
Rapporto di ricerca

Innovazione tecnologica e diffusione dell'Agricoltura 4.0 di montagna

Azione 2.3.3 del progetto "Agile Arvier – La cultura del cambiamento"

A cura dell'Institut Agricole Régional (IAR) – Aosta

Sommario

Introduzione.....	1
1. Agricoltura 4.0 e innovazione in ambiente montano.....	1
1.1 Dall'agricoltura di precisione all'Agricoltura 4.0.....	1
1.2 Verso l'Agricoltura 5.0	1
1.3 Le specificità dell'ambiente montano	2
2. Il contesto valdostano.....	2
2.1 Agricoltura eroica e viticoltura di montagna	2
2.2 Frutticoltura, zootecnia e filiera lattiero-casearia.....	2
2.3 Criticità operative	2
3. Lo stato dell'arte delle tecnologie per la montagna	3
4. Le attività svolte nell'Azione 2.3.3.....	4
4.1 Il caso ROVER – rover autonomo con intelligenza artificiale per la viticoltura	4
Metodologia: indagine sui viticoltori	4
Principali requisiti emersi	4
Implicazioni di prodotto	5
4.2 Il caso DRONI – deroga per i trattamenti fitosanitari	5
Il quadro normativo	5
L'attività svolta e la proposta all'Assessorato	6
4.3 Il caso WIR System – trattamento del latte a infrarossi	6
La tecnologia.....	6
Obiettivi della sperimentazione	6
4.4 Il Catalogo delle tecnologie di Agricoltura 4.0 per la montagna.....	7
4.5 Il Piano di coinvolgimento dei portatori di interesse.....	7
4.6 Giornata dimostrativa e ricadute sul territorio	8
5. Opportunità per la Valle d'Aosta – analisi SWOT	8

Introduzione

Il presente rapporto di ricerca documenta le attività svolte nell'ambito dell'Azione 2.3.3 – “Innovazione tecnologica e diffusione dell'Agricoltura 4.0” del progetto “Agile Arvier – La cultura del cambiamento”, finanziato dal PNRR nella linea di intervento dedicata all'Attrattività dei Borghi. L'Azione perseguiva la promozione dell'innovazione tecnologica nell'agricoltura di montagna e la diffusione, in Valle d'Aosta, di macchine, attrezzature e tecnologie riconducibili all'Agricoltura 4.0.

Coerentemente con gli indicatori di risultato previsti per l'Azione 2.3.3, il documento si propone di restituire in forma sintetica il lavoro svolto, dando conto in particolare di tre filoni applicativi che hanno visto un effettivo avanzamento operativo e il coinvolgimento di portatori di interesse regionali: **il caso ROVER** (rover autonomo con intelligenza artificiale per la viticoltura di montagna), **il caso DRONI** (istruttoria per la deroga all'impiego di aeromobili a pilotaggio remoto nei trattamenti fitosanitari) e **il caso WIR System** (sperimentazione di una tecnologia a infrarossi per il trattamento del latte).

Il rapporto è organizzato in modo da fornire dapprima un inquadramento concettuale e di contesto, per poi concentrarsi sulle attività effettivamente realizzate e sulle prospettive di sviluppo.

1. Agricoltura 4.0 e innovazione in ambiente montano

1.1 Dall'agricoltura di precisione all'Agricoltura 4.0

L'Agricoltura 4.0 rappresenta l'evoluzione dell'agricoltura di precisione ed è basata sulla raccolta automatica, sull'integrazione e sull'analisi di dati provenienti dal campo, da sensori e da altre fonti. L'impiego di tecnologie digitali all'avanguardia consente di raccogliere informazioni e di supportare l'agricoltore nei processi decisionali relativi alle pratiche produttive e nel rapporto con gli altri componenti della filiera, andando oltre i confini della singola azienda e mirando alla sostenibilità economica, ambientale e sociale dell'impresa agricola.

