

RAPPORTO FRA RICERCA AGROMETEOROLOGICA E SERVIZI ALL'UTENZA NELL'ITALIA NORD-OCCIDENTALE

RELATIONSHIP BETWEEN AGROMETEOROLOGICAL RESEARCH AND PUBLIC SERVICES IN NORTHWESTERN ITALY

Federico Spanna

Regione Piemonte – Settore Fitosanitario – Sez. Agrometeorologia Via Livorno, 60 – 10144 Torino
e-mail federico.spanna@regione.piemonte.it

Parole chiave: gestione del rischio climatico, strumenti di diagnosi, modellistica

Keywords: climate risk management, diagnostic and predictive tools

Introduzione

Il territorio agricolo nord-occidentale italiano si presenta assai articolato e diversificato sia negli aspetti legati alla conformazione del territorio sia in quelli legati alle coltivazioni agrarie. L'ambiente è uno degli aspetti che ha maggiormente condizionato nel tempo il panorama agricolo e colturale influenzando la scelta delle colture, la loro distribuzione sul territorio, e la scelta delle migliori tecniche colturali. Indubbiamente la variabilità nel tempo delle condizioni ambientali ha determinato nel lungo periodo un'evoluzione dei tre aspetti sopra evidenziati mentre nel breve periodo determina effetti ed influenze positive sul risultato produttivo finale alternati ad effetti negativi per le colture agrarie. Ogni ambiente pertanto esprime potenzialità e rischi climatici propri che devono essere attentamente valutati nella gestione delle colture. In questo contesto l'agrometeorologia si pone come scienza in grado di fornire supporti conoscitivi e decisionali diversificati a seconda della scala territoriale considerata e a seconda della tipologia di destinatario dell'informazione.

La predisposizione di tali servizi deve naturalmente passare attraverso fasi di ricerca che spesso appaiono assai lunghe ma la complessità di questa scienza che si presenta trasversale a molte scienze ambientali ed agronomiche richiede la valutazione dell'interazione di molti fattori spesso non ancora sufficientemente conosciuti.

L'agrometeorologia ed il rischio ambientale

In un territorio ed in un contesto storico caratterizzato da spiccata variabilità climatica è logico aspettarsi un'elevata incidenza del rischio climatico ed ambientale in grado di condizionare la produttività delle colture agrarie. In particolare si parla di rischio climatico per cause abiotiche e biotiche. Tra le prime rivestono particolare importanza nel territorio nord-occidentale italiano i fenomeni quali le gelate tardive e precoci, le grandinate, i periodi caratterizzati da squilibri idro-pluviometrici e da anomalie termiche. Nell'ambito del rischio biotico rientrano gli effetti che certi andamenti climatici determinano sullo sviluppo di avversità fitopatologiche.

In relazione a questi aspetti la ricerca agrometeorologica deve operare per poter rispondere alle esigenze dei diversi organismi operanti in ambito agricolo fornendo supporti per la previsione e la prevenzione del rischio climatico ed ambientale, per l'orientamento e la programmazione degli interventi per la gestione delle fasi di emer-



Federico Spanna

genza e di post-emergenza connesse a tali rischi. In questo contesto la ricerca agrometeorologica può sfruttare l'evoluzione di strumenti tecnologici ed informatici ed il miglioramento della loro affidabilità e diffusione, e grazie allo sviluppo di nuove conoscenze scientifiche ha sviluppato una serie di strumenti in grado di fornire molti elementi conoscitivi ed operativi al mondo agricolo. Possiamo pertanto evidenziare gli indirizzi di ricerca ed i prodotti messi a disposizione in ambito agrometeorologico nell'Italia nord-occidentale analizzando le esigenze espresse dalle principali categorie di utenti

