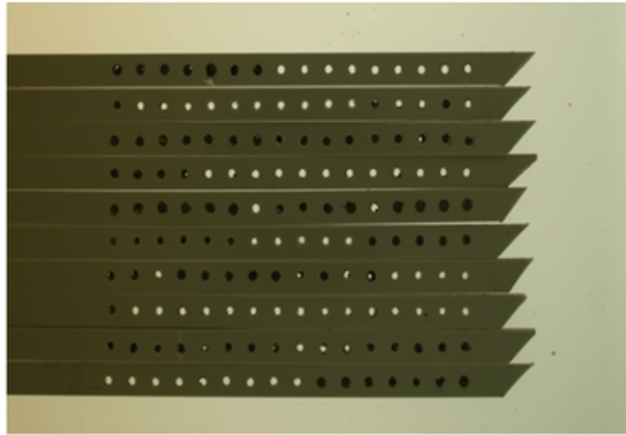


Figura 7: Valutazione visiva dei risultati del BLT sulla tavoletta luminosa. I fori bianchi sono quelli in cui l'esca è stata consumata integralmente o parzialmente.

In concomitanza dei campionamenti pre- e post-trattamento, sono stati raccolti campioni di suolo da utilizzare successivamente in laboratorio per l'allestimento del test di avoidance.

Test di avoidance

Il test di avoidance, realizzato con i lombrichi adulti appartenenti alle specie *Eisenia fetida* ed *Eisenia andrei*[15, 20], è un test di ecotossicologia del suolo largamente impiegato per valutare gli effetti di varie tipologie di contaminanti (inclusi fitofarmaci) sul comportamento dei lombrichi. Per questo test vengono utilizzate delle vaschette in plastica divise con un separatore in due metà. Una metà viene riempita con un suolo di controllo (non contaminato), mentre l'altra metà con un suolo contaminato prelevato direttamente nell'ambiente o con un suolo addizionato con sostanze inquinanti di cui si vuole valutare l'eventuale tossicità (Fig. 8).



Figura 8: Immagini delle vaschette utilizzate per l'avoidance test.

Una volta allestite le vaschette, il separatore viene rimosso e, al centro del solco prodotto, vengono inseriti 10 lombrichi adulti. La vaschetta è posta all'interno di una camera climatica (NUVE 401) e mantenuta per 48h in condizioni controllate di umidità (pari al 50% della Water Holding Capacity, WHC), temperatura (20 ± 2 °C), intensità luminosa (400-800 lux) e fotoperiodo (16 ore luce/8 ore buio). Terminato il test, si contano i lombrichi presenti all'interno di ciascuna metà e si valuta quanto questi tendono a "fuggire" dal suolo test (contaminato) verso il suolo di controllo (non contaminato), in modo da calcolare la percentuale di avoidance (fuga) dai suoli in esame.

Nel Progetto SFIDA lo svolgimento del test di avoidance ha previsto l'utilizzo dei seguenti suoli: 1) suolo di controllo prelevato dalla capezzagna (CAP); 2) suolo prelevato dal plot dell'oliveto trattato con Casotti (CAS); 3) suolo prelevato dal plot dell'oliveto trattato con drone (DRO).

I suoli utilizzati per i test di avoidance sono stati analizzati, prima e dopo il trattamento, per valutare la presenza di eventuali metalli pesanti ed altri contaminanti. Le analisi non hanno rilevato concentrazioni al di sopra della norma per i metalli analizzati (rame, zinco ecc.).

Risultati

Di seguito, distinti per le diverse attività sopracitate, sono sinteticamente riportati i risultati relativi alle attività di campo e laboratorio.

Indice di Qualità Biologica Suolo-artropodi

Come mostrato in Fig. 9, in entrambi i campionamenti (pre- e post-trattamento) i valori di QBS-ar ottenuti per la capezzagna sono risultati più elevati rispetto a quelli ottenuti per i plot trattati, i quali non hanno mostrato differenze significative tra di loro.

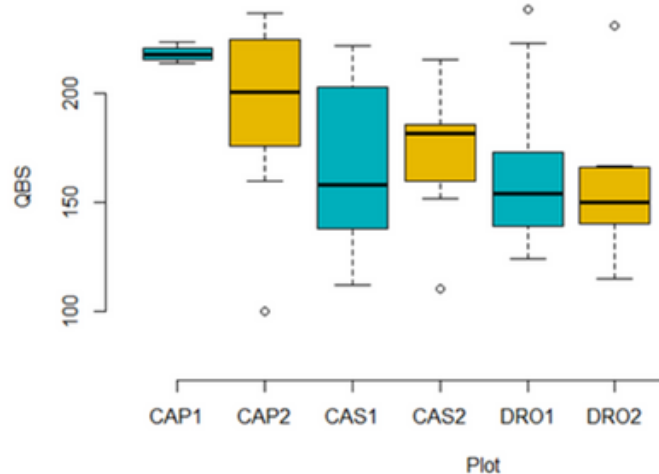


Figura 9: Distribuzione dei valori di QBS-ar parziale ottenuti per plot e per tipologia di campionamento. CAP = capezzagna; CAS = pompa casotti; DRO = drone. Il numero accanto al codice del plot indica il campionamento (1 = pre-trattamento; 2 = post-trattamento).

Probabilmente, il passaggio della trattrice per attività di sfalcio, avvenuto in entrambi i plot (CAS e DRO) in prossimità delle attività di campionamento, ha generato una condizione di disturbo al suolo che ha influito nel mascherare le differenze tra i due plot. Tuttavia, come mostrato in Fig. 9 si può notare una maggiore stabilità dei valori di QBS-ar per il plot DRO rispetto al plot CAS, in cui si osserva una maggiore fluttuazione dei valori tra pre- e post-trattamento.

Nel campionamento pre-trattamento, le differenze tra CAP e plot trattati (CAS e DRO) si sono rivelate più accentuate rispetto al post-trattamento. I valori di QBS-ar parziale ottenuti per CAP sono risultati più elevati (pari o superiori a 200) rispetto ai valori registrati in CAS e DRO. Lo Student's T-test effettuato usando i valori di QBS-ar parziale ha confermato la significatività delle differenze tra CAP e CAS (p-value = 0.042) e tra CAP e DRO (p-value = 0.046), mentre il confronto tra CAS e DRO è risultato non significativo (p-value = 0.60). A questo riguardo, le misure effettuate con il penetrometro hanno mostrato un livello pressappoco omogeneo di compat-

-tamento nelle interfile di entrambi i plot dell'oliveto, ma valori più bassi di compattamento nell'area della capezzagna. Nel post-trattamento tutti i confronti a coppie (CAP vs DRO, CAP vs CAS, DRO vs CAS) sono risultati non significativi (p-value > 0.05).

Nel confronto tra i valori di QBS-ar parziale pre- e post-trattamento, solamente per CAP sono state riscontrate differenze significative (p-value = 0.05), mentre considerando i plot trattati (CAS e DRO) non sono state evidenziate differenze (p-value = 0.28 per CAS; p-value = 0.33 per DRO).

In generale, in tutti i plot sono stati ottenuti valori di QBS-ar totale uguali o superiori a 200. Considerando che il valore soglia per l'attestazione di un giudizio di qualità ottimo è di 160, in tutti i plot trattati il valore di qualità biologica del suolo è comunque risultato ottimo, indipendentemente dal tipo di trattamento.

Bait Lamina Test

L'analisi condotta con il Bait Lamina Test ha restituito risultati in linea con quelli ottenuti con il QBS-ar. Nel campionamento pre-trattamento la capezzagna (CAP) ha ottenuto una media del 28.91% di mistura consumata, a fronte del 11.25% del plot trattato con il drone (DRO) e del 11.91% del plot trattato con il trattore (CAS). L'analisi statistica, condotta attraverso il test di Wilcoxon, ha mostrato differenze significative tra plot di controllo (CAP) e plot trattati (CAS e DRO) (CAP vs CAS p-value = 0.0009; CAP vs DRO p-value = 0.0007), e differenze non significative tra trattamenti (CAS vs DRO p-value = 0.81).

I risultati del campionamento post-trattamento mostrano risultati simili, una media del 38.44% di mistura consumata per CAP, del 21.93% per DRO e del 20.83% per CAS. Anche in questo caso, l'analisi statistica ha rilevato differenze significative tra CAP e trattati (CAP vs CAS p-value = 0.034; CAP vs DRO p-value = 0.031), ma non tra CAS e DRO (CAS vs DRO p-value = 0.557).

