

Speciale



bimestrale dell'ENEA
anno 61

ENEA PER EXPO 2015

ISSN 1124-0016



SPECIALE III - 2015

Con la collaborazione di: Paola Carrabba, Paola Del Nero, Barbara Di Giovanni, Maura Liberatori, Paola Molinas, Rachele Nocera

Registrazione

Tribunale Civile di Roma
Numero 148 del 19 aprile 2010 del Registro Stampa

Direttore Responsabile

Diana Savelli

Comitato di Direzione

Gaetano Borrelli, Gian Piero Celata, Roberto Moneta, Roberto Morabito, Aldo Pizzuto

Comitato tecnico-scientifico

Osvaldo Aronica, Ilaria Bertini, Paolo Clemente, Paolo Di Lazzaro, Andrea Fidanza, Stefano Giammartini, Giorgio Graditi, Massimo Maffucci, Laura Maria Padovani, Emilio Santoro

Coordinamento editoriale

Giuliano Ghisu

Collaboratori

Daniela Bertuzzi, Paola Carrabba, Sergio Cappucci, Orietta Casali, Antonino Dattola, Barbara Di Giovanni, Giovanni Puglisi

Traduzioni e revisione lingua inglese

Carla Costigliola

Progetto grafico

Paola Carabotta, Bruno Giovannetti, Cristina Lanari

Edizione web

Antonella Andreini, Serena Lucibello, Concetta Manto

Sviluppo App

Giordano Vicoli

Promozione

Paola Crocianielli

Gli articoli riflettono le opinioni degli autori e non necessariamente quelle dell'ENEA

Per informazioni e contatti: infoeai@enea.it

Impaginazione e stampa

Varigrafica Alto Lazio
Via Cassia, km 36,300 (Zona industriale)
01036 Nepi (VT)

Disponibile sul sito www.enea.it
e su App Store per i dispositivi mobili Apple

Numero chiuso nel mese di settembre 2015



2 Lo Speciale

L.M. Padovani



In Primo Piano

4 La centralità del cibo: sostenibilità e competitività del sistema agroalimentare

M. Iannetta



Obiettivo 1

Mantenere inalterate le superfici agricole disponibili per la produzione di alimenti

IL TEMA

10 I limiti della risorsa terra e delle altre risorse naturali

A. Sonnino

POLICY OVERVIEW

22 La difesa del suolo nell'azione della comunità internazionale

R. Nocera

IL PUNTO DI VISTA

26 Intervista a Mario Guidi, Presidente di Confagricoltura

di M. Liberatori

L'ENEA PER...

31 Ridurre il degrado delle terre: cambiamenti climatici e misure di adattamento

M. Sciortino

34 La riduzione degli usi competitivi dei suoli agricoli

N. Colonna, V. Pignatelli

36 La pianificazione energetica territoriale

N. Colonna, M. Marani, R. Roberto

38 Risanare i suoli mantenendone intatte le funzioni: obiettivo strategico per una bonifica sostenibile delle aree contaminate

A.R. Sprocati, C. Cremisini

42 Geomatica e Remote Sensing nella valutazione del potenziale fotovoltaico dei tetti per ridurre l'uso dei terreni agricoli

F. Borfecchia, E. Caiaffa, M. Pollino, L. De Cecco, L. La Porta, S. Martini



Obiettivo 2

Aumentare la produzione agricola e ridurre le perdite

IL TEMA

46 La scienza e le biotecnologie vegetali saranno pronte per assicurare alimenti alla popolazione mondiale del 2050?

A.M. Stanca

POLICY OVERVIEW

58 Biotecnologie: uno strumento per l'innovazione sostenibile in agricoltura

R. Nocera

IL PUNTO DI VISTA

62 Intervista al Professor Amedeo Alpi

di M. Liberatori

L'ENEA PER...

66 Valutare e gestire il cambiamento globale in agricoltura mediante modelli di ecosistema integrati nei sistemi di informazione geografica

L. Ponti, A.P. Gutierrez, M. Iannetta

69 Genetica applicata alla costituzione di nuove varietà di piante

C. Stamigna, E. Chiaretti, D. Chiaretti

71 "Fast and Fluo": la nuova tecnica FISHIS consente di catturare i cromosomi e apre nuovi orizzonti alla genomica

D. Giorgi, A. Farina, V. Grosso, S. Lucretti

74 Tecnologie aerospaziali integrate a supporto dell'agricoltura di precisione

F. Borfecchia, L. De Cecco, S. Martini, L. Giordano, C. Trotta, D. Masci, V. Di Gioia, V. Pignatelli, A. Moreno, C. Micheli, S. Mancini, A. Pizzuti, P. Piciuccio, S. Taraglio, V. Nanni, C. Moriconi

Rendere l'agricoltura più efficiente e sostenibile

IL TEMA

- 80** "Agricoltura di precisione" per aumentare l'efficienza d'uso delle risorse
B. Basso

IL PUNTO DI VISTA

- 85** Intervista a Gianfranco Bologna, Direttore Scientifico WWF Italia
di M. Liberatori

L'ENEA PER...

- 87** Gestire in modo efficiente gli input chimici ed energetici in agricoltura, riducendo l'inquinamento ambientale
M.R. Rapagnani, M. Cristofaro, A. Letardi
- 89** Agricoltura 3.0: colture fuori suolo
L. Nardi, E. Benvenuto
- 90** La Vertical Farm realizzata per EXPO 2015
- 91** 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
- 93** Acqua e agricoltura: un rapporto che deve cambiare
R. Farina
- 95** L'utilizzo della pollina per la riduzione dell'impatto ambientale
A. Dall'Ara, S. Sangiorgi, M.T. la Peruta
- 98** Un microcosmo per l'allevamento di piante in condizioni controllate
L. d'Aquino, M. G. Maglione, B. Lanza, M. Atrigna, G. De Filippo, G. Pandolfi, G. Giannotta, A. Pedicini, S. Aprano, C. Minarini
- 100** Estrazione sostenibile di biomolecole per usi alimentari, cosmetici e farmaceutici: l'estrazione a fluidi supercritici
G.P. Leone, D. Ferri
- 104** Ridurre gli input chimici ed energetici in agricoltura mediante tecniche agronomiche innovative
S. Arnone, S. Musmeci, P. Nobili, R. Sasso, M. Cristofaro, A. Letardi

- 105** Tecnologie di filtrazione tangenziale a membrana e applicazioni per l'industria agroalimentare
G.P. Leone, C. Russo

- 108** Controllo biologico delle specie aliene ed invasive in agricoltura
M. Calvitti, R. Moretti, E. Lampazzi

- 110** Agricoltura sostenibile: valorizzazione del "neem cake"
S. Mariani

Adottare modelli di consumo sostenibili e ridurre gli sprechi

IL TEMA

- 114** I modelli alimentari prevalenti, verso una transizione sostenibile
M. Leonardi
- 120** La Dieta Mediterranea: modello di consumo sostenibile a ridotto impatto ambientale
M. Iannetta, L.M. Padovani

IL PUNTO DI VISTA

- 122** Intervista a Cosimo Lacirignola
di M. Liberatori

L'ENEA PER...

- 125** L'impronta ambientale del cibo
P. Masoni
- 128** Gli alimenti funzionali: il caso studio del grano saraceno tartarico
V. Tolaini, O. Presenti, S. Procacci, P. De Rossi, A. Del Fiore, C. Nobili, A. Brunori
- 130** Materiali innovativi per il food packaging
S. Baccaro, A. Cemmi
- 132** Trattamento dei rifiuti organici con compostatori di comunità: sperimentazione ENEA
M. Canditelli, M. Coronidi, N. Faustini, M. Gravagno, P.G. Landolfo, F. Musmeci

Garantire qualità e sicurezza alimentare

IL TEMA

- 140** Assicurare rintracciabilità e sicurezza degli alimenti
E. Anklam
- 145** La sicurezza alimentare: da problema a elemento di competitività per il settore agroindustriale
G. Zappa

IL PUNTO DI VISTA

- 148** Intervista a Isabel Castanheira
di M. Liberatori

L'ENEA PER...

- 153** I Materiali di Riferimento per la qualità e la sicurezza alimentare
C. Zoani, P. Sangiorgio
- 156** La spettroscopia laser per la qualità e sicurezza alimentare di prodotti ortofrutticoli
M. Falconieri, M. Sighicelli
- 158** Sviluppo di metodi per la "early detection" di funghi tossigeni in matrici alimentari
C. Nobili, A. Del Fiore, P. De Rossi, V. Tolaini
- 160** Controllo della proliferazione microbiologica nei prodotti ortofrutticoli confezionati
A. Bevivino
- 162** Metodologie analitiche per la determinazione di nutraceutici negli alimenti
R. Gatti, D. Masci
- 164** Metabolomica per la qualità e la sicurezza alimentare
G. Diretto
- 165** Sensori laser IR per la rivelazione di adulterazioni alimentari
G. Giubileo
- 167** Anticorpi "verdi" contro le aflatoxine per la tutela dei consumatori
C. Capodicasa, M. Catellani
- 169** Lo studio delle piante geneticamente modificate
S. Arpaia



Lo Speciale

Laura Maria Padovani



Le Esposizioni universali sono eventi globali che hanno come ideale la diffusione delle conoscenze, il miglioramento della condizione umana, la promozione dell'incontro tra i popoli e della cooperazione tra gli Stati.

Il tema dell'EXPO 2015, **“Nutrire il pianeta, energia per la vita”** si muove sull'asse del diritto fondamentale ad un'alimentazione sana, sicura e sufficiente per tutti gli abitanti della Terra, alla luce degli scenari globali e dei nuovi problemi emergenti.

Il cibo ha un forte valore sociale e culturale; infatti sostiene, nutre e collega gli uni agli altri. È un mezzo per costruire relazioni, connettere le persone attraverso gli oceani, le culture e le economie in modi sempre più complessi.

“Tutto è in relazione”, “tutto è collegato”, “tutto è connesso”. Non siamo i padroni della “Madre Terra” ma i suoi custodi per le generazioni future! È questa la base del testo dell'Enciclica *Laudato si'* di papa Francesco sulla casa comune.

La realtà ci dice che il grande progresso realizzato ha un costo eccessivo in termini di risorse naturali, minando la salute del nostro Pianeta. La disponibilità di cibo nella rete alimentare globale coesiste quindi con un sistema pericolosamente squilibrato, in cui il numero di persone che soffrono la fame e le persone con gravi problemi d'obesità, convivono. I gravi problemi della scarsità di acqua e di energia minacciano di erodere ulteriormente la sicurezza alimentare e la sostenibilità sociale ed ambientale del sistema.

Questa complessità è una delle maggiori sfide per l'umanità. Una complessità che da sempre è stata affrontata mediante l'innovazione: dai primi

esperimenti col fuoco per la cottura degli alimenti, alla domesticazione di piante e animali, dallo sviluppo della meccanica e della chimica all'evoluzione delle tecnologie agroalimentari, fino alla strumentazione e alle innovazioni altamente sofisticate.

La scienza è sempre più al centro della nostra economia e della nostra società; l'elaborazione di politiche efficaci in materia di sicurezza alimentare, crescita e occupazione, energia e ambiente, salute e sicurezza, necessita di solide basi scientifiche, e le ovvie correlazioni richiedono sempre più approcci multidisciplinari ed integrati. Un approccio quindi sistemico e coerente con il quale affrontare i problemi fondamentali del nostro tempo, dove la dimensione biologica, cognitiva, sociale ed economica si integrano a vicenda.

È in questo contesto che l'ENEA vuole contribuire alla sfida che si pone Expo 2015, attraverso questo Speciale monografico della rivista *Energia, Ambiente e Innovazione*.

Sono stati individuati cinque obiettivi prioritari, quali tappe di un possibile percorso per affrontare le sfide portanti di Expo 2015:

1. Mantenere inalterate le superfici agricole disponibili per la produzione di alimenti;
2. Aumentare la produzione agricola e ridurre le perdite;
3. Rendere l'agricoltura più efficiente e sostenibile;
4. Adottare modelli di consumo sostenibili e ridurre gli sprechi;
5. Garantire qualità e sicurezza alimentare.

Lo Speciale presenta, per ciascuno di questi obiettivi, articoli sullo stato dell'arte delle ricerche tecnico-scientifiche, interviste ad esperti



e *stakeholder*, rassegne sulle *policy* a livello internazionale, le *expertise* tecnico-scientifiche e le modalità di approccio *problem solving* dell'ENEA. L'ENEA è in grado di esprimere una efficace e qualificata competenza scientifico-tecnologica e progettuale anche in questo settore, attraverso la disponibilità di rilevanti dotazioni infrastrutturali e strumentali presenti nei suoi Centri di Ricerca, in primis quello della Casaccia. È inoltre in grado di esprimere forme avanzate

e incisive di collaborazione e di trasferimento tecnologico verso le imprese (in particolare le piccole e medie), oltre ad offrire servizi scientifici e tecnologici avanzati e consulenze specialistiche sia alle imprese che alla pubblica amministrazione, centrale e territoriale.

Un ringraziamento particolare va a tutte le persone, interne ed esterne all'ENEA, che hanno partecipato e reso possibile questa raccolta.

Il contributo ENEA all'EXPO 2015

L'ENEA ha presentato molte delle tematiche illustrate in questo Speciale nel corso di una serie di eventi organizzati nell'ambito di EXPO 2015:

- 6 maggio, Un mondo bio-diverso
- 14 maggio, Esiste la Dieta Mediterranea?
- 20 maggio, La tecnologia alimentare fra tradizione e innovazione
- 21 maggio, Nexus: Cibo-Acqua-Energia
- 26 maggio, "BioEconomy between food&NoFood: the Italian Way"
- 11 giugno, Il territorio secondo natura. Sicurezza alimentare e bio-energie
- 11 giugno, Presentazione installazione interattiva Piramide alimentare Dieta Mediterranea
- 15 giugno, Sinergia: efficienza energetica nell'agroalimentare
- 18-19 giugno, 8th Plenary Meeting of the European Technology Transfer Offices (TTO) Circle
- 11 luglio, "Food print" - il costo ambientale degli alimenti
- 26 agosto, Siccità, degrado del territorio e desertificazione
- 2 settembre, Esperienze italiane per l'innovazione in agricoltura: attualità contributo S. Mugnozza
- 16 settembre, Talk show sulla Dieta Mediterranea
- 9 ottobre, Metrologia alimentare: approcci e strumenti per la qualità degli alimenti
- 14 ottobre, Cambiamenti climatici ed agricoltura
- 16 settembre, VI congresso mondiale degli agronomi "Enhancing the identity of a territory and its landscape"
- 16 settembre, Stati generali dell'efficienza energetica, relativamente al settore agricolo ed agroalimentare
- 18 ottobre, AgroSpazio: Seminare nel futuro, raccogliere nel presente

L'ENEA ha, inoltre, realizzato, con il contributo di un pool di aziende specializzate del settore, all'interno del Future Food District, la 'Vertical Farm', una fattoria verde che si sviluppa in verticale, simbolo dell'agricoltura green, a impatto zero. La Vertical Farm è l'emblema delle tecnologie per l'agricoltura del futuro, alle quali si lavora nei nove Centri ENEA sul territorio nazionale, e raccoglie una serie di risultati e proposte innovative descritti in questo Speciale, nella rubrica "L'ENEA per..." (si vedano, in particolare, le pagine 87-111).

Durante il semestre di EXPO presso il Centro Ricerche Casaccia di Roma sono state ospitate delegazioni straniere provenienti da Cina, Sudamerica, Israele e Belgio, che hanno visitato i laboratori impegnati nelle attività di ricerca ed innovazione descritte in questo Speciale.

La centralità del cibo: sostenibilità e competitività del sistema agroalimentare

Le sfide poste dalla produzione alimentare sono enormi e saranno sempre più pressanti al fine di soddisfare il crescente bisogno di cibo in tutto il mondo. Ci saranno due miliardi in più di bocche da sfamare entro la metà del secolo e nel mondo sta aumentando la prosperità, soprattutto in Cina e India, con un aumento della domanda di carne, uova e latticini. Aumenta quindi la pressione a coltivare più mais e soia per nutrire più bovini, maiali e polli. Se questa tendenza continuerà, il doppio trend di crescita della popolazione e delle diete più ricche richiederà circa il doppio della quantità di colture da crescere entro il 2050.

Purtroppo il dibattito su come affrontare la sfida alimentare globale si è polarizzato, opponendo l'agricoltura convenzionale ed il commercio globale ai sistemi alimentari locali e le aziende agricole biologiche. Piuttosto che trovare un terreno comune di confronto ci si divide in fazioni contrapposte. Coloro che pro-

pendono per l'agricoltura convenzionale parlano di come la meccanizzazione moderna, l'irrigazione, i fertilizzanti, e il miglioramento genetico possono aumentare le rese per contribuire a soddisfare la domanda. Ed hanno ragione! Nel frattempo, i sostenitori dell'agricoltura locale e biologica ribattono che i piccoli agricoltori di tutto il mondo potrebbero aumentare le rese e aiutare se stessi ad uscire dalla povertà, adottando tecniche che migliorano la fertilità, senza fertilizzanti di sintesi e pesticidi. Hanno ragione anche loro! Ma

non deve essere un aut-aut, entrambi gli approcci offrono soluzioni assolutamente indispensabili. Sarebbe saggio esplorare tutte le buone idee, provenienti sia dalle aziende biologiche e locali sia da quelle high-tech e convenzionali, fondendo il meglio di entrambe.

Come può il mondo raddoppiare la disponibilità di cibo e contemporaneamente ridurre i danni ambientali causati dall'agricoltura, senza integrare il meglio delle conoscenze che abbiamo sviluppato nel corso degli ultimi decenni? È necessario individuare metodi di produzione alimentare, sistemi e nuove tecnologie in grado di aumentare l'efficienza dei sistemi primari, garantendo quantità di cibo, qualità e sicurezza e riducendo l'inquinamento ambientale e gli input chimici ed energetici. Si sta radicalizzando a livello globale il problema della scarsità alimentare, con una forbice che vede da una parte denutrizione e dall'altra sprechi alimentari e utilizzi non alimentari delle produzioni agricole.

Occorre quindi rimettere al centro delle politiche internazionali il tema del cibo e favorire un processo di sviluppo e di intensificazione delle politiche di ricerca e innovazione, per affrontare una sfida epocale come quella che abbiamo di fronte. Il paradigma da utilizzare è quello della Green Economy in una prospettiva multidisciplinare, un approccio integrato che consideri non solo la produzione primaria degli alimenti, legata all'agricoltura, alla sua trasformazione industriale e distribuzione, ma anche la questione energetica, l'ambiente e il territorio con le sue valenze culturali e sociali, l'alimentazione,

Il doppio trend di crescita della popolazione e delle diete più ricche richiederà circa il doppio della quantità di colture da crescere entro il 2050



nutrizione e salute, le abitudini alimentari dei consumatori.

