

Centro di Ricerca AGRICOLTURA E AMBIENTE (AA)

MISSIONE DEL CENTRO

Il Centro svolge studi e ricerche per la caratterizzazione, la gestione sostenibile e la modellazione spazio-temporale degli ecosistemi agrari e forestali attraverso un approccio inter e multidisciplinare.

Direttore: *Marcello Donatelli*

Sommario

Obiettivi strategici 2021-2023	1
Obiettivo 1. Strumenti di monitoraggio e uso sostenibile dei suoli	1
Obiettivo 2. Adattamento dei sistemi produttivi a cambiamenti climatici e loro potenziale di mitigazione	2
Obiettivo 3. Gestione agronomica dei sistemi colturali	5
Obiettivo 4. Messa a punto di indicatori ambientali	8
Obiettivo 5. Servizi: dati e modelli, formazione e divulgazione	9
Attività istituzionale e di terza missione.....	11
Prodotti e servizi rilasciati.....	12

Obiettivi strategici 2021-2023

Obiettivo 1. Strumenti di monitoraggio e uso sostenibile dei suoli

In un territorio nazionale in cui la maggior parte dei suoli agricoli è concentrata in aree classificate dalla UE, già nel 2000, a rischio desertificazione, il monitoraggio dello stato di degradazione dei suoli agricoli e della loro resilienza è funzionale allo sviluppo di strategie di gestione sostenibile. Si individuano gli obiettivi specifici principali per il prossimo triennio:

- **Obiettivi strategici inerenti alla gestione sostenibile dei sistemi agro-forestali:** il progetto EJP-SOIL “Towards climate-smart sustainable soil management”, che si configura come un programma di lavoro quinquennale (2020-2025) vede il CREA-AA come capofila per l’Italia. In particolare, nel triennio 2021-2023 all’interno di EJP-SOIL il CREA-AA sarà impegnato in una serie di sotto-progetti di ricerca e consolidamento di nuove conoscenze su specifici argomenti:
 - **Emissioni di gas climalteranti diversi da CO₂**, quali metano (CH₄) e protossido di azoto (N₂O) in relazione alla gestione agro-forestale di diversi tipi di suolo e pedoclimi;
 - **Studio dei meccanismi di erosione e connettività di trasporto sedimenti** on-farm ed off-farm con modellistica e scenari di pratiche mitiganti;

- **Sviluppo di conoscenze sulle potenzialità di sequestro del carbonio organico nel suolo;**
- **Sviluppo di tecniche innovative per la mappatura ad alto dettaglio** della variazione spaziale del suolo con *Digital Soil Mapping* e di monitoraggio di sostanza organica, umidità e altri indicatori-base del suolo sviluppati da immagini telerilevate di nuova generazione fornite dai consorzi Europei (Sentinel da consorzio EU Copernicus e PRISMA da Agenzia Spaziale Italiana);
- **Indicatori del suolo per sostenere le misure della nuova PAC**, analisi con particolare approfondimento ed analisi dei punti di forza e di debolezza di un approccio di pagamento basato sui risultati dei monitoraggi del suolo.
- **Impatto delle pratiche di gestione sul contenuto e la stabilità della sostanza organica** del suolo, e valutazione della sostenibilità delle migliori pratiche in relazione alle condizioni pedoclimatiche. Sono messi a punto approcci modellistici per stimare l'effetto della tipologia di suolo, del sistema colturale e della sua gestione sulle potenzialità di sequestro del carbonio nei suoli agricoli.
- **Monitoraggio e quantificazione nel tempo dell'evoluzione dei processi erosivi**, possibile attraverso l'utilizzo dei radionuclidi dovuti al fallout (FRNs) come traccianti ambientali per le loro proprietà fisico-chimiche (emivita e adsorbimento nel suolo). Le misurazioni dei FRNs, con l'uso della spettrometria gamma, sono state sviluppate e convalidate in una serie di diverse condizioni agro-ecologiche. La metodologia sarà valutata per applicazioni operative.
- **Biodiversità microbica e microorganismi come indicatori di funzionalità dei suoli.**
 - **Microbioma tellurico** come indicatore delle azioni antropiche sui suoli. Grazie alle tecniche di biologia molecolare, il centro è in grado di valutare l'impatto a lungo termine dell'uso agricolo dei suoli utilizzando come indicatori la biodiversità microbica ed una serie di microorganismi target per la funzionalità dei suoli (o servizi ecosistemici). L'obiettivo è implementare i dataset regionali delle caratteristiche chimico-fisiche e pedologiche dei suoli agrari con gli indicatori microbici, in linea con la urgente necessità di approcci di studio transdisciplinari dei sistemi agricoli.
 - **Tracciamento dei microorganismi esogeni (agenti di biocontrollo).** Gli agenti microbici di bio-controllo sono oggi ampiamente commercializzati come alternativa a fertilizzanti chimici e prodotti fitosanitari. La loro applicazione è messa in discussione da diversi fattori (tecnologia di produzione, conoscenza dell'interazione all'interno di un ecosistema complesso come il suolo, con le specie microbiche autoctone; tracciabilità e persistenza). Entro centro vengono sviluppate nuove tecnologie per la tracciabilità ed il monitoraggio specie-specifico degli inoculi microbici nel suolo. L'obiettivo è sviluppare strumenti in grado di fornire dati univoci ed immediati da impiegare direttamente in campo.