Le differenze tra il primo campionamento (pre-trattamento) e il secondo (post-trattamento) risultano essere significative, anche in considerazione delle differenti condizioni ambientali (temperatura e umidità), che hanno contraddistinto i due periodi di campionamento (agosto e ottobre).

Test di avoidance

Il test di avoidance ha evidenziato la preferenza del suolo della capezzagna anche per i lombrichi. Questo tipo di test, a differenza dei precedenti, non è influenzato dal grado di compattamento del suolo, ma principalmente dalla presenza di agenti inquinanti (es. metalli pesanti, prodotti fitosanitari, ecc.).

Il valore di avoidance (ossia di fuga) è calcolato come:

$$\left(\frac{nC - nT}{N} \right) \times 100$$

Ovvero il numero di individui (nC) trovati nella sezione di controllo meno il numero di individui trovati nel suolo da testare (nT) diviso il numero totale di individui (N=10), il tutto in percentuale.

Come mostrato in Fig. 10 nel caso di utilizzo del suolo di controllo (CAP) in entrambi i lati della vaschetta, i lombrichi non hanno mostrato preferenze significative per un lato o l'altro. Al contrario, nel caso di utilizzo di suolo prelevato dai plot trattati (CAS e DRO) a confronto con il suolo di controllo della capezzagna (CAP), è stata osservata una tendenza elevata alla fuga, con valori di avoidance fino al 60% per il plot CAS (un valore di avoidance del 60% indica che, al momento della conta, 8 lombrichi sono presenti nel suolo di controllo e solo 2 nel suolo test).

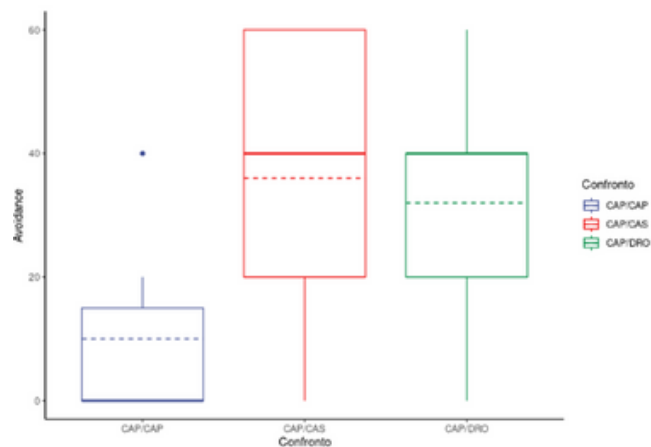


Figura 10: Boxplot della distribuzione dei valori di avoidance. Valori più alti indicano una maggiore tendenza alla fuga rispetto al suolo di controllo (CAP). Le linee tratteggiate indicano le medie dei gruppi.

RRisultati statisticamente simili, ma con un valore medio di avoidance inferiore, sono stati ritrovati nel confronto CAS vs DRO (32% per DRO e 36% per CAS) (Fig. 8). Quest'ultimo risultato ottenuto per il plot irrorato con il drone (DRO) potrebbe indicare come il fitofarmaco (*Spintor[®] Fly*) possa essere stato utilizzato con maggiore efficienza, e quindi minore deriva al suolo, determinando un impatto minore sulla fauna del suolo rispetto al classico trattamento con pompa Casotti.

Conclusioni e prospettive future

Attraverso le varie attività, sia di campo (QBS-ar e Bait Lamina Test) che di laboratorio (test di avoidance con i lombrichi), è stato possibile valutare l'impatto prodotto dalle due distinte metodologie di irrorazione del fitofarmaco (dal basso mediante drone), sugli organismi "non bersaglio" del suolo dell'oliveto monitorato. In particolare, l'applicazione dell'indice QBS-ar, basato sulla valutazione della comunità di microartropodi del suolo, particolarmente sensibili al compattamento, non ha evidenziato differenze significative nei valori riscontrati tra i due plot trattati (CAS e DRO). Ad ogni modo, i valori di QBS-ar totale del plot trattato con il drone (DRO) risultano essere leggermente più alti (migliori) rispetto a quelli del plot irrorato mediante la pompa Casotti montata su trattrice (CAS), a testimonianza di un minor compattamento del suolo dovuto probabilmente ad un numero inferiore di passaggi effettuati dalla trattrice nel plot DRO (dati non mostrati). Risultati simili sono stati ottenuti anche mediante l'applicazione del Bait lamina Test, un metodo sicuramente più sensibile alla presenza di contaminanti nel suolo rispetto al QBS-ar. In ogni caso, si sono comunque sempre evidenziate, indipendentemente dal metodo di irrorazione impiegato, differenze significative tra i plot di controllo (CAP) e quelli trattati (DRO e CAS), ma non tra questi ultimi (CAS vs DRO). Le medesime differenze sono state evidenziate anche dal test di avoidance, che ha registrato percentuali di avoidance fino al 60% nel confronto tra suolo di controllo (CAP) e trattato con Casotti (CAS) e una percentuale leggermente inferiore nel confronto tra controllo (CAP) e trattato con drone (DRO). Per concludere, tutti i metodi impiegati non hanno evidenziato differenze statisticamente significative tra i plot trattati con i due sistemi di irrorazione dello *Spintor[®] Fly* (DRO vs CAS). Tuttavia, la sperimentazione nel suo complesso ha sempre evidenziato una migliore, seppur non significativa, performance del trattamento operato da drone.

Purtroppo per una serie di motivi (difficoltà nel reperire i permessi per l'irrorazione tramite drone, pandemia Covid ecc.) non è stato possibile effettuare un secondo anno di prove per poter meglio evidenziare, ed eventualmente consolidare, i risultati fino ad oggi ottenuti e poter contribuire a promuovere l'uso dei droni in agricoltura, in particolare per l'irrorazione dei fitofarmaci. A questo proposito vari analisti economici hanno stimato come la dimensione del mercato globale dei droni per l'irrorazione delle colture sia stata valutata pari a 617 milioni di dollari per il 2022, prevedendo che possa raggiungere una dimensione pari a 3216,6 milioni di dollari entro il 2029[23]. Si tratta, quindi, di un mercato di tutto rispetto che merita una particolare attenzione da parte dei vari potenziali stakeholders, a partire dalle imprese agricole. Inoltre, per i metodi/bioindicatori usati (organismi "non bersaglio" del suolo) questa sperimentazione anticipa la possibile revisione della valutazione del rischio (Environmental Risk Assessment, ERA) per i prodotti fitosanitari ad opera dell'EFSA[22].

Bibliografia

1. IPPC Secretariat. 2021. *Scientific review of the impact of climate change on plant pests – A global challenge to prevent and mitigate plant pest risks in agriculture, forestry and ecosystems*. Rome. FAO on behalf of the IPPC Secretariat. <https://doi.org/10.4060/cb4769en>
2. European Food Safety Authority. "EFSA Guidance Document for predicting environmental concentrations of active substances of plant protection products and transformation products of these active substances in soil." *EFSA Journal* 13.4 (2015): 4093.
3. European Food Safety Authority. "EFSA Guidance Document for predicting environmental concentrations of active substances of plant protection products and transformation products of these active substances in soil: This guidance published on 19 October 2017 replaces the earlier version published on 28 April 2015." *EFSA Journal* 15.10 (2017): e04982.
4. European Commission (2009). *Regulation (EC) No 1107/2009 of the European*

Parliament and of the Council of 21 October 2009 concerning the placing of plant protection products on the market and repealing Council Directives 79/117/EEC and 91/414/EEC. *Official Journal of the European Union*.

5. EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues (PPR). "Scientific Opinion on the development of specific protection goal options for environmental risk assessment of pesticides, in particular in relation to the revision of the Guidance Documents on Aquatic and Terrestrial Ecotoxicology (SANCO/3268/2001 and SANCO/10329/2002)." *EFSA Journal* 8.10 (2010): 1821.
6. Doran, John W., and Michael R. Zeiss. "Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality." *Applied soil ecology* 15.1 (2000): 3-11.
7. Rojas, Ronald Vargas, et al. "Healthy soils: a prerequisite for sustainable food security." *Environmental Earth Sciences* 75 (2016): 1-10.
8. Assembly, General. "Sustainable development goals." *SDGs Transform Our World 2030* (2015): 6-28.
9. European Commission (2010). *Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers*. Technical Report. doi: 10.2779/14571.
10. Daane, K.M., Johnson, M.W., (2010). *Olive fruit fly: managing an ancient pest in modern times*. *Annu. Rev. Entomol.* 55, 151–169.
11. Orsini, Mia M., et al. "Mortality of olive fruit fly pupae in California." *Biocontrol Science and Technology* 17.8 (2007): 797-807.
12. Parisi, Vittorio. "La qualità biologica del suolo. Un metodo basato sui microartropodi." *Acta naturalia de l'Ateneo Parmense* 37.3-4 (2001): 87-106.
13. Parisi, Vittorio, et al. "Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy." *Agriculture, ecosystems & environment* 105.1-2 (2005): 323-333.
14. Paoletti, Maurizio Guido, Daniele Sommaggio, and Silvia Fusaro. "Proposta di Indice di Qualità Biologica del Suolo (QBS-e) basato sui Lombrichi e applicato agli

Agroecosistemi." *Biologia Ambientale* 27.2 (2013): 25-43.