L'ENEA, che possiede strumenti e competenze tecnico/scientifiche multidisciplinari, vuole contribuire, anche attraverso la sua rivista "Energia, Ambiente e Innovazione", a trasferire un nuovo approccio ai temi del "food" che tenga conto di vari aspetti, da quelli più propriamente settoriali – relativi alle biotecnologie vegetali, all'innovazione di processo e di prodotto, alla tracciabilità, qualità e sicurezza degli alimenti, alla sostenibilità della filiera agroalimentare e alle diete alimentari sostenibili, all'uso delle biomasse e degli scarti agricoli – a quelli più trasversali, che si integrano fortemente con i primi, relativi all'impatto dei cambiamenti climatici sull'agricoltura e sulla catena alimentare marina, all'uso delle rinnovabili, all'efficienza energetica nei processi di produzione, alla valutazione dell'impatto ambientale negli stessi (LCA), ai nuovi materiali per il packaging, alla sensoristica, alle piattaforme ICT ecc..

Si tratta di un nuovo approccio alla produzione sostenibile del cibo, che ha interesse e impatto sia verso il grande pubblico, sia verso il mondo produttivo, industriale e scientifico.

L'idea nuova si fonda sulla possibilità di trattare il tema come sistema integrato basato su un numero finito di sottosistemi (agricoltura, ambiente, sicurezza alimentare, acqua, salute, energia, infrastrutture, economia ecc.), da gestire in maniera coordinata per affrontare le sfide future che abbiamo davanti, perseguendo *5 obiettivi prioritari*:

1. mantenere inalterate le superfici agricole oggi disponibili per la produzione di alimenti;
2. aumentare la produzione agricola e ridurre le perdite;
3. usare in modo più efficiente le limitate risorse disponibili, riducendo l'inquinamento ambientale e gli input chimici ed energetici;

4. adottare modelli di consumo sostenibili e ridurre gli sprechi;
5. garantire qualità e sicurezza alimentare.

Obiettivo uno: mantenere inalterate le superfici agricole oggi disponibili per la produzione di alimenti

Per la maggior parte della nostra storia, ogni volta che abbiamo avuto bisogno di produrre più cibo, abbiamo tagliato le foreste o arato le praterie per avere più superficie agricola utilizzabile. L'impronta agricola ha causato la perdita di interi ecosistemi in tutto il mondo, comprese le praterie del Nord America e la foresta atlantica del Brasile, mentre le foreste tropicali continuano ad essere distrutte a tassi allarmanti. Ma non possiamo più permetterci di aumentare la produzione di cibo attraverso l'espansione delle superfici agricole. La deforestazione è una delle pratiche più distruttive per l'ambiente, di cui – peraltro – raramente beneficia. 850 milioni di persone nel mondo che soffrono ancora la fame. La maggior parte della terra utilizzata per l'agricoltura nei tropici non contribuisce molto alla sicurezza alimentare del mondo, ma viene invece utilizzata per l'allevamento di bestiame, la coltivazione di semi di soia per il bestiame, legname e olio di palma. Evitare ulteriore deforestazione deve essere una priorità assoluta, solo in questo modo riusciremo a salvaguardare il polmone indispensabile di biodiversità del nostro Pianeta.

Al contempo dobbiamo evitare che la superficie agricola venga erosa da altri utilizzi; l'uso competitivo della risorsa suolo è sempre, infatti, a discapito della produzione di cibo, in quanto ne riduce disponibilità importanti. Parliamo dei processi di urbanizzazione, di creazione di infrastrutture, di produzione di biocombustibili con colture dedicate.

Bisogna, inoltre, preservare la qualità dei terreni disponibili, riducendo i processi di degrado, inquinamento e desertificazione. Infine, un importante contributo alla maggiore produzione di cibo può venire dal mare e dai corsi d'acqua dolce; anche in questo caso, bisogna preservarne il più possibile lo stato di salute.

Obiettivo due: aumentare la produzione e ridurre le perdite

A partire dagli anni '60, la rivoluzione verde ha aumentato le rese in Asia e in America Latina con una migliore varietà di colture, più fertilizzanti, irrigazione e macchine agricole, ma con maggiori costi ambientali. Il mondo può ora rivolgere la sua attenzione all'aumento dei rendimenti sui terreni agricoli, in particolare nelle aree meno produttive in Africa, America Latina ed Europa orientale, dove ci sono "buchi" di rendimento tra i livelli di produzione attuali e quelli possibili attraverso il miglioramento delle pratiche agricole. L'utilizzo delle biotecnologie per ottenere piante più efficienti e produttive potrebbe consentire un aumento considerevole delle rese in questi luoghi, così come approcci mutuati dall'agricoltura biologica e conservativa. Tutta

Individuare metodi di produzione alimentare e nuove tecnologie in grado di aumentare l'efficienza dei sistemi primari, garantendo quantità di cibo, qualità e sicurezza e riducendo l'inquinamento ambientale e gli input chimici ed energetici

la nuova produzione alimentare nei prossimi 35 anni dovrà provenire dagli attuali terreni agricoli. Il miglioramento dell'apporto di nutrienti e di acqua, dove i rendimenti sono più bassi, si potrebbe tradurre in un raddoppio della produzione alimentare globale.

È, inoltre, necessario contenere al massimo le perdite di quanto prodotto a scopi alimentari. Nei paesi poveri il cibo è spesso perduto tra la fase di produzione agricola e il mercato, a causa di condizione inadeguate

di stoccaggio e trasporto. Occorre intervenire migliorando le condizioni di produzione e raccolta, ma anche trattando con sistemi fisici le derrate alimentari da conservare.

Obiettivo tre: usare in modo più efficiente le limitate risorse disponibili, riducendo l'inquinamento ambientale e gli input chimici ed energetici

Abbiamo modi per ottenere alti rendimenti riducendo enormemente gli impatti ambientali. 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 metodi innovativi per indirizzare meglio ed orientare l'applicazione di fertilizzanti e pesticidi, utilizzando trattrici computerizzate con sensori avanzati e GPS. Molti agricoltori applicano dosi personalizzate di fertilizzante, adeguate alle condizioni dei loro suoli, per minimizzare l'impatto di prodotti chimici nei corsi d'acqua vicini.

L'agricoltura biologica può notevolmente ridurre l'uso di acqua e di sostanze chimiche, incorporando colture di copertura, pacciamatura, e compost in grado di migliorare la qualità del suolo per la conservazione delle sostanze nutritive, usando l'acqua in modo efficiente attraverso la sostituzione di vecchi sistemi di irrigazione con metodi di subirrigazione o irrigazione a goccia, con l'obiettivo di produrre più "crop per drop"!

Obiettivo quattro: adottare modelli di consumo sostenibili e ridurre gli sprechi

Sarebbe molto semplice nutrire nove miliardi di persone entro il 2050 se tutti i



ENEA per **EXPO**
2015

prodotti agricoli venissero utilizzati direttamente come cibo per le popolazioni. Purtroppo oggi non è così. Solo il 55 per cento delle calorie del grano prodotto nel mondo nutre direttamente la popolazione; il resto viene somministrato agli animali (circa il 36 per cento) o trasformato in biocarburanti e prodotti industriali (circa il 9 per cento). Per ogni 100 calorie di grano utilizzate per nutrire gli animali, si ottengono solo 40 nuove calorie di latte, 22 calorie di uova, 12 di pollo, 10 di maiale, 3 di manzo. Trovare modi più efficienti per produrre proteine animali (il contributo dell'acquacoltura diventa sempre più rilevante ed interessante da questo punto di vista) e adottare un modello di dieta alimentare più rispondente al nostro benessere fisico e alla nostra salute, senza escludere alcun tipo di cibo ma assumendone nelle giuste e salutari dosi, potrebbe liberare notevoli quantità di alimenti in tutto il mondo. Nei paesi in fase di sviluppo è improbabile che diminuisca il consumo di carne nel prossimo futuro, dato il loro aumentato benessere; occorre quindi concentrarsi su paesi che hanno già diete ricche di carne. Un altro grosso problema da risolvere è la riduzione dei rifiuti alimentari. Nei paesi ricchi la maggior parte di tali rifiuti avviene in casa, nei ristoranti o supermercati. I consumatori nel mondo sviluppato potrebbero ridurre gli sprechi adottando misure semplici, come l'offerta commerciale di porzioni più piccole, o incoraggiando caffetterie, ristoranti e supermercati a sviluppare misure per la riduzione dei rifiuti. Sviluppare sistemi di packaging intelligente con nanosensori per la

registrazione delle condizioni di conservazione e per la diagnostica precoce, in grado di valutare la reale condizione di conservazione del prodotto, potrebbe superare il problema della data di scadenza, che tanti sprechi genera soprattutto nella grande distribuzione.

Obiettivo cinque: garantire qualità e sicurezza alimentare

L'autenticità delle produzioni rappresenta oggi una delle sfide del settore agroalimentare per prevenire molte problematiche di sicurezza, contrastare le frodi e scoraggiare i fenomeni di concorrenza sleale. L'autenticità è oggi spesso dimostrata attraverso la rintracciabilità di materie prime e prodotti. In particolare per quanto riguarda la dimostrazione dell'origine geografica, lo studio delle relazioni tra territorio, genotipo e caratteristiche peculiari di prodotto consente di approfondire le conoscenze ed effettuare valutazioni integrate e interdisciplinari dell'ecosistema agricolo, progredendo in maniera significativa negli aspetti di sicurezza e qualità delle produzioni, fino alla possibilità di definire una vocazionalità dell'ambiente di produzione.

La sicurezza è l'elemento imprescindibile per la libera circolazione dei prodotti ed è alla base di qualsiasi piano di sviluppo strategico e di innovazione. La riduzione della contaminazione dei prodotti alimentari, oltre ad essere necessaria per rispondere ai sempre più stringenti requisiti di legge, è anche un elemento fondamentale di tutela dell'immagine e di valorizzazione dei prodotti. Oggi è matura la consapevolezza che la riduzione della contaminazione

Rimettere al centro delle politiche internazionali il tema del cibo e favorire un processo di sviluppo e di intensificazione delle politiche di ricerca e innovazione, per affrontare una sfida epocale

sarà sempre più un elemento strategico di competitività e che solo investendo in sicurezza si potrà rafforzare la fiducia dei consumatori e promuovere quel circolo virtuoso di domanda e offerta che tutela l'autenticità e la qualità delle produzioni.

Conclusioni

Le soluzioni indicate richiedono un grande cambiamento nel nostro modo di pensare:

1. per la maggior parte della nostra storia siamo stati accecati dall'imperativo «produrre di più, di più», utilizzando più terra e più risorse;
2. dobbiamo trovare un equilibrio tra la produzione di più cibo e la sostenibilità del pianeta per le generazioni future;
3. questo è un momento cruciale in cui ci troviamo ad affrontare sfide senza precedenti, per le quali la centralità del cibo e il forte impegno in ricerca ed innovazione devono essere prioritari nelle agende politiche internazionali.

La buona notizia è che già conosciamo cosa dobbiamo fare, abbiamo solo bisogno di capire come farlo:

- affrontare le sfide globali sul cibo richiede da parte di tutti noi una particolare attenzione a ciò che mettiamo nei nostri piatti;
- dobbiamo fare collegamenti tra il cibo che mangiamo e i nostri produttori, tra il nostro cibo ed il territorio, i bacini idrografici, il clima ecc. che sostengono le produzioni;
- dobbiamo orientare con le nostre scelte di acquisto i modelli di produzione, aiutando a decidere il futuro.

Coniugando l'esperienza del passato con gli strumenti oggi disponibili è possibile innovare l'attuale sistema agroalimentare e renderlo capace di fornire cibo per tutti, sostenibile per l'ambiente e in grado di soddisfare le esigenze nutrizionali e di salute. È necessario mettere al centro dell'agenda

politica mondiale il tema dell'Agricoltura e del Cibo e regole adeguate per una più equa distribuzione delle risorse sul pianeta. Se i Governi riusciranno ad accordarsi su un sistema commerciale stabile ed equilibrato, che veda le *commodity* agricole non come un prodotto della finanza, ma come risorsa importante per compensare tensioni sociali nelle diverse parti del mondo, riducendo sia i surplus alimentari, che generano conseguenti patologie da sovrappeso e sprechi, che gravi deficit alimentari che determinano malnutrizione, verrà sanato un problema strutturale legato alle ingiustizie sociali del Pianeta. Se la scienza e la tecnologia eserciteranno la loro funzione, la quantità e la qualità delle produzioni aumenterà, nel rispetto dell'ambiente.

Il consumo consapevole del cibo potrà orientare la produzione verso sistemi sempre più sostenibili, in grado di garantire alle prossime generazioni un futuro migliore. Questo tema va affrontato, quindi, in una prospettiva multidisciplinare, con un approccio integrato che consideri non solo la produzione primaria degli alimenti, legata all'agricoltura, e la sua trasformazione industriale, ma anche gli aspetti multifunzionali dell'agricoltura stessa, i suoi servizi ecosistemici, la questione energetica, l'ambiente, lo sviluppo economico ed il commercio internazionale, l'alimentazione, la nutrizione e le abitudini alimentari dei consumatori, l'informazione e la formazione.

L'impegno dell'ENEA è quello di aggiungere, anche attraverso la sua rivista, un contributo di valore nell'affrontare le tematiche agroalimentari nella loro complessità, considerando tutti i fattori coinvolti in maniera interconnessa e complementare nei processi oggetto di analisi; questa costituisce sempre di più l'unica modalità in grado di affrontare le grandi sfide di oggi, che vedono nell'agroalimentare uno dei pilastri mondiali dello sviluppo economico e sociale.



MANTENERE INALTERATE LE SUPERFICI AGRICOLE DISPONIBILI PER LA PRODUZIONE DI ALIMENTI

L'uso delle risorse che sono la base dell'agricoltura (terra, acqua, fertilità del suolo, biodiversità) subisce una forte erosione e la competizione crescente da parte di altre utilizzazioni non agricole. Uno dei passaggi fondamentali per soddisfare l'aumento della domanda globale di alimenti consiste nel preservare tutte le superfici agricole oggi disponibili evitando il loro utilizzo per altri scopi e preservando la qualità dei terreni, riducendo i processi di degrado, inquinamento e desertificazione.

il tema

Limiti della risorsa terra e delle altre risorse naturali

policy overview

La difesa del suolo nell'azione della comunità internazionale

il punto di vista

Intervista al Presidente di Confagricoltura

L'ENEA per...

Ridurre il degrado delle terre

Ridurre gli usi competitivi dei suoli agricoli

La pianificazione energetica territoriale

Risanare i suoli contaminati mantenendone intatte le funzioni

Più fotovoltaico sui tetti, meno sui terreni agricoli



I limiti della risorsa terra e delle altre risorse naturali

DOI 10.12910/EAI2014-102

A. Sonnino

Introduzione

Negli ultimi 50 anni il sistema agricolo globale è riuscito ad aumentare tra le 2,5 e le tre volte la produzione di alimenti riuscendo così a soddisfare la domanda alimentare della popolazione mondiale [1], nonostante questa sia raddoppiata tra il 1960 ed il 2003 ed oggi raggiunga i 7 miliardi di persone [2] (Figura 1¹). Come risultato, la produzione di alimenti è passata dal 1961 al 2009 da 2189 a 2831 kcal pro-capite, con un incremento del 29% (fonte: FAOSTAT). La disponibilità teorica media eccede quindi il fabbisogno medio di assunzione di calorie.

Purtroppo gli alimenti prodotti sono distribuiti in modo ineguale: nonostante la disponibilità sia più che sufficiente a soddisfare le esigenze di tutta la popolazione mondiale, quasi 805 milioni di persone - vale a dire più di una su nove - hanno sofferto di denutrizione cronica nel biennio 2012-2014 [3]. La stragrande maggioranza delle persone che soffrono la fame - circa il 98% - vive nei Paesi in via di sviluppo. Dal 1990-92 il numero totale delle persone che soffrono la fame è diminuito di 209 milioni, passando dal 18,6% all'11,3% della popolazione mondiale e dal 23,2% al 13,5% della popolazione dei Paesi in via di sviluppo [3]. L'evidente progresso ha quindi attenuato, ma non eradicato, il fenomeno dell'insicurezza alimentare a livello globale.

Nel contempo, altre due fonti di preoccupazione si uniscono a quella relativa alla denutrizione, intesa come insufficiente assunzione di calorie [4]: (i) la malnutrizione, sotto forma di deficienze nutrizionali, come per esempio deficienze di iodio, di vitamina A o di ferro, che interessano circa 2 miliardi di persone; e (ii) la sovralimentazione, che interessa circa 1,6 miliardi di persone considerate sovrappeso, di cui 400 milioni sono obese [5]. I problemi nutrizionali sono quindi molteplici e spesso interdipendenti, si sovrappongono in vaste aree geografiche, e creano una sfida che deve essere affrontata in modo integrato.

Questo articolo si propone di analizzare criticamente i cambiamenti della domanda di alimenti, gli aumenti di produttività ottenuti nell'ultimo cinquantennio e i corrispondenti effetti sulle risorse naturali per poi discutere le possibili misure che possono permettere di facilitare la transizione verso metodi di produzione primaria più sostenibili nel lungo periodo.

Evoluzione della domanda di alimenti

Secondo le proiezioni dell'ONU, la popolazione mondiale crescerà nei prossimi anni fino a superare i 9,550 miliardi nel 2050 [2], e quasi tutta la crescita demografica avverrà nei Paesi in via di sviluppo. Contemporaneamente continuerà il processo di urbanizzazione, di

modo che nel 2050 circa i due terzi della popolazione mondiale vivrà nelle città, lontano dalle zone di produzione degli alimenti, contro il 50% di oggi [6].

Tradizionalmente, le diete a base di carne sono associate a bassa densità di popolazione e ad ampia disponibilità di terra, mentre le diete vegetariane erano adottate nelle aree più densamente popolate il cui ambiente non permette la produzione di calorie di origine animale senza ridurre le calorie totali disponibili per l'alimenta-

zione umana [7]. Anche le prescrizioni delle maggiori religioni in materia di dieta rispondono largamente all'esigenza di dirigere i consumi verso alimenti che hanno un migliore bilancio economico o ambientale nei territori in cui sono praticate. Dall'inizio degli anni '70 alla metà degli anni '90 questo tipo di distribuzione delle diete è stato sconvolto: il consumo di carne nei Paesi in via di sviluppo è aumentato di circa 70 milioni di tonnellate, quasi tre volte l'aumento verificatosi nei Paesi industrializzati, ed il consumo di latte è cresciuto di 105 milioni di tonnellate, più del doppio dell'incremento avvenuto nei Paesi più sviluppati [8]. Questa rivoluzione dei consumi alimentari è stata determinata dalle migliorate condizioni di vita nei Paesi emergenti e dal processo di urbanizzazione crescente con le conseguenti profonde trasformazioni socio-culturali che esso provoca.