La modellistica quale strumento a supporto per la difesa delle colture agrarie

A cura di V. Rossi, G. Gilioli, F. Spanna



Logo del Gruppo Ricerca Italiano Modelli Protezione Piante

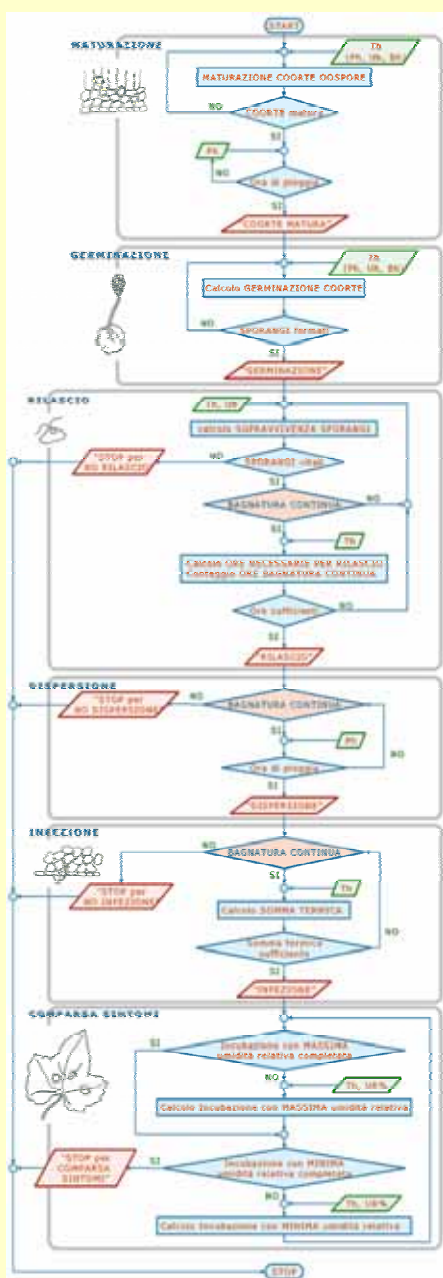


Diagramma di flusso del modello UCSC relativo alle infezioni primarie di peronospora

L'esigenza del mondo agricolo di disporre di strumenti operativi per la gestione dei processi produttivi ha determinato, negli anni, l'affinamento delle tecniche di difesa fitosanitaria nell'ottica del rispetto dell'ambiente e della salute del consumatore. In questo contesto si sono via via evoluti anche gli strumenti diagnostici e previsionali a supporto della difesa fitosanitaria.

I modelli epidemiologici per le malattie e di dinamica di popolazione di insetti, in particolare, hanno visto, recentemente, un'importante evoluzione segnata dal passaggio da approcci esclusivamente empirici ad approcci più meccanicistici. La costruzione di modelli meccanicistici si basa innanzitutto sulla scomposizione di un determinato sistema biologico in sottosistemi e sulla schematizzazione dei processi caratteristici che ne regolano la dinamica. Questi processi sono dati dai meccanismi biologici e demografici elementari alla base della progressione delle malattie e della variazione dello sviluppo e dell'abbondanza delle popolazioni di insetti. Nello studio di tali meccanismi biologici risulta di particolare importanza l'indagine sul ruolo delle variabili ambientali che entrano, come fattori forzanti, nella definizione delle funzioni dei tassi che descrivono le strategie del ciclo di vita di patogeni e parassiti (sviluppo, sopravvivenza, fecondità, ecc.). Successivamente si procede alla "ricostruzione" del sistema e i processi riferiti ai singoli sottosistemi vengono posti in relazione tra loro per definire la dinamica del sistema nella sua unità. Lo stesso tipo di metodologia di decomposizione e successiva ricostruzione di un sistema non è valido solo per una popolazione monospecifica ma può essere considerata anche nel caso in cui si voglia descrivere un insieme di interazioni tra diverse componenti di un agroecosistema.

Di rilievo è anche la scelta di opportuni strumenti matematici atti a rappresentare i processi che si vogliono descrivere e, più in generale, di algoritmi che rendano possibile la rappresentazione e soluzione del problema in termini di programma (software). L'uso di diagrammi relazionali e della rappresentazione dei processi tramite equazioni di flusso risultano di grande utilità nello sviluppo di modelli di simulazione dinamica con impieghi di tipo diagnostico e previsionale.

I modelli in genere richiedono, oltre alle suddette informazioni e conoscenze di tipo biologico, anche dati di input meteorologici, fenologici ed ambientali che solo una moderna e ben organizzata rete di raccolta dati è in grado di fornire.

Prima che un modello possa trovare una applicazione routinaria ed estensiva è necessario che questo vada incontro ad un progressivo affinamento nei processi di calibrazione e/o validazione. In queste fasi è richiesto il coinvolgimento di professionalità diverse di tipo patologico, entomologico, agrometeorologico, fisiologico e matematico-statistico. Infine, è necessario sottolineare che, in ogni caso, l'analisi degli output ottenibili dai modelli deve essere condotta da personale tecnico specializzato in grado di valutarne criticamente l'attendibilità e la trasferibilità.