Obiettivo 2. Adattamento dei sistemi produttivi ai cambiamenti climatici e loro potenziale di mitigazione

L'analisi di risposta dei sistemi produttivi ai cambiamenti climatici è fondamentale per valutarne la vulnerabilità e potenziarne la capacità di adattamento e mitigazione. In questo quadro rientra lo sviluppo di nuovi itinerari agronomici, di sistemi previsionali per le colture ed i relativi parassiti e patogeni sia endemici che alieni. Il sistema Earth Observation utilizzando tecnologie IoT per un'agricoltura digitale sostenibile, in un'ottica di Space Economy, può fornire un valido supporto al raggiungimento di questo obiettivo.

- **Sistemi produttivi, adattamento e mitigazione**
 - **Analisi di rischio meteorologico e climatico multi-livello** attraverso indicatori statici per la valutazione della vulnerabilità dei sistemi produttivi agli eventi estremi al fine di definire azioni di adattamento e gestione del rischio.
 - **Sviluppo di strategie di adattamento e mitigazione ai cambiamenti**, necessarie per considerare le reazioni autonome o regolate da legislazione specifica che i diversi attori delle filiere agricole utilizzeranno per contrastare gli effetti negativi dovuti ai cambiamenti climatici. Tali strategie di adattamento e mitigazione, riguardanti scelta varietale, epoca di semina, fertilizzazione, lavorazioni, avvicendamenti e rotazioni, verranno formalizzate in modelli di gestione agronomica per potere essere utilizzate successivamente in simulazioni dinamiche e valutarne *ex-ante* il loro potenziale effetto benefico in risposta a scenari climatici futuri.
 - **Analisi ed identificazione spazializzata delle anomalie delle colture** dovute ad eventi estremi (quali gelate tardive o ondate di calore) attraverso l'utilizzo di indicatori da remote sensing dedicati, in un'ottica di modellare, monitorare e mappare lo stato di salute degli ecosistemi agroforestali, sia in termini puramente agronomici (i.e. riduzione delle rese) che ambientali (e.g. land degradation, frammentazione ed omogeneizzazione territoriale). Sfruttando le potenzialità di nuove missioni (come il sensore iperspettrale PRISMA dell'Agencia Spaziale Italiana - ASI -), nonché dei dati remote sensing di archivio (come la missione di continuità Landsat-Sentinel2 del Programma Copernicus) sarà possibile, anche attraverso l'integrazione con la modellistica previsionale, quantificare tali anomalie ed il loro impatto nel tempo a diverse scale, quantificare le perdite in termini di resa ed individuare strategie di adattamento e mitigazione mirate in risposta a scenari climatici futuri.
- **Qualità dei prodotti**
 - **Sviluppo/affinamento/test di strumenti software** per la simulazione della qualità dei prodotti in risposta a variabili pedo-climatiche e agrotecniche per sistemi colturali di rilevanza nazionale (e.g. riso, pomodoro da industria, olivo, camelina);
 - **Applicazione territoriale** degli stessi in scenari climatici futuri e identificazione di strategie di adattamento (e.g. adozione di diverse finestre di semina, varietà, gestione irrigua) sito- coltura- e prodotto-specifiche che consentano di massimizzare la qualità alla raccolta mediante un uso responsabile delle risorse;
 - **Produzione di indicatori sintetici** che associno le variazioni delle singole variabili qualitative alla quantità o al prezzo delle produzioni, tenendo conto della destinazione d'uso.
- **Emissioni**
 - **Monitorare e valutare le potenzialità di mitigazione** delle emissioni di gas serra diretti (CO₂, N₂O e CH₄) e indiretti quali l'NH₃ (precursore di gas serra e coinvolta nella formazione di particolato atmosferico) mediante una gestione sostenibile del suolo, incluso l'utilizzo di deiezioni zootecniche e ammendanti organici. L'attività, supportata da progetti già finanziati, si svilupperà secondo le due metodologie classiche della ricerca applicata:
 - **Creazione e/o valorizzazione di dataset** già esistenti in cui si quantificano i fattori di emissione di GHG e NH₃ in relazione alle pratiche agricole e alle condizioni pedoclimatiche italiane.
 - **Modellazione dei processi di emissione/ricombinazione nelle interfacce suolo-coltura-atmosfera** per fornire analisi di scenario a diverse scale temporali-spaziali di pronto utilizzo da parte degli utenti, sia per le fasi di programmazione delle attività agricole, che di consuntivo delle quantità di GHG emesse dal comparto.
 - **Campagne sperimentali per l'acquisizione di dati** mancanti alla statistica delle relazioni agricoltura/emissioni saranno effettuate se supportate da finanziamenti

specifici e da personale e strumentazione idonei. Sulla base delle recenti evidenze socio-sanitarie, nuovi obiettivi sono:

- Influenza delle emissioni di NH₃ dal comparto agricolo, nello specifico zootecnico, sullo sviluppo del particolato (PM10 e PM2,5) e interazioni con la diffusione di virus quali il Covid-19 sul territorio nazionale;
- Analisi delle influenze dell'ambiente urbano sulle superfici rurali coltivate.
- Studio delle emissioni di nuovi allevamenti (insetti) che possano parzialmente sostituire quelli zootecnici tradizionali per la produzione di proteine.

