



AGRICOLTURA PIÙ EFFICIENTE E SOSTENIBILE

Ridurre l'uso di acqua e fertilizzanti, migliorare la difesa fitosanitaria e avere piante meno esigenti sono elementi chiave per nutrire il mondo nei prossimi decenni. L'agricoltura convenzionale ha iniziato a fare passi avanti enormi, trovando modi innovativi per indirizzare meglio ed orientare l'applicazione di fertilizzanti e pesticidi, utilizzando trattrici computerizzate con sensori avanzati e GPS. L'agricoltura biologica può notevolmente ridurre l'uso di acqua e di fertilizzanti, privilegiando l'uso della lotta biologica ed altre forme di lotta ai parassiti che non passino dall'uso di sostanze chimiche.



il tema

Agricoltura di precisione per aumentare l'efficienza d'uso delle risorse

il punto di vista

Intervista a Gianfranco Bologna, Direttore Scientifico WWF Italia

L'Enea per...

Gestire in modo efficiente gli input chimici ed energetici in agricoltura, riducendo l'inquinamento ambientale

Le risorse genetiche vegetali per la sostenibilità delle produzioni agroindustriali

Acqua e agricoltura: un rapporto che deve cambiare

L'utilizzo della pollina per la riduzione dell'impatto ambientale

Estrazione sostenibile di biomolecole per usi alimentari, cosmetici e farmaceutici

Ridurre gli input chimici ed energetici in agricoltura mediante tecniche agronomiche innovative

Tecnologie di filtrazione a membrana e applicazioni per l'agro-industria

Controllo biologico delle specie aliene e invasive in agricoltura

Agricoltura sostenibile: valorizzazione del "neem cake"

“Agricoltura di precisione” per aumentare l’efficienza d’uso delle risorse

DOI 10.12910/EAI2015-026

B. Basso

Introduzione

L’innalzamento del livello di sostenibilità in agricoltura si sta prefigurando come un obiettivo sempre più importante per gli operatori, date le necessità di contenere i costi per salvaguardare il reddito da un lato e quella di aumentare la protezione delle risorse ambientali dall’altro. Non solo, in un contesto sempre più globale, la necessità di mantenere elevato il livello di competitività del processo di produzione messo in atto è indicato da più parti come un requisito fondamentale per la permanenza sul mercato degli operatori. Tale obiettivo può essere raggiunto solo mediante un’attenta e strategica pianificazione da parte degli organi competenti, seguita da una revisione del processo di produzione da parte dei singoli operatori, al fine di poter individuare i punti critici del sistema e apportare una razionalizzazione ed una ottimizzazione gestionale, economica e ambientale delle singole fasi del processo. Una risposta a tali esigenze può arrivare dal trasferimento al settore primario di soluzioni innovative in grado, non solo di agevolare gli attori, ma anche di facilitare il raggiungimento degli obiettivi sopra descritti. A tal proposito bisogna considerare che le soluzioni tecniche ad oggi presenti sul mercato sono sempre più il risultato dell’evoluzione dei settori dell’informatica e dell’elettronica verificatasi negli ultimi anni, e si caratterizzano per un elevato contenuto tecnologico. Tuttavia, l’impiego di strumentazio-

ni e soluzioni tecniche presenti nel mercato si sta diffondendo in maniera disorganizzata presso gli operatori e soprattutto in assenza di una metodica d’utilizzo corretta. Ciò non solo ostacola la comprensione delle effettive potenzialità del loro impiego da parte degli utilizzatori ma, in assenza di una metodologia affidabile, induce spesso nell’errore di interpretare le tecnologie disponibili come la soluzione alle diverse problematiche, più che come uno strumento per arrivare a quest’ultima.