Gli elementi costitutivi di questo paradigma comprendono la sensoristica di campo, le piattaforme digitali di analisi, i sistemi di supporto alle decisioni (DSS), il telerilevamento, la robotica agricola e, in misura crescente, l'intelligenza artificiale. Il dato diventa così un asset centrale: la sua qualità, affidabilità e interpretabilità condizionano direttamente il valore generato per l'agricoltore.

1.2 Verso l'Agricoltura 5.0

Mentre ancora si stanno diffondendo gli strumenti dell'Agricoltura 4.0, si inizia già a parlare di Agricoltura 5.0, la cui principale caratteristica è la cooperazione tra macchina e uomo, fondata sul concetto di *empowering people*, ovvero la centralità della persona nei processi automatizzati. In questa prospettiva i robot diventano più sofisticati ma con funzioni ben delimitate, non sostitutive dell'intervento umano se non nelle attività meno qualificate, sintetizzate nelle cosiddette “tre D”: *dull, dirty, dangerous* (ripetitive, sporche, pericolose).

Agricoltura 4.0 e Agricoltura 5.0 a confronto

- **Agricoltura 4.0:** automazione e digitalizzazione orientate all'efficienza; il dato guida la decisione, la macchina esegue.
- **Agricoltura 5.0:** cooperazione uomo-macchina; la tecnologia libera l'operatore dalle mansioni gravose e ne valorizza le competenze e il giudizio.

Il passaggio comporta vantaggi per la salute e la sicurezza degli operatori, una riduzione dell'impatto ambientale in chiave di economia circolare e una maggiore personalizzazione di prodotti e servizi.

1.3 Le specificità dell'ambiente montano

L'applicazione di queste tecnologie in montagna richiede un adattamento alle condizioni topografiche e climatiche locali. La ricerca e l'applicazione di soluzioni avanzate sono fondamentali per affrontare le sfide che si presentano agli agricoltori di montagna: la crescente carenza di manodopera, il cambiamento climatico, la scarsità idrica, la diffusione di specie esotiche invasive, unitamente alle difficoltà di accesso e di meccanizzazione dei terreni agricoli. In questo contesto l'Agricoltura 4.0 favorisce una cultura dell'innovazione e del miglioramento continuo, consentendo di sperimentare nuove tecniche.

2. Il contesto valdostano

La Valle d'Aosta è un territorio integralmente montano, caratterizzato da forti pendenze, frammentazione fondiaria, ridotta accessibilità dei fondi e microclimi molto variabili. In tali condizioni l'attività agricola assume un valore che va oltre la dimensione produttiva, contribuendo al presidio del territorio, alla regolazione del ciclo dell'acqua, alla prevenzione dell'erosione del suolo, alla conservazione della biodiversità e del paesaggio.

2.1 Agricoltura eroica e viticoltura di montagna

Una quota rilevante della superficie agricola regionale rientra nella definizione di "agricoltura eroica", ovvero coltivata in condizioni di forte pendenza, su terrazzamenti o a quote elevate, con limitate possibilità di meccanizzazione. La viticoltura di montagna ne è l'espressione più emblematica: i vigneti, spesso disposti su pendii scoscesi e su capezzagne strette, comportano un'elevata incidenza di lavoro manuale.

2.2 Frutticoltura, zootecnia e filiera lattiero-casearia

Accanto alla viticoltura, il sistema agricolo regionale comprende la frutticoltura (in particolare melicoltura), la foraggicoltura e la zootecnia di montagna, strettamente legata alla filiera lattiero-casearia e alla produzione della Fontina DOP. La qualità e la sicurezza del latte e dei prodotti trasformati costituiscono un fattore competitivo essenziale, che apre spazi all'introduzione di tecnologie innovative lungo tutta la filiera, dalla stalla alla trasformazione.

2.3 Criticità operative

- Carenza strutturale di manodopera e crescente costo del lavoro.
- Difficoltà di accesso e di meccanizzazione dei terreni su forte pendenza.
- Esposizione agli effetti del cambiamento climatico (eventi estremi, scarsità idrica, nuove fitopatie).
- Elevato sforzo fisico e rischi per la salute degli operatori, in particolare nei trattamenti manuali.