Al fine di dare impulso alla modellistica applicata alla difesa delle piante si è costituito di recente in Italia il Gruppo Ricerca Italiano Modelli Protezione Piante (grimpp) (www.grimpp.it). Si tratta di un gruppo di lavoro a carattere scientifico che opera nel campo della modellistica applicata alla protezione delle piante vista a diversi livelli. Il grimpp è aperto a chiunque manifesti un interesse ed un coinvolgimento in questo argomento. Esso si propone come punto di riferimento coordinato tra tutti gli operatori del settore, in modo da realizzare sinergie e limitare la dispersione di risorse umane e finanziarie, che porta talora al moltiplicarsi di iniziative singole e a prodotti disomogenei che alla fine non dialogano tra loro.

Servizi destinati ad Organismi di natura territoriale a scala regionale e provinciale

Tra i supporti e servizi richiesti nella fase di previsione e prevenzione del rischio e l'orientamento e la programmazione degli interventi in agricoltura rientra innanzitutto la compilazione di bollettini agrometeorologici di tipo diagnostico e previsionale. In questo contesto è fondamentale l'utilizzo coordinato di informazioni meteorologiche, climatologiche e agrometeorologiche. Tali bollettini possono essere organizzati su supporti cartacei od informatici e possono riportare informazioni testuali, numeriche, grafiche e cartografiche in grado di fornire un quadro interpretativo agrometeorologico sempre aggiornato sugli andamenti in atto, in confronto con condizioni medie ed estreme verificatesi in passato, e sulle eventuali proiezioni per l'immediato futuro. Questi strumenti consentono inoltre di orientare gli interventi di mitigazione del rischio e molte volte anche di smentire oggettivamente certi allarmismi che si vengono a creare per "sentito dire" o per strumentalizzazioni di tipo economico - politiche.

Analogamente un tipo di supporto di grande utilità soprattutto per gli enti territoriali o per le organizzazioni produttive sono le caratterizzazioni climatiche territoriali legate ad un determinato rischio. In Piemonte sono state eseguite in particolare le caratterizzazioni del territorio in base al rischio grandine o gelata. Queste categorie di strumenti possono essere utilizzate in fase di programmazione degli interventi di difesa delle colture e del territorio.

Sempre per quanto riguarda le categorie di supporti per enti territoriali ma da utilizzare in fase di gestione di un'emergenza è bene ricordare l'importanza di un pronto ed efficace servizio informativo dei fenomeni in atto sul territorio in modo da fornire un quadro sinottico delle diverse situazioni venutesi a determinare sulle diverse porzioni di territorio di competenza di un determinato ente, in modo da individuare con prontezza le condizioni di maggiore criticità. Non per tutti i rischi naturalmente si può perseguire questo obiettivo ma laddove ci sono metodi e strumenti di rilevamento dotati di teletrasmissione delle informazioni ciò risulta generalmente possibile. Anche in questo caso sarebbe importante fornire informazioni legate ai confronti con il passato in modo da dare chiavi di interpretazione dei fenomeni in atto.

Nelle successive fasi di post-emergenza le richieste degli enti territoriali sono in genere legate o a dati numerici grezzi o ad indicatori elaborati o a cartografie derivate dalla spazializzazione oppure alla delimitazione delle aree in cui l'elemento di rischio si è tradotto in danno per l'agricoltura. La quantificazione del danno è un ulteriore elemento conoscitivo di grande importanza ma, nonostante lo sviluppo di mezzi tecnologici, questo è un aspetto che ancora non è di piena competenza agrometeorologica.

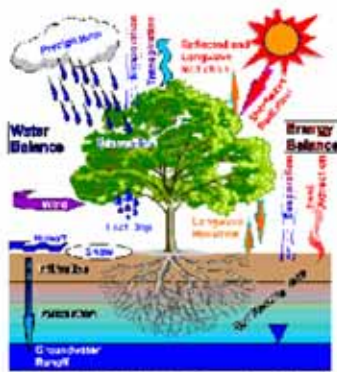
Servizi destinati ad Organismi tecnico-operativi

