

## MODELLI MATEMATICI

# La scienza può guidare la concimazione azotata?

**Il progetto Vamos indica la strada per una fertilizzazione più efficace ed a minore impatto ambientale.**

I modelli matematici sono potenzialmente molto utili sia per gli agricoltori, sia per i tecnici del settore agricolo, utilizzabili anche per regolare in maniera oggettiva e sostenibile la fertilizzazione azotata, conciliando gli aspetti ambientali e quelli produttivi.

Si tratta comunque di strumenti complessi, il cui sviluppo avviene nell'ambito della ricerca, composti da numerose funzioni interagenti tra loro (in questo caso la dinamica dell'acqua e quella interconnessa dell'azoto nel terreno), che richiedono onerose procedure di *calibrazione*, cioè di definizione sperimentale dei coefficienti adatti a rappresentare utilmente le condizioni locali di clima, suolo e coltura, e di *verifica*, cioè di messa a confronto dei risultati modellistici con dati di campo indipendenti da quelli utilizzati per la calibrazione. Se volessimo fare un paragone sportivo con la Formula

1, la fase di calibrazione corrisponde alla messa a punto in officina mentre la verifica corrisponde alla prova in pista.

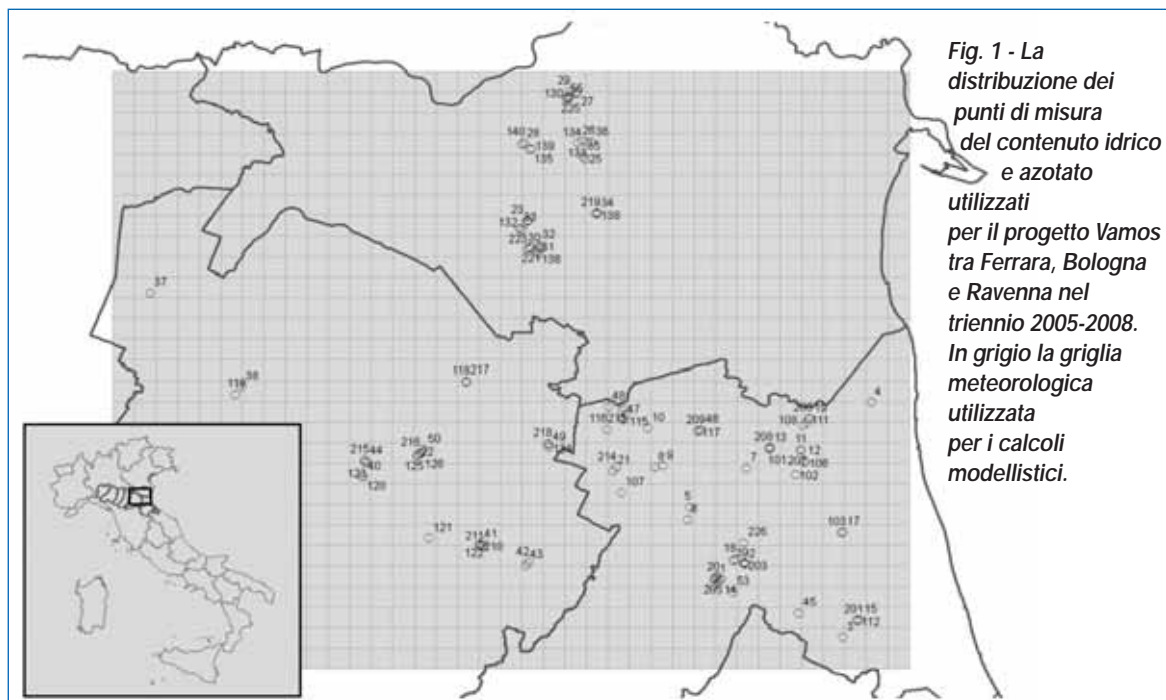
Con questo progetto, finanziato dalla Regione Emilia-Romagna (legge 28/98), coordinato dal Centro ricerche produzioni vegetali e condotto da numerosi partner universitari, regionali e privati (vedi box) prima di introdurre l'uso di modelli nella pratica corrente del consiglio di concimazione si è ritenuto importante sottoporre a verifica due diversi modelli di bilancio idrico e di trasporto dell'azoto nel suolo, **Macro/SoilN** (Larsen e Jarvis, 1999; Marchetti et al., 2000) e **Criteria** (Hutson e Wagenet, 1992; Marletto et al., 2001), nelle effettive condizioni colturali di una zona piuttosto vasta compresa nella pianura di tre province (Ferrara, Ravenna e Bologna).

