



## 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

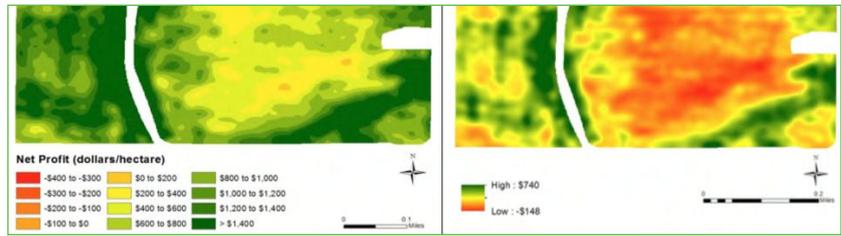


Figura 1  
Mappa del profitto con applicazione di azoto uniforme (a);  
mappa del profitto con applicazione di azoto in quantità variabile (b)

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 CO<sub>2</sub>, 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



## Intervista a Gianfranco Bologna, Direttore Scientifico WWF Italia

A cura di Maura Liberatori



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. Ne parliamo con Gianfranco Bologna, direttore scientifico del WWF Italia.

### **Affrontare questi temi significa incidere su aspetti economici, sociali, culturali, tecnologici e di governance a livello globale; come metterli insieme?**

Il tema fondamentale da affrontare per il futuro è che l'agricoltura deve essere armonizzata con gli equilibri dinamici dei sistemi naturali, con la loro resilienza; non deve essere più considerata un sistema industriale-produttivo "staccato" dalla natura come ha anche chiaramente indicato l'autorevole International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD) patrocinato dalle Nazioni Unite e pubblicato nel 2009. Oggi siamo oltre 7,2 miliardi di abitanti sulla Terra e secondo l'ultimo Population Prospect dell'ONU nel 2050 saremo, secondo la variante media, 9,6 miliardi. Già oggi più del 50% della popolazione mondiale vive in aree urbane e nel 2050 la popolazione globale urbana potrebbe raggiungere i 6 miliardi. Oggi se escludiamo Groenlandia e Antartide, coltiva-

mo il 38% delle terre emerse e abbiamo già fisicamente trasformato il 50% della superficie delle terre emerse. La strada di un'agricoltura intensiva che dilapida acqua, energia e trasforma pesantemente ambienti naturali distruggendo la biodiversità, la ricchezza della vita sulla Terra, non è più una strada praticabile. Dobbiamo imparare a eliminare gli sprechi, il cui reale recupero basterebbe ad alimentare una parte significativa della popolazione mondiale; a ridurre significativamente l'uso dell'acqua per l'irrigazione, quello della carne (per ottenere un chilo di carne di manzo si necessita di 15 kg di cereali e soia e 15.000 litri di acqua); a diversificare le colture; a conservare il suolo e la sua biodiversità; a migliorare le economie rurali negli ambienti più degradati; a riprendere le sementi tradizionali e locali. Senza un'agricoltura sostenibile non avremo futuro.

### **E quanto è difficile nel confronto tra decisori separare i dati dalle opinioni, le visioni politiche dai fatti?**

Qui non si tratta di ideologie o visioni politiche particolari, si tratta di avere la corretta informazione e conoscenza dello stato di profonda modificazione che hanno subito i sistemi naturali sulla Terra a causa della nostra continua e crescente pressione ed oggi le migliori e più avanzate

ricerche sul Global Environmental Change (GEC) ce le forniscono in maniera ampia e dettagliata, basti vedere l'insieme dei grandi programmi internazionali di ricerca, "Future Earth, Research for Global Sustainability", patrocinati dall'International Council for Science (ICSU).

**Le istituzioni preposte (FAO, EU, Ministeri, associazioni di settore, imprese, enti di ricerca, think thank ecc.), non sempre condividono la diagnosi e quasi mai la terapia, almeno nelle azioni concrete, lasciando nella più totale incertezza la pubblica opinione che su questi temi manifesta un livello di preoccupazione crescente, senza però incidere significativamente. Secondo Lei, la scienza riesce ancora ad informare le decisioni politiche su questi temi strategici?**

Non sono d'accordo. Oggi le conclusioni alle quali giungono i più autorevoli rapporti scientifici pubblicati da prestigiose accademie scientifiche (penso, ad esempio, alla National Academy of Sciences statunitense o alla Royal Society britannica), quelli delle organizzazioni delle Nazioni Unite (come ad esempio i Global Environment Outlook dell'UNEP), quelli dei grandi programmi internazionali di ricerca sui cambiamenti globali (compreso l'IPCC per i cambiamenti climatici) ecc. forniscono una massa ingente di dati che dimostrano inequivocabilmente che la pressione umana agisce sui sistemi naturali della Terra con un impatto tale che può essere paragonato agli effetti prodotti dalle grandi forze geofisiche che hanno modificato il pianeta nell'arco di tutta la sua vita di 4,6 miliardi di anni. Non è un caso che nell'ambito dell'International Union of Geological Sciences un apposito gruppo di lavoro della International Commission on Stratigraphy sta lavorando alacremente per decidere (decisione prevista per il 2016) se inserire nel Geological Time Scale ufficiale della storia della Terra, un nuovo periodo geologico definito Antropocene (al quale è stata dedicata la copertina di uno degli ultimi numeri della prestigiosa rivista scientifica *Nature*) a dimostrazione proprio del riconoscimento della pervasività e della gravità dell'impatto umano sugli equilibri dinamici della natura. Esiste certamente un problema di come far sì che la conoscenza scientifica possa incidere meglio sulle decisioni politiche ma va ricordato che è presente ancora una diffusa cultura umana irrazionale ed antiscientifica che nega l'evoluzione e i cambiamenti climatici e che si nutre di visio-

ni "tribali" di appartenenza a gruppi religiosi o politici con visioni ideologiche assolutistiche. Invito tutti a leggere lo splendido ultimo libro del grande biologo Edward Wilson "Il significato dell'esistenza umana" (Codice Edizioni, 2015).

**Nel libro di Lester R. Brown, presidente dell'Earth Policy Institute di Washington DC, "9 miliardi di posti a tavola" si afferma tra le altre cose che "il cibo è l'anello debole della nostra società e rischia quindi di diventare un importante fattore di instabilità politica", il testo in generale presenta una visione molto pessimistica. Lei ne condivide analisi e conclusioni?**

Sono amico di Lester Brown sin dalla fine degli anni Settanta e sono il curatore delle edizioni italiane di numerosi volumi che ha scritto, compreso "9 miliardi di posti a tavola". Condivido in pieno da sempre la sua analisi che, ripeto rifacendomi a quanto già detto precedentemente, è saldamente basata sulle migliori conoscenze scientifiche che derivano dalle ricerche sul cambiamento globale. Non si tratta di essere pessimisti ma realisti. Il realismo ci dovrebbe aiutare ad affrontare seriamente i problemi e ad avere la visione dell'estrema necessità di far leva sulle nostre migliori capacità di innovazione, creatività e cambiamento necessari a risolvere queste sfide epocali.

**Produzioni biologiche e biotecnologie richiedono ricerca, aggiornamento del sapere dei consumatori e del saper fare degli operatori agricoli, risorse pubbliche e private per affermarsi in termini di sostenibilità ambientale, socio-economica e di salubrità. Pensa che si arriverà mai a sostenerne la piena legittimità delle conoscenze e tecnologie a disposizione nei diversi ambiti di impiego?**

Credo che la conoscenza e la ricerca possono solo migliorare la dimensione umana purché la nostra società comprenda seriamente la necessità di entrare in una fase di Lifelong Learning che deve riguardare tutti indistintamente. La complessità della realtà che ci circonda non può essere parcellizzata, disgiunta, separata come siamo abituati a fare nelle tradizionali modalità di formazione. La sfida che abbiamo di fronte è essere sempre più capaci di connettere. Abbiamo bisogno di un'educazione all'apprendimento innovativo continuo.

# L'Enea per...

ENEA per EXPO 2015



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

*M. R. Rapagnani, M. Cristofaro, A. Letardi*

La produzione di alimenti ottenuta con l'approccio convenzionale dell'agricoltura, così come intesa posteriormente all'introduzione della meccanizzazione e della chimica di sintesi largamente basata sui combustibili fossili e i loro derivati, ha sempre più mostrato nel tempo i suoi limiti economici ed ecologici.

Nonostante il nostro paese, tra quelli dell'Europa occidentale, sia tuttora il maggior consumatore di pesticidi per unità di superficie coltivata, con valori doppi rispetto a quelli della Francia e della Germania, la maggior parte dei Piani di Sviluppo Regionale (PSR) continuano a mostrare una scarsa tendenza a promuovere approcci gestionali di maggiore sostenibilità degli agroecosistemi. L'esperienza, sviluppatasi negli anni, nel settore della valutazione dell'effetto dei pesticidi nei confronti dell'ambiente

e della salute pubblica si è recentemente incontrata con la sempre maggiore attenzione a livello europeo su queste problematiche.

La nuova strategia europea sui pesticidi ha come obiettivo principale la riduzione dei rischi per la salute, l'ambiente e la biodiversità attraverso una riduzione e razionalizzazione dell'uso dei prodotti fitosanitari, sia in ambito agricolo che extra-agricolo. In questo quadro comunitario rientra la direttiva 2009/128/CE sull'uso sostenibile dei pesticidi, recepita in Italia con il Decreto Legislativo 14 agosto 2012, n. 150 e con il Decreto Ministeriale 22 gennaio 2014 che istituisce un Piano d'Azione Nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (PAN).

Il PAN, entrato in vigore il 13 febbraio 2014, fornisce indicazioni dettagliate sulle azioni specifiche da porre in

atto per il raggiungimento degli obiettivi indicati dalla direttiva comunitaria. Tali azioni riguardano, in particolare, la formazione degli utilizzatori professionali, dei rivenditori e dei consulenti; la tutela dell'ambiente acquatico e dell'acqua potabile e nuovi criteri di utilizzo dei prodotti fitosanitari in aree specifiche che comprendono aree extra-agricole (rete ferroviaria e stradale e aree frequentate dalla popolazione) e aree naturali nelle quali è presente un'attività agricola (siti Natura 2000 e aree naturali protette).

Nel PAN vengono inoltre declinate altre misure che riguardano: l'attuazione della difesa integrata obbligatoria, entrata in vigore il 1 gennaio 2014, ai sensi del Decreto Legislativo n. 150 del 2012, e della difesa integrata su base volontaria (secondo disciplinari di produzione), la promozione dei metodi di difesa alternativi ai prodotti fitosanitari, il controllo funzionale obbligatorio delle macchine

irroratrici e l'applicazione di norme specifiche sullo stoccaggio aziendale dei prodotti fitosanitari.