Gli stessi fattori determineranno nei prossimi anni cambi ancor più rilevanti delle diete nei Paesi in via di sviluppo, con diminuzione della quota di cereali e alimenti di base e un aumento di ortaggi, frutta, carne, pesce e prodotti lattiero-caseari, tutti alimenti più nutritivi, ma la cui produzione è più dispendiosa in termini di risorse naturali. Per esempio, è previsto che il consumo di carne raddoppi ulteriormente da adesso al 2030 [9]. Queste tendenze sono solo molto parzialmente bilanciate dall'adozione, soprattutto nei Paesi industrializzati, di regimi alimentari consapevoli, sia per fini salutistici, che per coscienza ambientalistica (come per esempio la diffusione della "dieta mediterranea" o di diete vegetariane).

Una popolazione più numerosa, più urbanizzata e più esigente esprimerà una domanda di alimenti maggiore e diversamente composta rispetto a quella attuale.

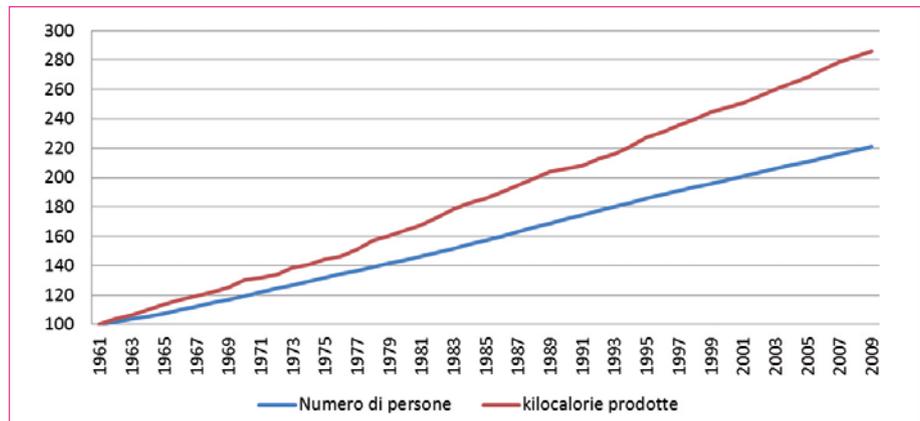


Figura 1
Indici della produzione mondiale di alimenti (kilocalorie) e della popolazione mondiale (numero) (1961=100)
Fonte: nostra elaborazione di dati FAOSTAT

Le previsioni della FAO stimano nel 60% la crescita globale della domanda di alimenti dai livelli attuali a quelli del 2050, con punte del 100% nei Paesi in via di sviluppo [10]. L'incremento della domanda globale di alimenti sarà funzione per circa due terzi dell'aumento demografico e per il restante terzo dell'accresciuta ricchezza [11].

L'aumento della domanda globale di alimenti dovrà comunque essere soddisfatto in condizioni di erosione delle risorse naturali che sono alla base dell'agricoltura: terra, acqua, fertilità del suolo, biodiversità sono limitati ed il loro uso non può espandersi all'infinito, ma, anzi, subisce la competizione crescente da parte di altre utilizzazioni non agricole (civili, industriali, ricreative) o da parte di produzioni agricole non alimentari, quali i biocombustibili. Si rende quindi necessario promuovere l'aumento della produttività delle risorse naturali.

Produttività agricola nell'ultimo cinquantennio

L'aumento di produzione del periodo 1961-2012 è stato conseguito soprattutto mediante aumenti della produttività unitaria delle coltivazioni. La produzione unitaria dei cereali e delle oleaginose, per esempio, è quasi triplicata in questo periodo (+269 e +279% rispettivamente), mentre quella di leguminose e piante da radici e tuberi è aumentata rispettivamente di circa 1,4 e 1,5 volte (Figura 2).

La produzione di alimenti di origine animale è inoltre aumentata nel periodo considerato in misura maggiore rispetto alla produzione agricola totale (Figura 3): la produzione di carne bovina e bufalina, di carne ovina e caprina e di latte è più che raddoppiata, mentre la produzione di uova è quintuplicata

e quella di carne avicola si è accresciuta di quasi 12 volte. Questo spettacolare aumento è stato definito “livestock revolution” da Delgado et al. [12], che ne hanno segnalato anche i possibili impatti economici, sociali e ambientali.

Ancora più spettacolare la crescita dell’acquacoltura, che ha visto moltiplicare la produzione di prodotti ittici (pesce, molluschi e crostacei) di più di 46 volte (Figura 4). Il consumo di prodotti ittici, pescati e allevati, è quindi salito da 10 chili/anno pro-capite negli anni ’60 a 19,2 chili/anno pro-capite nel 2012 [13]. L’acquacoltura contribuisce per il 50% alla produzione totale di prodotti ittici. La quota di pesce allevato è destinata ad assumere importanza crescente, considerando che la produzione di pescato ha raggiunto un tetto difficilmente superabile senza compromettere ulteriormente le riserve ittiche naturali.

La produttività degli allevamenti animali è aumentata velocemente: il peso di uova prodotte per ovaia è salito del 133% tra il 1961 ed il 2012, mentre la quantità di latte prodotto per animale è aumentata del 113% nello stesso periodo (Figura 5). È inoltre aumentata la densità degli allevamenti (Figura 6): il numero di polli e galline per ettaro è quasi quintuplicato dal 1961 al 2011 (+460%), il numero di suini è più che raddoppiato (+222%), mentre si sono verificati aumenti più contenuti per ovini e caprini (+130%). Il numero di bovini e bufali per ettaro coltivato è rimasto sostanzialmente stabile. Negli anni ’60, ’70 e ’80, gli aumenti di produttività descritti sono stati ottenuti in gran parte per mezzo dell’intensificazione della coltivazione, accrescendo cioè l’uso dei fattori di produzione, quali l’acqua, i

fertilizzanti, l’energia, i presidi fitosanitari e veterinari, mentre nelle decadi successive l’aumento della produzione agricola va ascritto principalmente alla produttività totale dei fattori, e quindi agli effetti del progresso tecnico ed organizzativo delle imprese agricole (Figura 7) [14].

Impatto sulle risorse naturali

Superficie agricola

L’area agricola mondiale si è espansa tra il 1961 e il 2011 da 4,46 a 4,91 miliardi di ettari (Figura 8), con un

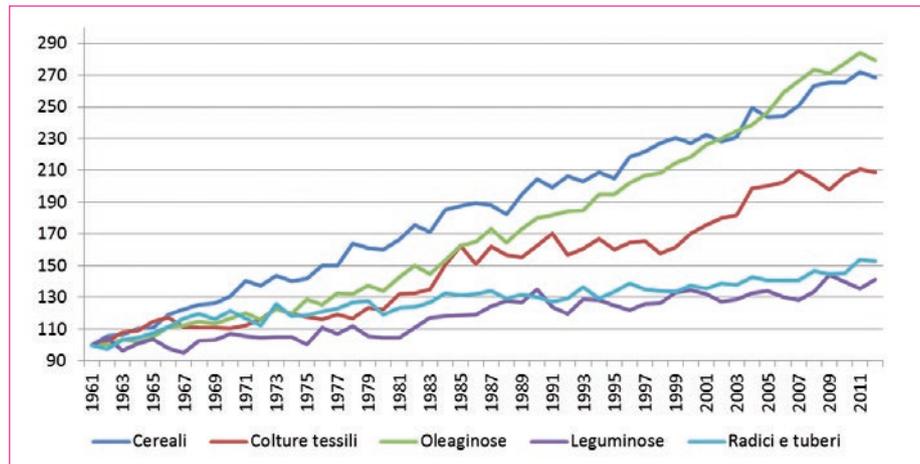


Figura 2
Indice della produzione per ettaro delle maggiori colture (1961=100)
Fonte: nostra elaborazione di dati FAOSTAT

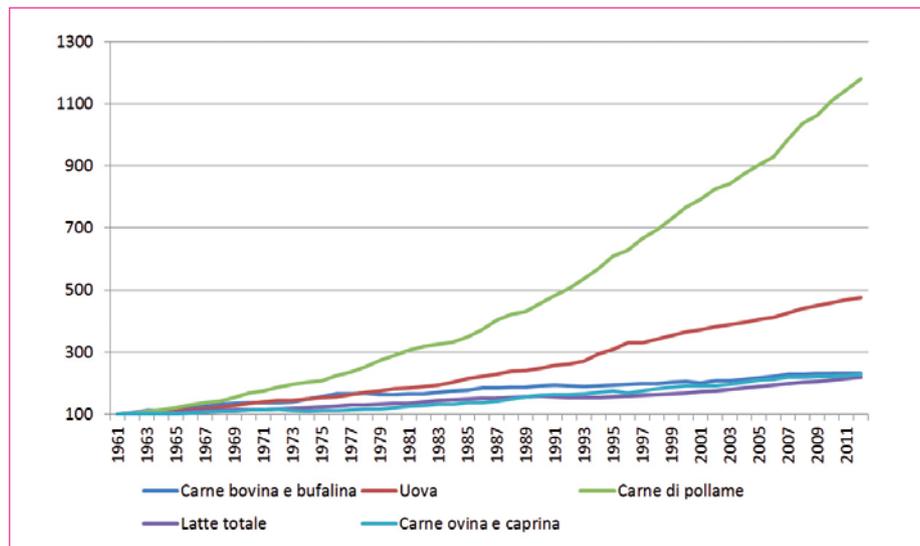


Figura 3
Indice della produzione totale globale degli allevamenti animali (1961=100)
Fonte: nostra elaborazione di dati FAOSTAT

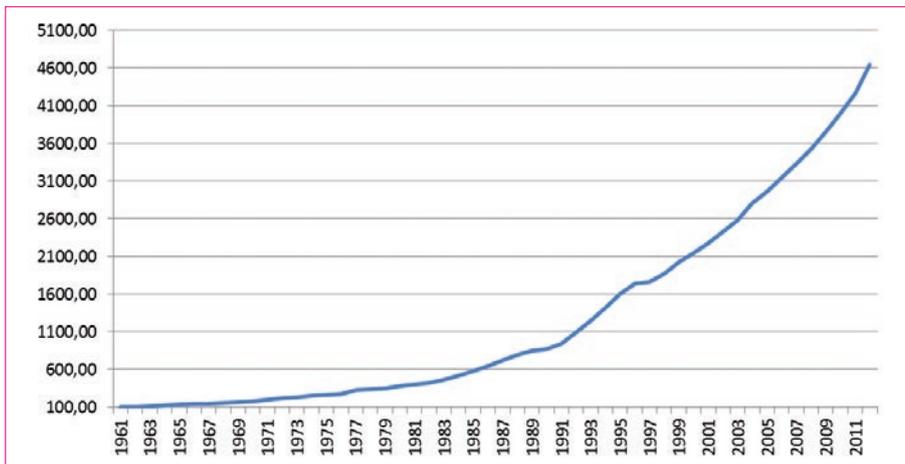


Figura 4
Indice della produzione degli allevamenti ittici (1961=100)
Fonte: nostra elaborazione di dati FAOSTAT

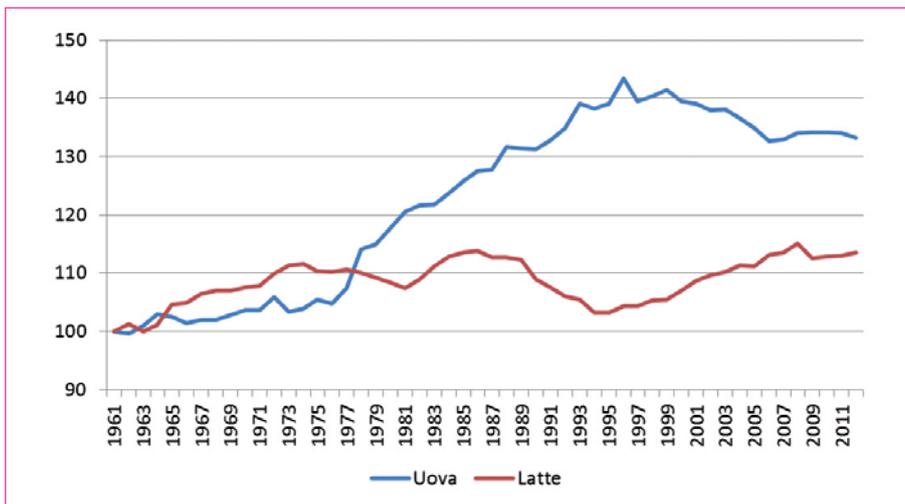


Figura 5
Indice della produzione unitaria di uova e di latte (1961=100)
Fonte: nostra elaborazione di dati FAOSTAT

incremento medio annuo dello 0,19% e totale di circa il 10%, equivalente a poco meno di mezzo miliardo di ettari. L'aumento annuo di superficie agricola è stato più rapido tra il 1961 e il 1992 (0,27% in media) e meno veloce dal 1993 al 2011 (0,03% in media). In termini percentuali rispetto all'intera superficie emersa, l'area agricola è passata da poco più del 34% all'inizio del periodo considerato a quasi il 38% nel 2011. Se si escludono i deserti, i ghiacci perenni e gli specchi d'acqua, la superficie dedicata alla produzione di alimenti raggiunge il 50% delle terre emerse [11]. L'aumento dell'area agricola è attribuibile all'incremento della superficie destinata a seminativi (+10%),

e a legnose agrarie (+74%), e di prati permanenti e pascoli (+9%). Seminativi e legnose agrarie occupano circa un terzo (31%) della superficie dedicata alla produzione agricola, mentre i restanti due terzi sono dedicati a prati permanenti e pascoli. Circa il 33% delle aree destinate a seminativi sono dedicate alla produzione di mangimi per animali in produzione zootecnica [15]. Ne discende che circa i 4/5 dell'intera superficie agricola sono dedicati alla alimentazione animale [10] e solo il restante 20% è destinato alla produzione diretta di derrate per alimentazione umana e di fibre vegetali.

L'incremento dell'area agricola è avvenuto soprattutto a spese di foreste ed altri ecosistemi naturali (Figura 9). L'area forestata a livello globale è difatti passata da 4,17 miliardi di ettari del 1990 a 4,03 miliardi di ettari del 2011, con una riduzione di circa il 4%, pari a circa 6,4 milioni di ettari per anno. Oltre alla distruzione di ecosistemi naturali e le conseguenze dirette di perdita di biodiversità, la deforestazione porta anche

effetti indiretti sulla produttività agricola dovuti alla diminuzione delle precipitazioni e al riscaldamento globale. Si calcola infatti che il cambio di destinazione dei suoli, oltre ad avere consumato una notevole quantità di ecosistemi naturali, abbia contribuito per l'11% alla emissione di gas serra, responsabili dei cambiamenti climatici in corso.

La concomitante crescita demografica, che ha visto la popolazione mondiale più che raddoppiata nel periodo considerato, ha drasticamente ridotto la superficie coltivata pro-capite, che è diminuita da 0,45 a 0,22 ettari [16]. Si stima che, se non interverranno significativi cambiamenti delle politiche nazionali, la frontiera agricola

continuerà ad espandersi da qui al 2050, anche se ad un ritmo rallentato rispetto al passato [17]. L'ampliamento totale della superficie a seminativi interesserà almeno altri 100 milioni di ettari, ma non potrà comunque avverarsi in maniera omogenea in tutte le aree: mentre nell'Africa sub-sahariana ed in America Latina vi è disponibilità di terra fertile non ancora coltivata, in Asia, nel Nord Africa e in Medio Oriente non vi sono possibilità fisiche di espansione (Figura 10). Nei Paesi industrializzati si stima che la superficie a seminativi subirà una costante diminuzione. Va inoltre ricordato che l'espansione demografica e la crescita economica esercitano una competizione sempre più serrata per l'uso del suolo, sottraendo spesso all'utilizzazione agricola i terreni più vocati, e in maniera irreversibile. La produzione di biocombustibili esercita un'ulteriore competizione sull'uso della terra per la produzione di cibo.

Degrado del suolo

Il degrado del suolo è definito come il cambiamento dello stato di salute del suolo che compromette la sua capacità di fornire beni e servizi ecosistemici [18]. Il 33% delle terre coltivate è stato classificato come contraddistinto da suoli degradati o molto degradati (Figura 11), spesso a causa di pratiche produttive non sostenibili, quali il sovrappascimento, la monocoltura, le eccessive lavorazioni, la non corretta gestione dell'irrigazione e dei nutrienti e la mancata restituzione di sostanza organica [16]. L'estesa introduzione di pratiche agricole che limitano le interferenze sul suolo, quali la lavorazione minima e la semina diretta, ha portato grandi benefici in vaste aree agricole [19], riducendo l'erosione e migliorando

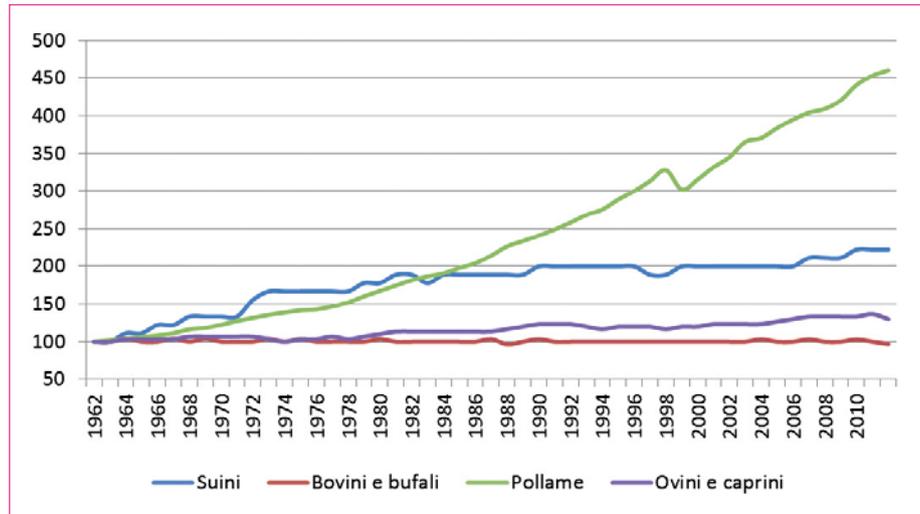


Figura 6
Indici della densità di bestiame (numero) per ettaro di area agricola (1961=100)
Fonte: nostra elaborazione di dati FAOSTAT

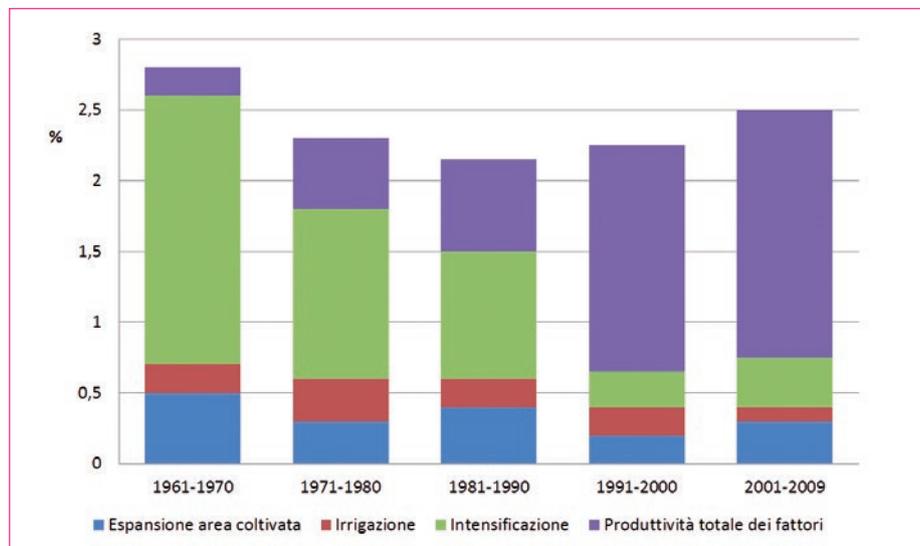


Figura 7
Tasso medio di crescita della produzione agricola per decade (1961-2009) e sua attribuzione
Fonte: modificato da Fuglie, 2012

la fertilità, ma in vaste aree dei Paesi in via di sviluppo, soprattutto nell'Africa sub-sahariana, il degrado dei suoli rappresenta una forte preoccupazione. Alcune stime fanno ammontare a 40 miliardi di dollari per anno i costi del degrado del suolo, senza considerare i costi nascosti di aumento dell'uso di fertilizzanti, di perdita di biodiversità e di deterioramento dei paesaggi.