Agricoltura di precisione: una tecnologia alla ricerca di problemi da risolvere

L’introduzione di un’innovazione tecnologica viene di regola accompagnata da un processo che, partendo da necessità di ordine tecnico o economico, matura attraverso fasi che permettono prima la comprensione del problema e poi ne delineano l’approccio metodologico. La disponibilità di macchine e processi innovativi è di solito legata e in sincronia con i sistemi di utilizzo appropriati o almeno fortemente finalizzati al raggiungimento di obiettivi. Quando una macchina o una tecnologia nascono come risposta ad una esigenza, il risultato che ne scaturisce è sia tecnico (realizzazione della macchina) sia metodologico (strategie di utilizzo). Strumento e metodo sviluppano da un processo parallelo e interconnesso, con reciproca messa a punto. Non

è stato così per quella che appare la tecnologia che sta segnando l'agrotecnica dell'inizio del terzo millennio, la georeferenziazione precisa, in tempo reale e a basso costo. In due parole "agricoltura di precisione", o meglio "sito specifica", vale a dire quello che serve, nella quantità necessaria e solo dove e se ne vale la pena. In questo caso la messa a disposizione della sofisticata tecnologia DGPS (Differential Global Positioning System) ha anticipato la percezione dei problemi con essa potenzialmente superabili. L'ingegneria aero-spaziale ha messo a disposizione uno strumento di cui si intuisce l'enorme potenzialità, ma che fatica a trovare pratico riscontro in soluzioni applicative e non conosce allo stato attuale adeguate procedure a supporto delle decisioni. Quello che serve, nella misura adeguata e solo se economicamente conveniente: concetto semplice, ma molto complesso, specie quando si tratta di fornire decisioni con un basso livello di incertezza. In queste parole sono racchiuse le tre fondamentali fasi del processo decisionale di "agricoltura di precisione": prima capire se esiste variabilità spaziale e perché (quello che serve); poi quando, quanto e come sia opportuno intervenire (definire le modalità di applicazione); infine valutare se gli interventi siano compatibili con le finalità che si intendono perseguire. La soluzione tecnica è giunta prima della necessità di risolvere un problema, per cui gli strumenti di analisi e i percorsi decisionali risultano spesso improvvisati, comunque sempre inadeguati. Che l'utilizzo del GPS e delle attrezzature ad esso legate possa rappresentare uno strumento che imprimerà una fortissima evoluzione al modo di fare agricoltura ormai nessuno lo mette in dubbio. È facile intuire quanto possa essere dirompente ed efficace una tecnologia di questo tipo. Per le soluzioni applicative è solo questione di tempo: probabilmente tra breve ogni macchina sarà progettata per l'agricoltura sito specifica e non semplicemente adattata. Ma non è per ora altrettanto facile capire a quali strumenti di analisi e di supporto alle decisioni si potrà far ricorso. La struttura portante della prassi applicativa è apparsa subito razionalmente semplice e chiara: Rilevazione Dati-Elaborazione-Applicazioni Variabili. Processo impeccabile, semplice e condivisibile. Ma nel momento in cui si debbono sostituire alle idee i numeri tutto sembra perdere di concretezza, e rifarsi alla "esperienza dell'agronomo" rafforza il rischio di improvvisazione. Le diverse ditte costruttrici stanno proponendo soluzioni finalizzate all'esaltazione delle proprie capacità tecnologiche, ma che lasciano del tutto inesplorati gli aspetti di analisi e gestionali. Avere un preciso DGPS montato su di una mietitrebbia affidabile, con un data logger ben tarato, ci permette di rilevare

una eventuale variabilità spaziale della produzione, ma non fornisce alcuna indicazione sulla significatività dei numeri e sulle cause delle variazioni produttive. Avere uno spandiconcime facilmente tarabile e preciso nella distribuzione non fornisce alcuna indicazione sulla effettiva utilità economico-ambientale dell'applicazione variabile. Gli strumenti sono sempre più facili ed affidabili, ma è ancora troppo trascurato il processo a supporto delle decisioni.

Le tecnologie allo studio e le applicazioni

La ricerca che si occupa di tecnologia di posizionamento applicata all'agricoltura ha preso due principali strade:

- la verifica statistica e sperimentale delle variazioni delle produzioni e la conseguente applicazione differenziata dei fattori dosabili (acqua, fertilizzanti, sementi ecc.);
- l'applicazione di automatismi che migliorino le prestazioni delle macchine in casi di utilizzo particolari.