L'annata 2024 e l'emergenza fitosanitaria

Nel corso del 2024 la Valle d'Aosta ha registrato condizioni climatiche particolarmente avverse, con precipitazioni abbondanti e persistenti. Tali condizioni hanno favorito un incremento significativo di malattie fungine come l'oidio e la peronospora, causando ingenti perdite nella produzione vitivinicola regionale. L'episodio ha reso evidente la necessità di adottare soluzioni tecnologiche capaci di rendere più tempestiva ed efficace la difesa delle colture, riducendo al contempo l'impatto ambientale e l'esposizione degli operatori.

3. Lo stato dell'arte delle tecnologie per la montagna

Il panorama dell'Agricoltura 4.0 è fortemente dinamico e in continua evoluzione. Le proposte tecnologiche di start-up e imprese specializzate vanno valutate con attenzione in relazione al livello di maturità tecnologica (TRL – Technology Readiness Level, su scala 1-9), all'attitudine a operare in un ambiente sfidante come quello montano, all'efficacia operativa e al costo. La tabella seguente offre una sintesi orientativa delle principali categorie tecnologiche rilevanti per il contesto valdostano.

Categoria	Funzione principale	TRL orientativo	Applicabilità in montagna
Robot agricoli e rover autonomi	Operazioni colturali (trattamenti, gestione del verde, controllo infestanti)	6–8	Media-alta su pendenze gestibili; vincoli di stabilità e larghezza
Droni (UASS)	Monitoraggio e distribuzione di prodotti su aree difficili	6–8 (monitoraggio); 5–7 (irrorazione)	Alta su pendii inaccessibili; vincoli normativi per i fitofarmaci
Sensoristica e proximal sensing	Rilevamento di stress, malattie, carenze, fitofagi	7–9	Alta
Stazioni meteo e agrometeorologia	Monitoraggio variabili ambientali	9	Alta
DSS e modelli previsionali	Supporto alle decisioni fitosanitarie e irrigue	7–9	Alta
Telerilevamento	Mappatura vigore, stress idrico, scouting	7–9	Media-alta (limiti orografici/nuvolosità)
Intelligenza artificiale	Riconoscimento immagini, allerta, previsione del rischio	5–8	Crescente; dipende da dataset locali
GPS-RTK	Posizionamento di precisione per guida e mappatura	9	Media (vincoli di copertura in vallate strette)
Virtual fencing	Recinzione virtuale per il pascolo	6–8	Alta per l'alpeggio
Zootecnia di precisione	Monitoraggio salute, benessere, performance	7–9	Alta in stalla; media in alpeggio
Gestione apiari	Monitoraggio alveari (peso, clima, attività)	7–8	Alta
Trasformazione 4.0	Controllo di processo e sicurezza alimentare	6–9	Alta

Tabella 1 – Sintesi orientativa delle tecnologie di Agricoltura 4.0 e della loro applicabilità in ambiente montano. I livelli TRL sono indicativi e vanno verificati per singola soluzione commerciale.

Nota metodologica sui dati tecnici

I livelli di maturità tecnologica (TRL) e le indicazioni di costo riportati nel presente capitolo hanno valore orientativo e si riferiscono a ordini di grandezza desunti dalla letteratura tecnica e dall'esperienza di settore. Prima di un eventuale impiego in documenti a fini decisionali o di spesa, tali valori andranno verificati e aggiornati sulla base delle specifiche soluzioni commerciali disponibili al momento della valutazione.

4. Le attività svolte nell'Azione 2.3.3

4.1 Il caso ROVER – rover autonomo con intelligenza artificiale per la viticoltura

Il caso ROVER nasce dall'esigenza di individuare soluzioni di meccanizzazione innovativa per la viticoltura di montagna, capaci di ridurre il carico di lavoro manuale e di rendere più precisa la gestione del vigneto. L'ipotesi di prodotto è quella di un rover agricolo autonomo ed elettrico, dotato di un sistema di intelligenza artificiale in grado di riconoscere la situazione in vigneto (ad esempio la presenza di malattie) e di attuare conseguentemente operazioni meccaniche, come un trattamento fitosanitario di precisione.