- **Avversità delle piante**

- **Erogazione di servizi digitali sul territorio nazionale.** Consolidamento dell'interazione con i servizi fitosanitari regionali finalizzata ad uniformare i protocolli di monitoraggio a scala nazionale e a sviluppare modelli previsionali per insetti dannosi e patogeni fungini delle colture agrarie. Il focus-group attualmente attivo e che coinvolge nove regioni italiane (Liguria, Piemonte, Lombardia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche, Abruzzo, Basilicata e Sardegna) ha come obiettivo l'integrazione dei prodotti digitali che sono in sviluppo nel progetto AgroModelli con le attività di monitoraggio e di erogazione di bollettini fitosanitari svolte a livello regionale. Saranno rilasciate smart app per il rilievo dei dati in campo con protocolli comuni, che consentiranno la creazione di una base dati centralizzata CREA per la visualizzazione in tempo reale dello stato fitosanitario delle principali colture, oltre che modelli di simulazione per effettuare stime previsionali del rischio di fitopatologie e insetti dannosi.
- **Analisi della resilienza dei sistemi produttivi.** Analisi delle componenti biotiche del suolo che mediano il rapporto pianta-ambiente al fine di valutare la capacità di risposta dei sistemi colturali agli stress biotici. Va infatti considerato l'impatto delle mutate condizioni climatiche sulla capacità dei sistemi colturali di rispondere ai patogeni emergenti, a quelli di nuovo ingresso (da quarantena), e a quelli endemici che possono diventare più dannosi in seguito a mutate condizioni climatiche.
- **Pest risk assessment.** Valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sull'areale di distribuzione degli organismi nocivi delle colture agrarie e valutazione del rischio potenziale di epidemie causate da patogeni fungini e insetti dannosi presenti sul territorio o che potranno essere introdotti a seguito di scambi commerciali. Verranno potenziate collaborazioni internazionali per acquisire dataset di risposta alle variabili climatiche dei patogeni a rischio di ingresso nel territorio e sarà strutturato un framework modellistico per effettuare studi di valutazione del rischio di epidemie sul territorio nazionale.

- **Apicoltura.** Negli ambienti mediterranei, i cambiamenti climatici sono fattori di stress per le api mellifere con prevedibili ricadute sui servizi ecosistemici e sulle filiere produttive collegate. La regione è un *hotspot* di biodiversità per questa specie. L'incompleta comprensione dei meccanismi di resilienza delle varie sottospecie di api indigene della regione limita tuttavia l'implementazione di adattamenti. Saranno condotti studi per:

- **Definizione fenotipica**, a livello individuale e sociale, di caratteri di resilienza presenti nelle api ai cambiamenti climatici, comprendendo e identificando le sottostanti basi genotipiche;
- **Rapporto ospite-parassita**, con riferimento particolare ad aggressori non autoctoni, che il contesto climatico prospettato tende a sbilanciare a sfavore delle api.

- **Inquinanti atmosferici.**

- **Sviluppo di modelli** per studiare l'interazione tra inquinanti atmosferici (i.e. O₃), stress ambientali (e.g. siccità, elevate temperature) e sistemi agricoli, e quantificarne gli impatti a scala europea, sia nello scenario corrente che di cambiamento climatico;

- **Sviluppo di strategie di adattamento** (e.g. adozione di diverse epoche di semina, introduzione di cultivar con tratti di resistenza, scenari agro-tecnici alternativi per livelli di irrigazione) per minimizzare gli impatti dell'inquinamento atmosferico e del cambiamento climatico su produzioni ed efficienza d'uso delle risorse.

Obiettivo 3. Gestione agronomica dei sistemi colturali

La Strategia *Farm to Fork* recentemente pubblicata dalla Commissione Europea pone l'accento sulla necessità di un approccio agroecologico nella produzione di cibo, mantenendo la produttività, aumentando la fertilità dei suoli e la biodiversità e riducendo l'impronta ambientale delle produzioni agricole. E' fondamentale sviluppare metodi di analisi e itinerari agrotecnici per specifiche attività produttive in agricoltura che si basino su di un uso sostenibile delle risorse naturali e che forniscano potenziali servizi ecosistemici. Le applicazioni di questi strumenti sono numerose e toccano diversi stakeholder in tutta la filiera agricola. In questo quadro gli obiettivi specifici di ricerca per il Centro sono:

- **Ottimizzazione dell'uso agricolo delle biomasse** residuali da filiera zootecnica, energetica, aziendale ed agro-alimentare. Le attività previste sono :
 - **Valutazione dell'impatto ambientale** nella gestione dei reflui zootecnici in funzione dalla "normativa nitrati".
 - **Piani di arricchimento dei suoli in sostanza organica** con risorse, compostate e tal quali, localmente disponibili quali: residui della filiera zootecnica, digeriti da impianti per la produzione anaerobica di biogas e da impianti della filiera agro-alimentare.
 - **Valorizzazione del potere fertilizzante** delle masse residuali dalla produzione di biogas e ottimizzazione di impiego della frazione azotata come fertilizzante, anche in funzione del loro importante ruolo di "mediazione" nella riduzione dell'impatto ambientale delle deiezioni zootecniche.
 - **Effetto migliorativo delle masse organiche residuali sul microbioma tellurico** in funzione dell'incremento della funzionalità dei suoli (o servizi ecosistemici). L'obiettivo è poter modificare con questi ammendamenti la composizione del microbioma originale dei suoli aumentando le popolazioni ad azione utile alla produttività delle colture (promozione di crescita radicale, solubilizzazione micro- e macro-elementi nutritivi, antagonismo, ecc.).
- **Produzione e valorizzazione delle biomasse da uso energetico, con particolare riferimento alla filiera del biogas.** Attività nell'ambito delle filiere delle biomasse da energia, con i seguenti obiettivi:
 - **Incrementare la produzione** e migliorare le caratteristiche qualitative delle biomasse attraverso la messa a punto di strategie agronomiche per la gestione delle colture dedicate.
 - **Sviluppare tecnologie innovative di pre-trattamento e bio-conversione** delle biomasse lignocellulosiche (metodi fisici, chimici, enzimatici o microbici e insetti) per il miglioramento dell'efficienza di produzione di biometano, bioidrogeno e lipidi (biodiesel e biolubrificanti).
 - **Realizzare la mappatura delle aree svantaggiate sul territorio** e valutare le potenzialità produttive e l'efficienza d'uso delle risorse (e.g. WUE) delle principali colture da biomassa mediante l'applicazione spazialmente distribuita di modelli colturali in scenari attuale e di cambiamento climatico; i modelli disponibili nella piattaforma BioMA (e.g. Arungro, CropSyst) verranno applicati a scala territoriale