Nel secondo caso l'utilità è spesso evidente, quantunque limitata ad applicazioni molto specifiche. È invece importante e generalmente molto attesa la messa a punto di metodologie che diano significato alle osservazioni (variabilità rilevata) e concretezza alle successive applicazioni, variabili o meno che siano.

Il primo passo è senz'altro quello di provare statisticamente la presenza di variabilità ma, fatto ciò, bisogna spiegarne l'origine, pianificare le possibili integrazioni o i risparmi di fattori produttivi, valutare gli effetti delle modifiche indotte e analizzare il tutto con la lente dell'economia dei risultati.

Fino ad ora ci si è concentrati sulla raccolta e analisi statistica delle misurazioni, pensando poi di poter individuare la causa della variabilità con analisi chimiche o valutazioni del contenuto idrico del terreno. Non è sbagliato, ma non è così semplice. È necessario valutare contemporaneamente la dinamica e le influenze reciproche di suolo, clima, genetica e pratiche colturali, e il suolo non deve essere considerato solo un contenitore di elementi chimici semplici, ma nella complessità delle interazioni chimico-fisico-pedologiche. La complessità di una analisi di questo tipo richiede un adeguato strumento informatico che funga da sistema di supporto alle decisioni agronomiche.

Attualmente esistono diversi modelli previsionali (DS-SAT, SALUS, APSIM, EPIC, CropSyst) in grado di simulare e prevedere gli effetti delle interazioni del clima, del suolo e della gestione colturali sulla produzione e qualità della resa e dell'ambiente.

Questi modelli permettono di analizzare migliaia di interazioni tra gli elementi di input, e sono quindi in

grado di analizzare le cause che hanno condotto ad una certa situazione, oppure prevedere una casistica futura, ipotizzando diversi tipi di intervento o scenari possibili. Una volta che si disponga dei dati relativi al terreno (che non cambieranno in maniera apprezzabile nel tempo), dei dati climatici (storici e stagionali) e della caratterizzazione genetica della cultivar da valutare,

si potranno confrontare a tavolino, in modo veloce ed affidabile, diverse strategie e determinarne la relativa convenienza. Si potrà operare sia in modo da ottimizzare statisticamente gli interventi, pianificandoli con anticipo, sia monitorando lo sviluppo della coltura compiendo analisi in tempo reale che permettano interventi tattici mirati.

Tali modelli compiono rapidamente il lavoro che solo anni di sperimentazione condotti sul luogo specifico potrebbero fare; in più riescono a simulare con precisione ciò che sarebbe accaduto con input diversi e le situazioni pregresse sulle quali ovviamente non si possono più condurre esperimenti, in particolare a valutazioni di carattere ambientale condotte con simulazioni su situazioni storiche o ipotesi non ancora realizzate.

La capacità di interpretare processi multifattoriali con integrazioni incrociate permette di applicare con grande profitto modelli previsionali all'agricoltura sito-specifica. Se è facile capire l'enorme potenzialità di questo supporto decisionale nell'agricoltura tradizionale, dove ogni campo è visto e trattato come un'entità mediamente omogenea, lo è ancor di più se si pensa ad applicazioni georeferenziate. Facendo girare il modello non solo con i dati medi del campo, ma con misure raccolte per aree omogenee all'interno degli appezzamenti, la precisione raggiunge livelli tali da poter definire interventi mirati e dosati per ogni singola area. Nell'ipotesi di analisi spaziali è fondamentale l'utilizzo di un adeguato GIS (Geographic Information System) che permetta di elaborare e confrontare le diverse informazioni legate ai siti. L'integrazione dei dati riguardanti la raccolta dei prodotti, alle caratteristiche del terreno, allo sviluppo vegetativo ecc., permette di definire aree con caratteristiche omogenee. Facendo girare i modelli per ogni trattamento da confrontare e per ogni area si ottengono le indicazioni per programmare gli interventi modulando nel modo più conveniente. Il successivo compito del GIS sarà quello di programmare le macchine utilizzate nella fase applicativa. L'accuratezza nel dosare gli interventi agronomici richiede una sempre maggiore precisione, sia a causa della riduzione del rapporto