Metodologia: indagine sui viticoltori

Per orientare lo sviluppo del prodotto verso i bisogni reali è stata condotta un'indagine presso i viticoltori valdostani, articolata in un questionario strutturato (28 domande, riportato in allegato) e in una fase di interviste in profondità con un campione di dieci viticoltori. Il questionario ha esplorato nove aree tematiche: contesto reale di lavoro, sicurezza e fiducia, operatività quotidiana, attrezzature e lavorazioni, trattamenti intelligenti, monitoraggio e dati, tecnologia e semplicità, affidabilità e manutenzione, oltre a domande aperte finali.

Principali requisiti emersi

Le interviste hanno permesso di distinguere i requisiti non negoziabili dagli elementi opzionali e di individuare il vero driver di acquisto, identificato nella capacità della macchina di supportare decisioni migliori, ridurre i costi operativi ed eseguire in autonomia lavori lunghi e gravosi. La tabella seguente sintetizza i requisiti più significativi.

Ambito	Requisito emerso dalle interviste
Dimensioni	Larghezza ideale ~90 cm; lunghezza di riferimento ~2,20 m; capezzagne tipiche ~4,5 m. Peso obiettivo preferibile ~1.200 kg (riferimento di mercato ~1.500 kg).
Funzioni core	Trattamenti fitosanitari e gestione del verde (spollonatura, sfalcio). Trinciatura e spandiconcime considerate non bloccanti.
Ruolo dell'AI	L'AI deve analizzare, suggerire e allertare (con livelli di rischio/probabilità), non decidere al posto del viticoltore: la decisione finale resta umana.
Dati più utili	Allerta focolai di malattie; stress idrico e carenze nutrizionali; conteggio dei grappoli.
Guida autonoma	Requisito variabile ma strategico: per alcuni fondamentale, per altri un plus. Il valore reale è la riduzione di manodopera; accettabile un avvio con radiocomando assistito + AI.
Sicurezza	Requisito non negoziabile: arresto automatico in caso di anomalie, controllo umano sempre possibile, comportamento prevedibile, pulsante fisico di emergenza.

Ambito	Requisito emerso dalle interviste
Autonomia	~6 ore continuative attese in fase di trattamento; batterie modulari e più leggere; attenzione al bilanciamento del pacco.
Interfaccia	App come interfaccia principale, con alert anche per la manutenzione ordinaria in base alle ore di utilizzo.
Prezzo	Range principale 70–100k €; ~100k € giudicato corretto se il valore è chiaro. La guida autonoma completa sposta la disponibilità a pagare di +40–50k €.

Tabella 2 – Sintesi dei requisiti emersi dall'indagine sui viticoltori per il rover ROVER.

Implicazioni di prodotto

Il profilo di prodotto che emerge dalle interviste è quello di un mezzo compatto (~90 cm), focalizzato su trattamenti e gestione del verde, fortemente data-driven, con AI di supporto decisionale, controllabile via app, con autonomia modulare e prezzo target intorno ai 100k €. Tra gli aspetti da approfondire emergono la scelta dei sistemi di guida autonoma più adatti al vigneto, l'attenzione alla visione laterale in fase di manovra in prossimità dei pali, la protezione dei circuiti elettronici da alcuni trattamenti (ad esempio a base di rame) e la gestione di tempi di ricarica e sostituzione delle batterie.

4.2 Il caso DRONI – deroga per i trattamenti fitosanitari

Il secondo filone riguarda l'impiego di droni (aeromobili a pilotaggio remoto – APR; Unmanned Aerial Spray Systems – UASS) per i trattamenti fitosanitari, individuato come soluzione di particolare interesse per i vigneti su pendii scoscesi e di difficile accesso, dove l'impiego di trattori o di altri mezzi di irrorazione risulta difficoltoso e dove il trattamento manuale con atomizzatori a spalla comporta un notevole sforzo fisico e rischi per la salute degli operatori.