15. ISO 17512-1:2008. *Soil quality – Soil quality – Avoidance test for determining the quality of soils and effects of chemicals on behaviour – Part 1: Test with earthworms (Eisenia fetida and Eisenia andrei) – Bait-lamina test. International Organization for Standardization, Geneva.*

16. ISO 18311:2016. *Soil quality – Method for testing effects of soil contaminants on the feeding activity of soil dwelling organisms – Bait-lamina test. International Organization for Standardization, Geneva.*

17. Mipaaf (2015). Piano strategico per l'innovazione e la ricerca nel settore agricolo alimentare e forestale (2014-2020) approvato con Decreto Mipaaf n. 7139 del 01.04.2015

18. Mipaaf (2016). Linee Guida per lo sviluppo dell' Agricoltura di Precisione in Italia.

19. Törne, E. von. "Assessing feeding activities of soil-living animals. I. Bait-lamina-tests." *Pedobiologia* 34.2 (1990): 89-101.

20. Yeardley Jr, Roger B., Laura C. Gast, and James M. Lazorchak. "The potential of an earthworm avoidance test for evaluation of hazardous waste sites." *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal* 15.9 (1996): 1532-153

21. Menta, Cristina, et al. "Soil Biological Quality index (QBS-ar): 15 years of application at global scale." *Ecological Indicators* 85 (2018): 773-780.

22. Bock T, Adriaanse PI, Roessink I, 2021. *Non-target terrestrial arthropods in prospective environmental risk assessment for plant protection products; Specific protection goal options. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Report 2983. ISSN 1566-7197 <https://doi.org/10.18174/511522>*

Sitografia

23. A.A.V.V., 2023, "Global Crop Spraying Drone Market 2023 by Manufacturers, Regions, Type and Application, Forecast to 2029", *Ultima visione: 27.07.2023*, <https://www.marketquest.biz/report/140046/global-crop-spraying-drone-market-2023-by-manufacturers-regions-type-and-application-forecast-to-2029>.

3 Il Laboratorio sulle politiche agricole, ambientali e alimentari “Ghino Valenti” e il progetto SFIDA

Stefano Spalletti, Direttore Laboratorio sulle politiche agricole, ambientali e alimentari “Ghino Valenti”; Riccardo Evangelista (Università di Macerata); Chiara Mignani (Università di Macerata).



Progetto S.F.I.D.A. “Smart Farming: Innovare con i Droni l'Ambiente”, realizzato all'interno del territorio del cratere sismico della Regione Marche e finanziato con i fondi del Piano di Sviluppo Rurale della Regione Marche, Bando 16.1 azione 2 Sostegno alla creazione e al funzionamento di Gruppi Operativi del PEI - Azione 2 “Finanziamento dei Gruppi Operativi”, PSR Marche 2014-20 - Annualità 2017, ID SIAR 29073.



Unione Europea / Regione Marche
PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE 2014-2022
FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE. L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI



REGIONE MARCHE

1. Introduzione

di Stefano Spalletti, Direttore Laboratorio Ghino Valenti

Per lo studio della sostenibilità economica del progetto SFIDA, l'Università di Macerata si è avvalsa del contributo del Centro interdipartimentale di ricerca “Laboratorio sulle politiche agricole, ambientali e alimentari “Ghino Valenti” (in breve Laboratorio Valenti).

La fondazione del Laboratorio Valenti risale al 2001 e alla volontà degli allora Dipartimenti di Diritto Privato e del Lavoro italiano e comparato e di Istituzioni Economiche e Finanziarie dell'Università di Macerata. È stato intitolato al Prof. Ghino Valenti economista e giurista di Macerata (1852 - Roma 1920) e si distingue per la realizzazione e la divulgazione di studi, ricerche e attività nel campo dell'agricoltura e delle sue interrelazioni con il sistema agro-alimentare, con il territorio, con l'ambiente, con lo sviluppo delle comunità rurali e con l'economia in genere. Lo statuto del Centro fa riferimento agli “studi giuridici, economici e storici relativi alle politiche agricole, ambientali e alimentari nella loro dimensione internazionale, europea, nazionale e regionale”. Il laboratorio aspira a contribuire allo sviluppo rurale cercando di favorire il dialogo tra la ricerca, il mondo accademico in generale e il territorio.

L'innovazione e la sostenibilità sono al centro della strategia dell'Unione Europea che mira allo sviluppo proteggendo l'habitat naturale. L'agricoltura contemporanea mira all'aumento della produzione alimentare garantendo, al contempo, la salvaguardia del suolo e dell'ambiente. L'evoluzione storico-tecnologica ha dato vita all'agricoltura di precisione che persegue impatti ambientali sempre meno pesanti per l'habitat stesso.

L'agricoltura di precisione massimizza i risultati quando fa riferimento all'agroecologia e all'applicazione dei principi ecologici nella produzione di alimenti. Occupandosi di produttività, stabilità, sostenibilità ed equità, l'agroecologia definisce un contesto non universale ma specifico e capace di organizzare agrosistemi avanzati. La tecnologia dell'agricoltura di precisione e l'agroecologia diventano allora strategie compatibili per creare sistemi agroalimentari sostenibili. L'agricoltura di precisione offre infatti le informazioni locali necessarie per fornire raccomandazioni agroecologiche specifiche per i campi; essa non appartiene esclusivamente al mondo delle grandi aziende tecnologiche e dell'agribusiness. La

tecnologia e i dati dell'agricoltura di precisione sono essenziali per creare sperimentazioni in campo e per le gestioni adattive in agricoltura poiché gli agricoltori possono formalizzare, dettagliare, registrare digitalmente e analizzare i loro esperimenti in modi non possibili prima della rivoluzione dei dati agricoli (Duff et al. 2022, pp. 2-4).

L'impegno relativo al progetto SFIDA ha richiesto un approccio interdisciplinare capace di integrare la conoscenza sulle filiere agroalimentari, sulle metodologie di diffusione dell'innovazione e sull'agricoltura di precisione con la ricerca sulle caratteristiche socio-economiche di un territorio e del suo sistema imprenditoriale.

L'attività di ricerca ha cercato di analizzare l'esito dell'impiego di Sistemi Aerei a Pilotaggio Remoto (SAPR) nell'agricoltura della regione Marche. Nell'ambito del progetto SFIDA, si è cercato di verificare la sostenibilità economica degli interventi con SAPR in varie tipologie di aziende agricole caratterizzate da organizzazioni e gestioni diversificate. In questo contesto sono state evidenziate le variabili socio-economiche che più influenzano gli interventi nel campo dell'agricoltura di precisione e che determinano maggiormente la convenienza economica.

2. L'Agricoltura di Precisione

di Riccardo Evangelista (Università di Macerata)

In uno scenario globale in cui variabili demografiche, ambientali ed economiche interagiscano con un'intensità storicamente inedita, la riduzione al minimo dell'impatto ambientale dovuto alla produzione agricola e il simultaneo mantenimento di un tasso di crescita costante dei beni alimentari prodotti diventano obiettivi necessari e urgenti. A una sfida del genere, fondata su esigenze ritenute per lungo tempo in opposizione o comunque non massimizzabili congiuntamente, cerca di rispondere l'Agricoltura di Precisione, definita per la prima volta dai sociologi dell'ambiente Francis J. Pierce e Peter Novak (1999) come un sistema che fornisce gli strumenti per fare la cosa giusta, nel posto giusto, al momento giusto. In modo più dettagliato, secondo le linee guida nazionali pubblicate nel settembre 2017 dall'allora denominato Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (2017), per Agricoltura di Precisione si può intendere una gestione aziendale (agricola, ma anche forestale e zootecnica) basata sull'osservazione, la misura e la risposta dell'insieme di variabili quanti-qualitative inter ed intra-campo che interven-

-gono nell'ordinamento produttivo. Ciò al fine di definire, dopo analisi dei dati sito-specifici, un sistema di supporto decisionale per l'intera gestione aziendale, con l'obiettivo di ottimizzare i rendimenti nell'ottica di una sostenibilità avanzata di tipo climatico e ambientale, economico, produttivo e sociale (Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali 2017).