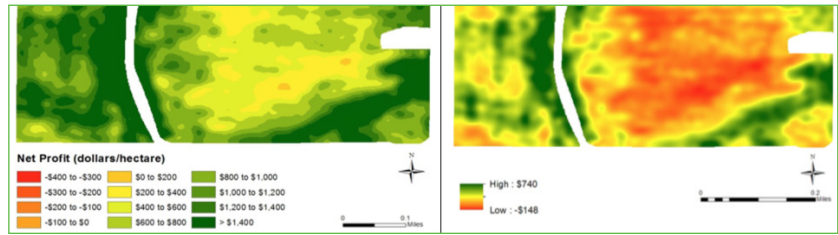


Figura 1
 Mappa del profitto con applicazione di azoto uniforme (a);
 mappa del profitto con applicazione di azoto in quantità variabile (b)

ricavo unitario/costo dei fattori, sia per aumentare il livello di compatibilità ambientale, esigenza non più trascurabile da parte dell'attività agricola. Agricoltura tradizionale "responsabile", agricoltura-sito specifica, agricoltura che voglia muoversi lungo la strada della sostenibilità, richiedono valutazioni tecniche che trascendono la capacità di sintesi dell'esperienza personale. Diviene necessario l'utilizzo di uno strumento come SALUS, DSSAT o altri modelli in grado di integrare molte variabili e di simularne la dinamica finalizzata alla gestione agronomica.

Le mappe di efficienza economica (Figura 1) dimostrano che con l'applicazione di tecniche di agricoltura di precisione è possibile ridurre le zone del campo in cui i bilanci economici dell'operatore agricolo sono in perdita e migliorare l'efficienza d'uso dell'azoto e dell'acqua ottimizzando l'uso dei fattori produttivi.

Lo sviluppo di uno strumento di supporto alle decisioni gestionali caratterizzato da algoritmi nuovi per la previsione del sistema suolo-pianta-atmosfera ed integrato con rilevazioni dei fattori che influenzano il processo produttivo mediante sensoristica innovativa ed efficiente, come il telerilevamento, è uno degli obiettivi principali della ricerca agronomica. Nuove società, principalmente negli Stati Uniti, stanno nascendo con la messa a punto di un sistema innovativo ed efficace di supporto alle decisioni (DSS) che assista l'agricoltore nell'interpretazione della variabilità spazio-temporale dei dati e quindi nella scelta delle soluzioni che possono essere adottate, al fine di avviare una gestione tecnicamente ed economicamente conveniente, mirante peraltro a rispettare la normativa introdotta dalla nuova Politica Agricola Comune europea.

Benefici ambientali ed economici dell'agricoltura di precisione

L'agricoltura di precisione può avere impatto sull'agricoltura mondiale a svariati livelli e con differenti modalità in funzione del diverso livello di sviluppo economico in cui viene inserita. La letteratura scien-