Il quadro normativo

In Italia l'uso di droni per l'irrorazione di prodotti fitosanitari è attualmente vietato dall'articolo 13, comma 1 del Decreto n. 150/2012 (Piano di Azione Nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari – PAN), che recepisce la Direttiva europea 2009/128/CE proibendo l'irrorazione aerea salvo circostanze eccezionali e previa concessione di specifiche deroghe. Il PAN prevede tuttavia la possibilità di autorizzare l'irrorazione aerea in deroga, in maniera non permanente: l'autorizzazione può essere concessa dalle Regioni, previo parere positivo del Ministero della Salute, sentiti il Ministero dell'Agricoltura e il Ministero dell'Ambiente, e solo quando l'irrorazione aerea dimostri chiari vantaggi in termini di salute umana e ambientale e non siano disponibili modalità di applicazione alternative.

Un passo avanti significativo è stato compiuto il 21 novembre 2024, quando il Ministero della Salute ha pubblicato la nota ufficiale relativa alla sperimentazione dell'uso di prodotti fitosanitari mediante drone, con le indicazioni operative per il rilascio del permesso ai sensi dell'art. 54 del Regolamento (CE) n. 1107/2009. A differenza dell'Italia, in Svizzera e in numerosi Paesi extraeuropei non esiste un divieto esplicito; in alcuni Stati membri dell'UE, come Germania e Francia, deroghe permanenti consentono l'impiego dei droni soprattutto su territori a forte pendenza o di difficile accesso.

I risultati della sperimentazione della Regione Lombardia

Il Servizio Fitosanitario della Regione Lombardia ha condotto test in deroga per valutare l'impiego dei droni nella protezione di colture come vite, olivo e riso. I risultati hanno evidenziato:

- riduzione del consumo d'acqua: circa 120 litri/ettaro contro i 1.500 litri/ettaro dei metodi tradizionali;
- maggiore rapidità: tempi di intervento ridotti fino a cinque volte;
- minore presenza di residui sui prodotti finali;
- eliminazione del contatto diretto tra operatore e miscela, con riduzione dei rischi di esposizione;
- applicazione più precisa e omogenea, con minore deriva del prodotto in condizioni meteorologiche adeguate.

L'attività svolta e la proposta all'Assessorato

L'interesse dei viticoltori per l'irrorazione aerea, già emerso nel corso dell'indagine di mercato condotta per il caso ROVER, è stato confermato negli incontri con i viticoltori della zona dell'Enfer di Arvier. Sulla base di queste evidenze e dell'analisi normativa e tecnica, l'Institut Agricole Régional ha sottoposto all'Assessorato Agricoltura e risorse naturali una proposta volta a valutare congiuntamente gli approfondimenti tecnici e gli adeguamenti normativi necessari a consentire l'impiego dei droni come strumento di trattamento fitosanitario. Si segnala inoltre che, indipendentemente dalla normativa sui fitofarmaci, è già consentita la distribuzione aerea di prodotti non registrati come fitosanitari – quali concimi, fertilizzanti e biostimolanti – senza necessità di deroga.

4.3 Il caso WIR System – trattamento del latte a infrarossi

Il terzo filone riguarda la filiera lattiero-casearia e nasce dall'esigenza di ricercare e applicare tecnologie innovative capaci di garantire standard elevati di sicurezza alimentare per il consumatore, mantenendo al contempo le caratteristiche di unicità dei prodotti tipici del territorio. A tal fine è stato individuato e acquisito il sistema WirSystem® Fluids, una tecnologia di sanificazione dei liquidi alimentari basata sull'emissione a infrarossi.