Il PAN è stato elaborato dal Consiglio tecnico-scientifico sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, istituito il 22 luglio 2013 ai sensi del Decreto Legislativo 150 del 2012, del quale fanno parte l'ENEA, con ISPRA e CNR, i rappresentanti dei Ministeri delle Politiche agricole, alimentari e forestali, dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, della Salute, dello Sviluppo economico, nonché degli Assessorati agricoltura e ambiente delle Regioni. Ad esso è anche affidata la programmazione e l'elaborazione di linee guida per l'applicazione ed il controllo delle misure previste dal PAN.

*Per approfondimenti:* [mariarita.rapagnani@enea.it](mailto:mariarita.rapagnani@enea.it)

**Maria Rita Rapagnani, Massimo Cristofaro, Agostino Letardi**  
ENEA, Unità Tecnica Sviluppo Sostenibile ed Innovazione del Sistema Agroindustriale, Laboratorio Gestione Sostenibile degli Agroecosistemi



# Le risorse genetiche vegetali per la sostenibilità delle produzioni agroindustriali

L. Bacchetta, A. Del Fiore, B. Di Giovanni, L. M. Padovani, C. Santi, V. Tolaini, C. Tronci

La conoscenza della diversità genetica nelle specie coltivate, intesa anche in termini di variabilità intra-specifica, riveste un ruolo cruciale per la sostenibilità dei sistemi agricoli. Cultivars/varietà adattate all'ambiente di coltivazione, soprattutto in aziende ad alto grado di diversificazione colturale, consentono un utilizzo razionale ed ottimale delle risorse disponibili, richiedendo notoriamente minori input chimici. L'interesse europeo verso le 'crop wild relatives' ossia i progenitori selvatici delle specie coltivate che hanno un'utilità derivata dalle loro relazioni filogenetiche, nasce proprio per le potenzialità che offrono al miglioramento genetico in risposta alle emergenze dovute a stress biotici e abiotici, ma anche alle richieste di ampliamento del patrimonio varietale. Nelle specie frutticole, inoltre, la selezione clonale consente di valorizzare la variabilità intra-specifica che contraddistingue le varietà-popolazione, ben adattate all'ambiente di coltivazione. In tale contesto, l'accesso ai dati relativi alla caratterizzazione biochimica e alle caratteristiche nutraceutiche delle specie coltivate può meglio indirizzare le scelte varietali, incontrando la sensibilità dei consumatori e dell'industria di trasformazione verso cibi funzionali che coniugano la funzione nutritiva agli effetti benefici sulla salute. Su queste tematiche l'ENEA è impegnata da diversi anni nello sviluppo di metodologie volte alla valorizzazione del germoplasma locale che possono di essere di ausilio per le scelte colturali, per l'innovazione dei sistemi produttivi tradizionali e per un miglior utilizzo del prodotto finale. *In particolare, il recupero, la caratterizzazione e conservazione dell'agrobiodiversità sono obiettivi prioritari dell'Unione europea nell'ambito di strategie volte a preservare le risorse genetiche ritenute fondamentali per lo sviluppo sostenibile, il sostegno della comunità, per incoraggiare una equilibrata crescita economica* (Bacchetta et al. 2009). Attraverso una ricerca presso le aziende corilicole in aree tradizionali europee di produzione, è stato possibile selezionare ecotipi conservati 'on farm' adatti al consumo fresco e all'industria dolciaria, o anche genotipi in grado di anticipare la maturazione.

La Figura 1 mostra il numero di genotipi pre-selezionati e il numero di nuovi genotipi ottenuti dalla valutazione con marcatori molecolari che possono rappresentare una valida alternativa per gli impianti a livello locale.

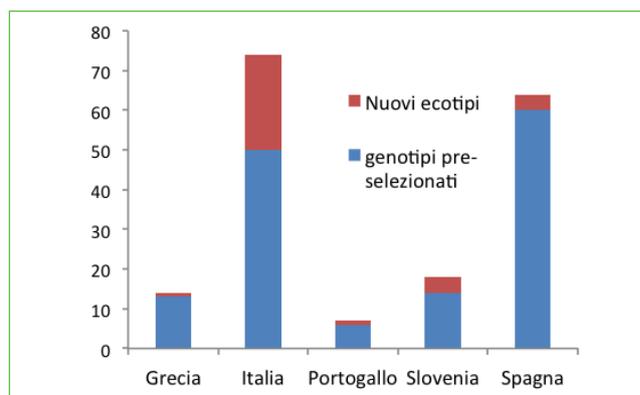


Figura 1  
Nuovi 'ecotipi' di nocciolo valutati con marcatori molecolari SSR. Progetto Europeo AGRI GEN RES SAFENUT

La Figura 2 mostra ecotipi reperiti nel Lazio. Nell'ambito della frutta secca, la nocciola riveste un ruolo importante per la nutrizione e la salute umana grazie alla sua favorevole composizione in nutrienti e nutraceutici. I dati nutrizionali del nocciolo ci indicano che questo alimento è un cibo altamente energetico, ricco in grassi monoinsaturi e proteine che rappresentano una valida sorgente di fibra, di fito-nutrienti e di antiossidanti come la vitamina E.



Figura 2  
Nocciola Lunga di Ronciglione e Nocciola precoce selezionate nella Regione Lazio

La Figura 3 mostra la variabilità del contenuto in acidi grassi totali, in acido oleico e Vitamina E ( $\alpha$ -tocoferolo) di un campione di 75 varietà europee di nocciolo. Particolarmente benefica per la nostra salute appare la componente antiossidante della nocciola (polifenoli e fitoestrogeni), in grado di contrastare disordini cardiovascolari e infiammazioni.

l'implementazione di attività relative alla conservazione, l'uso sostenibile e la condivisione di benefici derivati dal loro utilizzo.

Il database realizzato è accessibile agli interessati tramite il portale <http://safenut.casaccia.enea.it/db/>. Tale metodologia è stata applicata anche ad altre colture di importanza economica come il mandorlo, diverse specie di

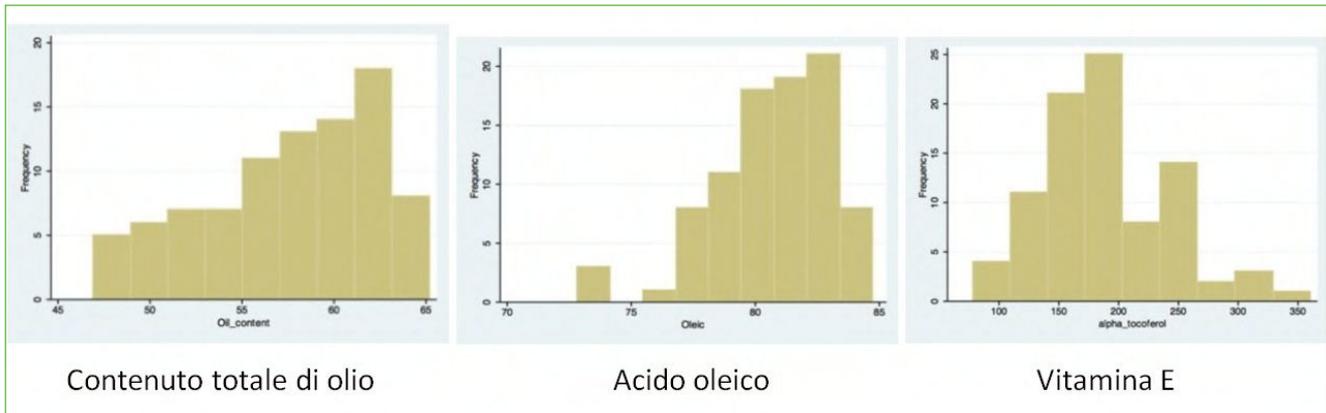


Figura 3  
Variabilità del contenuto totale di acidi grassi, acido oleico e vitamina E in 75 varietà europee di nocciolo

Un recente studio ENEA, in collaborazione con l'Università degli Studi di Roma di Tor Vergata, ha valutato l'effetto di una dieta arricchita di nocciole sul metabolismo umano. Le analisi statistiche sui dati ematici di 24 volontari sani che hanno assunto 40 g di nocciole al giorno per 6 settimane, hanno confermato una chiara variazione del profilo lipidico con diminuzione significativa della componente LDL, senza un incremento del peso corporeo. La necessità di rendere fruibili le informazioni ottenute da tali attività di ricerca, è specificamente riconosciuta nella Convenzione sulla Diversità Biologica (articoli 7d e 17). A tal fine, quindi, l'ENEA ha coordinato lo sviluppo di un database per la diffusione dei dati agli utenti e per promuovere la pianificazione e

*Brassica* e, di recente, a specie fitoalimurgiche. Una strategia olistica e integrata può creare quindi le condizioni più propizie per recuperare, mantenere ed utilizzare, in modo sostenibile e secondo modelli di economia circolare e di innovazione continua, le potenzialità di sistemi vegetali (anche sottoprodotti e scarti) per lo sviluppo di nuove filiere di interesse economico e sociale attraverso processi innovativi e a basso impatto ambientale, in linea con la strategia europea al 2020 che conferisce un ruolo prioritario allo sviluppo della bio-economia.

Per approfondimenti: [loretta.bacchetta@enea.it](mailto:loretta.bacchetta@enea.it)

Loretta Bacchetta, Antonella Del Fiore, Barbara Di Giovanni, Laura Maria Padovani, Chiara Santi, Valentina Tolaini, Carlo Tronci  
ENEA, Unità Tecnica Sviluppo Sostenibile ed Innovazione del Sistema Agroindustriale

# Acqua e agricoltura: un rapporto che deve cambiare

R. Farina

Nella classifica dei primi dieci rischi globali in termini di impatto analizzati dal *Global Risks Report 2015* del World Economic Forum, la “crisi dell’acqua” è al primo posto come intensità di impatto: ciò è comprensibile in quanto dall’acqua dipendono non solo gran parte della vita sulla Terra, ma anche molte delle attività economiche. Per questo motivo è indispensabile tutelarla e utilizzarla in modo sempre più efficiente e sostenibile.

La domanda di acqua può essere suddivisa in quattro grandi settori: agricoltura, industria, energia e urbano.

L’agricoltura rappresenta nel mondo il primo utilizzatore di acqua, con un consumo di circa il 70% del totale prelevato. In Europa, con molte distinzioni tra i Paesi del Mediterraneo e quelli del Nord Europa, la situazione è differente, in quanto l’agricoltura pesa “solo” per il 40% dei prelievi totali. Questo è dovuto non solo alle condizioni climatiche più favorevoli rispetto ad altre aree geografiche, ma anche ad una maggiore incidenza dei consumi di acqua per gli altri settori economici.