Non è facile individuare il momento in cui i concetti alla base dell'Agricoltura di Precisione abbiano iniziato a prendere piede. Il vero punto di svolta per quella che sarebbe diventata l'Agricoltura di Precisione avvenne, però, negli anni Ottanta, quando la ricerca militare americana sviluppò i sistemi di posizionamento satellitari, di cui a partire dal 1993 ne venne autorizzato l'utilizzo anche per scopi civili. Già l'anno successivo fu realizzato il posizionamento in orbita dei 24 satelliti necessari per il completamento del *Global Positioning Service* (GPS), la cui applicazione in agricoltura divenne quasi immediata negli Stati Uniti, tanto che la ricerca agronomica ottenne la correzione degli iniziali errori del segnale, introdotti volutamente per ragioni di sicurezza militare.

Dopo i grandi risultati tecnologici degli anni Ottanta e Novanta, entrata nel nuovo millennio l'Agricoltura di Precisione possedeva già molti dei connotati odierni e tuttavia ha visto un'ulteriore e rapida fase del suo sviluppo, in particolare nell'implementazione e nel monitoraggio delle pratiche agronomiche. È iniziato infatti l'utilizzo dei droni, molti dei quali dotati di sensori multispettrali, in grado, cioè, di registrare la quantità di energia riflessa di elementi fisici della superficie terrestre, in questo caso le piante e il terreno, sfruttando le diverse lunghezze d'onda dello spettro elettromagnetico.

Più recentemente, chiarendo i contorni dell'oggetto di studio e sottolineando l'originalità dell'approccio, uno studioso di problemi agrari include nell'Agricoltura di Precisione «quell'insieme di tecnologie che permette di gestire la variabilità in campo, dando ad ogni pianta ciò di cui ha bisogno esattamente quando ne ha bisogno. L'obiettivo è massimizzare le produzioni o aumentare la qualità delle stesse, eliminando gli sprechi con un conseguente guadagno per l'agricoltore e per l'ambiente» (Falzarano 2018, p. 10). A tal fine, vengono utilizzate principalmente due tipi di tecnologie: i sistemi GPS (*Global Positioning System*), utilizzati perlopiù sulle macchine agricole a guida automatica o semiautomatica, e i sensori, che stanno trovando sempre maggiore applicazione sui sistemi di aeromobili a pilotaggio

remoto, permettendo un più efficace dosaggio variabile degli input energetici.

Nel rapporto necessario e reciprocamente proficuo tra sviluppo tecnologico ed Agricoltura di Precisione permangono alcune, importanti, zone d'ombra. Fu evidenziata per la prima volta una problematica tipica dell'agricoltura e in particolare, per quella di precisione, tuttora attuale: le tecnologie avanzano ad una velocità maggiore rispetto alla capacità di sfruttarle al meglio per la gestione agronomica (Casa, Pisante 2017, p. 3). Un significativo paradosso, che potrà essere superato solo nel momento in cui l'Agricoltura di Precisione cesserà di essere concepita come un mero esperimento d'avanguardia, dai connotati quasi visionari, ma diventerà a tutti gli effetti un obiettivo di sviluppo pubblico e di lungo periodo. Fondamentale, al riguardo, sarà l'operare di Università, enti di ricerca e imprese in un coordinamento non solo occasionale (limitato, cioè, a progetti di ricerca specifici e casi studio interessanti), ma strutturale, ossia fondato sulla consapevolezza che la sostenibilità dei processi agricoli non è più un obiettivo collaterale, ma una strategia necessaria al mantenimento delle condizioni di produzione future.

Attualmente, per raggiungere i suoi obiettivi di fondo, l'Agricoltura di Precisione si struttura nel concreto in almeno tre fasi interdipendenti: l'acquisizione e la registrazione dei dati ad un'appropriata scala e frequenza, l'interpretazione e l'analisi di questi dati, l'implementazione di una risposta gestionale ad una scala temporale e spaziale appropriata. Come accennato, ad oggi vengono utilizzate principalmente due tipi di tecnologie differenti e metodologicamente alternative, sia per l'acquisizione dei dati che per l'implementazione delle pratiche: le mappe satellitari e i sensori multispettrali.

Le tecnologie dell'Agricoltura di Precisione, in particolare l'utilizzo del GPS, hanno trovato finora un'applicazione maggiore nelle macchine agricole, con un notevole risparmio di costi per i carburanti e una riduzione altrettanto rilevante dell'inquinamento grazie alle guida automatiche e semiautomatiche. Più in linea con la visione produttiva di fondo dell'Agricoltura di Precisione sono tuttavia i cosiddetti SAPR (Sistemi di Aeromobili a Pilotaggio Remoto), meglio conosciuti come droni. Al riguardo, il Paese attualmente più all'avanguardia è il Giappone, dove il 42% dei campi di riso è gestito con agrofarmaci irrorati tramite droni, che riescono a trattare (seminare, irrigare, concimare) un ettaro di terreno in appena dieci minuti, contro i 160 che sarebbero necessari con le attrezzature tradizionali, come le irroratrici a

barra trainate o semoventi (Cinquemani 2019).

Soprannominati simpaticamente trattori dei cieli, i droni hanno quindi trovato applicazione, almeno in Europa, soprattutto nella fase di acquisizione e monitoraggio delle informazioni, nonché nel trattamento biologico delle piante (l'attuale normativa permette l'irrorazione di prodotti naturali). Sfruttando i sensori a terra NDVI, essi consentono di valutare lo stato del terreno e permettono di rilevare dati e informazioni sulla singola pianta, monitorare lo stato fisiologico delle colture e l'insorgenza di malattie. Non toccando il terreno e non utilizzando combustibili fossili, garantiscono inoltre interventi massimamente sostenibili anche da un punto di vista ambientale. Se equipaggiati con fotocamere multispettrali e un avanzato sistema sensoriale come accelerometri, giroscopi e magnetometri (oggi sempre più diffusi), i droni riescono a calcolare con esattezza le quantità di fertilizzanti o pesticidi di cui una coltivazione ha bisogno, evitando trattamenti inutili, riducendo i costi e garantendo quell'approccio sito-specifico necessario a gestire la microvariabilità nel tempo e nello spazio dei terreni e delle piante.

I vantaggi derivanti dall'uso dei droni nell'Agricoltura di Precisione sono dunque già numerosi: la flessibilità di impiego in base alle necessità (in Giappone, come visto, ha trovato largo impiego nelle risaie, mentre negli Stati Uniti si sta diffondendo maggiormente nei vigneti e nelle coltivazioni di mais), la tempestività e velocità d'intervento, l'elevata risoluzione spaziale e il notevole risparmio di costi, ma anche di fatica fisica e mentale da parte degli agricoltori.

In Italia, il primo drone contadino, il cosiddetto *Agrodrone*, è stato sviluppato da due *start-up* tra Ravenna e Udine nel 2015 (Bucchi 2015). Al pari dei predecessori giapponesi, si è dimostrato capace di trattare fino a dieci ettari di terreno all'ora, combattendo con materiale biologico un pericoloso parassita del mais, la piralide, attraverso l'irrorazione di piccole capsule di cellulosa contenenti le uova di *Trichogramma Brassicae*. Attraverso i droni, dunque, l'Agricoltura di Precisione sembra proprio arrivare al suo massimo livello di compimento attualmente possibile, aprendo a scenari molto promettenti e realizzando appieno la sua vocazione originaria: percorrere il futuro.

3. I principali aspetti socio-economiche relativi all'adozione e all'utilizzo del SAPR in olivicoltura

Di Chiara Mignani (Università di Macerata)

L'adozione e la diffusione di un'innovazione tecnologica dipendono da diversi fattori che possono rappresentare drivers o barriere all'introduzione dell'innovazione sia dal lato della domanda che dell'offerta. Le ragioni delle barriere possono essere ricondotte alla mancata valutazione delle esigenze degli utilizzatori, una scarsa consapevolezza del contesto aziendale o un limitato riconoscimento del valore e dell'impatto che possono avere le innovazioni tecnologiche. Per abbattere queste barriere e facilitare il processo di co-creazione di innovazioni la Politica Agricola Comunitaria (PAC) e le Regioni strutturano i Programmi di Sviluppo Rurale (PSR). Si favorisce così l'acquisizione di nuove tecnologie nel processo agricolo. Esse hanno attuato in diverse misure dei PSR, tra le quali la misura 16 che ha finanziato il Progetto SFIDA nella programmazione 2014-2022.