La tecnologia

Il sistema consente di abbattere la carica microbica presente nella materia prima latte senza la conseguente riduzione o modificazione delle caratteristiche organolettico-sensoriali, nutrizionali e funzionali del prodotto trattato. È costituito da un gruppo sorgente a emissione infrarossa operante a una specifica lunghezza d'onda e da un'unità in carpenteria contenente i gruppi IR, il quadro elettrico di potenza e controllo e un sistema di controllo della temperatura di processo. Il modello acquisito (WirSystem® Fluids Jet AX) lavora a una portata compresa tra 90 e 160 litri/ora. La tecnologia è oggetto di brevetto rilasciato dal Ministero dello Sviluppo Economico in data 5 maggio 2022 ed è prodotta da un'unica azienda italiana, Waxy s.r.l.; la sua efficacia è stata oggetto di valutazione da parte di dipartimenti universitari, con pubblicazioni scientifiche dedicate.

Obiettivi della sperimentazione

- Implementare l'innovazione tecnologica nel contesto dell'Agricoltura 4.0 sul territorio valdostano e formare gli operatori della filiera agroalimentare all'uso di nuove tecnologie.
- Testare la tecnologia per il trattamento di materie prime e prodotti finiti, valutandone l'applicabilità in diverse filiere produttive.

- Verificare la funzionalità del sistema nel garantire la sicurezza alimentare tramite l'abbattimento dei microrganismi patogeni, preservando le caratteristiche tipiche e tradizionali dei prodotti destinati al consumo.

L'iniziativa si collega anche alle attività formative del progetto rivolte agli operatori della filiera lattiero-casearia, contribuendo a coniugare la tradizione produttiva locale con i più elevati standard di sicurezza e salubrità oggi richiesti.

4.4 Il Catalogo delle tecnologie di Agricoltura 4.0 per la montagna

Tra le attività previste dall'Azione 2.3.3 figura la redazione di un Catalogo delle tecnologie di Agricoltura 4.0 e delle soluzioni innovative applicabili nell'agricoltura di montagna. Tale attività nasce dalla necessità di raccogliere, organizzare e rendere accessibile un panorama tecnologico in continua evoluzione, mettendo a disposizione di agricoltori, tecnici e decisori pubblici uno strumento di supporto alla conoscenza e alla valutazione delle diverse opportunità di innovazione.

L'elaborazione del Catalogo ha previsto un'attività di analisi e selezione delle tecnologie disponibili sul mercato, nonché delle soluzioni emergenti sviluppate nell'ambito di progetti di ricerca e innovazione. Per ciascuna soluzione sono state raccolte e sistematizzate informazioni relative alla categoria tecnologica, alle funzionalità offerte, ai soggetti sviluppatori o produttori, al livello di maturità tecnologica e ai principali ambiti applicativi.

L'impostazione adottata consente di confrontare soluzioni eterogenee sulla base di criteri coerenti, quali l'adattabilità agli ambienti montani, l'efficacia operativa, la sostenibilità economica e il potenziale contributo al miglioramento della competitività e della sostenibilità delle aziende agricole.

Il Catalogo rappresenta un deliverable autonomo dell'Azione ed è sviluppato come uno strumento dinamico e aggiornabile. La continua evoluzione delle tecnologie digitali e robotiche applicate all'agricoltura rende infatti necessario un costante aggiornamento dei contenuti, al fine di preservarne l'utilità quale riferimento operativo per la diffusione dell'innovazione e dell'Agricoltura 4.0 nei territori montani.

4.5 Il Piano di coinvolgimento dei portatori di interesse

La diffusione delle tecnologie riconducibili all'Agricoltura 4.0 nei territori montani non dipende esclusivamente dalla disponibilità di soluzioni tecniche innovative, ma richiede il coinvolgimento attivo e coordinato degli attori che operano a livello locale. In quest'ottica, tra le attività previste dall'Azione 2.3.3 è stato sviluppato un Piano di coinvolgimento dei portatori di interesse, finalizzato a individuare obiettivi, modalità operative e strumenti utili a favorire la partecipazione degli stakeholder regionali ai processi di innovazione del settore agricolo.