utilizzando in input i dati geo-spaziali presenti nella banca dati del Centro e relativi a meteorologia, pedologia, e gestione colturale.

- **Acqua**, l'utilizzo sostenibile dell'acqua in agricoltura passa attraverso lo studio dettagliato della competizione con gli altri comparti produttivi e sociali (industria, aree urbane, sanità). A tal fine, le attività del centro si svilupperanno su due linee di studio, opportunamente già finanziate:
 - **Applicazione di modelli idrologici** per analizzare la reciprocità di effetti a scale, spaziali e temporali, diverse, al fine di collegare dinamicamente il bilancio idrico aziendale al funzionamento idrologico del comprensorio. In particolare:
 - Modellare gli effetti locali della gestione agronomica dei suoli su ruscellamento, ritenzione idrica del suolo, drenaggio;
 - Analizzare l'interfaccia campagna-città e modellare le reciproche influenze;
 - Ridefinire le quantità d'acqua per stabilizzare le rese delle colture alla luce dei cambiamenti climatici in atto e fornire le dinamiche degli scenari a breve e medio-lungo termine, utili alla programmazione.
 - **Uso efficiente dell'acqua** (WUE). Sulla base di dataset esistenti, mediante configurazioni di simulazioni, individuare scenari agronomici di adattamento (epoca di semina, specie e varietà, irrigazioni deficitarie) senza alterare in maniera drammatica il rapporto tra produzioni e acqua impiegata.
- **Massimizzare l'efficacia della "green water"** attraverso Sistemi di Supporto alle Decisioni (SSD) in grado di simulare il bilancio idrico della coltura con dati meteo provenienti da previsioni meteorologiche a breve termine. L'obiettivo è innovare gli SSD esistenti, per renderli più efficaci a scala aziendale. Le attività si focalizzeranno sull'ottimizzazione dell'uso dell'acqua attraverso l'interconnessione tra agrotecniche, monitoraggio del sistema suolo-coltura e valutazione dello stato termodinamico dell'atmosfera a scala opportuna (pioggia, temperatura, umidità a scala di campo).
- **Nutrienti**
 - **Nuovi impieghi degli scarti di origine agroalimentare ed agroindustriale.** Oltre alla valorizzazione del potere fertilizzante delle biomasse residuali sopra trattato, valutazione dell'effetto dei digestati provenienti da impianti di digestione anaerobica sulla fertilità dei suoli.
 - **Produzione di nuovi concimi organici, biostimolanti non microbici e corroboranti** a livello aziendale o comprensoriale, di particolare interesse per il settore biologico. In questa ottica si lavorerà anche a strategie di recupero a livello aziendale e di distretto agroindustriale per la valorizzazione di tali risorse nell'ambito di una strategia di economia circolare.
- **Sistemi e metodi per l'agricoltura biologica**

L'attività di ricerca del Centro Agricoltura e Ambiente nel settore dell'agroecologia e dell'agricoltura biologica è supportata da diversi progetti europei: il progetto *Diverimpacts* (Horizon 2020) che promuove la diversificazione colturale di sistemi orticoli e cerealicoli, i progetti CORE Organic Cofund *Sureveg* e *Greenresilient* (di quest'ultimo il centro è anche coordinatore) sui sistemi biologici intensivi di pieno campo e ambiente protetto ed il recentemente finanziato progetto di azione di coordinamento e supporto *AE4EU* (Horizon 2020) che ha l'obiettivo di rafforzare l'ecosistema europeo di ricerca e innovazione agroecologica. Sono tutti progetti multidisciplinari in linea con la strategia europea *Farm to Fork*, volta a promuovere la trasformazione dei sistemi agro-alimentari in chiave sostenibile e ridurre gli input esterni. Le azioni di ricerca si pongono l'obiettivo condiviso di individuare sistemi innovativi di produzione e di garantire la resa e la qualità delle produzioni biologiche, in risposta alla crescente richiesta di prodotti biologici da parte del mercato e alla crescente sensibilità del consumatore verso la salvaguardia dell'ambiente. Su queste basi, le principali linee di ricerca del Centro Agricoltura e Ambiente su agricoltura biologica, per il prossimo triennio sono:

- **Integrazione di pratiche agro-ecologiche**, quali:
 - Incremento spaziale e temporale della biodiversità (vegetale e microbica) all'interno dei sistemi colturali da reddito, tramite impiego di colture di copertura e loro opportuna gestione.
 - Messa a punto di rotazioni colturali più lunghe, privilegiando l'impiego di materiale genetico eterogeneo e varietà locali adattate a specifiche condizioni pedoclimatiche.
 - Uso di fertilizzanti organici per la riduzione degli apporti fosfatici di origine minerale e l'incremento dell'efficienza d'uso del fosforo, anche attraverso il potenziamento della simbiosi radice-funghi micorrizici.
 - Approfondimento della dinamica fosfato/fosfito entro i diversi sistemi produttivi biologici (orticoli, frutticoli, viticoli), anche in base alle caratteristiche chimico-fisiche e biochimiche del suolo ed al tipo di fertilizzazione organica.
- **Ottimizzazione d'uso e sviluppo di bioinoculi e altri prodotti a base di microrganismi nella nutrizione e difesa delle piante.** In particolare, le attività condotte nell'ambito di progetti europei coordinati dal nostro Centro (es. H2020-EXCALIBUR), mirano a:
 - Valorizzare la biodiversità nativa dei suoli e le interazioni pianta-suolo-microbioma attraverso l'utilizzo di tali prodotti anche per le produzioni biologiche. L'obiettivo finale è utilizzare i microrganismi per la produzione di biofertilizzanti, biopesticidi e altre biomolecole di interesse agroindustriale (es. biostimolanti, ecc.),
 - Studiare i microrganismi associati alla pianta (endofiti e rizosfera) e le loro interazioni con l'espressione del genoma vegetale al fine di comprendere al meglio i meccanismi genetici coinvolti nelle risposte della pianta sottoposta a stress biotici e/o abiotici associati ai cambiamenti climatici.
- **Telerilevamento e modellistica in supporto a ISTAT.**
Sviluppo dell'infrastruttura di simulazione per l'analisi dello stato vegetazionale e per svolgere attività previsionale delle rese colturali. L'obiettivo è realizzare un flusso di lavoro che consenta di raggiungere i seguenti obiettivi:
 - **Acquisire ed elaborare dati multispettrali relativi al ciclo stagionale delle colture** che verranno utilizzati per guidare la risposta di modelli dinamici.
 - **Eeguire una stima ex-ante della produttività delle principali colture agrarie** sul territorio nazionale grazie alla simulazione della risposta delle colture alle variabili agro-ambientali realizzata con questo approccio, unitamente all'assimilazione di dati di previsioni meteorologiche a breve-medio periodo.
- **Agricoltura di precisione**
Nello specifico dell'Irrigazione di precisione, il progetto PON Water4AgriFood, che CREA-AA coordina, si propone l'interlocuzione tra i fruitori e i fornitori di metodologie e servizi innovativi con lo scopo di favorire la ricerca industriale con i risultati della ricerca scientifica, nonché co-sviluppare l'adeguamento dell'irrigazione di precisione alla rapida evoluzione delle tecnologie e dei riferimenti normativi. Gli immediati sviluppi della ricerca nel settore Agricoltura di Precisione hanno un duplice obiettivo: l'azienda agraria, a cui consegnare prototipi di conduzione agronomica digitale, e l'ambiente, per quantificare non solo gli impatti dell'agricoltura, ma anche gli eco-servizi.

Obiettivo 4. Messa a punto di indicatori ambientali

La capacità di mappatura della superficie agricola, la possibilità di derivare dati sulla dinamica di crescita colturale e la potenzialità di fornire stime sulla variabilità intra-campo dello stato nutrizionale e di stress rappresentano utili fonti di informazione per fornire supporto diretto agli agricoltori ma anche per provvedere alle esigenze di pianificazione delle autorità nazionali e regionali. L'obiettivo è sviluppare un portafoglio innovativo di analisi e servizi di monitoraggio in agricoltura, integrando dati provenienti da scale diverse. La sinergia con le nuove fonti di dati, da sensori e da remote sensing come dal programma Copernicus, consentirà di affrontare le problematiche con una migliore copertura spaziale e con risoluzioni temporali capaci di catturare la dinamica dei processi d'interesse.

- **Analisi dei fenomeni agro-meteo-climatici e dei loro impatti in agricoltura** attraverso approfondimenti di metodo (valutazione di diversi indicatori e indici) e utilizzo di nuove fonti dati, in particolare del Programma Copernicus. Nel triennio, la ricerca sarà ulteriormente affinata e alcuni strumenti resi operativi. Sarà ulteriormente sviluppato il ruolo delle analisi agro-meteo-climatiche a supporto dei processi di *decision making*, in particolare nella definizione *evidence-based* delle politiche (PAC post 2020 e altre politiche di investimenti a livello nazionale e regionale).
- **Sviluppo di indicatori ambientali da remote sensing multi-piattaforma** (e.g. MODIS, Sentinel-1 e 2, PRISMA), per stimare la resa, la produzione primaria lorda, monitorare le fasi fenologiche, quantificare il contenuto di azoto/acqua delle colture, rilevare le anomalie e gli stress; ciò al fine di caratterizzare gli agroecosistemi, investigarne i trend e prevederne i fabbisogni. Tali indicatori verranno utilizzati sia direttamente (e.g. per attività di mappatura), che come input assimilati all'interno di modelli di simulazione colturale. Le capacità di mappatura e rivisitazione offerte dal telerilevamento permettono anche di quantificare e monitorare la variazione spazio-temporale dei servizi ecosistemici in funzione dell'uso del suolo e della frammentazione del paesaggio con una certa attenzione allo stoccaggio del carbonio nel suolo e alla conservazione del suolo.
- **Implementazione di una rete permanente di monitoraggio ambientale nazionale** basata su: i) colonie di api mellifere equipaggiate con sistemi di monitoraggio avanzati (arnie digitalizzate) e ii) popolazioni di specie di api selvatiche. Dati di natura biologica, patologica, ambientale e relativi ai contaminanti individuati nei campioni raccolti permetteranno di sviluppare indici aggregati rappresentativi della salute degli agroecosistemi coinvolti. Sarà inoltre possibile studiare in modo dinamico la conservazione della biodiversità apistica selvatica e lo stato di salute del patrimonio apistico allevato (progetto BeeNet).
- **Baco da seta**: utilizzo della rete dei bachicoltori per mappare l'inquinamento ambientale da pesticidi sul territorio nazionale attraverso il monitoraggio effettuato con la raccolta di foglia di gelso potenzialmente interessata da deriva di pesticidi distribuiti su altre colture. In particolare, analisi del contenuto di pesticidi e contaminanti ritrovabili in crisalidi di baco da seta provenienti da diversi allevamenti posizionati in una regione studio – Veneto. (progetto SilkPlus).
- **Microorganismi**. Si rimanda a quanto già scritto nell'obiettivo riguardante biodiversità microbica e microorganismi come indicatori per implementare i servizi ecosistemici. Tuttavia, il ruolo di mediazione funzionale fra ospite e ambiente da parte del microbioma non si limita alle piante. Lo studio di mediazione fra microbioma associato alle api e ambiente è la nuova frontiera nella ricerca sull'adattamento degli apiari alle mutate condizioni ambientali (clima, nuovi parassiti e nuove patologie) e dello sfruttamento delle risorse naturali (microorganismi e metaboliti secondari ad azione biologica specifica) per il controllo di avversità biotiche e abiotiche.