Rientrano naturalmente in questa categoria gli organismi di assistenza tecnica in agricoltura come pure le singole



aziende od i privati. In questo contesto forse la ricerca agrometeorologica trova la sua massima espressione in quanto, a fianco di servizi canonici e consolidati di fornitura di dati ed informazioni meteo-climatiche, diagnostiche o previsionali, sia grezze sia elaborate attraverso indici climatici e bioclimatici, esiste tutta una serie di supporti derivati dall'aumento di conoscenze nei rapporti che intercorrono tra fattori climatici e ecosistema agricolo. Proprio in questo campo forse la ricerca agrometeorologica ha fornito i maggiori contributi negli ultimi anni. In particolare la conoscenza sempre più approfondita delle relazioni esistenti tra clima-pianta-terreno e complesso biotico ha consentito lo sviluppo di modelli di simulazione diagnostici o previsionali in grado oggi di orientare pesantemente le strategie di gestione culturale. In questo contesto la ricerca è passata da un approccio di tipo empirico legato essenzialmente ad un rapporto causa-effetto che però non dava spiegazioni sui meccanismi che governavano un determinato fenomeno ad un approccio molto più complesso di tipo meccanicistico che però si presentava molto più robusto e forniva prodotti dotati di maggiore trasferibilità nel tempo e nello spazio. I modelli legati al rischio ambientale maggiormente studiati ed applicati nel nord-ovest italiano sono legati in genere al rischio di tipo biotico. In questo contesto sono stati realizzati e sperimentati modelli di tipo epidemiologico legati allo sviluppo di patogeni fungini ed insetti. Nel primo caso sono stati adottati modelli costruiti sulla base dell'Analisi dei sistemi in cui lo sviluppo delle diverse fasi di sviluppo del fungo viene simulato basandosi sulle esigenze climatiche ed ambientali del patogeno. Ogni fase, a seconda delle condizioni ambientali assume in ogni momento un proprio tasso di sviluppo ed è collegata alle altre in uno schema generale che prevede flussi da una fase fenologica alla successiva. Analogamente, per gli insetti sono stati sviluppati modelli a ritardo variabile o distribuito in grado di simulare il tasso di sviluppo di una determinata fase fenologica ed il passaggio da uno stadio di sviluppo ad un altro. L'applicazione di queste categorie di modelli richiede naturalmente una fase di costruzione e validazione del modello e quindi una fase delicata di informatizzazione ed applicazione del modello a scala territoriale il più possibile ridotta con aggiornamenti automatizzati pronti e tempestivi. Inutile dire che i prodotti derivati da questi modelli sono destinati ad un personale specializzato e formato ad hoc.

La modellizzazione agroecosistemica sta comunque evolvendosi ed ha cominciato a considerare tutti gli elementi legati tra loro e non più separati uno dall'altro. Per questo sia per applicazioni legate al rischio climatico sia per altre legate all'ottimizzazione delle rese produttive, la ricerca ha iniziato a pensare alla modellizzazione di tutti gli elementi dell'agroecosistema vegetale, partendo naturalmente dalla pianta, dal suo ciclo di sviluppo e dalle sue potenzialità produttive, per passare poi a considerare i fattori di rischio, quali patogeni, squilibri idrici, gelate ecc, come delle resistenze alla produzione e quindi meritevoli di essere modellizzate al fine di quantificarne gli effetti sulla decrescita di produzione. I modelli quindi di tipo fitosanitario come quelli legati al bilancio idrico vengono inseriti in un contesto più ampio che parte dai processi di sintesi della sostanza organica da parte delle

L'acronimo SVAT (Soil-Vegetation-Atmosphere Transfer) indica una particolare categoria di schemi numerici utilizzati nel campo della modellistica meteorologica. Nello specifico, designa l'insieme di algoritmi di simulazione dei processi fisici (flussi di massa, energia e quantità di moto e bilanci energetico ed idrologico) a microscala che avvengono all'interfaccia tra l'atmosfera e la superficie terrestre. Essi analizzano quantitativamente l'interazione dei parametri geomorfologici superficiali (sia i fattori meteo-climatici sia i parametri inerenti la vegetazione ed il suolo) con lo strato superficiale dell'atmosfera, con particolare riferimento ai processi di interazione energetici ed idrologici tra atmosfera-geosfera-biosfera. Tali schemi sono utilizzati tipicamente per l'inizializzazione dei modelli di previsione meteorologica. In realtà, i modelli SVAT possiedono potenzialità intrinseche che vanno ben oltre il ruolo meramente funzionale alla modellistica meteorologica previsionale. Ad esempio, possono trovare applicazione in Agrometeorologia.