## LE PROVE

Per verificare la qualità della modellistica sono stati misurati ogni anno e più volte l'anno tra il 2005 e il 2008 sia il contenuto idrico (a quattro profondità fino a un metro), sia quello azotato (a due



A cura di VITTORIO MARLETTO  
Servizio IdroMeteoClima,  
Arpa Emilia-Romagna



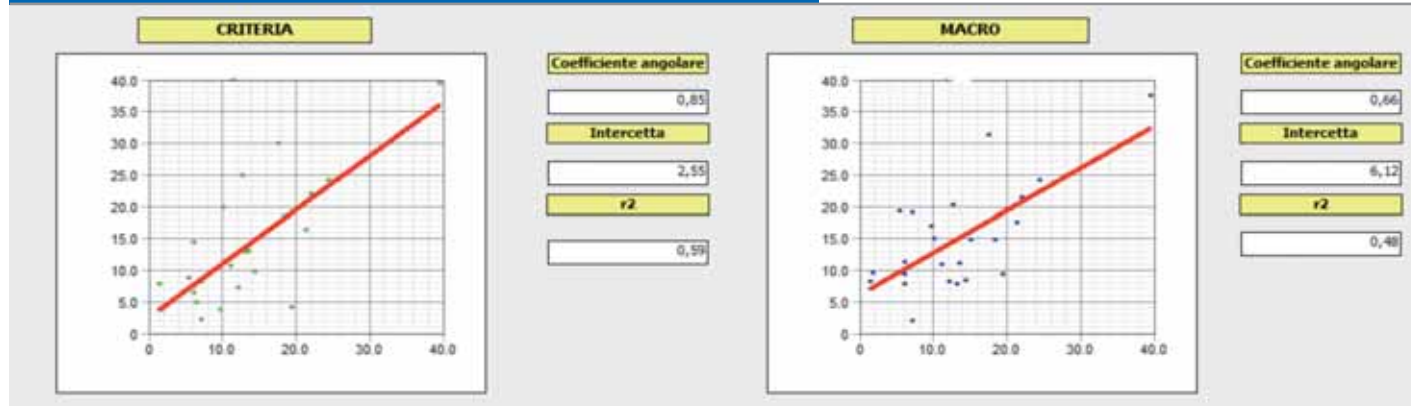


Fig. 2 - Esempio di confronto tra contenuto di azoto in forma nitrica (mg/kg) misurato (asse orizzontale) e simulato (verticale) per campi di frumento e suolo di medio impasto. I due grafici si riferiscono ai due modelli *Criteria* e *Macro/SoilN* utilizzati nel progetto *Vamos*.

profondità fino a un metro) dei terreni in 130 diversi campi di frumento e in dieci pescheti dislocati in più di 40 aziende (vedi la mappa in figura 1). I campi di misura erano rappresentativi dei diversi suoli di pianura della regione e sono stati caratterizzati in termini di parametri idrologici necessari al funzionamento dei due modelli. I dati meteorologici necessari alle simulazioni (temperature e precipitazioni giornaliere) sono stati interpolati su una griglia di 2,5 chilometri di lato comprendente l'intera zona di rilevazione, mentre i necessari dati di profondità della falda ipodermica (che contribuisce al bilancio idrico per risalita capillare) sono stati associati ai campi di misura in base a criteri di prossimità e di continuità pedologica. Oltre alle misure in campo il progetto, con apposite schede, ha provveduto a raccogliere dagli agricoltori proprietari delle aziende informazioni sulle colture precedenti e sulle pratiche colturali, incluso il numero, la quantità e la data delle concimazioni azotate e delle irrigazioni (per i pescheti). Questi dati, ordinati in un apposito *database*, sono stati utilizzati per guidare le simulazioni modellistiche. I valori di contenuto idrico e azotato sono

invece serviti al confronto statistico con le risultanze dei modelli, per individuarne le prestazioni e misurarne gli errori.

## RISULTATI

Il confronto tra i due modelli non ha evidenziato differenze di grande rilievo; in generale entrambi hanno fornito buone prestazioni per la stima del contenuto idrico e sono risultati, invece, ancora insoddisfacenti per quanto riguarda l'azoto nitrico. Tuttavia va rilevato che in alcune condizioni di coltura e di suolo (ad es. frumento, su suoli moderatamente grossolani, nello strato di profondità 0-50 centimetri di maggiore interesse agronomico) i modelli hanno dato risultati soddisfacenti. Seppure entrambi i modelli non mostrino un'attendibilità sufficiente per essere utilizzati come fonti di previsione del contenuto di azoto nitrico al momento della concimazione, bisogna evidenziare importanti segnali positivi, pur essendo scarse precedenti esperienze di calibrazione locale dei modelli. Per quanto concerne *Macro/SoilN*, lavori precedenti di calibrazione erano stati infatti svolti, seppure su suoli regionali di varie tessiture, ma solo su mo-