Risorse idriche

A livello mondiale, le risorse idriche rinnovabili ammontano a circa 42.000 km³ per anno². Il consumo di

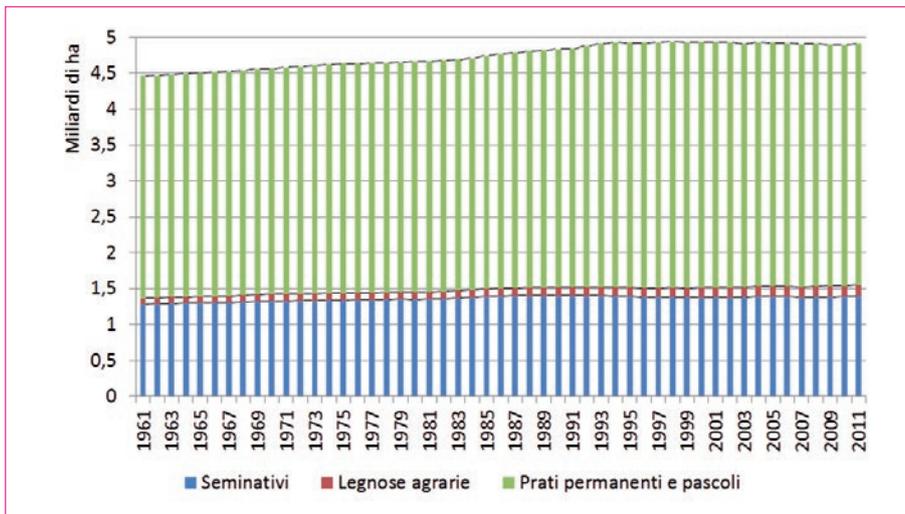


Figura 8
Andamento della superficie agricola e delle sue componenti dal 1961 al 2011
Fonte: FAOSTAT

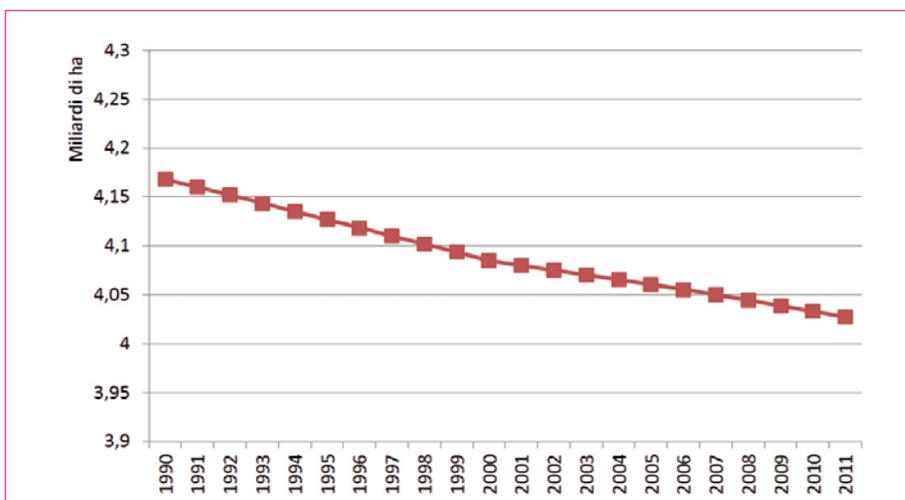


Figura 9
Andamento globale della superficie forestata dal 1990 al 2011
Fonte: FAOSTAT

acqua è praticamente raddoppiato negli ultimi cinquanta anni, raggiungendo il livello di 3900 km³ per anno, di cui il 70% (o 2710 km³ per anno) è destinato attualmente ad usi agricoli, il 19% ad usi industriali e l'11% a usi civili [16].

La quantità di acqua estratta è quindi ancora pari a solo il 9% dalle risorse idriche rinnovabili, ma questo dato è una media globale di livelli di sfruttamento tutt'altro che omogenei nelle diverse aree geografiche. In alcune aree, particolarmente nel Medio Oriente, nel Nord Africa e nell'Asia centrale, lo sfruttamento delle risorse idriche supera la soglia critica del 40%.

La superficie agricola irrigata è più che raddoppiata nel periodo tra il 1961 ed il 2009, passando da 139 a 301 milioni di ettari (+117%), e continua ad espandersi ad un ritmo annuo dello 0,6%. Il prelievo da falde acquifere è nello stesso tempo aumentato velocemente tanto da interessare attualmente in modo esclusivo o parziale il 40% delle terre irrigate. In alcune aree il ritmo di estrazione dalle falde freatiche è superiore alla loro capacità di reintegrazione, causando un abbassamento del loro livello e la minaccia di un loro esaurimento.

L'effetto positivo sulla produzione agricola di questa espansione delle infrastrutture e delle pratiche irrigue è fuori discussione, come risulta anche dalla Figura 7, senza contare l'effetto indiretto della regimazione idrica sul verificarsi di inondazioni e altri disastri. L'irrigazione contribuisce difatti ad aumentare la produzione agricola per ettaro di 2-3 volte rispetto alle terre non irrigate [20]. Ma, similmente a quanto discusso per le superfici coltivabili, la competizione esercitata dagli usi civili ed industriali è destinata

ad accrescersi sensibilmente nei prossimi decenni, per cui è difficilmente ipotizzabile che l'espansione della superficie irrigata possa essere sostenuta agli stessi ritmi nelle prossime decadi. La scarsità fisica di acqua è già un problema per 1.6 miliardi di persone [21], mentre le stime prevedono che nel 2025 1.8 miliardi di persone vivranno in Paesi con scarsità assoluta di acqua [22].

Risorse genetiche

Le pratiche agricole non sostenibili hanno anche contribuito, insieme ad altre cause, quali la perdita o la

frammentazione di habitat naturali, il supersfruttamento di specie animali e vegetali spontanee, l'inquinamento del suolo, dell'acqua e dell'atmosfera, l'invasione di specie aliene, e il cambio climatico, alla perdita di biodiversità a livello di geni, di specie e di ecosistemi [23].

Benché circa 30.000 specie vegetali siano commestibili e circa 7.000 siano state coltivate o raccolte a fini alimentari, il 95 % del fabbisogno alimentare è prodotto da solo trenta specie e più del 50% da tre piante coltivate (frumento, mais e riso). La coltivazione di queste tre colture si è espansa in maggior misura rispetto alle altre colture ed è arrivata nel 2012 ad occupare poco meno del 40% dell'intera superficie coltivata (Figura 12). Tra le specie riportate come coltivate, 900 sono considerate a rischio di estinzione e 14 sono irrimediabilmente estinte. Anche la variabilità intraspecifica delle specie coltivate è in diminuzione a causa della sostituzione delle varietà tradizionali con poche varietà migliorate.

Anche nel settore forestale esiste una grave minaccia alla biodiversità giacché il 50% delle specie forestali sono minacciate o soggette ad erosione genetica [24]. La deforestazione è comunque una delle più importanti cause di perdita della biodiversità considerato che le foreste ospitano circa tre quarti della biodiversità terrestre totale. Si stima che la distruzione di foreste pluviali delle aree tropicali causa l'estinzione di circa 100 specie per giorno [25].

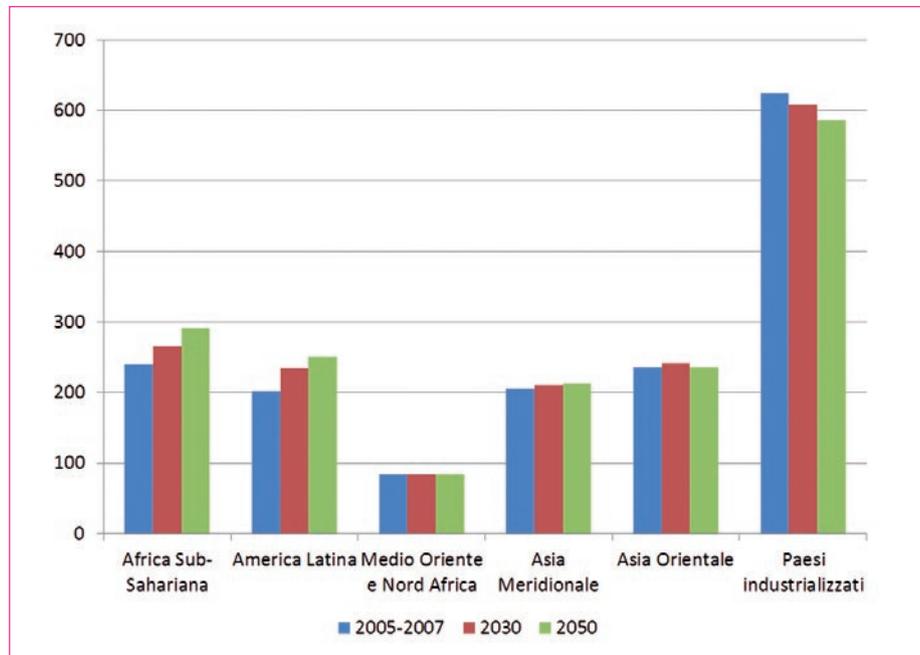


Figura 10
Proiezione al 2030 e 2050 della superficie globale dei seminativi e confronto con il 2005-07 (milioni di ettari)
Fonte: Alexandratos e Bruinsma, 2012

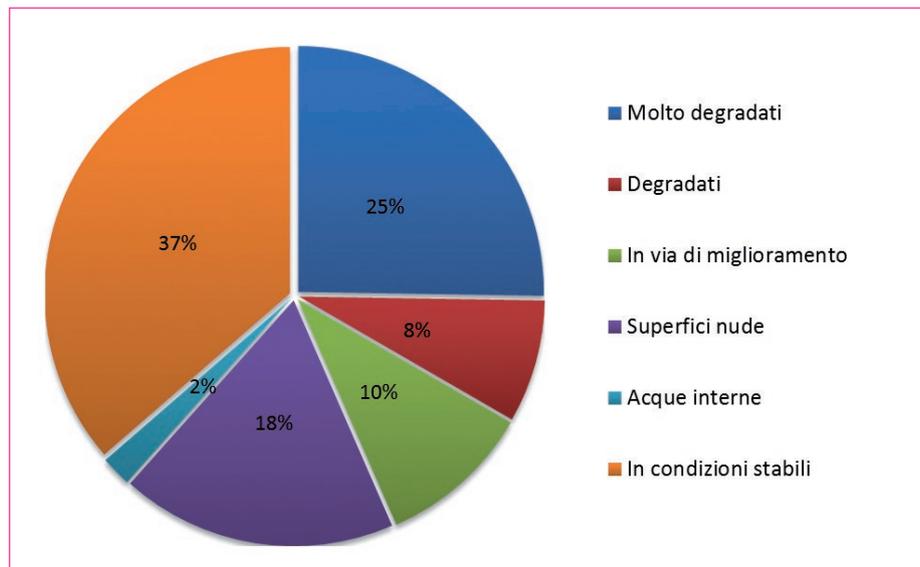


Figura 11
Stato dei suoli
Fonte: FAO, 2011

Similmente, delle 50.000 specie di mammiferi ed uccelli esistenti sulla terra, solo 40 sono state domestiche e meno di 14 specie producono più del 90% della produzione zootecnica mondiale [26]. Ognuna di queste specie animale ha sviluppato una grande

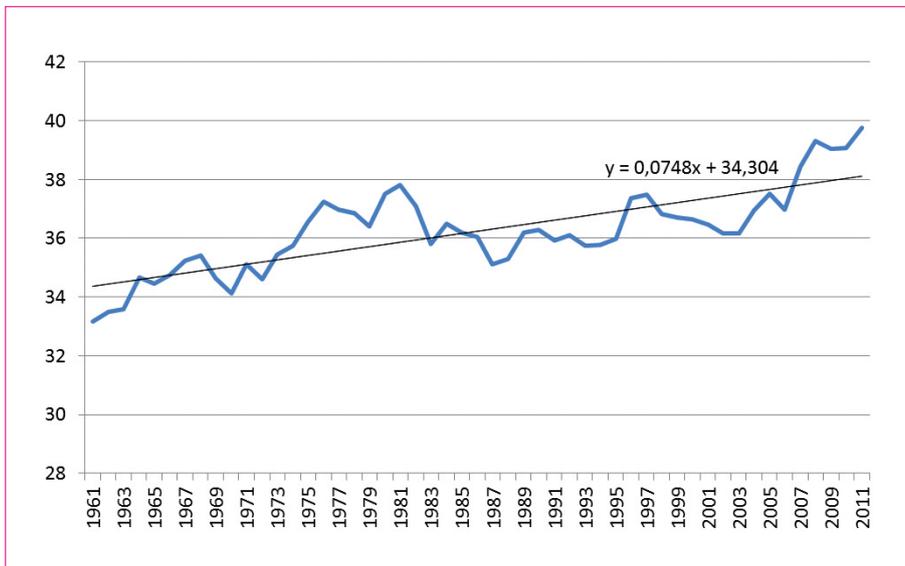


Figura 12
Superficie globale coltivata con i tre maggiori cereali (frumento, riso e mais) - Percentuale sulla superficie totale dedicata a seminativi (la linea nera indica la tendenza lineare)
Fonte: nostra elaborazione di dati FAOSTAT

variabilità, ma il 20% delle 7616 razze animali censite dal FAO's *Global Databank for Animal Genetic Resources for Food and Agriculture* sono classificate come a rischio di estinzione mentre 690 sono già estinte [27].

Più del 50% degli stock ittici sono completamente sfruttati, mentre il 17% sono sovrasfruttati e l'8% sono esauriti o in corso di recupero. La FAO stima che in tutto il mondo si allevino 236 specie acquatiche, ivi compresi pesci, molluschi, crostacei e piante, la maggior parte delle quali è stata domesticata negli ultimi 25 anni [22]. La grande ricchezza di risorse genetiche di organismi acquatici offre enormi potenzialità al settore della acquacoltura per aumentare il suo contributo alla produzione mondiale di alimenti.

La diversità degli invertebrati e dei microrganismi costituisce la cosiddetta biodiversità occulta, perché invisibile, ma fornitrice di essenziali servizi ecosistemici quali l'impollinazione, la rigenerazione della fertilità del suolo, il sequestro di anidride carbonica atmosferica, l'equilibrio delle popolazioni di patogeni e parassiti e la digestibilità dei foraggi. Molti microrganismi trovano applicazione nell'industria agroalimentare. Nonostante l'unanime riconoscimento della loro importanza strategica, la diversità di microrganismi ed invertebrati è minacciata da molti fattori, compreso l'uso di presidi sanitari.

Anche se la perdita di biodiversità degli ecosistemi agricoli ha un significato relativamente poco rilevante in termini di perdita di biodiversità globale, l'erosione genetica delle varietà e delle specie di piante coltivate e dei relativi parenti selvatici (fonti riconosciute di diversità genetica) nonché delle specie e delle razze di animali allevati è sicuramente causa di grande preoccupazione, in quanto ha importanti implicazioni sulla sostenibilità della produzione di alimenti. L'erosione delle risorse genetiche agricole comporta, difatti, la perdita del potenziale di adattamento delle colture

a nuove condizioni socio-economiche o ambientali, incluso il cambio climatico, e a mutate esigenze dei mercati. La variabilità genetica delle piante coltivate e degli animali in produzione zootecnica è inoltre fonte di caratteri di rilevanza economica o scientifica. La conservazione della diversità genetica di animali e piante domestici riveste quindi importanza strategica per la sicurezza alimentare, oltre a preservare valori di grande interesse culturale e storico.

Energia

Gli aumenti di produttività della produzione agricola sono stati resi possibile anche da un'abbondante disponibilità di combustibili di origine fossile a prezzo relativamente basso, che ha permesso di espandere la meccanizzazione delle pratiche agricole, l'irrigazione, la produzione e l'uso di fertilizzanti e di altri prodotti chimici, ed il trasporto e la conservazione di prodotti deperibili. Il prezzo dei combustibili di origine fossile è aumentato notevolmente negli ultimi anni, promuovendo in molti casi interventi di razionalizzazione energetica dei sistemi agroalimentari. Un ripensamento del ruolo dell'energia in agricoltura è comunque necessario quando si considerano le opzioni per migliorare la sostenibilità della produzione agroalimentare, anche per le dirette ripercussioni sulla emissione di gas serra e sul conseguente cambiamento climatico.

Misure per la transizione verso metodi di produzione primaria più sostenibili

Per azzerare il deficit alimentare previsto per la metà di questo secolo, limitando nel contempo la pressione sulle risorse naturali e soprattutto sulla risorsa terra, si può agire alternativamente o contemporaneamente sui due lati dell'equazione: riducendo la domanda di alimenti, in termini sia quantitativi che qualitativi, e/o aumentando l'offerta (Tabella 1). La prima opzione comprende, oltre alla riduzione della crescita demografica, la riduzione degli sprechi e delle perdite delle filiere di trasformazione e distribuzione di alimenti, l'adozione di diete proporzionate ai consumi energetici, la riduzione del consumo di prodotti di origine animale in genere e, in particolare, di quelli derivati da allevamenti con basso tasso di conversione dei mangimi (carne bovina). A questi provvedimenti si può accompagnare la riduzione o la eliminazione della distrazione di prodotti agricoli per usi non alimentari, come per esempio per la produzione di biocarburanti.

Queste possibili misure di intervento, che dovranno comunque tenere in conto le preferenze determinate da usanze tradizionali, credenze culturali o dettami religiosi, saranno discusse in dettaglio in altri inserti della rivista ed esulano quindi dal tema di questo lavoro. Va qui comunque sottolineato che la diminuzione (o il contenimento) della domanda, accompagnato da opportuni ripensamenti della logistica di distribuzione degli alimenti, provoca la diminuzione (o il contenimento) dell'offerta e quindi dell'uso delle risorse naturali che sostengono la produzione agricola.