Queste grandi richieste dell’agricoltura sono legate alla necessità di irrigazione delle coltivazioni per l’alimentazione umana, ma soprattutto per quella animale. Le previsioni per il futuro indicano come nel 2050 ci sarà una maggiore domanda di cibo del 70%, che richiederà almeno un eguale incremento dei consumi idrici.

Questo trend dei consumi si potrà forse sostenere per il 2050, ma non sicuramente per il 2100. Tutte le proiezioni demografiche indicano inoltre che, grazie alla meccanizzazione agricola e ai miglioramenti delle tecniche agronomiche e di selezione delle sementi, la richiesta di lavoratori in quelle aree sarà sempre minore, mentre aumenterà considerevolmente la domanda di energia. Questo determinerà uno spostamento delle popolazioni rurali verso le città. Nel 2007, per la prima volta nella storia, gli abitanti delle città hanno superato quelli delle campagne.

Questa urbanizzazione creerà il problema di una maggiore concentrazione di richieste, sia per i fabbisogni umani sia per quelli agricoli, al quale si andrà ad aggiungere quello della gestione dei reflui. Ciò comporterà che le acque dovranno essere prelevate da falde profonde, o portate da lontano, con un ulteriore incremento dei costi energetici per il loro pompaggio.

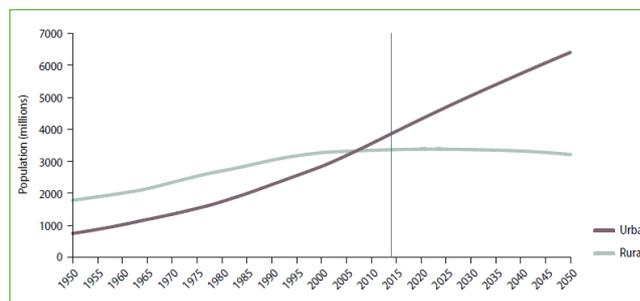


Figura 1

Previsione dell’andamento della popolazione urbana e rurale fino al 2050  
Fonte: UN World Urbanization Prospects, 2014 Revision

È indispensabile perciò trovare delle soluzioni che siano ambientalmente e socialmente sostenibili.

È necessario rivedere il ciclo “antropico” delle acque rendendolo più efficiente e passare da un approccio del *prelievo-uso-scarico* ad uno di chiusura del ciclo, dove l’acqua viene usata più volte e magari da più utilizzatori prima di essere rilasciata nuovamente nell’ambiente, dopo adeguati trattamenti depurativi.

Fino ad oggi l’obiettivo che ci si prefiggeva nel trattamento delle acque era quello di rimuovere gli inquinanti per la maggior parte possibile, al fine di prevenire quei fenomeni di inquinamento quali, ad esempio, l’eutrofizzazione, che in Italia hanno avuto grande impatto durante gli anni 80 e 90 del secolo scorso, e che oggi sono quasi scomparsi dalle nostre acque naturali. Questi fenomeni erano legati al rilascio di sostanze nutritive liberate in ambiente in maniera incontrollata che, invece, nelle dovute quantità e nel dovuto tempo, rappresentano un ottimo sostituto dei fertilizzanti agricoli. In questo modo si possono ridurre i prelievi di fosforo dalle miniere, che le ultime proiezioni statistiche danno in esaurimento nei prossimi 20-30 anni, e di azoto che, pur essendo abbondante in atmosfera, richiede per la sua trasformazione in fertilizzante una quantità di energia estremamente elevata. L’approccio alla risoluzione di questi problemi è legato alla peculiarità delle aree e dei sistemi nei quali si opera. Intervenire nel mondo occidentale è abbastanza semplice: qui il limite è dato dalla disponibilità di tecnologie e dai conti economici. Operare, invece, in altre realtà quali le cit-

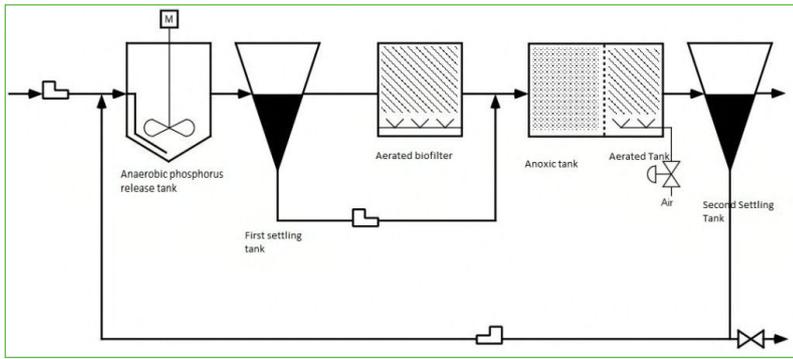


Figura 2

Schema di processo Dephanox per il recupero biologico del fosforo

Fonte: <http://act-clean.eu/index.php/DEPHANOX-a-process-for-the-contemporary-biol;100.457/1>

tà dell’Africa, del Medio Oriente o dell’America latina, dove la disponibilità di energia può essere limitata a poche ore al giorno, dove non esistono adeguati sistemi di trattamento delle acque reflue e dove i fiumi hanno un regime torrentizio e nel periodo secco sono alimentati solo dai reflui urbani spesso non trattati delle città, richiede soluzioni completamente diverse.

L’Unità Tecnica Modelli, Metodi e Tecnologie per le Valutazioni Ambientali dell’ENEA opera, da diversi anni, nel settore della gestione della risorsa idrica, studiando tecnologie di gestione e trattamento a fine depurativo adeguate alle normative e sempre più efficienti, con lo scopo di rendere le acque trattate più direttamente utilizzabili in agricoltura, sia nei Paesi sviluppati che in quelli in via di sviluppo.

Per questo motivo, l’ENEA sta promuovendo, insieme ad altri enti di ricerca europei, un modello di integrazione tra le acque reflue trattate di origine urbana e il mondo dell’agricoltura che permetta, da un lato di renderle riutilizzabili in agricoltura per la crescita delle piante che serviranno per produzioni *food* e *non-food*, foraggi e usi agricoli vari, dall’altro di effettuare un “servizio ecosistemico”, cioè un ulteriore finissaggio dell’acqua, prima che questa venga rilasciata in ambiente o utilizzata per la ricarica naturale delle falde.

È in questo ambito che l’ENEA ha brevettato un sistema biologico per la rimozione del fosforo dalle acque reflue, il cui ciclo viene presentato schematicamente in Figura 2.

Durante le fasi di sperimentazione di questa tecnologia, adatta a tutti quei reflui civili o industriali che richiedono la rimozione di questo elemento, i ricercatori dell’ENEA hanno identificato alcuni batteri in grado di accumulare fosforo al loro interno e di produrre una categoria di molecole – i polioidrossialcanoati – di grande interesse per la produzione delle bioplastiche.

Questo tipo di tecnologia però è applicabile in situazioni dove il processo può essere mantenuto in condizioni opera-

tive costanti e ben controllate, quali quelle di un impianto di depurazione europeo. In situazioni particolari, però, dove l’energia non è sempre disponibile, e dove il processo non è facilmente controllabile, le tecniche sono diverse, più semplici, ma ugualmente efficaci.

Nell’ambito del programma europeo SWIM (Sustainable Water Integrated Management), indirizzato alla gestione sostenibile delle acque nei Paesi del Medio Oriente e del Nord Africa, l’ENEA, in collaborazione con il GIZ che coordina il

progetto Sustain Water Med, sta partecipando a un sistema



Figura 3

Esempio di *diverting toilet*, modello indiano installato in Marocco

Fonte: foto dell’autore

di gestione integrata delle acque reflue di origine civile in piccoli villaggi rurali del Marocco, dove nelle abitazioni sono state installate delle *diverting toilettes*, un particolare tipo di WC che permette di raccogliere separatamente feci e urine. In questi bagni, le feci sono lasciate maturare per almeno sei mesi, per essere poi utilizzate come ammendante in campo. Le urine, invece, opportunamente raccolte e lasciate maturare, vengono utilizzate anch’esse in campo come concime fosfo-azotato. I risultati sono stati così incoraggianti che è stata realizzata una piccola fabbrica per la produzione delle *toilettes*, e l’eccesso di fertilizzante viene venduto a chi non ancora dispone di questa tecnologia.

In altri casi, soprattutto in presenza di animali stabulati, le deiezioni animali e gli scarti alimentari e agricoli vengono avviati ad un semplice digestore anaerobico di tipo cinese, dal quale si può raccogliere quotidianamente una quantità di gas sufficiente per la cottura del cibo.

Per approfondimenti: [roberto.farina@enea.it](mailto:roberto.farina@enea.it)

Roberto Farina

ENEA, Unità Tecnica Modelli, Metodi e Tecnologie per le Valutazioni Ambientali



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

A. Dall'Ara, S. Sangiorgi, M. T. la Peruta

L'utilizzo di sottoprodotti di allevamenti come la pollina, ottenuta dalle deiezioni degli allevamenti avicoli, in sostituzione di formulati chimici, genera benefici di natura economica ma soprattutto di impatto ambientale. Oggetto di questo contributo è l'utilizzo della pollina nel ciclo della concia delle pelli e in quello della produzione di fertilizzanti.

Le normative ambientali di riferimento in materia di industria conciaria in Europa comprendono la Prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento (IPPC) (96/61/CE), la direttiva quadro sulle acque (2000/60/CE) e il regolamento REACH. Al fine di mantenere la competitività nel mercato globale, i produttori di cuoio europei devono sfruttare le materie prime in modo più efficiente ed eliminare dai processi industriali gli impatti negativi dei rifiuti. Le materie prime necessarie per i processi di concia generano rifiuti che attualmente hanno un notevole impatto ambientale ed economico. L'impatto del settore conciario è considerevole. Si stima che la protezione dell'ambiente costi all'industria circa il 5% di tutti i costi operativi. Per questo, in conformità con i piani di gestione dei bacini idrografici della direttiva quadro sulle acque, le aziende conciarie devono tenere in considerazione misure per ridurre l'inquinamento delle acque e adottare azioni concrete per mantenere il buono stato ecologico dei corsi.

Parallelamente, gli allevamenti avicoli intensivi hanno problemi di impatto ambientale legato ai rifiuti prodotti, in modo particolare alla gestione e allo smaltimento della pollina.

Il progetto PODEBA, coordinato dall'Unità Tecnica Tecnologie dei Materiali Faenza dell'ENEA, si rivolge alle concierie europee e agli allevamenti intensivi di galline ovaiole.