Obiettivo 5. Servizi: dati e modelli, formazione e divulgazione

L'interesse per l'accesso a dati e servizi basati su analisi agro-ambientali è elevato e in continuo aumento. Lo stesso vale per soluzioni di modellazione che possono essere d'uso in ricerche di terze parti o enti ed associazioni di produttori. Gli standard di metadati e il paradigma di accesso open data costituiscono una metodologia obbligata per gli enti pubblici, ma non utilizzata. Il centro è impegnato in progetti nazionali e internazionali per la creazione di infrastrutture, risorse dati e modelli. Il progetto finanziato dal MiPAAF AgriDigit ha diverse attività che nell'ambito dell'agricoltura digitale svilupperanno risorse dati e servizi. Il progetto UE ENVRI-FAIR permette al Centro, che è sede del *Data & Modelling Centre* europeo con cui partecipa al progetto, di sviluppare strumenti che implementino il paradigma FAIR di open data access. In questo quadro, gli obiettivi di dettaglio sono:

Servizi dati e modelli

- Sviluppo di servizi dati e modelli: nel contesto distribuito di una infrastruttura di ricerca nazionale e transnazionale è fondamentale superare la nozione di dati e modelli come artefatti statici e offrire tanto al personale di ricerca interno che a partner esterni e stakeholder l'accesso agli stessi sotto forma di servizio. Vantaggi in termini di efficacia nell'accesso a dati servizi, nell'interoperabilità degli stessi e nella costruzione di nuovi servizi a maggiore grado di astrazione; infine questa modalità di erogazione di dati e servizi consentirà all'ente di allinearsi con quanto già fatto da altri player del mercato degli *Open Data*. Per realizzare tale trasformazione è però necessaria la costruzione di una solida infrastruttura software, già avviata nel biennio 2018-2020 e che proseguirà nel successivo triennio estendendosi a domini non ancora raggiunti.
- Sviluppo di sistemi digitali che promuovano la raccolta di osservazioni sulle malattie delle piante in indagini sul campo per armonizzare i sistemi di monitoraggio regionale e per consentire il monitoraggio in tempo reale della salute delle piante a livello nazionale.
- Sviluppo di servizi di *image recognition* con applicazioni di IA: le tecnologie attuali di visione artificiale consentono di eguagliare, o superare in alcuni casi, l'affidabilità della valutazione visuale di un esperto umano. La sperimentazione di tali tecnologie nell'istituto, già avviata nel biennio 2019-2020, ha iniziato a produrre risultati di interesse e pertanto proseguirà, su più vasta scala, nel successivo triennio. I modelli prodotti saranno, in linea con i precedenti punti, distribuiti come servizi attraverso l'infrastruttura cloud del Centro, consentendo così l'accesso a tali tecnologie ad un ampio pubblico di ricercatori e stakeholder.
- Sviluppo di sistemi digitali per la valutazione (*assessment*) della sostenibilità dei sistemi produttivi basati sull'approccio dell'analisi multicriterio (*MCA - multi criteria analysis*) e della *life cycle assessment (LCA)* e caratterizzati da indicatori agronomici ed ambientali in grado di catturare a diversa scala (sistema culturale, azienda, supply chain) gli effetti delle scelte operative e gestionali, nonché gli impatti delle politiche agricole.
- Sviluppo di servizi agro-meteo-climatici a partire dall'implementazione di banche dati e di *routine* per elaborazioni semi-automatiche in grado di fornire periodicamente informazioni a diversi tipi di utenza.

Formazione e disseminazione

- Nella attività di formazione programmata per il triennio 2020-2023, il Centro entra attivamente con progetti regionali di sviluppo rurale (PSR), attualmente con azione condivisa con le regioni Emilia-Romagna, Puglia, Lazio, Basilicata, Lombardia) per la formazione di tecnici delle associazioni di produttori e la sensibilizzazione degli agricoltori su uso di materiali compostati dalla filiera agro-alimentare nell'ambito delle strategie regionali di economia circolare.