Anche se le strategie di riduzione della domanda di alimenti fossero coronate da pieno successo, cosa tutt'altro che garantita, non sarebbero comunque sufficienti ad equilibrare l'equazione domanda-offerta e persisterebbe quindi la necessità di aumentare la produzione alimentare. Per evitare di ampliare ulteriormente la frontiera agricola a scapito di foreste o di aree comunque ricoperte da vegetazione naturale, le pratiche adottate per la produzione agricola dovranno subire modificazioni incisive, consentendo significativi incrementi di produttività [11]. La prima misura da attuare risponde quindi a questa finalità: sviluppare, adattare e adottare pratiche agricole, quali varietà migliorate di piante agrarie e nuove razze di animali domestici e tecniche agronomiche e zootecniche ottimizzate, che consentano di aumentare la produttività delle aree già dedicate alla produzione agricola. L'aumento della frequenza dei cicli colturali sugli stessi appezzamenti rappresenta una opzione con buone po-

tenzialità per aumentare virtualmente la superficie coltivata. In poche parole questa misura consiste nella "intensificazione sostenibile della produzione agricola", definita come "aumento della produzione senza impatti ambientali negativi e senza coltivare più terra" [28]. Una simulazione con il modello IMPACT (*International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade*) ha mostrato come l'introduzione di alcune tecnologie d'intensificazione sostenibile dell'agricoltura può portare a significative riduzioni dell'espansione della superficie coltivata a mais, frumento e riso [29].

Inoltre, grandi miglioramenti della produttività agricola sono raggiungibili diminuendo il divario di produttività tra le produzioni potenziali e quelle ottenute dalle aziende meno efficienti [30]. A tal fine è necessario assicurare che i piccoli agricoltori abbiano accesso alle conoscenze ed alle tecnologie, migliorando i servizi di assistenza tecnica, al credito ed alla commercializzazione di prodotti. Nello stesso tempo, è necessario migliorare la gestione delle altre risorse naturali, acqua e fertilità del suolo nelle aziende di tutte le dimensioni, per migliorare la sostenibilità del sistema di produzione agricolo.

La produzione zootecnica merita un discorso a parte, considerato che l'80% della superficie agricola è destinato a prati e a pascoli o alla produzione di mangimi per gli animali in allevamento, come già ricordato. Gli aumenti di produttività ottenuti con l'introduzione di migliorate tecniche agronomiche o zootecniche acquistano pertanto un grande valore. Il miglioramento di produttività di prati permanenti e di pascoli, in particolare, può migliorare la competitività degli allevamenti estensivi di animali poligastrici e ridurre la pressione per la produzione di mangimi concentrati.

L'espansione dell'acquacoltura, oltre a sostituire parzialmente la pesca di cattura, e alleggerire di conseguenza lo sfruttamento degli stock naturali a rischio di estinzione, permetterebbe di accrescere l'offerta di proteine animali senza aumentare la pressione esercitata dagli allevamenti zootecnici.

Infine, abbattere le disuguaglianze di genere, migliorando l'accesso delle donne all'educazione, ai diritti civili, ai servizi, all'associazionismo professionale, sindacale e politico, al credito e ai servizi, avrebbe molteplici effetti positivi, sia sulla domanda che sulla produzione di alimenti. Si stima per esempio che se le donne avessero garantiti gli stessi diritti degli uomini, potrebbero migliorare la produttività delle loro aziende agrarie del 20-30%, con un incremento totale della produzione agricola dei Paesi in via di sviluppo del

	Misure	Effetti attesi	Commento
Riduzione della domanda di alimenti	Adozione di politiche di riduzione della crescita demografica	Diminuzione della crescita della domanda	Già in atto in molti Paesi, di difficile attuazione generalizzata
	Riduzione degli sprechi e delle perdite delle filiere di trasformazione e distribuzione di alimenti	Risparmi fino al 25-30% degli alimenti prodotti	Dimensione etica
	Adozione di diete proporzionate ai consumi energetici e riduzione della sovralimentazione	Diminuzione della crescita della domanda	Comporterebbe anche la riduzione degli effetti negativi di sovrappeso e obesità (Malattie cardiovascolari, diabete, cancro)
	Riduzione del consumo pro-capite di proteine di origine animale	Diminuzione della quota di prodotti agricoli utilizzati come mangimi	Il consumo di proteine di origine animale è in crescita ed è già eccessivo in molti Paesi
	Aumento del consumo di proteine derivate da produzioni animali a migliore tasso di conversione dei mangimi (latte, uova, pollame e pesce)	Limitazione della produzione di carne bovina e aumento altre produzioni zootecniche più efficienti, quindi Diminuzione della quota di prodotti agricoli utilizzati come mangimi	La produzione di carne bovina ha un costo ambientale più alto di quella di altri prodotti animali
	Equità di genere (accesso ad educazione, diritti, vita politica e associativa, servizi, credito ecc.)	Migliore gestione della alimentazione delle famiglie	Dimensione etica. Si applica anche a minoranze svantaggiate ed emarginate, per es. le comunità indigene
Aumento della offerta di alimenti	Sviluppo e diffusione di migliori pratiche agronomiche e zootecniche, materiali genetici migliorati, aumento della frequenza delle coltivazioni.	Aumento della produttività unitaria delle terre coltivate	Limitazione della espansione della frontiera agricola e della distruzione di habitat naturali
	Sviluppo e diffusione di migliori pratiche di gestione di acqua e nutrienti, adattamento al cambio climatico	Limitazione del degrado dei suoli e dell'inquinamento degli acquiferi, migliore efficienza dell'uso di risorse naturali	Evita l'abbandono di terre coltivate non più (o meno) produttive
	Miglioramento della gestione di prati permanenti e pascoli.	L'aumento di produttività di prati permanenti e pascoli	Migliore competitività e quindi espansione degli allevamenti estensivi.
	Miglioramento dell'accesso dei piccoli agricoltori alle tecnologie, al credito, ai servizi di assistenza tecnica, alla commercializzazione dei prodotti.	Riduzione del divario di produttività tra aziende più avanzate e aziende meno efficienti	Anche miglioramento del reddito dei produttori più poveri
	Espansione della acquacultura	Sostituzione graduale della pesca di cattura	Permetterebbe l'uso di mare e acque interne per incrementare la disponibilità di proteine animali
	Equità di genere (accesso ad educazione, diritti, vita politica e associativa, servizi, credito ecc.)	Maggiore produttività delle piccole aziende agricole	Dimensione etica. Si applica anche a minoranze svantaggiate ed emarginate, per es. le comunità indigene

Tabella 1
Misure per soddisfare in modo sostenibile la domanda di alimenti

2,5-4% [31]. Anche una maggiore equità per le minoranze svantaggiate ed emarginate, come per esempio

le comunità indigene, avrebbe conseguenze positive sulla sostenibilità delle produzioni.

Conclusioni

Il sistema produttivo agricolo mondiale riesce a soddisfare la domanda globale di alimenti, ma consuma le risorse naturali su cui si basa – terra, suolo, acqua e biodiversità – ad un ritmo superiore alla loro capacità naturale di rigenerazione e non è quindi sostenibile nel lungo termine. La prevista espansione quali-quantitativa della domanda mondiale di alimenti esacerberà ulteriormente la scarsità di terra coltivabile e delle altre risorse naturali su cui si basa la produzione agricola.

La sfida che dobbiamo affrontare è quindi quella di soddisfare la crescente domanda alimentare mondiale riducendo i tre maggiori impatti ambientali dei sistemi produttivi oggi in essere: la distruzione degli ecosistemi naturali derivata dall'espansione della frontiera agricola; il cambiamento climatico causato dalle pratiche agricole e zootecniche e dalla deforestazione; e la riduzione delle riserve di acqua dolce, a causa sia dei ritmi di estrazione superiori a quelli di reintegrazione, che dell'inquinamento degli acquiferi. Bisogna pertanto promuovere sistemi agricoli capaci di produrre di più, consumando meno risorse naturali. Ciò è possibile solo con un cambiamento radicale dei paradigmi di produzione, agendo sulla produttività totale dei fattori di produzione, sviluppando cioè i fattori immateriali di produzione [14]. In altre parole si deve ampliare le conoscenze ed espandere la capacità di trasformare le conoscenze in valore (economico, sociale, ambientale), aumentando l'intensità delle conoscenze applicate alla produzione agricola. Ricerca, assistenza tecnica agli agricoltori e istruzione giocano pertanto un ruolo sempre più essenziale per aumentare in modo sostenibile

la produttività agricola e per limitare il consumo delle risorse naturali, insieme alla organizzazione degli agricoltori in associazioni e cooperative. Gli obiettivi per l'agenda di sviluppo post-2015, definiti dalle istanze politiche a livello globale [32], comprendono molte delle misure discusse in questo articolo, ma possono essere realizzati solo con adeguati investimenti.

Le conoscenze sviluppate e le tecnologie oggi applicate sono il frutto di un lungo processo di coevoluzione in atto sin dall'origine delle coltivazioni e dell'allevamento di animali. La crescente complessità della produzione agricola e della sua gestione ha portato ad adottare un approccio riduzionistico, a segmentare cioè la realtà in una serie di fenomeni, studiati singolarmente da discipline differenti. La transizione verso sistemi di produzione più sostenibili richiede ora la ricomposizione dei singoli elementi in una visione integrata. I moderni strumenti cognitivi e di analisi dei dati acquisiti permettono oggi di governare la complessità delle conoscenze e di definire strategie complesse di intervento. Le misure suggerite nel capitolo precedente hanno inoltre valenza assai diversa, dalla scala globale alla dimensione locale, e viceversa, passando per tutte le gradazioni intermedie, ma sono spesso mutuamente interdipendenti. La molteplicità, delle situazioni locali, degli attori e dei livelli di governance implicati rende ancor più complesse le strategie da adottare. Oltre all'integrazione disciplinare è quindi necessario mettere in gioco l'integrazione degli interventi e della loro scala.

Andrea Sonnino
FAO, Research and Extension Unit



Bibliografia

1. A. Sonnino (2013), "Biotechnologie e sicurezza alimentare", *Energia, Ambiente, Innovazione*, 59 (1): 53-60
2. UN Population Division (2014), "World population prospects: the 2014 revision", United Nations, New York
3. FAO, IFAD, WFP (2014), "The State of Food Insecurity in the World 2014: Strengthening the enabling environment for food security and nutrition", FAO, Rome
4. FAO (2013), "The State of Food and Agriculture: food systems for better nutrition", FAO, Rome
5. WHO (2014), "WHO Fact Sheet No. 311, reviewed May 2014", WHO, Geneva
6. UNDESA (2014), "World Urbanization Prospects: the 2014 revision – Highlights", United Nations Department of Economic and Social Affairs, New York
7. M. Harris (1985), "Good to eat: riddles of food and culture", Waveland Press Inc., Long Grove
8. C. Delgado (2003), "Rising Consumption of Meat and Milk in Developing Countries Has Created a New Food Revolution", *J. Nutrition*. 133 (11): 3907S-3910S
9. P. Pingali, E. McCulloch (2010), "Drivers of change in global agriculture and livestock systems", In: H. Steinfeld, H.A. Mooney, F. Schneider & L.E. Neville, "Livestock in a changing landscape", SCOPE
10. FAO (2009), "The State of Food and Agriculture: livestock in the balance", FAO, Rome
11. WRI (2013), "Creating a sustainable food future: Interim findings", World Resource Institute, Washington DC
12. C. Delgado, M. Rosegrant, H. Steinfeld, S. Ehui, & C. Courbois (1999) "Livestock to 2020: The Next Food Revolution", Food, Agriculture, and the Environment Discussion Paper 28, International Food Policy Research Institute, Washington, DC
13. FAO (2014), "The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and challenges", FAO, Rome
14. K. Fuglie (2012), "Productivity Growth and Technology Capital in the Global Agricultural Economy", In: *Productivity Growth in Agriculture: An International Perspective* (O. Keith, Fuglie, Sun Ling Wang, V. Eldon Ball, eds.), chapter 16, CAB International, Oxfordshire
15. H. Steinfeld, P. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, M. Rosales, C. De Haan (2006), "Livestock's long shadow: environmental issues and options", FAO, Rome
16. FAO (2011a), "The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) - Managing systems at risk", Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London
17. N. Alexandratos, J. Bruinsma (2012), "World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision", ESA Working paper, No. 12-03, FAO, Rome
18. F. O. Nachtergaele, M. Petri, R. Biancalani, G. van Lynden, H. van Velthuisen, M. Bloise (2011), "LADA Technical report" No. 17, Global Land Degradation Information System (GLADIS), Version 1.0. , LADA, Roma
19. R. A. Jat, K. L. Sahrawat, A. H. Kassam, T. Friedrich (2014), "Conservation Agriculture for Sustainable and Resilient Agriculture: Global Status, Prospects and Challenges", In: *Conservation agriculture: global prospects and challenges* (R. A. Jat, K. L. Sahrawat, A. Kassam, eds.), CAB International, Oxfordshire
20. FAO, IFAD (2006), "Water for food, agriculture and rural livelihoods" Chapter 7 of the 2nd UN World Water Development Report: 'Water, a shared responsibility', FAO and the International Fund for Agricultural Development, Rome
21. IWMI (2007), "Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water management in Agriculture" Earthscan, London e Colombo
22. UN-Water (2006), "Coping with Water Scarcity, A Strategic Issue and Priority for System-wide Action", UN-Water Thematic Initiatives
23. A. Sonnino (2012), "Biodiversidad y biotecnologías: el eslabón estratégico", In: V. Ivone (ed.) *Biodiversidad, Biotecnología y Derecho. Un crisol para la sustentabilidad*, páginas 299-320, Aracne editrice, Roma
24. CGRFA, FAO (2014), "The State of world's forest genetic resources", FAO, Rome
25. World Bank (2004), "World Development Report 2004: making services work for poor people", Washington DC
26. P. Lidder, A. Sonnino (2012), "Biotechnologies for the Management of Genetic Resources for Food and Agriculture", *Advances in Genetics* vol. 78: 1-168
27. FAO (2007), "The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture", edited by Barbara Rischkowsky & Dafydd Pilling, Rome
28. The Royal Society (2009), "Reaping the benefits: science and the sustainable intensification of global agriculture", London
29. C. Ringler, N. Cenacchi, Jawoo Koo, R. Robertson, M. Fisher, C. Cox, N. Perez, K. Garret, M. Rosegrant (2014), "The promise of innovative farming practices", In: 2013 Global Food Policy Report, IFPRI, Washington DC
30. N.D. Mueller, G.S. Gerber, M. Johnstone, D.K. Ray, N. Ramankutty, J.A. Foley (2012), "Closing yield gaps through nutrient and water management", *Nature* 490, 254-257
31. FAO (2011b), "The State of Food and Agriculture: Women in agriculture: closing the gender gap for development" FAO, Rome
32. High Level Panel of Experts (HLPE) Report (2013), "A new global partnership: eradicate poverty and transform economies through sustainable development", United Nations, New York

Note

1. Le informazioni sono presentate come numeri indici per permettere il confronto tra grandezze diverse e facilitare la valutazione delle variazioni temporali
2. Un chilometro cubo è equivalente a 1.000 miliardi di litri

La difesa del suolo nell'azione della comunità internazionale

R. Nocera

La terra è una risorsa finita. Desertificazione, cambiamento climatico, inquinamento, insediamenti umani e attività antropiche, minacciano l'integrità del suolo e la sua capacità di "nutrire il pianeta". In una crescente consapevolezza, la comunità internazionale sta moltiplicando l'azione per promuovere globalmente misure per la difesa e la conservazione del suolo, a partire dalla lotta alla desertificazione, con l'obiettivo di arrivare a una Land Degradation Neutrality al 2050.

La difesa del suolo: non solo una questione ambientale

Il 2015 è stato dichiarato Anno Internazionale del Suolo, una iniziativa promossa dalla Food and Agriculture Organization (FAO) delle Nazioni Unite che accende i riflettori su una risorsa primaria e fondamentale per l'umanità e per il pianeta: la terra. Alla disponibilità presente e futura di suolo da

destinare a fini produttivi, e agricoli in particolare, è legata la sopravvivenza stessa dell'uomo. La produzione di derrate alimentari, ma anche di foraggio per l'allevamento, di fibre tessili, di legname, di medicinali; la conservazione della biodiversità del pianeta; la disponibilità di acqua; la resilienza rispetto al cambiamento climatico e la sopravvivenza stessa delle popolazioni rurali sono legate alla disponibilità di terre arabili e produttive. Il suolo è però un ecosistema fragile, sempre più esposto alla minaccia della desertificazione che ogni anno rende inservibili circa 12 milioni di ettari di terreno, che si aggiungono ai 3,6 miliardi di ettari già oggi classificati come deserti o terre aride, pari a circa il 25% della superficie emersa.

Desertificazione non significa soltanto avanzata dei deserti ma, piuttosto, persistente deteriora-

mento del suolo – deforestazione, erosione, impermeabilizzazione, salinizzazione, alcalinizzazione – a causa delle attività antropiche, delle variazioni climatiche, delle ripetute siccità, del consumo di suolo, in un processo che innescava una spirale perversa sotto il profilo ambientale ma, soprattutto, socio-economico poiché la desertificazione genera povertà diffusa.

La questione dell'uso sostenibile del suolo, insieme con i cambiamenti climatici e la perdita di biodiversità, è stata identificata dalla comunità internazionale come una delle maggiori sfide per lo sviluppo sostenibile. Ad essa sono legati aspetti critici dello sviluppo quali la riduzione della povertà, la sicurezza alimentare, l'agricoltura, l'accesso all'acqua, la produzione di pascolo e di energia rinnovabile.

Per questa ragione il tema della gestione e conservazione del

suolo ha acquisito una importanza crescente nel dibattito internazionale, in una consapevolezza che ha portato all'adozione di misure e politiche per il contrasto alla desertificazione e la promozione di modelli sostenibili di uso del suolo.

Il suolo come policy globale: dalla Conferenza di Nairobi a Rio +20

Il primo atto risale al 1977, con il mondo ancora scosso dalle immagini della carestia nell'Africa sub-sahariana. L'ONU fa risuonare il campanello di allarme sulle minacce all'integrità del suolo nella Conferenza di Nairobi sulla desertificazione che porterà all'adozione di un Piano di Azione.

Nel 1982 con l'adozione della *World Soil Charter*, è la FAO ad essere protagonista dell'azione a difesa del suolo. La Carta enuncia i principi per uno sfruttamento razionale del suolo, in grado di assicurare al tempo stesso l'incremento di produttività delle terre fertili e la conservazione per le generazioni future, richiamando i Governi e le Organizzazioni internazionali ad operare secondo una visione di lungo periodo, sulla base di un coinvolgimento attivo delle popolazioni con misure di incentivazione, formazione, supporto.