Il progetto, che dimostra l'uso di una tecnologia innovativa nella fase di macerazione del ciclo di concia, è stato cofinanziato dall'Unione europea nell'ambito del programma Life+, il principale strumento finanziario dell'Unione per l'ambiente. Partner del progetto sono le aziende italiane Colortex SpA e AMEK Srl, e la spagnola INESCOP.

PODEBA ha avuto come obiettivo la dimostrazione dell'uso di un materiale innovativo, un prodotto tecnico ottenuto da un rifiuto riciclato (pollina) per la fase di macerazione del processo di concia delle pelli, per la produzione di nuovi prodotti in pelle caratterizzati da un profilo di eco-sostenibilità significativamente superiore. Il prodotto tecnico PODEBA è naturale e sostenibile ed è in grado di fornire gli stessi risultati delle tecniche tradizionali di macerazione, e allo stesso tempo abbattere l'impatto ambientale delle concierie e ridurre gli input chimici ed energetici.

Le deiezioni di uccelli sono state storicamente utilizzate durante la fase di macerazione di pellami per renderli morbidi e adatti al successivo processo di concia; le pelli grezze venivano immerse in una sospensione calda di queste deiezioni, che erano presenti in cumuli nelle concierie, causando emissioni maleodoranti. L'efficacia di tali deiezioni animali deriva da enzimi proteolitici ivi contenuti.

Il carattere innovativo del prodotto tecnico sviluppato nell'ambito del progetto PODEBA è collegato ad un trattamento con una miscela di principi attivi vegetali (VAP, tutelato da brevetto europeo) che ha permesso l'eliminazione del cattivo odore.

I formulati chimici per la macerazione sono largamente usati, principalmente per la loro stabilità chimica, i bassi costi e la buona riuscita del prodotto, ma il loro impiego desta crescenti preoccupazioni a causa dell'elevato contenuto di ammonio e della scarsa biodegradabilità. Infatti, la fase di macerazione del cuoio grezzo è quella che genera la maggior parte del carico di ammonio presente nei reflui della lavorazione delle pelli.

I risultati del lavoro del nuovo agente macerante hanno soddisfatto le aspettative iniziali.

Il prodotto tecnico ottenuto ha mostrato una buona efficacia come agente macerante, con un'attività proteolitica congrua allo standard necessario durante la macerazione delle pelli. Sia a livello di laboratorio che semi-industriale, il progetto ha mostrato l'applicabilità di questa tecnica, in termini di qualità del

prodotto finale e di riduzione dell'impatto ambientale: le pelli finite non presentano alcun odore e appaiono del tutto simili a quelle ottenute con metodi tradizionali.

All'inizio del progetto è stato condotto uno studio sulle caratteristiche enzimatiche delle deiezioni avicole, adatte alla specifica applicazione innovativa alla fase di concia, ed è stato dimostrato un trattamento innovativo in grado di deodorare le deiezioni avicole e accelerare il processo di maturazione del materiale di scarto. Sono state inoltre effettuate caratterizzazioni chimico-fisiche e test microbiologici per accertare l'assenza di rischio biologico per gli operatori.

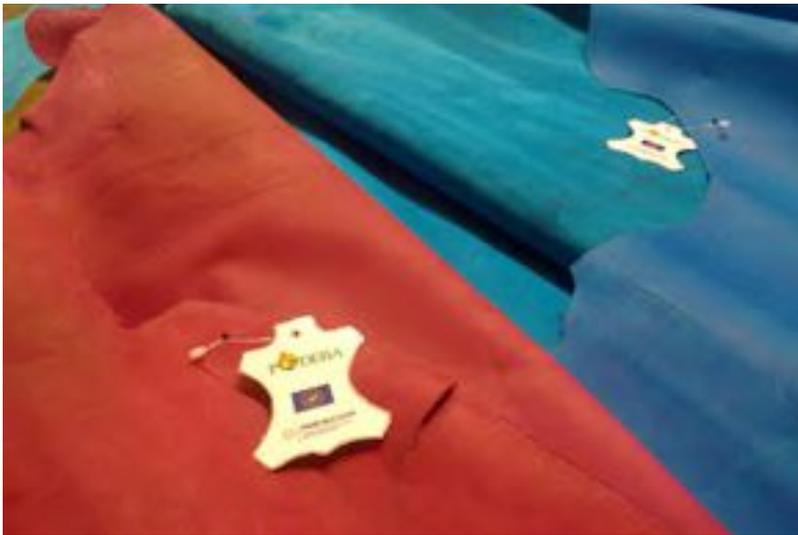


Figura 1  
Campioni di pelli prodotte con il metodo PODEBA

Oltre a rappresentare un caso di simbiosi industriale (rifiuto di un settore che diventa risorsa per un altro), questo nuovo procedimento genera benefici sia economici che per l'ambiente:

- per l'allevatore di polli: la pollina diventa risorsa

da vendere piuttosto che scarto da smaltire, con conseguente guadagno economico (risparmio sui costi di smaltimento e aumento dei ricavi dalla vendita delle deiezioni alle concerie);

- per la conceria: risparmio sul costo dell'agente macerante (circa il 30% in meno) e sul costo del trattamento delle acque reflue (40% in meno di azotati e 80% in meno di solfuri);
- per i produttori di manufatti in pelle: possibilità di ampliare i loro mercati con prodotti "green";
- per i consumatori: minor impiego di sostanze tossiche nei prodotti acquistati.

Test di laboratorio e prove pre-industriali sulla caratterizzazione tecnica e fisica delle pelli macerate col metodo PODEBA hanno dimostrato che la loro qualità è conforme ai valori consigliati per la produzione di calzature, indumenti, accessori, arredi e agli standard Eco-Label per la produzione di calzature. I campioni ottenuti hanno un aspetto adeguato, pienezza e fermezza. La qualità delle pelli prodotte è notevole e esattamente paragonabile ai tradizionali articoli prodotti con processi standard, anche superiori nel caso di pelli particolarmente delicate.

Sempre nel campo dello smaltimento delle eccedenze di pollina negli allevamenti avicoli, un contributo innovativo viene dal progetto FERPODE (cofinanziato dall'Unione Europea nell'ambito di "Progetti pilota e progetti di prima applicazione commerciale nel campo dell'innovazione e dell'eco-innovazione" - Cip Eco-innovation), nato allo scopo di porre sul mercato un nuovo fertilizzante organico di alta qualità, ottenuto da un uso combinato di deiezioni avicole - appunto la pollina di ovaiole - e principi attivi vegetali (PAV, brevetto europeo di un'azienda italiana).



Figure 2-3-4  
Articoli in pelle realizzati con il metodo PODEBA



Figura 5  
Peperoni concimati col fertilizzante FERPODE (sinistra) e convenzionale (destra)

Partner del progetto FERPODE sono le aziende italiane AMEK Scrl, CGS di Coluccia Michele & C. Sas e Fattoria Soldano di Maurizio Soldano, con le spagnole Automatica y Control Numerico S.L. e Proyeccion Europlan XXI S.L. L'Unità Tecnica Tecnologie dei Materiali Faenza ha contribuito in questo ambito alla realizzazione dell'impianto pilota e alla definizione del suo piano di monitoraggio.

L'innovazione di questa tecnologia sta principalmente nell'aggiunta di estratti vegetali (del tutto naturali) ad un sottoprodotto d'allevamento, la pollina e in un trattamento semplificato, che può essere realizzato anche presso l'allevamento, con tutti i vantaggi che ne conseguono. Le caratteristiche peculiari del "nuovo" fertilizzante sono: tenore di carbonio organico elevato, ridotta salinità, azoto (N) a lento rilascio e conferimento ai suoli di elevata ritenzione idrica. Questo fa sì che possa essere utilizzato anche per suoli poveri di sostanza organica e consente di ridurre i consumi di acqua. Contenendo anche fosforo, riduce la necessità di apporti da fertilizzanti fosfatici, spesso ottenuti da risorse naturali non rinnovabili e limitate.

Globalmente, considerando le fasi di produzione e

di uso, i benefici ambientali del nuovo fertilizzante, rispetto alla fertilizzazione minerale, sono riconducibili: alla riduzione del potenziale di riscaldamento globale (40-60% GWP), all'attenuazione del potenziale di assottigliamento dello strato di ozono (73% ODP), alla riduzione dei potenziali di acidificazione (40-55% AP) e di eutrofizzazione (30% EP); questo ultimo include gli impatti dovuti all'aumento della concentrazione di nutrienti nell'ambiente.

Le prove agronomiche condotte con il nuovo fertilizzante su orticole (peperone, patata, pomodoro) e melone, cocomero e agrumi hanno mostrato:

- rese produttive e qualità dei prodotti almeno pari a quelle ottenute con la migliore fertilizzazione minerale e organo minerale;
- effetti sul suolo, con incremento della sostanza organica e della disponibilità dei nutrienti (in particolare, fosforo e potassio).

Per approfondimenti: [alice.dallara@enea.it](mailto:alice.dallara@enea.it)

Alice Dall'Ara, Sergio Sangiorgi  
ENEA, Unità Tecnica Tecnologie dei Materiali Faenza

Maria Teresa la Peruta  
AMEK Scrl



## Frazionamento sostenibile di biomolecole per usi alimentari, cosmetici e farmaceutici: estrazione a fluidi supercritici

G. P. Leone, D. Ferri

Da anni il Laboratorio di Innovazione Agro-industriale (UTAGRI-INN) dell'ENEA propone attività di ricerca e sviluppo di processi estrattivi con fluidi supercritici (SFE, Supercritical Fluid Extraction), puntando sulle caratteristiche di sostenibilità del processo. La tecnica, infatti, non fa uso di solventi organici, ha ridotti consumi energetici e richiede un numero di step di processo inferiori rispetto alle estrazioni tradizionali. Il processo risponde, inoltre, ai requisiti imposti dalla normativa per gli usi alimentari, cosmetici e farmaceutici degli estratti.

Le estrazioni SFE si basano sull'uso come solvente di un gas in condizioni di pressione e temperature superiori ai rispettivi valori critici: nello stato supercritico il fluido esibisce elevata densità e bassa compressibilità, proprie di un classico solvente liquido, elevata diffusività e bassa viscosità, tipiche di un gas. In termini di potere di solvatazione, essendo questa caratteristica direttamente dipendente dalla densità, accade che, per soluti di simile polarità molecolare, il fluido supercritico possa essere considerato un ottimo solvente, capace di sciogliere quantità di sostanza paragonabili a quelle ottenute con eguali quantità di solventi organici. Allo stesso tempo, le ottime capacità di trasporto rendono possibile una più facile penetrazione all'interno delle matrici, consentendo l'estrazione di soluti posti anche ad una certa distanza dalla superficie, con vantaggi in termini di alte rese estrattive e tempi di estrazione ridotti.