In questa parte del contributo ci concentreremo sull'analisi delle variabili socio-economiche che possono rappresentare una barriera all'adozione delle innovazioni e all'implementazione di nuove tecnologie nel processo aziendale (Long et al. 2016). Stimare i costi ed ipotizzare possibili prospettive per l'acquisizione delle innovazioni può essere d'aiuto a diversi livelli: per gli imprenditori agricoli, al fine di valutare la strategia giusta in modo da contenere l'utilizzo di risorse economiche e finanziarie; per i *policy makers*, per individuare una strategia di sviluppo del comparto e adottare delle politiche attente allo sviluppo sostenibile dei territori a livello ambientale – ma anche economico – di tutto il comparto agricolo regionale.

3.1 Il contesto olivicolo italiano e marchigiano

La produzione dell'olio d'oliva è storicamente localizzata nel bacino del Mediterraneo dove i principali produttori risultano essere Spagna, Italia, Tunisia, Grecia e Portogallo. In Italia, la coltivazione dell'olivo per la produzione di olive da tavola e olio è una tradizione di lunga data in molte regioni, tra cui le Marche. Le condizioni ambientali, il contesto socio-economico e la tradizione storica legata alla coltivazione degli alberi d'olivo hanno permesso lo sviluppo dell'olivicoltura nelle Marche, settore che da secoli costituisce un aspetto importante del tessuto economico e sociale della regione.

L'olivicoltura svolge una duplice funzione: da un lato può rappresentare un supporto economico di rilievo per il territorio in termini di occupazione e come fonte di reddito per le aziende agricole che si occupano della coltivazione, della raccolta e della trasformazione delle olive; dall'altro svolge un ruolo significativo nel mantenimento del patrimonio e dell'identità culturale della regione. Il contesto socio-economico delle Marche è stato determinante per la promozione e la conservazione dell'olivicoltura, consentendo agli agricoltori di coltivare gli olivi e raccoglierne i frutti con successo, mantenendo le caratteristiche culturali e ambientali uniche della regione.

L'analisi delle tendenze nazionali fornita da ISMEA (2023) evidenzia alcune criticità legate al calo della produzione, soggetta ad un'eccessiva variabilità che va oltre la normale alternanza produttiva negli anni. Il consumo rimane sempre superiore alla produzione in quanto il mercato interno non è in grado di soddisfare l'intera domanda. Di conseguenza, le importazioni sono superiori alle esportazioni, condizionando la bilancia commerciale strutturalmente negativa sia in volume che in valore.

I dati ISMEA sul Censimento dell'Agricoltura 2010-2020 elaborati dal Crea evidenziano come, nel decennio, il numero di aziende agricole nel settore olivicolo siano scese del 31%. Le Marche, poco al di sotto della media nazionale, hanno registrato un calo in termini numerici del 28%.

Nel 2022 le Marche contano una superficie olivicola di circa 9.551 ettari, di cui 3.400 coltivata in biologico (il 92% in più di quanto fosse il biologico nel 2012) e una produzione totale nello stesso anno di 3.243 tonnellate di olio di oliva. Nelle Marche sono 23 le varietà autoctone di olivo iscritte al Repertorio regionale della Biodiversità (L.12/2003) dalle quali si ottengono spesso oli monovarietali o che possono, da soli o congiuntamente, essere riconosciuti come olio IGP Marche. Infatti, per il settore olivicolo regionale, tra i prodotti a denominazione d'origine sono riconosciuti l'Olio extravergine di Cartoceto e l'Oliva Ascolana con il marchio DOP, mentre tra quelli ad Indicazione Geografica Protetta è presente l'Olio IGP Marche.

Molte delle regioni italiane beneficiano della presenza di importanti aree vocate alla coltivazione dell'olivo sia per qualità che per quantità del prodotto, con un potenziale elevato di differenziazione della produzione e oltre 500 varietà. Tuttavia, le ridotte dimensioni aziendali, e quindi la frammentazione della produzione olivicola, rendono

più complesso lo sviluppo del settore. I dati del Rapporto sulla Competitività della Filiera Olivicola mostrano come, nel 2016, a livello nazionale il 55% delle aziende olivicole abbia una dimensione inferiore ad un ettaro, e un ulteriore 26% abbia una dimensione compresa tra uno e due ettari. Al di sotto del dato nazionale, la dimensione media delle aziende marchigiane è di 6000 metri e, per la maggior parte di esse, la superficie olivetata ha una bassa densità di ulivi, compresa cioè tra le 140 e le 249 piante ad ettaro.

L'Italia è quindi caratterizzata da impianti di olivicoltura tradizionali, scarsamente e difficilmente meccanizzabili. La maggiore presenza di oliveti intensivi è distribuita per la maggior parte nel nord Italia, dove gli oliveti con una densità superiore alle 400 piante sono presenti in Friuli-Venezia Giulia, Piemonte, Veneto e Trentino-Alto Adige (Cola, Sarnari 2020). Inoltre, le difficoltà nell'ammodernamento degli impianti olivicoli, lo scarso ricambio generazionale e il ritardo nel recepimento delle innovazioni tecnologiche e delle applicazioni dei risultati della ricerca scientifica favoriscono il fenomeno dell'abbandono degli oliveti marginali o condotti in modo scarsamente professionale (ISMEA 2023).

3.2 L'olivicoltura biologica

La Regione Marche ha visto un notevole aumento delle aziende agricole biologiche, probabilmente favorito dall'incremento dei fondi relativi al sostegno del biologico stesso (Misura 11, PSR 2014-2020). L'olivicoltura biologica rappresenta oltre l'8% della superficie olivicola mondiale che, per il 71%, è localizzata in Europa. In particolare, l'Italia concentra quasi il 28% del totale mondiale e, all'interno del suo territorio, l'olivicoltura biologica rappresenta il 20% della superficie olivicola nazionale. Il comparto ha evidenziato negli anni un aumento delle superfici biologiche raggiungendo 243.000 ettari nel 2019. La Puglia è la regione con la maggior superficie dedicata alla coltivazione biologica di oliva, seguita da Calabria, Sicilia e Toscana. Il trend segue l'andamento generale relativo alla superficie agricola utilizzata (SAU) totale impiegata per la coltivazione dell'oliva.

Dal punto di vista del mercato, tra le produzioni biologiche del Sud d'Italia e del Centro-Nord esiste un'ampia forbice tra i prezzi all'ingrosso. Le oscillazioni derivano dall'alta incidenza dei costi di produzione degli impianti che possono essere molto diversi a seconda della modalità di raccolta, sesto d'impianto, gestione dell'impianto,

età delle piante, varietà di olivo, condizione del terreno e condizioni pedoclimatiche (D'Andrea et al. 2020). Nelle Marche, dal 2020 al 2021 la variazione percentuale in superficie della coltivazione dell'olivo è aumentata del 6,9%, passando da 3.181 a 3.400 ettari (SINAB 2022). Quindi, se dal punto di vista delle superfici totali si è registrata una diminuzione della produzione a causa di vari fattori, per quanto riguarda la coltivazione biologica si è registrato un tasso positivo di conversione del sistema di produzione.

3.3 La spinta delle politiche europee verso sistemi di agricoltura sostenibili e il contributo del PEI-AGRI

Il Partenariato Europeo per l'Innovazione (PEI-AGRI) è una delle iniziative che ha dato attuazione alla strategia Europa 2020 incoraggiando un approccio interattivo all'innovazione, creando, da un lato, un ponte tra la ricerca e le tecnologie e, dall'altro, l'interazione con gli operatori del mondo agricolo e rurale. Tale strategia ha avuto una particolare applicazione nella misura 16 del PSR riguardante la cooperazione articolata in diverse sotto-misure. Il progetto SFIDA nasce in questo contesto, inquadrato nella sottomisura 16.2, e mira a testare l'introduzione di un'innovazione di carattere tecnologico e organizzativo nel settore olivicolo marchigiano. Ciò al fine di combattere le patologie vegetali mediante un Sistema Aereo a Pilotaggio Remoto (SAPR), effettuare irrorazioni di prodotti biologici dall'alto, sopra chioma degli ulivi, e minimizzando diverse problematiche ambientali. Il progetto SFIDA, quindi, risponde all'obiettivo generale PSR dell'implementazione di tecniche di produzione agricola a basso impatto ambientale e biologiche attraverso il ricorso all'Agricoltura di Precisione.