La *World Soil Charter*, tuttavia, è rimasta largamente inattuata. Occorre attendere dieci anni per un passo in avanti delle politiche del suolo quando, a seguito della Conferenza delle Nazioni Unite su Ambiente e Sviluppo (Earth Summit) di Rio del 1992, il tema della gestione sostenibile e conservazione del suolo viene inserito in un quadro giuridicamente vincolante per i Governi. Il 17 giugno 1994 viene adottata a Parigi la Convenzione delle Nazioni Unite per il Contrasto alla Deserti-

ficazione (UNCCD), un accordo internazionale sottoscritto ad oggi da 195 paesi quale strumento di una partnership globale per migliorare le condizioni di vita delle popolazioni in terre aride, mantenere e ripristinare la terra e la produttività del suolo, mitigare gli effetti della siccità e ridurre la povertà.

Al centro della Convenzione il nesso tra ambiente, sviluppo, e conservazione del suolo. La priorità è difatti legata alla necessità di identificare e intervenire sulle interdipendenze tra desertificazione, degrado dei suoli, siccità e temi chiave quali biodiversità, cambiamento climatico, sicurezza alimentare, conservazione delle foreste, accesso all'acqua. Temi che non sono appannaggio di alcune regioni del mondo dove la desertificazione avanza con estrema rapidità (Africa, ma anche America Latina e Cina), ma interessano l'intero pianeta richiedendo un'azione globale.

La UNCCD, e più di recente la Strategia Decennale di attuazione (*The 10-year strategic plan and framework to enhance the implementation of the Convention 2008-2018*), impegna i Governi ad adottare misure di policy a livello nazionale e internazionale, strategie ed azioni per dare effettività alla Convenzione: attività di formazione, informazione, educazione; capacity building delle comunità e delle istituzioni locali; costituzione di reti di monitoraggio, indicatori e sistemi di diffusione delle conoscenze, ma anche collaborazione tra paesi industrializzati e paesi in via di sviluppo per il trasferimento di buone pratiche, tecnologie, metodologie e progetti e, soprattutto, per mobilitare investimenti e schemi finanziari innovativi.

La UNCCD, tuttavia, non è uno strumento isolato di intervento. Proprio perché nasce da un approccio si-

stemico allo sviluppo sostenibile nel lungo termine, opera in sinergia con le altre due "Convenzioni sorelle" scaturite dal Vertice di Rio: la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) e la Convenzione sulla protezione della biodiversità (CBD), una sinergia che sottolinea le interdipendenze tra i temi e la necessità di decisioni globali su terra, cambiamento climatico e conservazione degli eco-sistemi.

Il suolo, infatti, non solo è "la casa" che ospita le attività e gli insediamenti umani e determina le condizioni per la sussistenza dell'umanità, ma è una "piattaforma" di servizi eco-sistemici più ampi. Oltre alla produzione di biomassa (per fini alimentari ed energetici), il suolo svolge funzioni vitali connesse al ciclo idrologico, alla cattura e stoccaggio del carbonio, divenendo elemento centrale nelle misure di adattamento e contrasto al cambiamento climatico. Ben si comprende quindi, come Rio abbia inquadrato le politiche per il suolo in una visione multidimensionale delle minacce all'eco-sistema.

Si indirizza invece esplicitamente alla necessità di una governance globale sull'uso del suolo l'iniziativa promossa dalla FAO per una *Global Soil Partnership for Food Security (GSP)*. Lanciata nel 2011, la GSP si propone come risposta alla necessità di politiche coordinate e integrate sull'uso del suolo, con l'obiettivo di coordinare iniziative e risorse frammentate tra una pluralità di attori e soggetti, per garantire che il tema dell'uso razionale e non competitivo del suolo sia adeguatamente rappresentato nel dialogo sul cambiamento globale e nei processi decisionali.

Centrale nella visione della GSP la gestione e l'uso sostenibile della risorsa suolo: assicurare il mantenimento di terreni sani e produttivi promuovendo

l'uso sostenibile degli input agricoli (e non) per la gestione della salute del suolo e degli ecosistemi.

Da Rio in poi la comunità internazionale, l'ONU in particolare e le sue agenzie specializzate, ha messo il suolo al centro della visione dello sviluppo, sia sottolineandone gli aspetti ambientali, come nella istituzione del Decennio della lotta alla desertificazione (2010-2020), sia quelli socio-economici legati agli obiettivi di riduzione della povertà nei Millennium Development Goals. Con Rio +20 si fa un ulteriore passo avanti nella riflessione globale sul suolo.

In vista della Conferenza sullo sviluppo sostenibile di Rio +20, è ancora l'ONU a lanciare una grande iniziativa per la *Zero Net Land Degradation* come obiettivo al 2050 che, in una visione ancora più ampia delle politiche del suolo, chiede ai Governi di agire per arrestare un ulteriore degrado del suolo e ripristinare gli eco-sistemi dove il degrado ha già compromesso la fertilità e produttività delle terre. Sebbene l'intento di definire target vincolanti di protezione del suolo anche per la UNCCD, analogamente a quanto previsto dalle Convenzioni per la biodiversità e il cambiamento climatico, sia stato disatteso, Rio +20 ha comunque segnato una tappa importante: nel Documento finale i Governi hanno sottoscritto l'impegno ad operare verso la *land degradation neutrality*, riaffermando la centralità della UNCCD per il coordinamento delle policy a livello nazionale, regionale, sovranazionale.

L'agenda europea per la protezione e conservazione del suolo

Anche l'Unione Europea ha avviato passi importanti in materia di uso sostenibile del suolo, sebbene manchi ancora un quadro di rife-

rimento organico. Il suolo è certamente centrale in molte politiche settoriali dell'Unione Europea – agricoltura, acqua, rifiuti, sostanze chimiche, inquinamento ambientale –, ma senza costituire un quadro giuridico coerente per la protezione del suolo.

In attesa di un atto di rango legislativo, il cui processo decisionale è stato messo in stand by e rimandato alla nuova Commissione insediata nel dicembre 2014, l'Unione Europea ha però adottato una Strategia Tematica per la Protezione del Suolo (COM(2006)231), la cui strada era stata preparata dalla precedente Comunicazione (COM(2002)179). Già nella Comunicazione del 2002 vengono identificate le minacce alla integrità dei suoli rilevanti ai fini della formulazione di policy e misure di intervento.

Sul solco tracciato nel 2002, la Strategia Tematica delinea un impianto di azione teso a garantire l'uso sostenibile del suolo a partire dal riconoscimento delle diverse funzioni che il suolo svolge. La Strategia stabilisce un programma di lavoro decennale per la Commissione articolato in quattro pilastri: adozione di una legislazione quadro; integrazione della protezione del suolo nelle politiche nazionali e comunitarie; sostegno alla ricerca di settore; sensibilizzazione.

Il primo pilastro – come si è detto – è rimasto inattuato. La proposta di Direttiva Quadro (COM(2006)232), un *framework* che delinea i principi generali di intervento lasciando agli Stati membri la facoltà di decidere sulle misure specifiche da adottare per la protezione del suolo, è stata ritirata dalla Commissione con decisione del 30 aprile 2014, dopo essere stata pendente in Consiglio per otto anni, bloccata dal veto di una minoranza di Stati.

Questo non significa che la questione del degrado del suolo sia stata relegata in secondo piano. Essa rimane centrale nell'agenda dell'Unione Europea, comunque sostenuta dalla Strategia, che costituisce una *roadmap* decennale e un approccio sistematico al tema della protezione, ripristino e mantenimento del suolo e delle sue funzioni, e rafforzata dalla *Tabella di marcia per una Europa efficiente nell'impiego delle risorse* (COM(2011)571). La strategia sulla *resource-efficiency*, varata nel quadro di Europa 2020, stabilisce che entro il 2020, le politiche dell'UE tengano conto del loro impatto diretto e indiretto sulla destinazione dei terreni nella UE e nel mondo, e che il livello di consumo di suolo sia in linea con l'obiettivo raggiungere al 2050 un tasso zero di occupazione di nuove terre.

Nell'UE ogni anno oltre 1.000 km² di nuovi terreni sono utilizzati per costruire abitazioni, industrie, strade o a fini ricreativi. Complessivamente, ogni dieci anni si edifica una superficie pari all'isola di Cipro. Si tratta di una pressione sulla risorsa suolo non più sostenibile, che si aggiunge e accresce i processi di degrado dei suoli rispetto ai quali l'Europa non è immune: erosione, perdita di materia organica, contaminazione, desertificazione. Il suolo richiede un approccio integrato, ed è questa la visione del 7° *Programma Comunitario di Azione Ambientale al 2020 «Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta»*, entrato in vigore nel gennaio 2014, che costituisce il quadro complessivo di azione dell'Unione Europea in materia ambientale. Riconoscendo l'insieme delle pressioni sul suolo, il nuovo Programma di Azione ambientale impone di intervenire per garantire che in Europa tutte le decisioni relative all'uso dei terreni tengano conto degli impatti am-

bientali, oltre che sociali ed economici, chiedendo agli Stati membri di riflettere su come affrontare le

problematiche legate alla qualità del suolo all'interno di un quadro giuridico vincolante.

Rachele Nocera
ENEA, Direzione Comittenza, Servizio Unione
Europea e Organismi internazionali

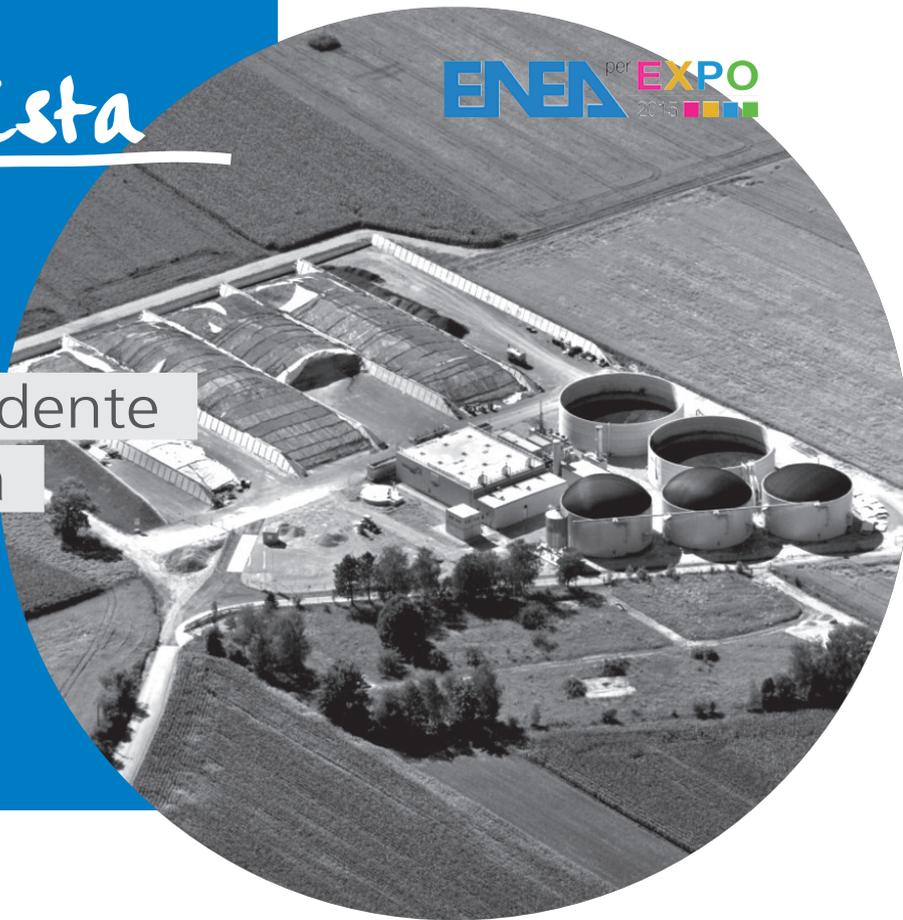
Timeline policy globali protezione del suolo e lotta alla desertificazione

- 1977: l'ONU promuove la Conferenza sulla Desertificazione di Nairobi da cui deriva il Piano di Azione per combattere la desertificazione (PACD)
- 1982: la FAO adotta la World Soil Charter
- 1992: si svolge a Rio de Janeiro, la Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente e sullo sviluppo sostenibile (Conferenza di Rio o Earth Summit). La Conferenza invita l'Assemblea Generale dell'ONU a preparare i lavori per uno strumento vincolante di contrasto alla desertificazione
- 1994: la Convenzione delle Nazioni Unite per Combattere la Desertificazione (UNCCD) viene adottata a Parigi, il 17 gennaio
- 2000: viene adottata la Dichiarazione del Millennio delle Nazioni Unite, che impegna le nazioni a una nuova partnership globale per ridurre la povertà estrema e stabilisce una serie di obiettivi al 2015 noti come Millennium Development Goals. Il tema del suolo è richiamato negli obiettivi di protezione ambientale e contrasto alla deforestazione e chiaramente legato all'obiettivo di riduzione della povertà.
- 2006: Anno Internazionale dei Deserti e della Desertificazione
- 2008: i paesi sottoscrittori della UNCCD adottano la Strategia decennale di implementazione della Convenzione (Ten-year strategic plan and framework to enhance the implementation of the Convention (2008–2018, the Strategy).
- 2010: l'ONU lancia il Decennio dei Deserti e della Lotta alla Desertificazione
- 2011: la FAO promuove la Global Soil Partnership
- 2011: In vista della Conferenza di Rio del 2012 (Rio +20), molti paesi chiedono alle Nazioni Unite di definire obiettivi vincolanti di protezione del suolo. L'UNCCD prepara l'istruttoria per proporre alla Conferenza un obiettivo di zero net land degradation tra gli obiettivi di sviluppo sostenibile
- 2012: a venti anni dalla Conferenza di Rio del 1992 i capi di Stato e di Governo si riuniscono a Rio per la seconda Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente e sullo sviluppo sostenibile. Il tema del suolo e del contrasto alla desertificazione è richiamato nel Documento finale di Rio +20



Intervista a Mario Guidi, Presidente di Confagricoltura

di Maura Liberatori



In questo primo inserto, a cura della rivista ENEA, in vista dell'EXPO 2015, abbiamo posto al centro dell'analisi l'obiettivo di "mantenere" l'estensione territoriale della Superficie Agricola Utilizzata (SAU). Rivolgiamo sul tema alcune domande al Presidente di Confagricoltura Mario Guidi.

Un vostro recente studio quantifica la perdita di terreni coltivati, rispetto agli anni '50, intorno al 40%. Vuole brevemente spiegarci le dinamiche sottostanti a questo trend e gli aspetti che considera problematici?

L'Italia è al 4° posto per consumo di suolo agricolo in Europa. In 60 anni abbiamo perso oltre 6 milioni di ettari di coltivazioni, la maggior parte dei quali nelle zone più vocate per l'agricoltura. La diminuzione della SAU per abitante, da 0,375 a 0,217 ha, riduce notevolmente l'autosufficienza alimentare.

Per anni si è adottato un modello di crescita economica basato su nuovi insediamenti residenziali, centri commerciali, infrastrutture, utilizzando il suolo come fosse una risorsa senza limite. Oggi ne paghiamo le conseguenze. Vanno adottate con urgenza politiche di arresto del consumo di suolo, per non aggravare sia il deficit agroalimentare sia l'impermeabilizzazione del suolo,

responsabile di gran parte del dissesto idrogeologico; per tali motivi seguiamo con attenzione il disegno di legge presentato dal Governo sull'argomento nel quale comunque vanno evitati vincoli che potrebbero gravare sugli imprenditori agricoli e limitare l'espansione della loro attività economica.

In ogni caso rimane una questione concreta: al di là della sottrazione di superficie agricola per insediamenti urbani, commerciali e infrastrutturali, la superficie agricola diminuisce a causa dell'abbandono ed aumentano anche i terreni che, pur essendo utilizzabili, non sono coltivati. Qui la questione non è tanto la concorrenza di attività diverse sul fattore terra; quanto piuttosto la scarsa redditività delle produzioni agricole che non consente alternative alla mancata coltivazione. Dobbiamo recuperare competitività riducendo i gap infrastrutturali evidenziati da Agrinsieme nei giorni scorsi con i numeri di Nomisma. E adottare politiche valide e in linea con i fabbisogni delle imprese.

L'ampia superficie riportata al boschivo non sembra aver difeso i territori dal dissesto idrogeologico. In molti invece pensano che questa sia la soluzione. Suggestimenti?

La presenza delle foreste e dell'arboricoltura da le-

gno è sicuramente utile alla regimazione delle acque e quindi ad impedire frane e inondazioni. Funzione che può essere incrementata attraverso il contenimento del consumo del suolo e soprattutto la realizzazione degli interventi più urgenti per la difesa del territorio dai rischi idrogeologici, prevedendo nello stesso tempo una programmazione degli interventi di manutenzione.

Poi occorre considerare che negli ultimi anni, i prezzi sempre meno remunerativi dei prodotti agricoli, hanno costretto molti imprenditori ad abbandonare le zone più disagiate di collina o di montagna. Per arrestare il dissesto idrogeologico occorre anche ristabilire un presidio diffuso degli agricoltori sul territorio, incentivando economicamente la coltivazione nelle zone più difficili. Manca poi una politica “produttiva e non solo protettiva” della risorsa legno. Sfugge come gran parte dell’arboricoltura italiana da legno sia in mano ad imprese private eppure si continua a considerare la superficie forestale come un patrimonio pubblico. L’impresa forestale, come anche le linee di sviluppo rurale ci insegnano, è attiva e contribuisce in maniera essenziale a quella “bioeconomia” per la crescita e l’occupazione che dobbiamo incentivare con politiche adeguate. Favorendo gli investimenti, qualificando le produzioni, valorizzando il prodotto ma anche il valore delle foreste in termini di contenimento delle emissioni e incentivando iniziative di filiera virtuose.

Recenti provvedimenti legislativi sembrano voler incentivare l'imprenditoria agricola giovanile. Le tendenze vanno verso acquisizioni di terreni marginali o a subentri nella gestione di aziende esistenti?

Per un giovane che vuole entrare nel settore primario le difficoltà sono enormi. Oltre alla burocrazia che nel nostro Paese sta un po' dappertutto, gli enormi investimenti scoraggiano anche i più volenterosi. L'inserimento di nuovi giovani è dovuto, nella maggior parte dei casi, a subentri nella conduzione di aziende di famiglia. Ci pare da prendere in considerazione la proposta del Ministro Martina che, in occasione di una recente riunione del Consiglio dei Ministri agricoltura dell'UE, ha promosso un “piano in tre mosse” che comprende; maggiore credito (anche con le banche europee) alle iniziative promosse dai giovani agricoltori; incentivi per scambi di esperienze e capitalizzazione di conoscenze (una sorta di progetto Erasmus per i giovani agricoltori) e infine un elemento essenziale: il superamento del blocco al finanziamento dell'acquisto di terra. Un vincolo importante per iniziare ad operare

in agricoltura e che storicamente ha impedito finanziamenti in tale direzione.

Cosa pensa della gestione per l'affidamento di circa 5500 ettari di terreni dello Stato da affittare e vendere per riportarli all'agricoltura? Come rimuovere la burocrazia connessa all'erogazione di incentivi e favorire il successo delle relative politiche?