- Creazione, condivisione e gestione di gruppi di portatori di interesse per la co-attorialità e co-progettualità delle attività sperimentali in corso e da avviare, in particolare nel settore dell'agricoltura biologica, finalizzate alla formazione degli operatori agricoli ed al trasferimento delle conoscenze tecnico-scientifiche acquisite al mondo operativo.
- In diversi progetti PSR e POR in Veneto, Friuli Venezia-Giulia, Piemonte e Marche il Centro è attivo nella divulgazione e formazione presso gli agricoltori per la promozione di filiere innovative basate su economie circolari.
- Nel prossimo triennio continueranno le attività di formazione previste nel settore dell'agrometeorologia su temi specifici di interesse dei Servizi agrometeorologici e fitosanitari regionali o di altri soggetti istituzionali da cui provengano richieste di approfondimento nell'ambito della Rete Rurale Nazionale.
- Continuerà l'organizzazione di corsi specialistici in materia di apicoltura per la formazione tecnica/professionale degli addetti al settore. I corsi sono indirizzati alle associazioni apistiche e ai singoli apicoltori (corsi per esperti apistici, patologia apistica, miglioramento genetico delle api, analisi sensoriale del miele, melissopalinoologia).
- Corsi di analisi sensoriale del miele rivolti ai consumatori che mirano a diffondere l'approfondita conoscenza del prodotto per una scelta consapevole.
- Corsi di formazione su tassonomia e tecniche di identificazione e monitoraggio, biologia ed ecologia degli insetti impollinatori

Attività istituzionale e di terza missione

- Gruppo Permanente per la Protezione delle Piante - Sez. Fertilizzanti (DISR V, Mipaaf)
- Gruppo tecnico Corroboranti in Agricoltura biologica (PQAI I , Mipaaf)
- Albo Nazionale degli Esperti in Analisi Sensoriale del Miele
- Albo Nazionale degli Allevatori di Api Italiane
- Albo Nazionale degli Esperti in Melissopalinoologia
- Gruppo Tecnico Scientifico per la Terra dei Fuochi
- Tavolo tecnico-scientifico Nuova PAC
- Tavolo tecnico permanente sull'Agricoltura Biologica (PQAI I, Mipaaf)
- Committee on Organic Production (COP, European Commission)
- Gruppo di lavoro Indicatori Piano di azione nazionale uso sostenibile dei fitofarmaci (ISPRA)
- Conservazione di risorse genetiche vegetali (mandorlo, gelso) nell'ambito del progetto RGV-FAO
- Partecipazione alla azione FAO, Global Soil Partnership
- Conservazione di una banca genetica del baco da seta comprendente la collezione italiana (MiPAAF) e quella francese affidata dall'INRA
- Produzione di telaini di seme-bachi (uova di baco da seta) e analisi sanitarie sulle stesse svolte in collaborazione con la ULSS 6 Euganea per la fornitura di uova esenti da malattie agli agricoltori italiani ed esteri
- Coordinamento gruppo di lavoro SISS sul metodo di qualità biologica del suolo basato sui microartropodi (QBS-ar)
- Contact point CREA nell'ambito dello User Forum Nazionale del Programma Copernicus
- Tavolo Agricoltura dello User Forum Nazionale del Programma Copernicus (MIPAAF-CREA-ISPRA-AGEA)
- Working Group Earth Science and Cultural Heritage Italy-US
- Partecipazione alle attività di CAL/VAL dei dati satellitari PRISMA (ASI) tramite le aziende sperimentali CREA-AA di Rutigliano (BA) e Fagna (FI)
- Focus Group Modellistica Fitosanitaria, istituito in sinergia tra CREA-AA e servizi fitosanitari regionali
- Tavolo nazionale di coordinamento nel settore dell'Agrometeorologia (MiPAAF, CREA-AA e Regioni).
- Tavolo Tecnico scientifico sulle previsioni mensili e stagionali (Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento della Protezione Civile)
- Tavolo tecnico filiera cereali (MiPAAF PIUE IV)
- Gruppo di lavoro di supporto alla definizione del Piano Strategico Nazionale e all'Analisi economica dei Piani di gestione delle acque (CREA-PB, CREA-AA)
- Partecipazione ai lavori del Piano Statistico Nazionale 2020-2022 (ISTAT, CREA)
- Contact point per l'European Research Alliance Towards a Chemical Pesticide-free Agriculture
- Il Centro supporta per tirocini, tesi di laurea e dottorati con diverse facoltà. Addestramento di studenti in alternanza scuola-lavoro con licei/istituti tecnici.

Prodotti e servizi rilasciati

1. Servizi cloud di applicazioni di modellistica agro-ambientale

Sono stati implementati i seguenti servizi:

- Servizio di accesso a dati meteo riguardanti il territorio nazionale provenienti da diverse sorgenti, in modo da fornire ai modelli uno strato di astrazione sulla provenienza del dato.
- Servizio di accesso a dati meteo di scenario di cambiamento climatico generati seguendo le linee guida dell'IPCC
- Servizio di accesso a dati relativi il suolo presente sul territorio nazionale.
- Servizio di orchestrazione dell'esecuzione di modelli BioMA nel cloud, che consente ai ricercatori del centro di lanciare simulazioni su vasta scala. Tutte le simulazioni sono alimentabili con le sorgenti dati di cui ai punti precedenti.
- Servizio di stima delle infezioni potenziali, e di simulazione dell'impatto su esse di fitofarmaci, erogato ad un partner terzo, tutto ciò basato sull'infrastruttura di cui ai punti precedenti
- Servizio di interrogazione di modelli di computer vision basati su reti neurali e monitoraggio dei dati processati dagli stessi, che attualmente regola l'accesso a un modello per la classificazione delle ali di *Apis mellifera* e delle foglie di *Vitis vinifera*.
- Servizio Web attraverso il quale gli utenti possono richiedere credenziali di accesso ai servizi sopra descritti e il personale IT dell'istituto può monitorare i flussi di richieste.