La co-creazione di soluzioni e la cooperazione tra partner del mondo della ricerca, consulenza e produzione sono alla base della misura 16 del PSR e, anche per il progetto SFIDA, esse hanno rappresentato una risorsa in termini di condivisione della conoscenza e trasferimento tecnologico verso le aziende agricole.

Nella riforma della PAC adottata formalmente a dicembre 2021 ed entrata in vigore il primo gennaio 2023, la Commissione Europea per l'Implementazione dei Piani Strategici Nazionali (PSN) ha richiesto ad ogni Stato di definire un *range* di interventi utili per risolvere le specifiche esigenze di ogni Paese, contribuendo al contempo alle sfide del Green Deal europeo¹.

Nel proprio PSN, l'Italia ha inserito tra gli obiettivi l'implementazione dell'orientamento al mercato e l'aumento della competitività delle aziende agricole nel breve e nel lungo periodo, anche attraverso una maggiore attenzione alla ricerca, alla tecnologia e alla digitalizzazione. Tra le opportunità, ci sono la diffusione di sistemi di produzione sostenibile (biologico, produzione integrata certificata), lo sviluppo delle conoscenze tecniche e della ricerca applicata (digitalizzazione e agricoltura di precisione), il miglioramento delle tecniche di gestione dei rischi fitosanitari. Nel settore olivicolo-oleario sono previsti investimenti per la conservazione del suolo, il miglioramento della gestione delle risorse idriche, la gestione efficiente dei rifiuti, la riduzione dei prodotti fitosanitari. In particolare, il PSN prevede tipologie di interventi che riguardano la consulenza, la formazione e lo scambio di buone pratiche nell'adozione di tecniche sostenibili per la lotta alle malattie e agli agenti patogeni. Tali interventi devono tenere in considerazione gli aspetti di sostenibilità ambientale ma anche criteri etici, riguardanti le condizioni di impiego dei lavoratori, ed economico-commerciali al fine di migliorare l'orientamento al mercato delle aziende.

La sperimentazione portata avanti dal progetto SFIDA, dunque, al di là dell'analisi di tutte le variabili che condurranno a validare o meno l'utilizzo e l'applicazione massiva dell'innovazione, segue un approccio all'innovazione che getta le basi per le nuove strategie di cooperazione basate sullo scambio di conoscenze previste nella programmazione 2023-2027.

3.4 Analisi degli aspetti socio-economici del progetto SFIDA (metodo)

Come già accennato, la stima dell'impatto socio-economico di un'innovazione permette di identificare le barriere e i *drivers* che possono impedire o favorire l'adozione della stessa e valutarne la potenziale replicabilità anche in altri contesti. All'interno del progetto SFIDA, il compito affidato al Laboratorio Ghino Valenti è stato quello di stimare le variabili socio-economiche significative per il progetto, in relazione all'adozione della tecnologia SAPR. La raccolta dati per l'identificazione dei costi e delle implicazioni sociali è avvenuta mediante intervista semi-strutturata ai partner del GO, con l'obiettivo di mettere in luce quali aspetti possono rappresentare una barriera all'entrata per le aziende agricole e quali, invece, possono facilitare il processo di adozione e diffusione di tale tecnologia. Ciò per cercare anche le alter-

-native all'integrazione verticale della tecnologia all'interno della singola azienda dato il necessario contenimento dei costi.

3.5 Le valutazioni economiche per l'acquisizione dell'innovazione

La valutazione dei costi di acquisizione dell'innovazione è uno dei fattori determinanti rispetto alla possibilità che essa venga successivamente adottata. Questo non solo per quanto riguarda le valutazioni di bilancio e di supporto al budget (o di sistemi di incentivazione), ma anche per la determinazione delle strategie di *make or buy* che valutano l'opportunità d'integrazione verticale a livello di singola azienda. Si parla quindi di acquisizioni dirette di tecnologia e/o di ricorso a risorse esterne all'azienda, stabilendo una *partnership* con un'impresa prestatrice del servizio ovvero, talvolta, proponendo una visione d'impresa estesa attraverso lo sviluppo di nuovi modelli organizzativi dove, in modo sinergico, una rete d'impresa può acquisire i servizi in *co-sourcing*.

Il processo di calcolo dei costi per l'implementazione della nuova tecnologia e il confronto con l'utilizzo di tecniche tradizionali implica l'individuazione degli elementi di costo che concorrono a definire le risorse economiche necessarie per l'implementazione della tecnologia in oggetto. La determinazione dei costi per l'introduzione di una nuova tecnologia è un'operazione estremamente complessa soprattutto quando quest'ultima non sia stata ancora testata su larga scala. Inoltre, la valutazione dell'incidenza della nuova tecnologia sul costo totale del prodotto, determinata attraverso l'approccio *Full Costing* (basata sui centri di costo) o mediante l'*Activity Based Costing* (basata sui costi delle singole attività), implica la valutazione, oltre che dei costi diretti e fissi, delle componenti di spesa indirette, difficili da stimare nella fase di sperimentale della tecnologia.

Il progetto SFIDA si propone di implementare una tecnologia in fase di prototipazione e, sebbene la spesa relativa ai macchinari sia più facilmente individuabile, gli oggetti di costo imputabili alle componenti indirette soprattutto nel medio-lungo periodo diventano difficili da analizzare. Tuttavia, per ipotizzare un futuro utilizzo dell'innovazione, nel confronto tra metodo tradizionale e metodo in sperimentazione è importante effettuare una stima anche delle variabili economiche. Ciò serve a capire come le spese possano essere ridotte o compensate con una strategia di adozione diversa dall'acquisizione diretta da parte

delle aziende.

Il protocollo di studio del progetto SFIDA prevedeva il confronto tra diversi sistemi di applicazione di trattamenti biologici per la lotta preventiva adalticida della mosca dell'olivo, ossia mediante metodo tradizionale (da terra) con irroratrice Casotti applicato alla trattrice agricola, ovvero metodo sperimentale mediante SAPR (dove l'irroratrice è agganciata al drone), con l'obiettivo di valutare l'efficacia di quest'ultimo in termini di impatti ambientali, sociali ed economici.

Per il trattamento e i rilievi successivi sono state selezionate superfici olivicole con sestri d'impianto di 5x5 o 6x6, già a gestione biologica. Il prodotto biologico utilizzato per entrambe le metodologie di irrorazione (*Spintor[®] Fly*) è stato distribuito in percentuali uguali e con lo stesso numero di irrorazioni. Quindi, da un punto di vista dei costi, per entrambi i metodi la spesa relativa all'acquisto del principio attivo e dell'acqua utilizzata per la sua diluizione non varia.

3.6 Identificazione e analisi degli oggetti di costo

In prima analisi si sono presi in considerazione i costi diretti riguardanti l'acquisizione dei macchinari, le spese relative al personale e i costi riguardanti il prodotto da irrorare (che però non incidono sulla variazione di spesa tra le due metodologie di irrorazione poiché il trattamento è stato utilizzato in maniera analoga in termini di quantità e miscela). I partner del progetto coinvolti nella gestione agronomica hanno fornito i prezzi di mercato al momento in cui è avvenuta l'intervista (agosto 2022). È stato indicato un *range* di prezzo e per la determinazione della somma totale è stato utilizzato un importo medio. Per i costi relativi ai macchinari sono stati considerati quelli da affrontare una tantum, come ad esempio l'acquisto del mezzo e quelli annuali o di manutenzione ordinaria.

Tabella 1 – Costi per il trattamento con metodi tradizionali mediante trattrice

Voci di spesa per il trattamento con metodo tradizionale mediante trattrice	Costi annuali	Costi una tantum	Totale
Acquisto trattrice 40 CV		27.500 ²	27.500
Assicurazione trattrice (annuale)	150		150
Manutenzione ordinaria	200		200
Patentino fitosanitario	25		25
Ricovero	100		100
Acquisto irroratrice casotti 30 LT			1.600
		tot	29.575

Tabella 2 – Costi per il trattamento con metodo sperimentale mediante SAPR

Voci di spesa per il trattamento con metodo sperimentale mediante SAPR	Costi annuali	Costi una tantum	Totale
Acquisto drone base + POMPA		25.000	25.00
Software per il drone		1000	1000
Software per il GPS		700	700
Antivirus	45		45
Certificazione drone (annuale o una tantum)	90	1.050 ³	1.140
Assicurazione drone (annuale o una tantum)		600	600
Altri costi drone	2.500		2.500
Patentino drone		300	300
Patentino prodotti fitosanitari	25		25
Ricovero		50	50
		tot	31.360

Fatto salvo che per la sperimentazione è stata utilizzata la stessa percentuale di prodotto per il trattamento, i due metodi di irrorazione di prodotti fitosanitari prevedono delle voci di spesa comuni, e altre che sono caratterizzanti della tecnologia presa in esame.