Il decreto Terre Vive ha imboccato la via giusta per incoraggiare il ricambio generazionale e la modernizzazione dell'agricoltura italiana. Certamente non è sufficiente limitarsi alla concessione in affitto dei 5.500 ettari di terreno agricolo pubblico, di proprietà del Demanio, del Corpo forestale dello Stato e del CRA – Consiglio per la ricerca e sperimentazione in agricoltura – ma occorrerebbe continuare, come del resto sembra concordare anche il Ministro Martina, anche con la ‘liberazione’ di risorse delle altre amministrazioni pubbliche, gli enti locali in particolare.

Ha suscitato molto scalpore la decisione della Regione Toscana di rivedere/limitare, a fini di tutela paesaggistica, le coltivazioni di vite in aree universalmente note per la produzione di qualità dei vini italiani. Come il mondo produttivo agricolo italiano ha reagito? Tra i tanti interessi contrapposti sull'uso del territorio, questo vincolo è sostenibile per l'agricoltura italiana?

L'agricoltura è tra i principali attori della conservazione del paesaggio e del territorio rurale. Ciò nonostante, il rapporto tra città, infrastrutture e campagna rappresenta un elemento critico per il governo del territorio: le aree della produzione agricola sono spesso sacrificate alle necessità di espansione urbana, mentre la tutela, compresa quella paesaggistica, è per lo più affidata a strumenti di tipo vincolistico (in alcuni casi simili a quelli delle aree protette) che non sempre valorizzano adeguatamente la funzione di produzione dell'agricoltura, anzi in alcuni casi la limitano. Per tali motivi occorre evitare che il cordone ombelicale che lega l'agricoltura con la conservazione e tutela del paesaggio rurale sia reciso attraverso strumenti di pianificazione territoriale che invece di proporre soluzioni costruttive, vincolino gran parte delle filiere agricole. Gli indirizzi politico-economici della UE e dell'attuale Governo puntano concordemente sulla crescita, attraverso lo sviluppo delle imprese produttive capaci di innovarsi e rendersi più competitive sui mercati. Tutti sembrerebbero essere concordi su questi indirizzi, ma alcuni strumenti di pianificazione territoriale, come nel caso della Toscana, attraverso interpretazioni non sem-

pre coerenti con il “Codice Urbani”, con l’obiettivo di perseguire la tutela del paesaggio agricolo, rischiano di produrre effetti opposti. Le numerose e giuste reazioni avviate dagli imprenditori dei settori vitivinicolo e florovivaistico in realtà rispecchiano una protesta di tutto il mondo agricolo contro l’imposizione di ulteriori vincoli, controlli e autorizzazioni che comportano un deleterio incremento di burocrazia, sprechi di tempo e costi.

Allo stato attuale, secondo dati Istat, l’Italia presenta coltivazioni più remunerative di altre in termini di ricavi/ettaro impegnato, con fattori legati non solo alla produttività/efficienza dal lato dell’offerta, ma anche per dinamiche di domanda interna ed estera. A fronte di queste dinamiche, si aggiungono potenziali elementi distortivi legati agli incentivi alle colture energetiche. A suo parere quale dovrebbe essere la strategia per mettere in sicurezza la produzione agricola tipica italiana?

Il settore agricolo è al centro dell’agribusiness che rappresenta, secondo recenti dati INEA, 266 miliardi di euro, quasi il 17% del PIL. Questo comprendendo tutti i settori, a monte e a valle dell’attività produttiva agricola. Negli ultimi anni è aumentato il peso dell’agricoltura nella bilancia commerciale nazionale. Dal 2007 al 2013, la quota in valore dell’export agroalimentare sul totale delle esportazioni italiane è passata da 6,6% a 8,4%. Solo sei anni fa su cento euro di export 6,6 euro erano rappresentati da prodotti agricoli e agroalimentari, oggi questo valore è salito a 8,4. Sembra poco ma è un “balzo” di quasi il 30%. Dato che consolida il ruolo dell’agricoltura come protagonista dell’export nazionale.

Per proseguire in questa direzione occorre favorire uno sviluppo del settore che garantisca crescita e occupazione a vantaggio di tutti e che allo stesso tempo sia sostenibile. Dobbiamo puntare su un mercato solido e stabile. In condizioni che diano fiducia agli operatori. Ecco perché le politiche debbono cogliere questi obiettivi: mercato, crescita, occupazione e sostenibilità. Ed è in tale contesto che si è manifestata l’esigenza dell’agricoltura di efficientare i propri processi produttivi, ridurre i costi di produzione, rendere la propria attività sempre più sostenibile dal punto di vista ambientale, diversificare la propria attività. Tutto ciò ha comportato negli ultimi anni lo sviluppo delle energie rinnovabili (con il recupero dei sottoprodotti degli effluenti zootecnici), della chimica verde (bio-plastica, biomateriali, mangimi animali ecc.) e dell’efficienza energetica.

Nella maggioranza dei casi senza entrare in compe-

tizione con le produzioni agricole, anzi integrandosi in modo completo, rilanciando la stessa capacità produttiva agricola. Oggi, ad esempio, inserire la digestione anaerobica nel ciclo produttivo dell’azienda agricola o zootecnica non comporta la riduzione di capacità dell’azienda stessa di produrre cibo e foraggi: anzi da questa integrazione nasce una maggiore capacità delle aziende agricole italiane, spesso oggi in difficoltà economica, di produrre le proprie specialità alimentari, in modo più sostenibile da un punto di vista ambientale ed economico, potendo contare anche sulla valorizzazione degli scarti derivati dalle stesse. Inoltre, la possibilità di sviluppare coltivazioni energetiche non alimentari può permettere in alcune aree del Paese di coltivare nuovamente terreni marginali, grazie allo sviluppo delle bioraffinerie, ai biocarburanti avanzati e soprattutto alla sfida futura del biometano.

Approfittiamo della sua cortesia per anticipare temi al centro dei prossimi inserti in vista di Expo 2015.

Abbiamo produzioni di cui siamo esportatori netti ed altre che coprono solo una percentuale della domanda interna (prevalentemente olio di oliva e cereali), ma che caratterizzano la qualità del Made in Italy e che presumibilmente vedranno crescere la domanda estera. In che modo conciliare il fabbisogno di materie prime dell’industria alimentare italiana con l’offerta nazionale?

Dobbiamo ovviamente in primo luogo aumentare la produzione perché si esporta tendenzialmente ciò che non si colloca sul mercato interno: non a caso i due prodotti che esportiamo maggiormente, l’ortofrutta ed il vino sono quelli per i quali abbiamo un tasso di auto approvvigionamento superiore al nostro fabbisogno. Il ‘made in Italy’ vende e molto all’estero, ma sarebbe opportuno eliminare il percorso pieno di ostacoli ed handicap che trova sul suo cammino. In base alla ricerca affidata a Nomisma risulta, ad esempio, che per l’espletamento dell’iter burocratico per l’export via nave di un prodotto agroalimentare italiano servono ben 19 giorni, contro i 9 giorni della Germania e i 10 necessari agli operatori francesi e spagnoli. Dico questo per sottolineare che il Paese deve ripartire dall’agroalimentare, con una visione nuova e strategica di un settore “nevralgico”, che ha tenuto, nonostante la crisi, e che dà un significativo contributo alla formazione della ricchezza prodotta dal Paese con quasi il 10% di valore aggiunto sul totale del PIL (il 15% considerando l’indotto).

I mercati nazionale ed esteri non sono gli unici driver per determinare scelte produttive nel settore agricolo, a suo parere quale ruolo ha avuto e avrà la PAC per le prospettive dell'agricoltura italiana?

La Politica agricola comunitaria da oltre 50 anni è essenziale nel determinare le prospettive della nostra agricoltura. Abbiamo parlato di mercato unico nel nostro settore decenni prima della creazione del mercato unico comunitario dei beni e servizi. Abbiamo avuto una moneta unica (l'ECU verde) ben prima dell'euro. E poi non dimentichiamo che, nonostante le continue riduzioni, la spesa agricola comunitaria per il nostro Paese assomma a circa 7 miliardi l'anno tra primo e secondo pilastro; quasi un quarto del valore aggiunto del settore. Certo negli ultimi anni, in particolare dall'introduzione del disaccoppiamento, abbiamo perso quel valore di indirizzo per le produzioni che la PAC storicamente aveva. Così, con la globalizzazione e l'apertura dei mercati, praticamente non c'è alcuna possibilità o quasi di intervenire sui flussi di prodotto in entrata ed in uscita dal mercato unico europeo. Nei prossimi anni i pagamenti diretti a favore degli agricoltori costituiranno solo un incentivo minimo che remunera (in maniera inadeguata a nostro avviso) la loro attività multifunzionale a vantaggio della collettività. Una porzione di pagamenti, quelli ancora "accoppiati", serviranno ad incentivare particolari filiere strategiche ed in difficoltà; uno strumento essenziale che però è molto limitato e sul quale anzi l'Italia ha scelto – erroneamente a nostro avviso - di non voler puntare sino in fondo, visto che abbiamo preferito non attivare tutte le risorse potenzialmente disponibili (il 13+2 per cento del budget finanziario totale per i pagamenti diretti; ci siamo fermati all'11 per cento del totale).

Non deve però sfuggirci il resto della politica agricola comune: le regole di mercato, per l'aggregazione, per intervenire in caso di crisi, per programmare le produzioni; e poi i circa tre miliardi di euro l'anno di sviluppo rurale che possono essere utilizzati per incentivare gli investimenti delle imprese e delle filiere, per il ringiovanimento della classe imprenditoriale agricola, per la ricerca e l'introduzione delle innovazioni, per favorire l'organizzazione economica e, per la prima volta dal 2015, per gli strumenti finalizzati alla gestione del rischio. Un tool box essenziale e completo che può essere importantissimo; a patto però che sia usato bene: tenendo conto delle esigenze delle imprese e delle sfide che abbiamo di fronte come settore, come Paese e anche come pianeta. Non sono pochi infatti i millennium goal incentrati sulla produzione agricola.

Si va sempre più polarizzando il dibattito tra chi ritiene che gli approvvigionamenti alimentari dovrebbero privilegiare un approccio local e istanze che praticano ampiamente quello global. Lei cosa pensa al riguardo? Qual è l'approccio ragionevole in termini di crescita e sviluppo per questo settore in Italia?

Le due posizioni non sono in contrapposizione ma fanno parte della libera scelta imprenditoriale e del consumatore. Guai se non lo fosse. Attribuire all'una o all'altra meriti etici, ambientali o economici limita questa scelta che invece deve essere tutelata.

In tale contesto le varie filiere agroalimentari hanno grandi responsabilità: devono individuare, nel dialogo e nella concertazione, le scelte strategiche da compiere per conquistare porzioni sempre più consistenti di mercato. Non c'è contrapposizione tra "filiera corte", di "qualità", "convenzionali", "biologiche" e "integrate"; il vero tema riguarda l'organizzazione per imporsi sui mercati, quello interno e quello globale, e la coscienza che occorre operare traguardando sempre più gli obiettivi di sostenibilità economica, ambientale e sociale.

La questione fondamentale non è imporre lo slogan del "Chilometro zero" dettando al consumatore scelte senza alcun valore reale visto che poi tutti consumiamo prodotti stagionali che arrivano da diverse parti dell'Italia. Senza contare peraltro che oggi, in un mondo e in un mercato ormai globalizzato, occorre dare la possibilità ai produttori agricoli di tutto il pianeta di poter far conoscere agli altri Paesi le proprie peculiarità agroalimentari. Se non fosse così il nostro "Made in Italy" non lo avrebbe conosciuto nessuno.

Il vero problema sia per motivi economici che ambientali è accorciare la filiera il più possibile. Si possono distribuire prodotti che vengono da lontano, ma l'accorciamento della filiera fa sì che il prodotto sia di qualità e remunerativo per chi compra e chi produce.

Cosa vi aspettate dalla ricerca scientifica e tecnologica per il settore agricolo? Sono numerosi gli esempi di partnership pubblico privato in tema di innovazione e di sicurezza alimentare?

Una delle sfide che abbiamo davanti è quella di produrre più cibo per tutti e "nutrire il pianeta", tema di Expo 2015, e sempre in modo più sostenibile. Per far questo abbiamo bisogno di maggiore tecnologia ed innovazione. Anche ad esempio per aumentare le rese. Dal 1960 al 2000 l'aumento medio per anno della resa media di produzione dei cereali è passato da 3,2% a 1,5%. La produttività aumenta ma a tassi sempre minori

e questo non è in linea con gli obiettivi di crescita che ci siamo dati.

Per tali motivi dobbiamo cogliere l'importanza di investire in ricerca applicata all'agricoltura e alla bioeconomia perché la spesa in ricerca agricola ha una alta efficienza: è stato calcolato (fonte Commissione europea – modello Nemesis) che ogni euro investito oggi in ricerca genererà 10 euro di valore aggiunto entro il 2025.

A supporto di tali esigenze, ci sono gli incentivi europei per lo sviluppo rurale, con circa 3 miliardi di euro per anno con azioni specifiche proprio sulla cooperazione, in cui un'attenzione particolare è dedicata allo sviluppo di nuovi prodotti, pratiche, processi e tecnologie nel settore agroalimentare e in quello forestale. E quelli per lo sviluppo di ricerca e innovazione con il programma Horizon 2020 sui quali dobbiamo imparare a puntare di più.

La verità difatti è che captiamo poco queste risorse e in generale il nostro Paese spende relativamente meno per incentivare la ricerca rispetto ai partner europei; l'Italia ha come obiettivo per "Europa 2020" quello di spendere l'1,53% del PIL in R&I, mentre non pochi Pa-

esi hanno scelto di spendere il 3% del loro PIL, praticamente il doppio.

In tal senso è positiva l'iniziativa del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali che qualche mese fa ha stilato un Piano per la ricerca e l'innovazione in agricoltura che per la prima volta ha tracciato comparto per comparto una mappa dei fabbisogni e un percorso da imboccare, indicando le relative priorità per collegare l'attività di ricerca al fabbisogno delle imprese.

Inoltre, un supporto in questa direzione lo stanno dando e lo daranno sempre più le reti di impresa, istituto innovativo del nostro sistema produttivo che realizza un modello di collaborazione tra imprese che consente, pur mantenendo la propria indipendenza, autonomia e specialità, di realizzare progetti e obiettivi condivisi nell'ottica di incrementare la capacità innovativa e la competitività sul mercato. Esigenza che è stata già colta dal settore agricolo attraverso diverse iniziative in rete con il sistema agroindustriale e il mondo della ricerca per promuovere l'innovazione di prodotto e di processo e di filiera, anche con approfondimenti tematici in specifici progetti con primari gruppi industriali.





Ridurre il degrado delle terre: cambiamenti climatici e misure di adattamento

M. Sciortino

Il degrado del territorio e la desertificazione costituiscono una grave minaccia per la sostenibilità delle produzioni alimentari in molte aree della Terra. Le modalità di gestione degli ecosistemi ed i concomitanti effetti dei cambiamenti climatici stanno alterando i processi fisici, chimici e biologici che regolano il complesso equilibrio degli ecosistemi terrestri e del suolo soprattutto nelle aree climaticamente caratterizzate da condizioni aride, semi-aride e sub umide secche.

La Conferenza RIO+20 ha riconosciuto i rischi della desertificazione ed ha proposto per l'agenda post 2015 l'obiettivo di un mondo "Land Degradation Neutral".

I cambiamenti climatici potranno provocare, in Italia e nell'area Mediterranea, l'intensificazione dei seguenti processi di degrado del territorio:

- incremento dell'aridità e della siccità;
- aumento dell'intensità delle precipitazioni e conseguente incremento dell'erosione idrica;
- diminuzione del Contenuto di Sostanza Organica nel suolo;
- aumento della salinizzazione nelle aree irrigue con produzioni di alto valore economico, nonché in quelle costiere per intrusione del cuneo salino;
- aumento degli incendi.

La Convenzione delle Nazioni Unite per la lotta alla Desertificazione (UNCCD) e la FAO stimano che a livello globale il 24% delle terre emerse sta subendo un processo di riduzione della produttività. Le aree attualmente più sensibili alla desertificazione sono quelle caratterizzate da condizioni climatiche secche, ecosistemi

con bassa produttività biologica e suoli fragili. In Italia tutte le Regioni hanno aree sensibili al degrado, ma con gradi d'intensità ed estensione diversi. Le Regioni con una percentuale di territorio "molto sensibile" superiore alla media nazionale sono Basilicata, Marche, Molise, Sicilia, Sardegna, Puglia ed Emilia Romagna. Le variazioni degli indici di vegetazione, stimati in base all'elaborazione di dati dei satelliti MODIS, indicano che dal 2000 al 2013 si riscontra in Italia una riduzione della produttività di biomassa in molte aree del Nord e del centro Italia, mentre al Sud e nelle isole si riscontra un incremento dovuto anche all'abbandono del territorio stesso. Sebbene un periodo di osservazione di soli 14 anni sia statisticamente insufficiente per una diagnosi accurata, si riscontra che nella situazione attuale la combinazione di stress climatici ed antropici è maggiore nelle aree sinora considerate meno sensibili.

In futuro la desertificazione e il degrado saranno determinati sia dai cambiamenti climatici, lenti ma progressivi, sia dall'intensificazione degli eventi estremi; entrambi questi fattori potranno modificare l'uso del territorio e mettere a rischio la sostenibilità delle attività produttive che maggiormente dipendono dalla disponibilità delle risorse naturali.

La progressiva riduzione e il deterioramento delle riserve idriche in Italia costituisce un effetto di degrado di cui peraltro non esiste ancora un quadro conoscitivo esaustivo.

La principale strategia di riduzione della vulnerabilità alla desertificazione e di adattamento agli impatti dei cambiamenti climatici è costituita, a livello nazionale, dall'attuazione delle misure previste dal Programma di Azione Nazionale e, a livello globale, dall'attuazione della Strategia della Convenzione delle Nazioni Unite per la Lotta alla Desertificazione. Misure specifiche di carattere agronomico, forestale, civile e sociale per la protezione del suolo, la gestione sostenibile delle ri-

sorse idriche, la riduzione dell'impatto delle attività produttive, e il riequilibrio del territorio per lottare contro la desertificazione ed il degrado, devono essere sempre elaborate in sinergia con i principi di conservazione della biodiversità e di adattamento e mitigazione dei cambiamenti climatici.

L'ENEA ha contribuito all'elaborazione del Programma di Azione Nazionale e continua a fornire il necessario supporto tecnico-scientifico alle attività di attuazione della UNCCD in Italia, partecipando attivamente alle attività del Comitato per la Scienza e la Tecnologia e alla predisposizione dei rapporti nazionali sullo stato di attuazione della Convenzione. A livello scientifico - in collaborazione con il World Food Programme - la Divisione Modelli e tecnologie per la riduzione degli impatti antropici e dei rischi naturali e la Divisione Biotecnologie e agroindustria hanno realizzato attività nell'ambito dei progetti EU-FP7 Impact2C e Euporias, con l'obiettivo di integrare le attività di modellistica climatica a scala sub-continentale con gli strumenti di allerta precoce per la sicurezza alimentare in Africa. La modellistica sviluppata in ENEA ha fornito un importante supporto alle decisioni che le organizzazioni internazionali hanno assunto a salvaguardia del benessere delle popolazioni in Africa. La sfida dell'adattamento ai cambiamenti climatici richiederà un sempre maggior coinvolgimento della ricerca scientifica a supporto della conservazione e dell'utilizzo delle risorse naturali sia in Italia che in tutti i contesti dove la sfida della sostenibilità dello sviluppo è più urgente.