Nell'ambito dei suoi servizi operativi, in particolare agrometeorologici, l'ARPA Piemonte utilizza da alcuni anni un modello di tipo SVAT denominato LSPM (Land Surface Processes Model), sviluppato presso il Dipartimento di Fisica Generale dell'Università degli Studi di Torino (Cassardo et al., 1995). LSPM riproduce i processi fisici che avvengono all'interfaccia atmosfera-superficie terrestre mediante la risoluzione numerica delle relative equazioni evolutive deterministiche (sistemi di equazioni differenziali alle derivate parziali che descrivono l'evoluzione spazio-temporale delle grandezze fisiche coinvolte) in un singolo punto-stazione. Ad oggi, non esiste un metodo per la risoluzione analitica rigorosa delle equazioni differenziali alle derivate parziali. Di conseguenza, si ricorre o alla risoluzione analitica di loro forme semplificate avvalte dall'analisi di scala oppure alla loro risoluzione numerica. Quest'ultima consiste nella discretizzazione delle equazioni e nella successiva applicazione di uno schema numerico, cioè un algoritmo che con processo iterativo ne ricerca le soluzioni attraverso la simulazione numerica. LSPM utilizza lo schema numerico alle differenze finite di Crank-Nicolson implicito e richiede in ingresso le condizioni iniziali ed al contorno necessarie per la risoluzione delle equazioni differenziali. Esse sono ottenute con procedure di pre-elaborazione a partire dalle misure di una rete di osservazione meteorologica e/o dal *downscaling* dei dati modellistici forniti da uno o più LAM (Limited Area Model, ossia modelli meteorologici a scala limitata, con risoluzione spaziale dell'ordine di qualche chilometro), opportunamente interpolati per essere ricondotti ai punti-stazione.

LSPM (Land Surface Process Model)

Variabili di ingresso:

- temperatura dell'aria
- umidità relativa dell'aria
- precipitazione
- velocità del vento
- radiazione solare globale/copertura nuvolosa

Variabili di uscita: serie temporali delle grandezze fisiche che costituiscono le componenti dei bilanci energetico ed idrologico o loro variabili implicite

- flussi radiativi
- flussi di calore latente e sensibile
- flusso conduttivo nel suolo
- flussi di quantità di moto
- accumulo e fusione della neve
- intercettazione
- infiltrazione
- ruscellamento
- evapotraspirazione
- temperatura e umidità del suolo
- temperatura e bagnatura fogliari
- rugiada
- albedo
- frazione di superficie vegetata
- LAI
- resistenza stomatica
- ...

I processi modellizzati con LSPM hanno tempi e distanze caratteristici dell'ordine rispettivamente dei minuti/ore e dei metri/qualche chilometro. I processi che si estrinsecano a scale diverse vengono parametrizzati. Le principali parametrizzazioni adottate in LSPM riguardano alcune caratteristiche del suolo, della vegetazione e della neve in grado di condizionare gli scambi di energia, massa e quantità di moto all'interfaccia atmosfera-superficie terrestre. In particolare, il suolo è schematizzato mediante un modello multistrato e per i relativi parametri superficiali si utilizza un *database* fornito dall'ECMWF (USDA, 1951; Clapp-Hornberger, 1978); per la vegetazione si adottano un modello *big leaf*, ossia la si considera come uno strato uniforme ed omogeneo, ed il *database* BATS (Dickinson, 1993), ottenuto a partire dalla classificazione di Wilson e Henderson-Sellers (1985) e modificato per il Piemonte (Qian et al., 2001). Alcuni parametri superficiali vengono mantenuti costanti durante la simulazione (altezza della *canopy*, dimensioni fogliari, profondità delle radici, porosità del suolo) mentre altri vengono ricalcolati ad ogni passo temporale (albedo, emissività, resistenza stomatica, frazione di superficie vegetata, LAI, penettabilità e volume delle radici, permeabilità, aereazione e contenuto di umidità del suolo, conducibilità idrica e termica del suolo).

Il modello LSPM è attualmente utilizzato operativamente in modalità diagnostica sui punti-stazione della RAM (Rete AgroMeteorologica) elettronica della Regione Piemonte. E' in fase di sperimentazione e sviluppo una versione previsionale del modello per la stima prognostica delle grandezze di uscita, finalizzata ad applicazioni agrometeorologiche avanzate.