Benché siano molte le specie che possono essere spinte in condizioni supercritiche, nella prassi il fluido più comunemente impiegato è il biossido di carbonio ( $\text{SC-CO}_2$ ), poiché esso ha un punto critico ( $T_c = 31,08 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $P_c = 73,8 \text{ bar}$ ) che consente di lavorare con temperature e pressioni relativamente blande, come quelle comunemente utilizzate nei normali impianti industriali, e ciò risulta particolarmente utile sia in termini energetici che per la possibilità di ridurre la degradazione nel caso di estrazione di sostanze termolabili. Inoltre, nella fase di separazione è possibile riportare l'anidride carbonica in condizioni gassose, consentendo il rilascio totale di tale gas da

parte dell'estratto, che dunque risulterà esente dalla presenza di residui di qualsiasi natura. Infine, il biossido di carbonio è atossico, inerte chimicamente, non infiammabile, non esplosivo e poco costoso.

Il frazionamento di liquidi e solidi tramite SFE può essere ottenuto se i costituenti della matrice da frazionare differiscono per volatilità (sono più solubili i composti con più alta tensione di vapore), massa (la pressione necessaria per l'estrazione aumenta con il peso molecolare dei composti) e polarità (un fluido supercritico apolare come l'anidride carbonica è in grado di solubilizzare solo composti apolari): in base a queste considerazioni, attraverso la fase sperimentale è possibile individuare condizioni operative che saranno reputate ottimali in quanto in grado di privilegiare l'estrazione delle molecole di interesse. Questo consente una maggiore purezza dell'estratto ottenuto e, in ultima analisi, una riduzione dei costi e dei tempi di lavorazione, evitando di dover procedere alla purificazione di un estratto grezzo. Lo stesso obiettivo (maggiore purezza dell'estratto) può essere inoltre perseguito attraverso l'impiego di impianti pilota dotati di una sezione di separazione costituita da più vessel estrattivi in serie, dal momento che essi, posti in condizioni di pressione e temperatura differenti, consentono un rilascio frazionato (separazione frazionata) dei costituenti dell'estratto.

In conclusione la SFE costituisce un'alternativa importante ai tradizionali processi di estrazione da matrice solida e liquida come la distillazione frazionata, la distillazione in corrente di vapore, l'estrazione con solventi organici.

All'interno della Hall Tecnologica UTAGRI-INN (Figura 1) del Centro Ricerche ENEA Casaccia sono presenti due impianti che consentono processi estrattivi su scala pilota di matrici solide (vessel: 700 ml - 4 litri) e matrici liquide (colonna piatti forati: 13 litri), sfruttando anche le potenzialità della separazione frazionata. In collaborazione con il Centro di Innovazione Integrato Agrobiopolis del Centro Ricerche ENEA La Trisaia (Rotondella, MT) è possibi-



Figura 1  
HALL Tecnologica UTAGRI-INN

le, inoltre, accrescere la scala estrattiva sino a quella pre-industriale.

Tra le attività realizzate nel Laboratorio UTAGRI INN può essere annoverata l'estrazione di olio arricchito in  $\alpha$ -tocoferolo a partire da *vinaccioli* essiccati, scarto dell'industria vinicola (Figura 2). L' $\alpha$ -tocoferolo si caratterizza per l'elevato potere antiossidante, inibendo stress ossidativi coinvolti nell'invecchiamento, e per gli effetti protettivi nei confronti delle malattie coronariche inibendo l'ossidazione LDL: essendo una molecola liposolubile, essa risulta facilmente estraibile con SC-CO<sub>2</sub> in alternativa all'estrazione con esano, rappresentando di fatto un prodotto in grado di avere un intrinseco valore commerciale nel settore nutraceutico e/o cosmetico. I tocoferoli, infatti, possono essere aggiunti agli alimenti per la stabilizzazione degli acidi grassi polinsaturi. L'aggiunta di tocoferoli in forma di miscele è un modo efficace per migliorare la stabilità ossidativa degli oli, perché nelle miscele essi si proteggono e si rigenerano l'un l'altro. L'integrazione di  $\alpha$ -tocoferolo è particolarmente adatta a gruppi di soggetti a rischio di stress ossidativi (es. fumatori, pazienti diabetici, atleti).

Nella stessa ottica vanno annoverate le campagne esplorative volte allo studio del processo di estrazione di olio da *semi di canapa*: da tali semi si estrae un olio caratterizzato da un elevato contenuto in acidi grassi polinsaturi (PUFA), tra i quali alcuni acidi gras-

si essenziali come l'acido linoleico e  $\alpha$ -linolenico che non possono essere sintetizzati dai mammiferi e devono essere introdotti attraverso la dieta. Gli acidi grassi essenziali sono materie prime dei lipidi strutturali e sono precursori di sostanze biochimiche che regolano molte funzioni del corpo. Recenti ricerche hanno infatti evidenziato che i PUFA, con diversi meccanismi, svolgono funzioni metaboliche indispensabili, consentendo la formazione di molecole che intervengono positivamente nei processi infiammatori. Oltre ad avere effetti positivi sulle sindromi carenziali, si è dimostrato che i PUFA hanno un'attività più ampia, che comprende funzioni plastiche, strutturali, funzionali.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) da anni raccomanda l'assunzione di omega 6 e omega 3 in rapporto da 3:1 a 5:1. L'olio di semi di canapa, come l'olio di pesce, contiene naturalmente omega 6 e omega 3 nel rapporto ottimale di 3:1 e la sua assunzione non ha controindicazioni. L'olio di canapa contiene, inoltre, tocoferoli ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tocoferolo e plastochromanolo-8 (P-8), un derivato di  $\gamma$ -tocotrienolo), sostanze ad attività antiossidante che agiscono impedendo l'ossidazione degli acidi grassi insaturi e che riducono il rischio di malattie cardiovascolari. L'estrazione di olio dai semi di *Cannabis sativa* è generalmente eseguita con sistemi di spremitura a freddo o impiegando solventi organici con fattori limitanti, legati sia al recupero della frazione oleosa che alla sostenibilità ambientale. In tal senso, il Laboratorio UTAGRI-INN ha svolto lavori di ricerca e sviluppo sull'estrazione di tali oli con SFE, dimostrando che tale tecnica estrattiva le ha rese comparabili con le tecniche tradizionali e, a determinate condizioni operative, prodotti finali con maggiore stabilità ossidativa.



Figura 2  
Vinaccioli essiccati



Figura 3  
Impianto pilota Luwar

L'uso dell'impianto pilota Luwar (Figura 3), dotato di tre separatori in serie, ha inoltre permesso di arrivare ad una formulazione maggiormente pura dell'estratto finale grazie alla separazione della frazione oleosa dalla frazione cerosa co-estratta.

Il *narciso* è una pianta erbacea bulbosa della famiglia delle amarillidacee dai cui fiori (Figura 4) è possibile ricavare un olio essenziale impiegato nell'industria profumiera, per il suo caratteristico bouquet, che ne permette l'utilizzo nelle note di testa di molti profumi. Allo scopo di perseguire un'innovazione di processo/prodotto e al contempo di valorizzare una coltura locale (*Narcissus poeticus* di Rocca di Mezzo), sono state poste in essere delle campagne sperimentali di estrazione di tale olio attraverso tecniche tradizionali e tecniche SFE, arrivando a dimostrare che in quest'ultimo caso le rese estrattive sono comparabili con quelle ottenute con solvente organico. L'adozione di un primo separatore a  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ha permesso di ottenere un prodotto finale privo di cere, eliminando così la necessità di successive separazioni con solventi.

La caratterizzazione dell'estratto SFE, effettuata con analisi GC/MS, ha dimostrato infine che gli estratti SFE contengono tutti i principali composti trovati nel caso di estrazioni con esano. La maggiore sostenibilità ambientale del processo supercritico ci consente di valutare positivamente l'adozione di tale tecnica al fine della valorizzazione del narciso di Rocca di Mezzo.

Sempre relativamente alla pianta di narciso, ma con attenzione al suo bulbo (Figura 5), sono state effettuate campagne di ricerca volte all'uso comparato di

SFE e altre tecniche tradizionali ai fini dell'estrazione di molecole di interesse farmacologico, tra cui la galantamina, considerata un importante agente terapeutico per il trattamento sintomatico del morbo di Alzheimer. Le attività di ricerca dell'ENEA si pongono in questo senso il duplice obiettivo di rispondere alla domanda crescente di principi attivi da matrici vegetali e di arrivare a prodotti innovativi, basati su una miscela di estratti vegetali che, grazie alla loro azione sinergica, spesso risultano avere un'azione farmacologica più efficace e duratura nei confronti delle monoterapie.

Molecole di forte interesse possono essere contenute anche in scarti agro-industriali quali *bucce e semi di pomodoro* (Figura 6) da cui si può estrarre il licopene, un carotenoide che mostra un elevato potere antiossidante, in virtù della sua struttura achilica, del numero di doppi legami coniugati e della sua elevata idrofobicità. In generale i carotenoidi sono efficaci antiossidanti, grazie alla loro azione di *scavenger* di radicali liberi. Tra i carotenoidi il licopene sembra essere il più efficiente *oxygen quencher*, grazie alla presenza di due ulteriori doppi legami rispetto alla struttura degli altri carotenoidi. Il licopene, come altri carotenoidi, ha attività di prevenzione dei tumori, in particolare quello della prostata. Da una semplice estrazione SFE, senza dover ne-



Figura 4  
Narciso



Figura 5  
Bulbo del narciso

cessariamente fare ricorso ad una separazione frazionata, si ottiene una miscela di composti naturali in cui, oltre al licopene, sono presenti antiossidanti, vitamine, amminoacidi ed altre sostanze, molto importanti per la salute umana.

Possibili future attività del Laboratorio UTAGRI-INN nel campo dell'estrazione di biomolecole di interesse, potranno riguardare l'estrazione di astaxantina dall'*Haematococcus pluvialis*, una microalga verde appartenente alla classe Cloroficeae. L'*Haematococcus pluvialis*



Figura 6  
Bucce e semi di pomodoro

in condizioni di stress accumula grandi quantitativi di astaxantina nel citosol. Questo aspetto risulta di grande interesse in quanto il potere ossidante dell'astaxantina è parecchie volte più forte di quello di qualsiasi altro carotenoide, come zeaxantina, cantaxantina,  $\beta$ -carotene, luteina e fino a 500 volte più forte della vitamina E. Inoltre, ha un'attività contro l'infiammazione, il cancro, l'invecchiamento e le malattie legate all'età, e rafforza l'apparato immunitario. L'astaxantina appartiene ai carotenoidi, la sua molecola ha una forma estesa con una struttura polare (idrofila) ad entrambe le estremità e una zona non polare (idrofobica/lipidica) nel centro, e per le sue caratteristiche è solubile in SC-CO<sub>2</sub>.