Il Piano si fonda su un approccio partecipativo e si articola in: mappatura degli stakeholder, strategia di coinvolgimento, piano operativo e sistema di indicatori (KPI). Un elemento qualificante del Piano è che la strategia si fonda su esperienze di coinvolgimento già realizzate nel corso del progetto. I casi ROVER, droni e WIR System hanno infatti già visto la partecipazione attiva di portatori di interesse regionali – viticoltori, consorzi, Assessorato Agricoltura e risorse naturali, Servizio Fitosanitario, dipartimenti universitari e aziende fornitrici – e forniscono un riscontro concreto della validità dell'approccio adottato, fungendo da modello per le iniziative future.

4.6 Giornate dimostrative e ricadute sul territorio

Tra gli indicatori di risultato dell'Azione 2.3.3 figura l'organizzazione di due giornate dimostrative sulla meccanizzazione innovativa in montagna (16 e 17 aprile 2026), dedicate all'uso e alle funzionalità di robot, droni, attrezzature e strumentazioni per la viticoltura, la frutticoltura, la foraggicoltura e la zootecnia, rivolte ad agricoltori, allevatori, tecnici, ricercatori e studenti.

L'evento ha visto la partecipazione di dieci aziende espositrici, in rappresentanza di un'ampia gamma di soluzioni tecnologiche per l'agricoltura di montagna: dalla robotica e dai mezzi a guida assistita alla sensoristica, dai droni alle attrezzature per la gestione del verde e i trattamenti, fino alle tecnologie per la trasformazione e la sicurezza alimentare. La presenza diretta dei costruttori e dei fornitori ha permesso al pubblico di osservare le macchine in funzione, di confrontarsi con i tecnici e di valutare l'applicabilità concreta delle diverse soluzioni alle proprie realtà aziendali.

Oltre alla dimensione tecnica, le giornate hanno assunto un rilievo divulgativo e di animazione territoriale. Riunendo in un'unica occasione agricoltori, allevatori, tecnici, ricercatori, studenti e operatori della filiera, l'evento ha contribuito a diffondere la cultura dell'innovazione, a stimolare il confronto tra mondo della ricerca e mondo produttivo e a favorire la nascita di nuove relazioni e collaborazioni. Le giornate dimostrative hanno rappresentato così un momento di sintesi e di restituzione pubblica dell'intero percorso dell'Azione, in coerenza con l'obiettivo di promuovere la diffusione dell'Agricoltura 4.0 nel territorio valdostano.

5. Opportunità per la Valle d'Aosta – analisi SWOT

L'analisi SWOT seguente sintetizza alcuni fattori interni (punti di forza e di debolezza) ed esterni (opportunità e minacce) che caratterizzano la diffusione dell'Agricoltura 4.0 nel contesto regionale, alla luce delle attività svolte.

Punti di forza	Punti di debolezza
• Presenza di un polo di ricerca e formazione (IAR) radicato sul territorio. • Filiere di qualità riconosciute (vini di montagna, Fontina DOP). • Forte domanda, emersa dalle interviste, di soluzioni che riducano manodopera e input chimici.	• Frammentazione fondiaria e dimensioni aziendali ridotte. • Costi di investimento elevati rispetto alla capacità delle singole aziende. • Vincoli orografici alla meccanizzazione e alla copertura dei segnali.

Opportunità	Minacce
• Disponibilità di finanziamenti pubblici (PNRR, PSR/CSR, fondi regionali) • Crescente attenzione del mercato e dei consumatori verso produzioni sostenibili, tracciabili e a basso impatto, leva di valorizzazione per i vini di montagna e la Fontina DOP. • Evoluzione normativa come per l'irrorazione aerea (nota Ministero della Salute 2024) che apre spazi prima preclusi.	• Rapida obsolescenza tecnologica e rischio di investire in soluzioni che invecchiano in fretta. • Carenza di assistenza tecnica e di competenze specialistiche di prossimità per manutenzione e supporto. • Connettività e copertura di rete/segnale insufficienti in molte vallate, limite per guida autonoma, IoT e telerilevamento.

Tabella 3 – Analisi SWOT della diffusione dell'Agricoltura 4.0 in Valle d'Aosta.