La pompa irroratrice e il patentino per l'utilizzo dei prodotti fitosanitari rappresentano un costo comune, così come quelli riguardanti la manutenzione, il ricovero e quelli assicurativi anche se differiscono leggermente da una tecnologia

all'altra. Tra i costi del SAPR è necessario prendere in considerazione quelli riguardanti i sistemi di software sia per la gestione del drone che per il GPS.

Infatti, dal confronto delle tabelle 1 e 2, è evidente che il costo di acquisizione delle tecnologie per l'irrorazione attraverso SAPR è superiore a quello relativo al metodo tradizionale, inoltre attualmente non è possibile sostituire completamente tutte le operazioni di irrorazione con sistemi SAPR, utilizzati principalmente per trattamenti a basso dosaggio.

Un'altra variabile da prendere in considerazione riguarda il fatto che spesso le aziende agricole hanno già una macchina trattatrice in house che può essere utilizzata per altre operazioni di campo o nella coltivazione di altre varietà colturali e quindi ammortizzata diversamente rispetto ad un drone.

Per quanto riguarda i costi del personale, la retribuzione degli Operai agricoli varia a seconda dell'area di specializzazione. Nell'ipotesi che un addetto che sviluppi delle competenze adeguate per operare con il SAPR, abbia un alto grado di qualifica, prendendo in considerazione il Contratto Collettivo Nazionale, per gli Operai agricoli e florovivaisti appartenenti all'area 1, che include lavoratori che svolgono "lavori complessi o richiedenti specifica specializzazione", la retribuzione media oraria nelle Marche è pari a 12,84 euro per gli operai a tempo determinato (Otd), che aumenta leggermente per gli operai a tempo indeterminato (Oti). In Italia, la retribuzione media mensile per operai della stessa area passa da una retribuzione media di 1.350,70 € del Molise ai 1.683,72 € del Trentino-Alto Adige, le Marche si posizionano in mezzo con 1.576,08 € mensili (D'Alessio,2018).

3.7 Possibili scenari di utilizzo della tecnologia mediante SAPR

Come evidenziato nei precedenti paragrafi, il costo della tecnologia per l'irrorazione mediante drone può rappresentare una barriera economica all'acquisizione dell'innovazione; tuttavia, possiamo prendere in considerazione diverse strategie per l'utilizzo di tale tecnologia, tra le quali:

- l'acquisizione diretta della tecnologia da parte della singola impresa,
- l'acquisizione della tecnologia da parte di imprese in forma aggregata,
- l'acquisizione dei servizi attraverso la prestazione di terzi.

Se nel primo caso i costi graverebbero sulla singola azienda, l'acquisizione SAPR da

parte di imprese in forma aggregata amplierebbe l'accesso alla tecnologia anche alle aziende di piccole dimensioni per le quali l'investimento potrebbe essere troppo elevato rispetto ai benefici percepiti derivanti dall'uso della tecnologia. I tempi di utilizzo della tecnologia per effettuare il trattamento, che possono variare a seconda della tipologia di impianto dell'uliveto, sono estremamente brevi e la condivisione della tecnologia non sarebbe un problema in termini di tempestività dell'intervento sul campo.

Un'altra opportunità che solleverebbe le aziende agricole, sia dei costi di acquisizione della tecnologia, che dei costi indiretti relativi all'acquisizione delle conoscenze necessarie al suo utilizzo, riguarda l'avvalersi dei servizi di terzi che, come per le prestazioni attraverso metodi tradizionali, vengono retribuiti con un compenso calcolato sulla superficie lavorata o trattata.

3.8 Drivers e barriere socio-economiche che possono influenzare il processo d'innovazione

Un avanzamento nella direzione della digitalizzazione e dell'introduzione di metodi innovativi, come quelli di *precision farming*, implicano un processo nel settore agricolo che inneschi una spinta dal basso verso l'utilizzo di tecniche evolute dal punto di vista tecnologico, e se il costo dell'innovazione può rappresentare una barriera, ci sono altre variabili interne in grado di influenzare tale processo: quelle demografiche, psicologiche e comportamentali, quelle relative alla mancata conoscenze da parte di chi opera nel settore, ed altre variabili sociali che influiscono sulla diffusione delle innovazioni (Caffaro et al., 2020).

Rolandi et al. (2021) definisce quattro “domini” che rappresentano macro-dimensioni in cui avviene la digitalizzazione: ambientale, economico, sociale, *governance*.

Per ciascun dominio, gli autori hanno identificato dei sotto-domini rappresentati dalle aree di impatto, ai quali vengono associati gli *outcome* che possono essere ottenuti. Seguendo il framework teorico di Rolandi et al. (2021), ci siamo soffermati sulle aree di dominio sociale ed economico per ipotizzare gli impatti che la tecnologia SAPR, sperimentata nel progetto SFIDA, potrebbe avere nel settore olivicolo e in generale nell'agricoltura di precisione nei prossimi anni.

Attraverso interviste semi-strutturate con i partner di progetto, che rappresentano

degli informatori chiave per la loro conoscenza profonda rispetto all'introduzione di questa tecnologia, abbiamo indagato quali possono essere le aree di impatto e i potenziali *outcome* che il SAPR potrebbe introdurre.

Concentrandoci sul dominio sociale e su quello economico, in una visione di medio-lungo periodo dei partner che hanno partecipato all'intervista e che di fatto già conoscono e utilizzano la tecnologia nel contesto marchigiano, nella tabella 3 abbiamo sintetizzato i possibili futuri impatti ed *outcome*.

Tabella 3 - Aree d'impatto relative all'uso della tecnologia SAPR

Domini	Aree di impatto	Potenziali outcome	Opinioni degli informatori chiave
Impatti sociali	Persone	Sicurezza e benessere	L'utilizzo del SAPR potrebbe migliorare la sicurezza dei lavoratori che vengono meno a contatto con i prodotti fitosanitari. L'utilizzo del SAPR potrebbe facilitare gli agricoltori negli uliveti che si trovano in terreni in pendenza e in posizioni dove è più difficile arrivare attraverso mezzi tradizionali.
		Istruzione e competenze	L'utilizzo del SAPR implica l'acquisizione di competenze per l'utilizzo di questa tecnologia, che da una parte potrebbe spingere una maggiore specializzazione e qualificazione degli operai agricoli, dall'altra potrebbe rappresentare una barriera a causa della scarsa formazione in ambito tecnologico-digitale. L'utilizzo di nuove tecnologie può favorire l'interesse delle nuove generazioni di agricoltori che a loro volta sono maggiormente interessati all'introduzione di innovazioni nel sistema di produzione.
		Diritto	Resilienza Potere Divario di genere Equità Autonomia
	Accesso	Risorse	Sebbene la tecnologia abbia un costo rilevante, l'utilizzo di nuove tecnologie di agricoltura di precisione apre l'opportunità a forme di finanziamento per l'azienda o gruppi di aziende che vogliono investire in innovazione come nel progetto SFIDA, o in progetti di cooperazione.
		ICT	La generazione dei dati e lo scambio di conoscenza attraverso l'ICT può creare connessioni tra diversi attori della filiera e facilitare lo scambio di informazioni.
	Capitale sociale	Coesione Identità Inclusione Partecipazione	Non essendo ancora una tecnologia utilizzata e condivisa, allo stato attuale è difficile identificare l'impatto che può avere per il capitale sociale.
Impatti economici	Organizzazione	Autonomia decisionale, cooperazione	Attualmente è difficile che le PMI abbiano la forza economica e le competenze per acquisire questa tecnologia in autonomia; tuttavia, potrebbero farlo in forma aggregata o attraverso un prestatore di tali servizi. Le aziende medio-gradi invece hanno già al loro interno un agronomo che ha già delle competenze digitali di base e che potrebbe acquisirne di nuove.
		Reddito, produzione e rischio finanziario	L'introduzione del SAPR per ora non incide sull'aumento del flusso monetario, o sull'aumento di produzione, e non riduce il rischio finanziario attraverso l'utilizzo della tecnologia. Una sua maggiore diffusione e il suo utilizzo in più produzioni o in più fasi della produzione potrebbe però ammortizzare i costi e ridurre il tempo di lavoro degli operatori nella singola mansione.
		Marketing	L'utilizzo del SAPR permette di ridurre i passaggi in campo con i mezzi agricoli tradizionali, e questo potrebbe ripercuotersi positivamente nella percezione di una azienda orientata all'innovazione e alla sostenibilità ambientale.
	Resilienza ed ottimizzazione delle risorse	Il SAPR permette di arrivare con più facilità nelle aree agricole con una maggiore pendenza e difficili da raggiungere con mezzi tradizionali, in questo caso gli agricoltori che operano nelle aree più svantaggiate potrebbero trarne beneficio.	
Catena del valore	Qualità del cibo ed efficienza delle risorse	L'impiego di SAPR o dell'agricoltura di precisione in generale favorisce un monitoraggio più puntuale per intervenire tempestivamente nel caso intervengano degli agenti patogeni che in qualche modo possono condizionare l'utilizzo delle risorse e la qualità della produzione.	