Per approfondimenti: gianpaolo.leone@enea.it - donatella.ferri@enea.it

**Gian Paolo Leone, Donatella Ferri**  
ENEA, Unità Tecnica Sviluppo Sostenibile e Innovazione del Sistema  
Agroindustriale, Laboratorio Innovazione Agro-Industriale



# ridurre gli input chimici ed energetici in agricoltura mediante tecniche agronomiche innovative

S. Arnone, S. Musmeci, P. Nobili, R. Sasso, M. Cristofaro, A. Letardi

Applicare conoscenze e tecnologie innovative in agricoltura può contribuire notevolmente a mitigare i possibili effetti ambientali negativi del comparto primario, riducendo l'uso di acqua e sostanze chimiche, chiudendo i cicli di energia e materia riutilizzando gli scarti. Tali effetti sono ulteriormente incentivati in agricoltura biologica, in particolare mediante l'applicazione di pratiche di lotta biologica nel settore primario. Tra i più recenti esempi di tali innovazioni tecnologiche, alle quali il laboratorio Gestione Sostenibile degli Agroecosistemi dell'Unità Tecnica Sviluppo Sostenibile ed Innovazione del

Sistema Agroindustriale dell'ENEA ha contribuito, segnaliamo la validazione in campo di un semplice sistema per la concentrazione di predatori presso focolai di fitofagi in colture arboree; in collaborazione con il dipartimento di Chimica dell'Università di Camerino e con il Centro di ricerca per la frutticoltura di Roma sono state individuate varietà di pesco con promettenti capacità difensive nei confronti dell' "insetto patogeno chiave" di questa coltura (la mosca mediterranea della frutta *Ceratitis capitata*); analoghi risultati, nel recente passato, sono stati raggiunti anche per varietà di patata con resistenza alla tignola di questa solanacea, *Phthorimaea operculella*.

Di particolare interesse, come esempio di "risposta integrata" ad un fitopatologia emergente dovuta ad un insetto "alieno" recentemente introdotto in Italia, è l'applicazione di una tecnologia come quella dell'insetto sterile (o SIT, ovvero Sterile Insect Technique), storicamente molto sviluppata ed utilizzata per diverse azioni di ricerca e trasferimento tecnologico in ENEA, al problema causato dal punteruolo rosso delle palme, *Rhynchophorus ferrugineus*, un coleottero proveniente dall'area subtropicale melanesiana, in grado di danneggiare pesantemente diverse specie di alberi, in particolare del gruppo delle palme. Svariati aspetti di tale applicazione tecnologica

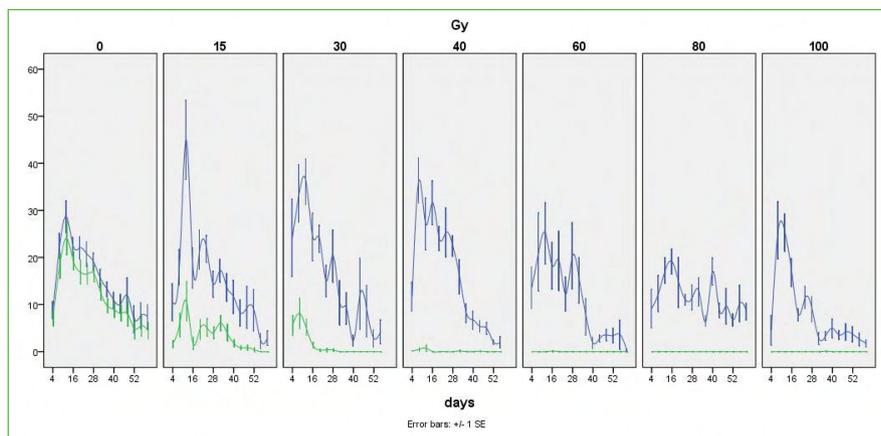


Figura 1 Risultati dei test di sterilità femminile dopo l'accoppiamento con maschi di ceppo selvatico e maschi irradiati con diverse dosi di raggi  $\gamma$   
N.B.: le linee blu rappresentano il numero di uova (fecondità), quelle verdi il numero di uova che si schiudono (fertilità)



Figura 2 Supporto mobile di concentrazione delle ovo deposizioni di un predatore di fitofagi di colture arboree

sono stati messi a punto negli ultimi anni nei nostri laboratori, dimostrando come tale approccio possa essere efficace per il controllo del danno provocato da tale insetto e come ciò possa essere trasferito alla gestione preventiva del danno provocato da altri organismi animali e vegetali che, provenendo da altre zone del mondo, colonizzano il territorio nazionale senza trovare antagonisti naturali, in programmi di gestione ad ampio raggio (area-wide program).

Per approfondimenti:  
agostino.letardi@enea.it

Silvia Arnone, Sergio Musmeci, Paola Nobili, Raffaele Sasso, Massimo Cristofaro, Agostino Letardi  
ENEA, Unità Tecnica Sviluppo Sostenibile ed Innovazione del Sistema Agroindustriale, Laboratorio Gestione Sostenibile degli Agroecosistemi

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

G. P. Leone, C. Russo

Le tecnologie di filtrazione tangenziale a membrana sono tecniche separative basate sull'impiego di filtri semipermeabili attraverso i quali, sotto una forza spingente, è possibile ottenere la separazione di componenti sospese o in soluzione in funzione delle loro caratteristiche dimensionali e/o chimico-fisiche.

In Figura 1 è riportata una rappresentazione esemplificativa del meccanismo di trasporto e della capacità selettiva nei processi a membrana.

La forza spingente in grado di generare le separazioni attraverso la membrana può essere una pressione idraulica, un potenziale chimico (osmosi), un gradiente di concentrazione (dialisi), una differenza di temperatura (pervaporazione), un potenziale elettrico (elettrodialisi).

I processi più diffusi sono quelli che utilizzano la pressione idraulica come forza spingente, e le tecnologie di membrana prendono il nome di Microfiltrazione (MF), Ultrafiltrazione (UF), Nanofiltrazione (NF) ed Osmosi Inversa (OI).

Queste quattro tecnologie si differenziano fra loro sia per le specifiche tecniche delle membrane impiegate, sia per le condizioni di processo da applicare.

In estrema sintesi: la MF trattiene particellato, molecole grasse, batteri con dimensioni dell'ordine del micron; l'UF trattiene macromolecole come proteine, colloidi fino ad una dimensione molecolare di circa 1 kDalton; la NF trattiene molecole organiche e inorganiche con peso molecolare superiore a circa 200 Dalton (zuccheri e sali bi e trivalenti); l'OI trattiene anche gli ioni monovalenti e lascia passare solo la molecola dell'acqua. Sfruttando le diverse capacità selettive, è possibile operare con le varie tecnologie di membrana in successione al fine di frazionare una matrice nelle sue componenti e permettere un riutilizzo specifico.

Le tecnologie di membrana sono tecniche separative

pulite e a basso consumo energetico, particolarmente indicate per applicazioni nel settore agro-alimentare. Nei processi separativi a membrana non viene impiegato calore: la filtrazione può avvenire anche a basse temperature in modo da non danneggiare molecole termolabili. I processi a membrana utilizzano soltanto energia elettrica per il funzionamento delle pompe e non richiedono l'utilizzo di solventi o sostanze chimiche per operare le separazioni richieste.

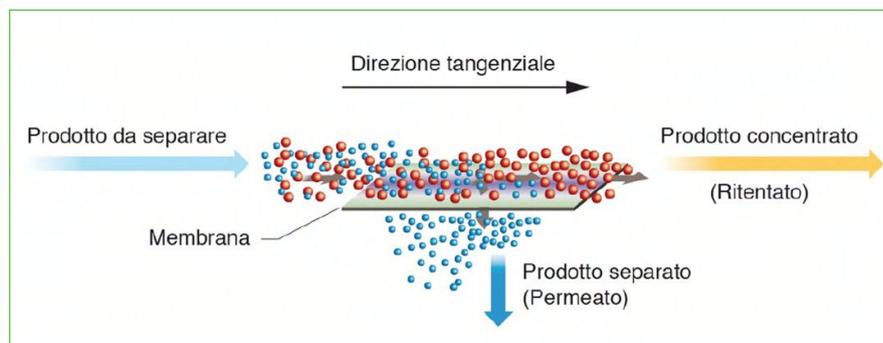


Figura 1  
Schema generale del meccanismo separativo nei processi a membrana

Le tecnologie di filtrazione tangenziale a membrana sono inoltre di semplice utilizzo, modulari e facilmente scalabili favorendo così il trasferimento tecnologico a livello industriale.

In ENEA le prove sperimentali sono realizzate presso la Hall Tecnologica dell'Unità Tecnica Sviluppo Sostenibile e Innovazione del Sistema Agroindustriale – Laboratorio Innovazione Agro-Industriale (UTAGRI-INN) della Casaccia, con impianti pilota operanti in condizione batch (raccolta della frazione permeata e ricircolo della frazione concentrata nel serbatoio di alimentazione), in grado di trattare dalle centinaia a circa mille litri al giorno.

Lo studio di un processo di filtrazione a membrana è finalizzato alla sua ottimizzazione. La ricerca sperimentale comporta l'individuazione della membrana (conformazione, materiale, taglio molecolare) necessa-

ria per realizzare le separazioni desiderate e dei vari parametri di processo (pressione di trans-membrana, velocità di scorrimento sulla superficie di membrana, rapporto volumetrico di concentrazione ecc.) al fine di aumentare la produttività e ridurre lo sporcamento di membrana.

### Attività sperimentali ENEA

Presso i laboratori del Centro Ricerche ENEA della Casaccia, nell'ambito delle attività programmatiche dell'Unità UTAGRI, sono stati studiati e messi a punto diversi processi di filtrazione a membrana nel settore agro-alimentare.

Le problematiche sono state studiate seguendo una visione sostenibile d'insieme, cercando sempre di accoppiare il trattamento depurativo a quello di recupero e riutilizzo di acqua e componenti ad alto valore aggiunto. Fine ultimo delle attività di ricerca condotte è chiudere il ciclo di una filiera produttiva, garantendo uno scarico zero e trasformando di fatto un così detto scarto in materia prima, dalla quale ottenere nuovi prodotti.

Di seguito sono descritti alcuni esempi di processi studiati e messi a punto in ENEA, suddivisi per settori di intervento.



Figura 2  
Hall Tecnologica UTAGRI-INN presso il Centro Ricerche Casaccia dell'ENEA

### Settore lattiero-caseario

Le tecnologie di membrana sono impiegate nel settore lattiero-caseario da decenni con molteplici finalità.