(S.Cavalletto - ARPA Piemonte, Area delle attività regionali per l'indirizzo e il coordinamento in materia di previsione e monitoraggio ambientale)

La ricerca e le nuove tecnologie

Per rispondere alle esigenze dei soggetti sopra descritti in termini di supporti conoscitivi ed operativi la ricerca agrometeorologica deve sviluppare nuovi modelli e servizi mantenendosi sempre aggiornata sulle evoluzioni degli strumenti tecnologici a disposizione ed ampliando le conoscenze professionali dei ricercatori. La trasversalità di questa scienza impone il coinvolgimento di figure professionali specialistiche e complementari a quelle dell'agrometeorologo puro. A seconda della tematica trattata, sta diventando sempre più importante coinvolgere nel processo di ricerca, professionalità con competenze specialistiche in fisica, informatica, statistica, fisiologia vegetale, patologia ed entomologia, conducendo progetti interdisciplinari. L'interazione citata tra suolo-pianta-atmosfera e complesso biotico richiede conoscenze tali da coinvolgere tutte le suddette figure per poter ottenere un quadro d'insieme che tenga conto del maggior numero di variabili. I nuovi strumenti modellistici di tipo fisico denominati SVAT (Soil- Vegetation-Atmosphere Transfer) ad esempio, consentono ormai la stima di grandezze di interesse agronomico ed agrometeorologico attraverso

la modellizzazione degli scambi di energia tra gli elementi dell'agroecosistema. In questo contesto le strumentazioni non solo di tipo agrometeorologico ma anche di stima diretta dei processi fisiologici della pianta consentono di comprendere e tradurre in modelli meccanicistici i processi produttivi in atto relazionandoli inoltre al risultato qualitativo finale. Analogamente, ed in particolare per le applicazioni legate al rischio climatico, lo sviluppo di ricerche nei campi della radar-meteorologia e del remote-sensing e della geostatistica potranno consentire in un futuro non troppo lontano la predisposizione di supporti operativi e conoscitivi in grado di rispondere alle esigenze delle diverse figure operanti in agricoltura. Sono solo alcuni esempi di innovazione messi a disposizione dalla ricerca per la produzione di nuove conoscen-

te. Sono i modelli di crescita e produttività delle colture, modelli meccanicistici che si presentano come strumenti ideali per seguire ed interpretare l'andamento dell'annata nonché per quantificare l'effetto di certi rischi climatici ed ambientali sulla produttività della coltura. Con opportune cautele tali modelli si prestano bene anche alla simulazione del comportamento vegetativo in scenari climatici diversi da quello attuale. Questi strumenti inoltre potranno essere utilizzati per stabilire relazioni quantitative con la qualità del prodotto finale. I risultati che questo tipo di ricerca evoluta saprà fornire potranno essere di grande utilità per gli operatori tecnico-aziendali per la gestione del processo produttivo in relazione agli andamenti climatici e dei rischi ad essi associati.

ze; è chiaro però che questa fase di utilizzo dei nuovi strumenti deve andare di pari passo con la formazione di professionalità adeguate e specializzate in grado di utilizzare e sviluppare questi nuovi supporti.

Conclusioni

I servizi in campo agrometeorologico si prestano per applicazioni in molti campi dell'agricoltura e sono in grado di essere utilizzati da un numero di utenti potenziale assai elevato e diversificato. La ricerca sta facendo progressi importanti nel tentativo di fornire spiegazioni sui meccanismi che governano l'ecosistema agricolo e nella speranza di fornirne adeguate simulazioni e/o previsioni. I Servizi agrometeorologici regionali collaborano in genere strettamente con il mondo della ricerca promuovendo

e realizzando essi stessi progetti per lo sviluppo delle ricerche e finalizzandole a produzione di servizi. E' da evidenziare come molto spesso una grossa difficoltà dei servizi sia legata alla traduzione dei risultati delle ricerche in servizi operativi a causa delle difficoltà di natura amministrativa ed economica in cui i servizi operano. Inoltre è da evidenziare come spesso i supporti agrometeorologici siano ricercati e le richieste siano talora assai pressanti ma la materia indubbiamente soffre la concorrenza con attività di altro tipo a causa della carenza di supporti normativi che rendano necessaria la fornitura di determinati servizi. Questo alle volte penalizza la velocità di sviluppo di questa scienza che comunque, tra molte difficoltà, può dare come abbiamo visto strumenti operativi di notevole valore per una realtà agricola regionale