tifica è concorde nell'affermare che l'agricoltura di precisione contribuisce in vari modi alla sostenibilità, confermando l'intuitiva idea che riduce la quantità di prodotti chimici applicandoli solo dove e quando essi necessitano. I benefici ambientali derivano da un uso più mirato dei prodotti chimici, una migliore efficienza oppure, nel caso dei pesticidi, alla riduzione dello sviluppo di resistenza ai vari principi attivi. Tutto questo ha effetti sulla qualità delle acque e sulla riduzione del suo consumo, sulla qualità del suolo e dell'aria, sulla mitigazione del clima e sulla questione energetica. Ad esempio è noto che le tecniche conservative di lavorazione del terreno, come la non inversione degli strati, la minima lavorazione e la non lavorazione, riducono l'erosione, aumentano la fertilità del suolo, riducono le emissioni di CO₂, ottimizzano l'uso dell'acqua e possono contribuire alla mitigazione del surriscaldamento climatico dovuto all'attività antropica e all'eccessivo uso del territorio. È stato visto però che spesso ciascuna di queste tecniche trova conveniente e fruttuosa applicazione in certe condizioni pedo-climatiche, piuttosto che in altre, condizionando notevolmente il reddito dell'imprenditore. I principi dell'agricoltura di precisione applicati alle lavorazioni conservative del terreno sono in grado di mantenere inalterati i benefici ambientali, incrementare il reddito aziendale e razionalizzare l'uso delle macchine agricole. La decompattazione localizzata del terreno eseguita solamente nelle zone dove effettivamente è presente uno strato compattato, favorisce i movimenti dell'acqua e dell'aria nel suolo. Più numerosi sono gli studi sull'azoto da cui risulta, oltre l'ampia variabilità, una riduzione della lisciviazione dei nitrati fino al 75% rispetto alla distribuzione uniforme (7% da prove in Italia). I minori consumi di erbicidi e pesticidi (24% e 19% rispettivamente) favoriscono una minor inquinamento delle acque superficiali e profonde e dell'aria. L'irrigazione di precisione può razionalizzare il consumo di acqua irrigua (riduzioni del 20%) e aumentarne grandemente l'efficienza.

I benefici di natura economica derivano da una generale ottimizzazione degli interventi e da una razionalizzazione delle pratiche colturali, più che da una riduzione nell'impiego di un singolo fattore. Si tratta perciò di aspetti difficilmente monetizzabili, così come l'entità del costo che l'azienda deve sostenere per l'avvio di un diverso sistema gestionale. A rendere poco univoci i risultati concorre l'intensità con la quale la variabilità si manifesta e la propensione al rischio dell'imprenditore agricolo.

Il beneficio economico è destinato ad aumentare con l'incremento dei costi dei fattori di produzione, con la

tendenziale diminuzione degli investimenti richiesti dalla tecnologia e con la spinta delle politiche comunitarie volte a riconoscere le forme di agricolture più "sostenibili" a scapito di quelle "convenzionali".

La determinazione della qualità non sempre è semplice, soprattutto perché raramente può essere identificata attraverso limitati indicatori (proteina per i cereali e per le foraggere). In viticoltura, ad esempio, la qualità è funzione di differenti caratteristiche la cui importanza di una rispetto alle altre può differire con le varietà e con l'uso finale del prodotto. L'approccio con la qualità si concretizza in due benefici. Il primo riguarda la possibilità di testare la qualità direttamente al momento della raccolta o attraverso il telerilevamento, con l'obiettivo di selezionare il prodotto in classi che verranno presumibilmente remunerate in modo diverso. Sensori precisi e affidabili si stanno installando sulle vendemmiatrici per valutare le caratteristiche qualitative delle uve e sulle mietitrebbiatrici per valutare proteine, amido e grassi nelle granelle. Il secondo aspetto riguarda invece la possibilità di mappare la qualità per mettere a punto tecniche di coltivazione variabili, per ottimizzare le caratteristiche qualitative desiderate. Un esempio di come l'agricoltura di precisione può essere utilizzata nella sicurezza alimentare è la riduzione del livello di aflatossine nel prodotto raccolto. È noto infatti che in condizioni di stress i microrganismi fungini che producono aflatossine sono più attivi, e quindi è pensabile che con il telerilevamento si possa porre rimedio alle situazioni di stress o al limite segregare le zone più a rischio in modo tale da ridurre le contaminazioni tra granella sana e infettata. Inoltre veloci metodi per rilevare le aflatossine sono attualmente allo studio, da utilizzare o prima della raccolta attraverso bio-sensori e nasi elettronici, oppure con sensori NIRS sulle mietitrebbie durante la raccolta.