L'ENEA ha sviluppato ed ottimizzato processi specifici per la produzione di lattici speciali e il trattamento degli effluenti prodotti nel processo di caseificazione, siero di latte e scotta.

Relativamente alla produzione di lattici speciali, in crescita a fronte di un continuo calo di vendite di latte fresco, la capacità selettiva delle tecnologie di membrana permette di frazionare il latte e di intervenire in maniera mirata per arricchirlo o privarlo di componenti, facendo fronte così alle diverse esigenze dei consumatori.

In relazione agli effluenti prodotti nel processo di caseificazione, siero di latte e scotta sono difficilmente smaltibili per l'elevato carico inquinante (COD - Domanda Chimica di Ossigeno - di circa 60 g/L di O<sub>2</sub>) e la difficile degradazione del lattosio. A volte il siero di latte è destinato all'alimentazione animale, più spesso deve essere smaltito con notevoli problemi ambientali.

L'ENEA ha ottimizzato un processo con tecnologie di membrana di frazionamento del siero di latte/scotta nelle loro principali componenti: sieroproteine/peptidi, lattosio, sali minerali ed acqua.

Le sieroproteine possono essere riutilizzate nell'industria alimentare o come integratore proteico, altrimenti possono essere idrolizzate per produrre peptidi bioattivi; il lattosio può essere trasformato per via enzimatica in galatto-oligosaccaridi (GOS), per via chimica o enzimatica in lattulosio, per ossidazione o a seguito di processi fermentativi in acido lattobionico o alcol etilico, tutte molecole con proprietà bioattive o di interesse commerciale; l'acqua pura recuperata può essere riutilizzata come base per la formulazione di nuove bevande con notevole ritorno economico.

### Acque di vegetazione olearie

Le acque di vegetazione (AV) sono i reflui originati dal processo di molitura delle olive in frantoi operanti a tre fasi, ossia con la produzione di olio, sanse ed AV.

Lo smaltimento delle AV è uno dei maggiori problemi dell'agro-industria. Le AV hanno un COD di circa 100 g/L di O<sub>2</sub>, pH acido ed un elevato contenuto in polifenoli, molecole anti-ossidanti fitotossiche e batteriostatiche.

Tali caratteristiche rendono particolarmente difficoltoso lo spargimento delle AV sui terreni agricoli, con rischi di desertificazione ed inquinamento di falde acquifere.

D'altra parte i polifenoli delle olive, l'idrossitirosole, oleuropeina, verbascoside ecc., sono molecole con spiccate proprietà bio-attive sulla salute umana.

L'ENEA ha brevettato un processo di trattamento (WO2005123603A1), incentrato sul frazionamento delle AV con tecnologie di membrane, al fine di recuperare e riutilizzare separatamente la componente polifenolica, il resto della sostanza organica e l'acqua derivante dalle olive.

La sostanza organica impoverita o priva del contenuto

polifenolico può essere impiegata per la produzione di biogas in processi di fermentazione anaerobica.

I polifenoli possono essere impiegati come conservanti naturali nell'industria alimentare, antibiotici naturali per la mangimistica o nel settore farmaceutico come farmaco naturale.

L'acqua "vegetale" recuperata dalle olive può essere reimpiegata come base per la formulazione di bevande.

### Vinacce/vinaccioli

La vinaccia è lo scarto di vinificazione costituita principalmente dalle bucce e dai vinaccioli dell'uva. Le vinacce generalmente si usano come materia prima per la produzione della grappa.

Un alternativo e vantaggioso riutilizzo riguarda in particolare i vinaccioli, ancora integri e non sfruttati nel processo fermentativo. Le bucce della vinaccia possono essere reimpiegate come fonte di fibra nel settore alimentare o nella mangimistica; dai vinaccioli è possibile estrarre attraverso processi meccanici l'olio costituito principalmente di acido linoleico ed oleico e contenente tocoferoli e polifenoli; dal pannello esausto rimanente dopo l'estrazione dell'olio è possibile, con tecnologie di membrana, concentrare e purificare i polifenoli presenti.

I polifenoli contenuti nei vinaccioli (flavanoli, tra i quali (+)-catechina e (-)-epicatechina e i loro polimeri proantocianidine) sono largamente utilizzati nel settore alimentare e cosmetico per le spiccate proprietà bioattive, garantendo notevoli ritorni economici da una matrice altrimenti non sfruttata.

L'estratto acquoso del pannello esausto ottenuto a seguito dell'estrazione dell'olio, dopo un eventuale processo di centrifugazione per recuperare le frazioni di olio rimanenti, può essere chiarificato in MF e concentrato in OI. Per purificare i polifenoli presenti e aumentarne il titolo nei semi-lavorati prodotti con le tecnologie di membrana, è possibile operare in UF ed in NF come stadi intermedi prima della concentrazione in OI.

### Estrazione, concentrazione e purificazione di steviol-glicosidi da foglie di *Stevia Rebaudiana Bertoni*

La *Stevia Rebaudiana Bertoni* è una pianta originaria del

Sud America contenente nelle sue foglie steviol-glicosidi, composti estremamente dolci e non calorici. Tra questi i più abbondanti sono stevioside e rebaudioside A. Il rebaudioside A è più dolce dello stevioside, con un potere dolcificante circa 300 volte superiore a quello del glucosio e senza il caratteristico retrogusto amaro tipico dello stevioside.

L'interesse per gli steviol-glicosidi è in continua crescita a livello internazionale, per il loro uso come sostituti degli attuali dolcificanti di sintesi, soprattutto per consumatori affetti da particolari patologie.

Le tecnologie di membrana, a partire da estratti acquosi di foglie di Stevia, permettono di concentrare e purificare gli steviolglicosidi dalle restanti componenti organiche, comunque di interesse commerciale.

L'estratto acquoso delle foglie di Stevia è chiarificato in MF per rimuovere i solidi sospesi; il permeato di MF è trattato in UF per rimuovere macromolecole ed in particolare il contenuto proteico; gli steviol-glicosidi recuperati nel permeato di UF sono purificati del contenuto polifenolo e salino operando in NF; in OI è possibile concentrare i polifenoli permeati in NF.

I solidi sospesi rimossi nel concentrato di MF possono essere destinati al compostaggio o alla produzione di biogas; il contenuto proteico recuperato come concentrato di UF e quello polifenolico ottenuto come concentrato di OI possono essere reimpiegati nel settore alimentare; gli steviol-glicosidi concentrati in NF sono destinati a sostituire i dolcificanti di sintesi.

Per aumentare le possibili applicazioni alimentari degli steviol-glicosidi è importante ridurre il retrogusto amaro. Attualmente la separazione di stevioside da rebaudioside A, privo del retrogusto amaro, avviene per cristallizzazione o per cromatografia. Ricerche in corso in ENEA stanno valutando la possibilità di separare con tecnologie di membrana gli steviol-glicosidi fra loro.

*Per approfondimenti:* gianpaolo.leone@enea.it - claudio.russo@enea.it

**Gian Paolo Leone,**  
ENEA, Unità Tecnica Sviluppo Sostenibile e Innovazione del Sistema Agroindustriale,  
Laboratorio Innovazione Agro-Industriale

**Claudio Russo**  
ENEA, Unità Tecnica Modelli, Metodi e Tecnologie per le Valutazioni Ambientali



# Controllo biologico delle specie aliene invasive in agricoltura

di G. Calvitti, R. Moretti, E. Lampazzi

## Introduzione

La produzione agricola in Europa deve affrontare diverse sfide tra le quali una limitata disponibilità d'acqua, di azoto in ingresso e di combustibili fossili. Si rende necessario, pertanto, individuare metodi di produzione e nuove tecnologie in grado di aumentare l'efficienza dei sistemi primari, garantendo quantità di cibo, qualità, sicurezza ed eco-sostenibilità.

Uno degli aspetti più importanti, anche se spesso sottovalutato in rapporto all'intera filiera agro-alimentare, è la gestione delle avversità biologiche delle colture agricole dovute a fitofagi, fitomizi o patogeni con potenzialità invasive già presenti sul territorio o di recente origine aliena. In questo ambito, due principali obiettivi devono essere realizzati allo stesso tempo: ridurre le perdite produttive e tutelare l'agro-ecosistema.

Per soddisfare queste aspettative, a partire dal primo gennaio 2015 tutte le aziende agricole dei Paesi dell'Unione Europea sono vincolate all'applicazione dei principi della Difesa Integrata, come indicato dalla direttiva sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (128/09/Ce). A fronte delle restrizioni nell'uso di pesticidi che conseguono all'applicazione di questa direttiva, la messa a punto di efficienti metodi di difesa delle colture assume maggior rilievo rispetto agli ultimi decenni. Questa rinnovata importanza rende necessario un approccio moderno, innovativo, basato oltre che sui principi tradizionali della Lotta Integrata, così come enunciati nell'allegato III della direttiva (128/09/Ce), anche sull'applicazione di tecnologie classiche di eradicazione-soppressione (SIT) implementate da nuove acquisizioni in ambito biotecnologico, informatico-modellistico e del telerilevamento.

Tra gli esempi più eclatanti di questa nuova realtà dobbiamo citare la ripresa di infestazioni assai gravi della mosca mediterranea della frutta *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), con perdite che in taluni casi ammontano a più del 50% della produzione di frutti come pesche, albicocche e kiwi (comunicazione personale, presidente FRU.CA.R 2000, Frutticoltori Castelli Romani).

Non meno preoccupante è anche il comportamento di un altro dittero tefritide: la mosca dell'olivo *Bactrocera*

*oleae*. Il 2014 è stato infatti definito l'anno nero dell'olio italiano a causa di forti infestazioni di questa mosca, in buona parte imputabili alle particolari circostanze climatiche caratterizzate da un'estate molto piovosa. Inoltre è ancora piena l'emergenza per una nuova grave fitopatologia degli olivi descritta come "Complesso del Disseccamento Rapido dell'olivo" (CoDiRo), segnalata dal 2013 in Puglia e attribuita primariamente a *Xylella fastidiosa*, temuto batterio fitopatogeno trasmesso da insetti. Tale batterio non era mai stato segnalato prima nella regione euro-mediterranea e costituisce una minaccia per l'intero patrimonio olivicolo nazionale e mediterraneo.

A queste emergenze, che riguardano direttamente le filiere agro-alimentari, dobbiamo aggiungere il diffondersi, in buona parte associato anche al cambiamento climatico, di organismi vettori il cui trattamento chimico estensivo inevitabilmente contamina l'ambiente, le catene produttive alimentari e quindi la nostra salute.