## I REFERENTI DELLA RICERCA

**Gabriele Antolini,**  
**Vittorio Marletto**

Arpa Emilia-Romagna,  
Servizio IdroMeteoClima  
[gantolini@arpa.emr.it](mailto:gantolini@arpa.emr.it)

**Andrea Bertacchini, Paolo Morelli,**  
**Carla Scotti** - I.TER  
[scotti@pedologia.net](mailto:scotti@pedologia.net)

**Giuseppe Carnevali**

Servizio Sviluppo Sistema  
Agro - Alimentare,  
Regione Emilia-Romagna  
[gcarnevali@regione.emilia-romagna.it](mailto:gcarnevali@regione.emilia-romagna.it)

**Lamberto Dal Re,**  
**Angelo Missiroli**

Azienda Sperimentale "M.Marani",  
Ravenna [marani@provincia.ra.it](mailto:marani@provincia.ra.it)

**Nicola Laruccia**

Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli,  
Regione Emilia-Romagna  
[nicola.laruccia@gmail.com](mailto:nicola.laruccia@gmail.com)

**Gilda Ponzoni**

Consiglio per la ricerca e la  
sperimentazione in agricoltura (CRA)  
[gilda.ponzoni@entecra.it](mailto:gilda.ponzoni@entecra.it)

**Maurizio Quartieri**

Dipartimento di Coltivazioni Arboree,  
Università di Bologna,  
[maurizio.quartieri@unibo.it](mailto:maurizio.quartieri@unibo.it)

**Diego Scudellari**

Ciaad Grandi Colture Emilia-Romagna,  
Ferrara [scudellari@ciaad.it](mailto:scudellari@ciaad.it)

**Claudio Selmi**

CRPV (Centro Ricerche Produzioni  
Vegetali)  
[selmi@crpv.it](mailto:selmi@crpv.it)

**Vincenzo Tabaglio**

Istituto di Agronomia e Coltivazioni  
erbacee, Univ. Cattolica S. Cuore,  
Piacenza  
[vincenzo.tabaglio@unicatt.it](mailto:vincenzo.tabaglio@unicatt.it)

**Massimo Tagliavini**

Facoltà di Scienze e Tecnologie, Libera  
Università di Bolzano,  
[massimo.tagliavini@unibz.it](mailto:massimo.tagliavini@unibz.it) ■

nosuccessione di mais. Sarebbe quindi opportuna una più ampia calibrazione dei coefficienti che regolano la mineralizzazione dell'azoto sia dai residui colturali di colture diverse dal mais, sia più in generale dai diversi depositi di materia organica del suolo.

La dinamica bio-geo-chimica dell'azoto in **Criteria** è notevolmente sensibile ad alcuni parametri (ad es. tasso di nitrificazione, denitrificazione, adsorbimento, mineralizzazione), per ora mantenuti fissi nel modello. Sembra evidente dai risultati del progetto che tali parametri debbano considerarsi dipendenti dalle proprietà pedologiche e idrologiche del suolo. Anche la dinamica del nitrato nel suolo sembra essere legata al movimento dell'acqua in maniera più complessa rispetto allo schema attuale presente in **Criteria**, dove per esempio non sono considerate la dispersione meccanica e la diffusione. Gli sviluppi futuri del modello riguarderanno senz'altro questi aspetti.

Inoltre è da evidenziare che il rapporto carbonio/azoto dei residui colturali in precessione, che costituiscono la fonte di materiale organico più rapidamente decomponibile ed in grado di rendere disponibili i maggiori quantitativi di azoto minerale, non è stato quantificato mediante misure dirette ma stimato in base alla tipologia e alla resa della

coltura in precessione. L'assenza di misure dirette ha costituito un ulteriore elemento di incertezza nella stima modellistica.

Il progetto, a parere di tutti coloro che vi hanno contribuito, ha comunque dimostrato la possibilità concreta di cominciare a utilizzare anche la modellistica a complemento di quanto già si fa con la produzione integrata per il consiglio di concimazione azotata. Il modello matematico consente infatti di integrare le misure e i dati disponibili in un contesto coerente e di seguire nel tempo l'evoluzione dell'azoto del suolo in maniera analoga a quanto si va da anni facendo per l'acqua, anche se con precisione senz'altro minore data la grande complessità dei processi chimico-fisico-biologici in gioco.

La disponibilità di un supporto modellistico implica anche un aumento della richiesta di informazioni dai campi: tale circostanza potrebbe stimolare i produttori più sensibili alla tematica e più preparati tecnicamente a registrare con maggiore attenzione (per esempio in un apposito modulo *web*, a somiglianza di quanto già accade con Irrinet) le proprie attività di campagna, in coerenza con i dettami dell'agricoltura di precisione. ■

---

*Le referenze bibliografiche sono disponibili presso l'autore ([vmarletto@arpa.emr.it](mailto:vmarletto@arpa.emr.it))*