Tali servizi sono al momento utilizzati dal personale tecnico e di ricerca dell'istituto e condivisibili "selettivamente" con partner selezionati sulla base di precisi obiettivi di progetto.

2. Cartografia indicatori ambientali

Attraverso l'utilizzo di indicatori ambientali da remote sensing, è disponibile cartografia di:

- Caratterizzazione dei tipi colturali nelle aree agricole di interesse,
- Zonizzazione delle aree agricole su base tematica (e.g. fenologica),
- Mappatura di stress idrico, stress azotato, vigoria e produttività delle colture.

Routine semi-automatiche in *cloud* per la produzione di mappe e cartogrammi per le principali variabili meteo, indici agro-meteo-climatici e di estremi, indicatori ambientali sullo stato di salute degli agroecosistemi, mappe fenologiche, mappe pedologiche e relative a diversi parametri fisici, chimici e biologici del suolo, a scala regionale-nazionale e a diverse risoluzioni temporali. È prevista l'integrazione di questi processi sulla piattaforma AgriInfo.

3. Dati suoli

Nella banca dati nazionale sono raccolti dati pedologici di diverso tipo e di diversa provenienza. I diversi tipi di dati archiviati sono i seguenti:

- Dati puntuali georiferiti: dati cartografici di tipo vector (poligonali) e raster (pixel)
- Tipologie di suolo derivate e collegate ai dati cartografici di tipo vector
- Le diverse provenienze (*data ownership*) sono le seguenti:
 - informazioni inserite in banca dati a partire da pubblicazioni cartacee
 - informazioni rilevate di enti pubblici nazionali (compreso il CREA)
 - informazioni rilevate da enti pubblici regionali (servizi regionali del suolo)
 - informazioni fornite da ditte private.

La struttura della banca dati permette di archiviare i dati secondo gli standard ufficiali MiPAAF prodotti dallo stesso CREA (http://www.soilmaps.it/download/pub-Linee_guida_2011.pdf), e permette di associare ai dati i corrispondenti metadati, in maniera da rendere l'informazione pedologica "INSPIRE compliant".

4. Dati agrometeorologici

Sono accessibili come API RESTful i seguenti dati meteo a copertura nazionale:

- *Gridded dataset* giornaliero storico (1961-2017) di temperatura e precipitazione a risoluzione di 0.14/0.10 (Long/Lat)
- dati stazione giornalieri *near real-time* GSOD del NOAA e di alcune regioni.
Sono acquisiti periodicamente in *cloud* i seguenti *dataset* a copertura nazionale:
- *Gridded dataset* di rianalisi per le principali variabili meteo a passo orario e a diverse risoluzioni spaziali (0.25° e 0.1°), forniti dal servizio CDS di Copernicus
- dati stazione storici (dal 1988) e *real-time* dell'Aeronautica Militare; è in corso la loro decodifica per l'archiviazione in un SQL Azure Database
- dati di *forecast* COSMO-ME dell'Aeronautica Militare
- dati di rilevamento fenologico di alcune colture (archiviazione in un SQL Azure Database)
- dati di calamità meteorologiche riconosciute (archiviato in SQL Azure Database)

Sviluppo di *routine* semi-automatiche in *cloud* per l'elaborazione di indici agro-meteo-climatici e fenologici, sia distribuiti (*gridded*) sia aggregati su diverse unità territoriali. È prevista l'integrazione di questi processi sulla piattaforma AgriInfo.

5. Supporto tecnico-scientifico per aggiornamento registro dei mezzi tecnici ammessi in agricoltura biologica.

Recentemente la contaminazione di numerosi prodotti biologici per cause derivanti dalla presenza, casuale o volontaria, di sostanze non ammesse in taluni mezzi tecnici ammessi in biologico ha comportato l'esigenza di rivedere le modalità di valutazione delle istanze di inserimento di nuovi formulati, e di definirne i relativi protocolli per il loro controllo, al fine di tutelare i produttori biologici, che spesso ne escono fortemente danneggiati. Il CREA AA dà supporto al Ministero fornendo pareri tecnici sul tema dell'ammissibilità dei fertilizzanti e dei corroboranti in agricoltura biologica, attiverà ricerche bibliografiche mirate a valutare l'idoneità di nuovi prodotti, stilerà linee-guida per l'ammissibilità, la produzione ed il controllo dei mezzi tecnici in biologico attraverso la promozione dell'approccio partecipato. Tali linee-guida verranno proposte quale modello di verifica anche nelle sedi europee.

6. Atlante melissopalinologico

Servizio online per il riconoscimento dei principali tipi pollinici d'interesse melissopalinologico (<https://pollenatlas.net/>).

7. Laboratorio analisi accreditato ACCREDIA

Servizio di analisi chimico-fisiche, sensoriali, microbiologiche e melissopalinologiche per il controllo di qualità, rispondenza e residui di antibiotici e fitofarmaci in miele e altri prodotti dell'alveare; analisi biometriche e genetiche per la definizione di sottospecie in campioni di api.

8. Laboratorio di identificazione di Imenotteri Apoidei

Servizio di analisi per il riconoscimento di specie di Imenotteri Apoidei su base morfologica e molecolare (*barcoding*). Implementazione della Collezione Nazionale di Riferimento degli Imenotteri Apoidei d'Italia.