Le impressioni raccolte, non vogliono fornire un quadro esaustivo, ma rappresentano un'analisi esplorativa delle opportunità che il SAPR può offrire, unitamente ai drivers e le barriere socio-economiche che possono influire sulla diffusione dell'innovazione. L'analisi socio-economica trattata dal Laboratorio Valenti, insieme agli aspetti legati alla sostenibilità ambientale e le implicazioni giuridiche, esaminate rispettivamente dai team di ricerca dell'Università di Camerino e dell'Università degli Studi di Macerata, gettano le basi per un'interrogazione sulle dinamiche che possono spingere o limitare la transizione del mondo agricolo verso

le sfide della sostenibilità e dell'utilizzo degli strumenti digitali a supporto del raggiungimento degli obiettivi del Green Deal europeo.

Bibliografia

- Bucchi G., (2015), "Agrodron: il drone contadino Made in Italy", Milano Finanza, 28 gennaio.
- Caffaro, F., Cremasco, M. M., Roccatò, M., & Cavallo, E. (2020), "Drivers of farmers' intention to adopt technological innovations in Italy: The role of information sources, perceived usefulness, and perceived ease of use", *Journal of Rural Studies*, 76, 264-271.
- Casa R., Pisante M. (2017), "Introduzione", in Casa R. (a cura di), *Agricoltura di Precisione. Metodi e tecnologie per migliorare l'efficienza e la sostenibilità dei sistemi culturali*, Edagricole, Bologna.
- Cinquemani T. (2019), "Difesa con i droni. Impariamo dai giapponesi", *AgroNotizie*, 27 novembre.
- Cola M., Sarnari T. (2020), *La Competitività Della Filiera Olivicola: Analisi Della Redditività e Fattori Determinanti*, Roma, ISMEA.
- D'Alessio, M (2018), "I numeri chiave delle retribuzioni degli operai agricoli in Italia". *Agriregionieuropa*, 14(55).
- D'Andrea M.R.P., Dara Guccione G., Macao D., Cimino O. (2020), "L'olivicoltura biologica tra redditività e mercato", *Bioreport* 2020, 121.
- Duff H., Hegedus P., Loewen S., Bass T., Maxwell B. (2022), "Precision Agroecology", *Sustainability*, 14(106), <https://doi.org/10.3390/su14010106>
- Falzarano P. (2018), "Agricoltura di Precisione, pubblicate le Linee guida nazionali", *Agriregionieuropa*, 14(53). ISMEA (2023), Scheda di Settore Olio d'Oliva, <https://www.ismeamercati.it/olio-oliva> consultato a maggio 2023.
- Long T. B., Blok V., Coninx I. (2016), "Barriers to the adoption and diffusion of

technological innovations for climate-smart agriculture in Europe: evidence from the Netherlands, France, Switzerland and Italy”, Journal of Cleaner Production, 112, 9-21.

11. Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali (2017), Linee guida per lo sviluppo dell'agricoltura di precisione in Italia.

12. Pierce F. J., Novak P. (1999), “Aspects of Precision Agriculture”, *Advances in Agronomy, Elsevier, Amsterdam*, v. 67(199), 1-85.

13. Rolandi, Silvia, et al. (2021), “The digitalization of agriculture and rural areas: Towards a taxonomy of the impacts”, *Sustainability, 13(9)*, 51-72.

14. SINAB (2022), Il bio in cifre 2022. Ismea, Mipasaf, Ciheam-Bari.

4 Conclusioni

Il progetto SFIDA ha sviluppato, nel corso di 4 anni di progettazione, uno studio accurato sull'agricoltura di precisione.

Grazie all'ausilio del cofinanziamento del Piano di Sviluppo Rurale della Regione Marche, Bando 16.1 azione 2 Sostegno alla creazione e al funzionamento di Gruppi Operativi del PEI - Azione 2 "Finanziamento dei Gruppi Operativi", PSR Marche 2014-20 - Annualità 2017, ID SIAR 29073; il G.O. ha potuto evidenziare l'importanza e l'efficacia dell'utilizzo di droni per attività in campo.

Nel lungo cammino, gli enti che hanno collaborato al corretto svolgimento del progetto hanno potuto studiare l'utilizzo del drone in maniera multidisciplinare.

Si è fatto luce su questioni giuridiche di primaria importanza, quali: l'utilizzo del drone nell'agricoltura di precisione e l'irrorazione aerea di prodotti fitosanitari, andando anche ad analizzare le esperienze di altri Paesi europei. In Italia e nell'Unione europea, la normativa in materia è ancora molto complessa e non sembra essere in grado di promuovere a pieno le potenzialità di questa tecnologia in agricoltura.

Tuttavia, importanti cambiamenti nel quadro normativo europeo e nazionale sembrano essere all'orizzonte.

Il progetto ha anche mostrato come l'utilizzo di fitofarmaci irrorati per mezzo di un drone sia più efficace e preciso rispetto alle pratiche/tecnologie convenzionali. I valori QBS- ar totale e del *Bait Lamina Test*, tramite irrorazione per mezzo del drone, sono risultati migliori rispetto ad una classica irrorazione per pompa Casotti montata su trattrice.

Analisti ed economisti hanno predetto che il mercato dei droni usati in campo agricolo possano crescere esponenzialmente, da 617 milioni di dollari nel 2022 a 3216,6 milioni di dollari entro il 2029.

Da un punto di vista socio-economico, tuttavia, l'agricoltura di precisione sembra essere un ostacolo arduo da superare.

L'impiego di un investimento significativo, potrebbe rappresentare la barriera economica all'innovazione. Ad oggi, il metodo più conveniente sarebbe l'acquisto di una singola tecnologia da parte di più aziende.

Altri ostacoli potrebbero essere di carattere sociale, demografico e psicologico. Il mercato rurale è un organo con moltissime variabili che differiscono da zona a zona. L'adozione di queste tecnologie innovative dovrebbe partire dal basso, dalle aziende stesse, per poi diffondersi tra le varie realtà locali e nazionali.

5 Ringraziamenti

Per il corretto svolgimento e realizzazione del progetto, si ringraziano:

Andrea Passacantando, Azienda Agricola Passacantando Andrea

Amleto Fioretti, Agronomo e progettista

Pamela Lattanzi, UNIMC

Serena Mariani, UNIMC

Beatrice Baldoni, UNIMC

Antonietta La Terza, UNICAM

Aldo D'Alessandro, UNICAM

Martina Coletta, UNICAM

Mario Marconi, UNICAM

Stefano Spalletti, Laboratorio Ghino Valenti

Riccardo Evangelista, Laboratorio Ghino Valenti

Chiara Mignani, Laboratorio Ghino Valenti

Sandro Nardi, AMAP Marche

Ilaria Santandrea, Agenzia di Sviluppo Rurale srl

Claudio Nasoni, Agenzia di Sviluppo Rurale srl

Angelo Accorroni, Agenzia di Sviluppo Rurale srl

Monica Pergolini, Agenzia di Sviluppo Rurale srl

Riccardo Tassi, Agenzia di Sviluppo Rurale srl

Massimo Maranesi, Agenzia di Sviluppo Rurale srl

Giovanni Bernardini, Copagri Marche

Edoardo Rosato, Copagri Marche

Attilio Giampieri, Tecnico di Campagna

Tommaso Di Silvestre, Pilota drone

Antonio Feliziani, Pilota drone

Francesco Allegrini, Pilota drone