Negli ultimi 20 anni abbiamo assistito al caso esemplare di *Aedes albopictus* (zanzara tigre), originaria del Sud-Est asiatico ma ora presente sia nel Nord America che in Europa. In Italia, la specie ha già raggiunto la sua massima espansione verso nord raggiungendo le regioni alpine, e nel 2007 è stata responsabile della prima epidemia di Chikungunya in Europa (207 casi) nell'area riminese. L'epidemia è stata debellata mediante un trattamento insetticida estensivo, che non ha certo risparmiato anche territori a vocazione agricola.

## Il contributo della ricerca in ENEA

In risposta a questa ed altre nuove emergenze entomologiche di carattere fitosanitario e medico-veterinario, ricercatori entomologi del "Laboratorio gestione sostenibile degli Agro-Ecosistemi" dell'ENEA hanno indirizzato le proprie ricerche verso lo sviluppo di sistemi innovativi per il controllo ecosostenibile di specie di insetti invasive sia in ambito agrario che sanitario.

È innegabile che, con i moderni mezzi di monitoraggio ed analisi di cui disponiamo oggi (GIS, modellistica, telerilevamento), lo sviluppo di programmi territoriali di controllo ed eradicazione dei più importanti insetti pa-

rassiti stia andando incontro ad un forte rilancio in tutto il mondo, in molti casi con il coordinamento dell'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica (IAEA).

In questo contesto l'ENEA riveste una posizione di rilievo per la sua indiscussa esperienza. Infatti, va ricordato che negli anni 70 è stato sviluppato, presso il Centro Ricerche Casaccia, uno dei progetti europei più importanti di "lotta col maschio sterile" contro *C. capitata*, culminato con la realizzazione di una vera e propria biofabbrica per la produzione di maschi (all'incirca un milione a settimana), sterilizzati tramite irraggiamento e poi rilasciati in campo per verificarne la capacità di sterilizzare le femmine selvatiche della specie (sperimentazione condotta nell'isola di Procida).

Le tecniche di eradicazione che a quel tempo furono consolidate dalla ricerca ENEA e basate sull'impiego di radiazioni nucleari ionizzanti per la sterilizzazione dei maschi, sono state recentemente implementate da nuovi approcci biotecnologici. Ad esempio, l'Incompatibilità Citoplasmatica (IC) indotta dal batterio simbiotico *Wolbachia*, naturalmente presente in molte specie di insetti, può consentire di produrre maschi sterili per l'applicazione di strategie di lotta autocida nell'ambito della *Incompatible Insect Technique* (IIT). Questo batterio infatti è in grado di indurre sterilità negli accoppiamenti tra maschi e femmine della stessa specie, determinando la morte embrionale in progenie nata da

incroci tra individui con un differente status infettivo. La possibilità di modificare artificialmente la simbiosi insetto-batterio, attraverso il trasferimento di quest'ultimo da una specie di insetto all'altra, ha permesso ai ricercatori ENEA di ottenere una linea di zanzara tigre (insetto utilizzato come modello) i cui maschi risultano sterili quando si accoppiano con le femmine selvatiche. Tale ceppo di zanzara è oggi in corso di sperimentazione in diversi Centri di ricerca del mondo nell'ambito dei programmi di sviluppo di strategie di lotta autocida a questo temibile vettore di malattie.

I risultati ottenuti sull'insetto modello *Aedes albopictus* permettono di auspicare una simile applicazione su insetti di rilevante importanza agronomica, primo tra tutti la mosca mediterranea della frutta che, come già detto, insieme alla mosca dell'olivo, sta tornando ad essere un vero e proprio flagello per la nostra frutticoltura. Inoltre, nelle prospettive di ricerca ENEA, un ruolo primario avrà anche la possibilità di utilizzare il batterio comune *Wolbachia* per tentare di inibire la capacità vettoriale di specie di insetti che trasmettono fitopatogeni, come ad esempio *Phylloxera vitifoliae*, potenziale vettore di *Xylella fastidiosa*.

Per approfondimenti: [maurizio.calvitti@enea.it](mailto:maurizio.calvitti@enea.it)

**Maurizio Calvitti, Riccardo Moretti, Elena Lampazzi**  
ENEA, Unità Tecnica Sviluppo Sostenibile e Innovazione del Sistema  
Agroindustriale, Laboratorio Gestione Sostenibile degli Agroecosistemi





## Agricoltura sostenibile: fertilizzazione del "neem cake"

Mariani

Il "neem cake" è lo scarto di lavorazione della filiera industriale che produce olio di neem e azadiractina.

L'Unità Tecnica Ambiente Sviluppo Sostenibile ed Innovazione del Sistema Agro-Industriale dell'ENEA ha sviluppato una promettente sperimentazione per promuovere l'uso del neem cake come insetticida e fertilizzante di basso costo in agricoltura sostenibile.

Nel 2006 l'ENEA, in collaborazione con l'Università Sapienza di Roma, con l'Università di Sassari e con l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Regioni Lazio e Toscana, ha partecipato al progetto finanziato dalla Regione Lazio "Bluetongue Biocontrol: controllo delle popolazioni di *Culicoides spp.* mediante uso di prodotti naturali ad azione bioinsetticida", il cui obiettivo generale era lo studio delle potenzialità di applicazione di prodotti a base di neem.

La sperimentazione, *in vitro* ed *in campo*, condotta presso il Centro Ricerche Casaccia dell'ENEA ha dimostrato che il neem cake è una matrice naturale, fonte di molecole e fitoestratti biologicamente attivi, che rappresentano una valida alternativa all'azadiractina, molecola costosa, che si denatura velocemente. I risultati dello studio sono stati pubblicati su riviste internazionali e nazionali e diffusi mediante partecipazione a convegni e al Salone internazionale del biologico e del naturale (SANA) di Bologna.

Conseguentemente, i nostri esperti hanno promosso l'uso del neem cake in:

- a) terreni acquitrinosi e contenitori di acqua occasionali per il controllo biologico dei siti riproduttivi di larve di zanzare, ed in particolare della *Aedes albopictus*, insetto di origine asiatica, che attualmente è divenuto cosmopolita. Questa pratica di controllo mediante neem cake permette di non inquinare le falde acquifere con residui di pericolosi insetticidi chimici, contaminanti l'acqua e, di conseguenza, l'intera filiera alimentare.

I ricercatori del Centro Ricerche Casaccia dell'ENEA, in collaborazione con l'Università Sapienza di Roma, Dipartimento di Botanica Farmaceutica, hanno isolato da estratti di neem cake la molecola attiva e hanno identificato il *finger print* di riferimento del

fitoestratto ad attività fortemente insetticida, caratterizzato chimicamente mediante la tecnica della HPTLC, verificandone l'attività su larve di *Aedes albopictus*;

- b) terreni acquitrinosi presenti negli allevamenti ovisi, nel fango presente intorno a stalle e abbeveratoi per il controllo biologico di larve di *Culicoides imicola*, insetto originario del continente africano, che costituisce il principale vettore in Africa e, dal 2000, anche in Europa, del virus della lingua blu delle pecore.

Questa buona pratica di zootecnia sostenibile, condotta in collaborazione con la Facoltà di Agraria, Dipartimento di Entomologia dell'Università degli Studi di Sassari, ha fornito risultati paragonabili e superiori a quelli ottenuti utilizzando l'insetticida di sintesi più efficace, che, in seguito alla Direttiva 98/8/CE ("Direttiva Biocidi"), recepita in Italia dal D.Lgs. 25 febbraio 2000, n. 174, non è più commercializzabile dal 1° settembre 2006. La sperimentazione è stata condotta dall'Università di Sassari "*in campo*" su larve di *Culicoides imicola*, ed in parallelo *in vitro* presso il Centro Ricerche Casaccia su larve di *Aedes albopictus*. I risultati dei test condotti in parallelo sui due insetti hanno permesso di stabilire la metodologia di uso del neem cake e del fitoestratto utile per il controllo dell'insetto vettore.

Secondo la tradizione indiana, la principale destinazione d'uso del neem cake è la fertilizzazione del terreno agricolo; pertanto, i ricercatori ENEA hanno sviluppato una stabile collaborazione con l'Università Sapienza di Roma e con il Dipartimento di Scienze Agrarie, dell'Università di Bologna, per lo studio del neem cake come fertilizzante biologico.

Sono state condotte ricerche parallele per identificare le potenzialità di differenti tipologie di neem cake per fertilizzazione e pest management in orticoltura e frutticoltura. In particolare, l'Università di Bologna ha approfondito lo studio della biodiversità indotta nella microflora del terreno, che ha permesso di evidenziare un aumento della biomassa microbica associato a decremento dei processi di denitrificazione. In conclu-

sione, si è evidenziato che l'aumento della fertilità del suolo prodotta dal neem cake deriva da un complesso processo di stimolazione della biodiversità microbica del terreno.

Questa attività ha dato origine al progetto Neemagrimed al quale hanno preso parte anche la FAO, l'Università di Sassari e la piccola/media impresa "I consigli dell'Esperto Srl" (<http://iconsigliidellesperto.wix.com/iconsigliidellesperto>), con cui l'ENEA ha rapporti di collaborazione da circa 20 anni. Questa azienda che, nel corso del progetto, ha fornito campioni di prodotto, si è in seguito notevolmente sviluppata dal punto di vista commerciale, grazie proprio all'utilizzo del neem cake. I suoi prodotti, per uso fertilizzante, nematocida ed insetticida, vengono ora utilizzati da aziende biologiche riconosciute.

Il progetto Neemagrimed ha concorso al bando internazionale sulle migliori pratiche "Feeding Knowledge" EXPO 2015 (The International Call for Best Sustainable Practices on Food Security - [https://www.feedingknowledge.net/02-search/-/bsdip/9737/it\\_IT](https://www.feedingknowledge.net/02-search/-/bsdip/9737/it_IT)). Il progetto Neemagrimed ha concorso al bando internazionale sulle migliori pratiche "Feeding Knowledge" EXPO 2015 (The International Call for Best Sustainable Practices on Food Security) e nella competizione "Organic Contest" promossa da TP Organics. In questa competizione Neemagrimed si è classificato come uno dei due progetti vincitori.

Per approfondimenti: [susanna.mariani@enea.it](mailto:susanna.mariani@enea.it)

**Susanna Mariani**  
ENEA, Unità Tecnica Ambiente Sviluppo Sostenibile ed Innovazione del Sistema Agro-Industriale - Laboratorio Innovazione Agro-Industriale

# Progetto NeemAgrimed

[https://www.feedingknowledge.net/02-search/-/bsdip/9737/it\\_IT](https://www.feedingknowledge.net/02-search/-/bsdip/9737/it_IT)

EXPO 2015 – Feeding Knowledge  
SPECIAL AWARDS FOR ORGANIC BEST PRACTICES