Ruolo dell'agricoltura di precisione nelle diverse aree geo-economiche

Nelle economie sviluppate con agricoltura supportata dai governi come quelle di UE, Giappone e USA, la tendenza a massimizzare le produzioni ha portato a severi impatti ambientali. Ora, riconoscendo il bisogno sociale della gestione sostenibile del territorio, l'obiettivo dell'agricoltura si è spostato dalla massimizzazione della produzione alla produzione compatibile con l'ambiente. L'obiettivo aziendale è sempre quello di massimizzare il reddito, ma adesso anche attraverso l'aumento del valore del prodotto (qualità) e il riconoscimento economico di pratiche rispettose dell'ambiente o sanzioni per chi non gestisce in modo ambientalmente corretto l'attività agricola. La funzione dell'agricoltura di precisione in

queste zone risiede dunque in ordine di priorità nelle questioni ambientali, nel migliorare le qualità e sicurezza degli alimenti e nel garantire la tracciabilità.

Nelle economie sviluppate con agricoltura poco supportata dai governi come quelle di Australia, Nuova Zelanda, Argentina e Brasile, a causa della dipendenza dalle esportazioni agricole, l'accento si pone sul vantaggio competitivo e sulla quantità e qualità delle produzioni, piuttosto che sull'ambiente. Questi Paesi, per l'elevata dimensione degli appezzamenti hanno, almeno all'inizio, un grande potenziale di diffusione dell'agricoltura di precisione, i cui obiettivi sono essenzialmente il profitto e la qualità abbinata alla tracciabilità.

Nelle economie in via di sviluppo con piantagioni (molti Paesi del terzo mondo) le tecnologie applicate, non eccessivamente costose, sono i sistemi di mappatura delle produzioni finalizzate al miglioramento della qualità, considerato l'alto valore delle colture, e alla tracciabilità delle produzioni per uniformarle agli standard dei Paesi europei.

Nei Paesi più poveri si pensa che l'agricoltura di precisione sia difficile da applicare. In effetti i benefici sono insufficienti per giustificare i costi. Tuttavia i principi di base dell'agricoltura di precisione possono essere visti come essenziali per accelerare lo sviluppo, anche se utilizzati in forme diverse da come vengono applicate nei Paesi sviluppati. È difficile quantificare il valore dell'informazione, ma gli errori che si possono evitare hanno portata rilevante. Avere informazioni sito-specifiche riduce la possibilità di errore causata dall'ignoranza e dalla non conoscenza dell'esistenza di aree significativamente variabili. In queste regioni il primo passo per migliorare la gestione delle risorse

(acqua) è quello di migliorare l'informazione e i sistemi di gestione dell'informazione. Se su scala nazionale e regionale esistono dati per decisioni strategiche, su scala locale gli alti costi e la mancanza di meccanizzazione impediscono l'uso di sofisticate tecnologie, ma l'obiettivo al momento attuale è quello di applicare semplici sistemi di supporto alle decisioni per ridurre le incertezze ed evitare gli errori. Ad esempio, in alcuni Paesi dove la coltivazione del caffè è in crisi, l'obiettivo è di trovare le zone di migliore produzione e gestirle meglio; nelle zone di scarsa produzione si cercheranno altre colture che abbiano una maggiore efficienza. Stesse considerazioni si possono fare per le colture da bioenergia, in cui l'agricoltura di precisione ottimizza le coltivazioni in relazione alle caratteristiche pedoclimatiche della zona e ne razionalizza energeticamente tecniche.

Conclusione

In definitiva, l'agricoltura di precisione non è la soluzione per tutti i mali, ma si dimostra uno strumento flessibile e potente per risolvere problemi definiti e circoscritti di qualsiasi regione del globo. L'agricoltura di precisione è anche adattabile a tutte le altre forme di agricoltura proponibili come quella biologica, quella multifunzionale, le coltivazioni per la produzione di biocombustibili, la mitigazione dei cambiamenti climatici, l'agricoltura di sussistenza e così via, perché ne valorizza e razionalizza le finalità. Infine, prima di essere un insieme di tecnologie, è uno stile di gestione e un modo di pensare per affrontare qualsiasi tipo di problema, perché valorizza le conoscenze e ottimizza la razionale gestione delle risorse.

Bruno Basso

Michigan State University, East Lansing, USA