Per approfondimenti:
maurizio.sciortino@enea.it

Maurizio Sciortino
ENEA, Divisione Modelli e tecnologie per la riduzione degli impatti antropici e dei rischi naturali



Strategie adeguate per combattere il cambiamento climatico

IMPACT2C - Quantifying projected impacts under 2°C warming

Progetto finanziato nell'ambito del 7° Programma Quadro R&S Ambiente dell'Unione Europea

Tra il 2030 e il 2050 la temperatura terrestre potrebbe aumentare di 2°C rispetto ai livelli dell'epoca pre-industriale. In Europa questo fenomeno potrebbe manifestarsi ancor prima, probabilmente con un impatto diverso tra il Nord e il Sud del continente: periodi di siccità più intensi in estate nella fascia mediterranea e, di contro, un aumento delle precipitazioni in inverno in Scandinavia e nelle isole britanniche. Quali saranno le conseguenze nella aree più vulnerabili del pianeta e quali opzioni di adattamento abbiamo a disposizione?

In questo progetto europeo integrato di grandi dimensioni, che raccoglie esperti di circa 30 centri di ricerca internazionali, tra cui l'ENEA, gli scienziati utilizzano un'accurata modellistica climatica settoriale e cross-settoriale, in grado di fornire dati, valutazioni e scenari sugli impatti, sui rischi e sui possibili costi/benefici su scala paneuropea. L'utilizzo di questi specifici modelli climatici consente di considerare in un unico quadro logico settori chiave diversi quali l'energia, le infrastrutture, le coste, l'acqua, l'agricoltura, la silvicoltura, gli ecosistemi, la salute, la qualità dell'aria, il turismo.

Per meglio realizzare l'ambizioso obiettivo di sviluppare una combinazione ottimale di strategie di risposta, il progetto sviluppa alcuni significativi casi di studio relativi a zone del mondo particolarmente vulnerabili quali il Bangladesh, l'Africa (particolarmente Africa settentrionale e Africa sub-sahariana, i bacini del Nilo e del Niger) e le Maldive.

I ricercatori dell'ENEA sono pienamente coinvolti nelle attività di modellistica climatica e di valutazione degli impatti previsti dal progetto e coordinano il case-study relativo alla vulnerabilità del continente africano. Gli esperti ENEA valutano gli impatti climatici sulle risorse idriche, sulla vegetazione, sulla produttività agricola, sul flusso dei fiumi, e cercano di indicare le soluzioni tecnologiche e di governance migliori, da adottare anche in caso di situazioni di emergenza.

Per approfondimenti: <http://impact2c.hzg.de/>

La climatologia esce dal laboratorio

EUPORIAS - European Provision of Region Impact Assessment on a Seasonal-to-decadal timescale

Progetto finanziato nell'ambito del 7° Programma Quadro R&S Ambiente dell'Unione Europea

La disponibilità di previsioni climatiche attendibili a medio termine può contribuire a ridurre la vulnerabilità dai rischi derivanti dal cambiamento climatico di importanti settori economici, quali la gestione delle risorse idriche, l'agricoltura, la gestione delle foreste, l'energia, i trasporti, il turismo.

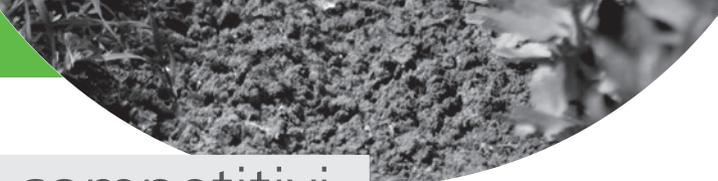
L'obiettivo di questo progetto, che si inserisce all'interno dell'iniziativa ECOMS (European Climate Observation and Modelling for Services) è migliorare la fruibilità delle previsioni stagionali e decadali attraverso lo sviluppo di prototipi funzionanti di servizi climatici, tarati sulle necessità di particolari categorie di utenti, tipicamente decisori politici, autorità di governo, imprenditori, ma anche singoli cittadini. Euporias è, pertanto, un esempio di come il rapporto tra scienza e società stia cambiando.

Più nel dettaglio, le attività progettuali mirano a:

- sviluppare e fornire un sistema di previsione di impatto affidabile per alcuni prototipi di servizio. Questi forniranno esempi operativi di servizi 'end-to-end' di valutazione climatica e di impatto operanti su scala Stagionale e Decadale (S2D);
- valutare i gap nelle conoscenze fondamentali e le vulnerabilità di settori importanti sensibili alle variazioni climatiche (ad esempio, acqua, energia, trasporti, sicurezza alimentare, salute ecc.), insieme con le esigenze di utenti specifici;
- sviluppare una serie di strumenti standard e tecniche per la calibrazione, *downscaling* e modellazione settore-specifica di impatto, su scale temporali S2D;
- sviluppare un protocollo di condivisione delle conoscenze per promuovere l'uso di queste tecnologie;
- valutare l'attuale commerciabilità dei servizi climatici in Europa.

Insieme ad altri 21 partner provenienti da tutta Europa, al World Food Programme e alla World Health Organization, l'ENEA partecipa al progetto coordinato dal MET Office, il servizio meteorologico britannico. In particolare, il Laboratorio Modellistica Climatica e Impatti della Divisione Modelli e tecnologie per la riduzione degli impatti antropici e dei rischi naturali dell'ENEA è impegnato nella definizione delle vulnerabilità e delle esigenze di diversi settori produttivi e nella modellazione di strumenti di previsione stagionali a supporto delle attività di programmazione nella gestione dei rischi climatici connessi con la produzione agricola in aree vulnerabili (Etiopia) e con la produzione/consumo di energia da fonti rinnovabili.

Per approfondimenti: <http://www.euporias.eu/>



La riduzione degli usi competitivi dei suoli agricoli

N. Colonna, V. Pignatelli

In un mondo che consuma risorse naturali a ritmi sempre crescenti, quelle disponibili e non rinnovabili devono essere impiegate in modo efficiente al fine di soddisfare le necessità primarie (acqua, cibo ed energia) del maggior numero possibile di persone.

I suoli agricoli sono un bene limitato e prezioso e, anche se in alcune regioni del pianeta vi sono ancora margini per aumentare le superfici coltivate, la disponibilità e la conservazione di suoli fertili per la produzione di cibo è un problema prioritario nell'agenda delle grandi agenzie internazionali. I suoli sono infatti soggetti ad una crescente competizione d'uso tra settori economici differenti e sono divenuti oggetto di acquisizioni su larga scala, soprattutto in alcuni paesi in via di sviluppo, da parte di grandi compagnie o dei governi di altri paesi.

I processi di urbanizzazione, la richiesta di terre per usi non alimentari, in particolare la produzione di biocarburanti, e il degrado della fertilità dei suoli per fenomeni di inquinamento, salinizzazione, erosione o eccessivo sfruttamento causano una significativa compromissione del potenziale di produzione primaria del nostro pianeta.

Un problema così ampio e complesso, diffuso in tante aree del pianeta, non ha soluzioni semplici ed agire sulle determinanti economiche primarie che lo causano è oggetto di dispute internazionali.

In questo contesto, la ricerca sperimenta o cerca di individuare soluzioni tese a mitigare il problema e diminuire la crescente richiesta d'uso delle terre per usi non direttamente legati alla produzione di cibo. In particolare negli ultimi anni l'attenzione si è concentrata sul conflitto tra usi *food* e *non food*, amplificato dalle politiche internazionali tese a promuovere alcune tecnologie energetiche, ed in particolare le bioenergie, e dalle dinamiche dei prezzi di alcune *commodities* agricole che hanno raggiunto valori tali da provocare diffuse proteste sociali per l'aumento dei prezzi di generi di prima necessità.

In ENEA il contributo di ricerca su tali temi si è focalizzato su almeno tre linee principali, che possiamo far rientrare nelle cosiddette azioni di mitigazione:

- valutare e sperimentare colture alternative alle tradizionali colture energetiche, più efficienti ed idonee alla coltivazione su terreni marginali e sviluppare tecnologie per la produzione di biocarburanti di seconda e terza generazione da biomasse lignocellulosiche e/o colture dedicate non convenzionali;
- efficientare le filiere bioenergetiche attuali attraverso azioni di "innovazione incrementale" finalizzate a migliorare le rese, i bilanci energetici e l'impatto ambientale dei singoli passaggi lungo tutto la filiera di produzione, raccolta e trasformazione delle materie prime;
- valorizzare biomasse residuali delle produzioni agricole, forestali e zootecniche e delle industrie agroalimentari per la produzione di vettori energetici (biocombustibili e biocarburanti) adatti alla produzione sia di energia elettrica e calore (cogenerazione e/o riscaldamento domestico e collettivo) che di carburanti rinnovabili per il settore dei trasporti.

La gran parte di queste ricerche sono condotte nei Centri ENEA della Casaccia e della Trisaia, nell'ambito di specifici progetti sia nazionali che europei, cercando di dare risposta alle esigenze del sistema agroindustriale e ai problemi specifici del nostro Paese.

Ognuna di esse risponde in modo diverso all'esigenza di diminuire la domanda di terreni agricoli per finalità energetiche o aumentando l'efficienza dei processi, o impiegando substrati alternativi alle cosiddette colture dedicate.

Sulla prima linea la ricerca di colture alternative ha visto da tempo l'ENEA impegnata nella sperimentazione di colture poliennali ad alta produttività e che necessitano di bassi livelli di intensificazione colturale per produrre biomasse idonee, a seconda della tipologia, sia alla produzione di biogas e/o etanolo, perché particolarmente ricche in zuccheri fermentabili (topinambur), sia alla combustione o, in prospettiva, alla produzione di biocarburanti di seconda generazione con processi innovativi di conversione della biomassa lignocellulosica (miscanto, panico, cardo).

Più recentemente, sono stati avviati studi sulla produzione di biomasse per usi energetici e non da colture di microalghe che, per la loro elevata produttività potenziale e la possibilità di coltivazione in aree non utilizzabili per le colture alimentari, sono considerate di grande interesse anche dalle nuove normative europee sulle energie rinnovabili di prossima emanazione (la cosiddetta "Direttiva ILUC").

Sulla seconda linea la ricerca si concentra sui diversi processi e tecnologie delle filiere bioenergetiche, sviluppando innovazioni che aumentino l'efficienza di trasformazione delle biomasse in vettori energetici e diminuendo così la quantità di materia prima necessaria per unità energetica prodotta. In questa direzione vanno, ad esempio, le attività condotte dall'ENEA nell'ambito della Ricerca di Sistema Elettrico sui processi di digestione anaerobica per la produzione di biogas con un più elevato contenuto in metano e miscele di metano e idrogeno, su tecnologie innovative per la conversione del biogas in biometano e su nuovi sistemi di cogenerazione ad alta temperatura basati sull'impiego di sali fusi.

Da ultimo, i ricercatori ENEA sono impegnati a sviluppare metodi, protocolli e modelli per valorizzare al meglio i residui agroindustriali trasformandoli da scarti a risorsa ed estraendone valore aggiunto in cascata, dal recupero di biomolecole di interesse della cosiddetta "Chimica Verde", fino all'impiego energetico. In tal modo si può trasformare uno scarto, che ha un costo di gestione o di smaltimento, in una materia prima di altri processi produttivi. Un esempio di tutto questo è dato da un recente progetto di ricerca europeo (GRAIL) che vede l'ENEA impegnato in attività di ricerca e sviluppo tecnologico sulla produzione di biocarburanti di nuova generazione da glicerolo, sottoprodotto dell'industria del biodiesel di difficile collocazione sul mercato, nell'ottica della realizzazione di un nuovo modello di "bioraffineria".

L'ENEA è anche impegnata in azioni di tipo orizzontale tese a promuovere, attraverso progetti europei e nazionali, quelle filiere e quei modelli di sviluppo delle filiere bioenergetiche ove le produzioni *food* e *non food* si integrano funzionalmente, ad esempio alternandosi negli avvicendamenti colturali, o l'introduzione, a livello di azienda agricola, di tecnologie che, valorizzando scarti e residui delle colture e/o degli allevamenti, permettono il raggiungimento dell'autosufficienza energetica dell'azienda stessa.

La ricerca, che in questi campi ha pochi anni di storia ed in cui l'ENEA si è impegnato sin dagli anni '80, può sicuramente offrire una risposta, pur se parziale, al problema dell'eccessivo uso di terreni a fini ener-

getici, anche se nel nostro Paese le superfici effettivamente dedicate ad usi *non food* hanno sino ad oggi rappresentato una quota molto esigua (circa 200.000 ha) della superficie agricola utilizzata, a fronte di una riduzione di questa superficie che, a partire dagli anni '70, è stata stimata in più di 5 milioni di ha. Il tema assume invece un impatto significativo e preoccupante in altri Paesi, con una grande attenzione internazionale su come sviluppare positivamente l'interconnessione tra gli obiettivi energetico climatici e la produzione di cibo, evitando possibili conflitti e contribuendo allo sviluppo economico e al miglioramento generale delle condizioni di vita delle popolazioni interessate.

Per approfondimenti:
nicola.colonna@enea.it, vito.pignatelli@enea.it

Nicola Colonna
ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria

Vito Pignatelli
ENEA, Divisione Bioenergia, bioraffineria e chimica verde

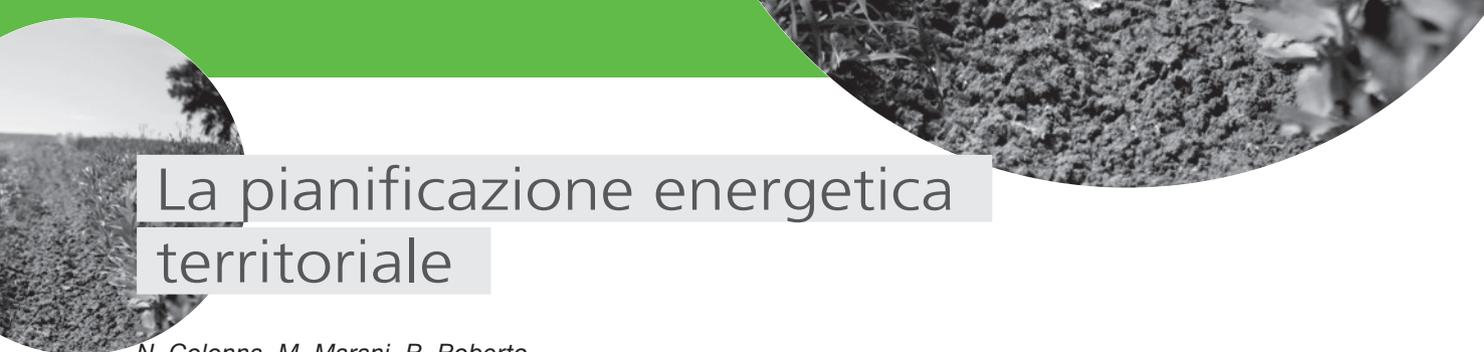
Impianto pilota di digestione anaerobica

L'impianto, installato presso il Centro Ricerche ENEA della Trisaia, permette lo sviluppo di processi per il recupero di energia sotto forma di biogas.

È attrezzato per il processamento di residui organici semisolidi con un reattore di tipo plug-flow, inclinato e riscaldato, di 1,3 m³, in grado di trattare residui con un contenuto in solidi anche pari al 20%.

Referente: Pietro Garzone
pietro.garzone@enea.it





La pianificazione energetica territoriale

N. Colonna, M. Marani, R. Roberto

La pianificazione energetica è uno strumento d'azione nelle mani delle Pubbliche Amministrazioni riconosciuto di assoluta importanza per coinvolgere attivamente le comunità locali nel percorso verso la sostenibilità energetica, attraverso la programmazione di azioni locali che migliorino l'efficienza energetica, aumentino il ricorso alle fonti rinnovabili, stimolino il risparmio energetico e l'uso razionale dell'energia.

Preliminare ad ogni azione di pianificazione è la conoscenza del territorio e delle sue risorse, così come dei vincoli legati ad usi alternativi o ai valori intrinseci (terreni agricoli, parchi, aree archeologiche, beni culturali ecc.). Un aspetto di primaria rilevanza è la necessità di pianificare lo sviluppo e l'installazione di impianti per la produzione di energia in modo da non confliggere con la destinazione ad uso agricolo dei territori e con le colture ad uso alimentare.

In ambito energetico ed ambientale la conoscenza del territorio deve quindi necessariamente spaziare dagli aspetti morfologici e orografici a quelli antropici e biologici e gli strumenti di programmazione energetica devono integrarsi con gli altri strumenti più generali di governo del territorio, che sono capaci di incidere direttamente sulle trasformazioni fisiche apponendo veri e propri vincoli, quali i piani urbanistici e paesistici e quelli della qualità dell'aria.

Energia e Territorio sono facce della stessa medaglia, e necessitano di una sempre maggiore correlazione ed interazione tra pianificazione energetica, agricola e piani territoriali e urbanistici.

La messa a sistema di tutte le informazioni territoriali e dei diversi Piani (regionali, provinciali, comunali) ha assunto un rilievo strategico con l'aumento dell'utilizzo di fonti di energia rinnovabile. Esse sono per loro natura distribuite sul territorio e gli impianti devono essere collocati senza interferire con i valori o i vincoli del territorio stesso ed in modo ottimale in relazione alla disponibilità spaziale delle "fonti" sole, vento, acqua, calore geotermico, biomasse e/o in relazione alla domanda di energia da soddisfare, senza sottrarre terreni ad alto valore per la produzione agricola.

In Italia sono ad oggi presenti oltre 400.000 impianti

fotovoltaici e diverse migliaia di impianti eolici e a biomasse che hanno profondamente modificato il paesaggio di alcune regioni, sollevando spesso conflitti a livello locale sulla loro installazione. La transizione dalla produzione energetica centralizzata a quella distribuita ha imposto di ripensare profondamente gli strumenti e i metodi di pianificazione. D'altra parte gli impegni ambientali siglati in ambito internazionale hanno obbligato ad integrare le classiche analisi domanda-offerta di energia con gli aspetti ambientali e territoriali. Aspetti che talvolta impongono una negoziazione locale con chi sul territorio opera e produce ed in particolare con la componente agricola ed agroalimentare.

L'ENEA opera in questo ambito supportando le Regioni e le comunità locali nell'analisi e valutazione delle risorse e delle potenzialità delle rinnovabili e sviluppando diversi strumenti di supporto alla pianificazione, quali ad esempio i Sistemi informativi territoriali (SIT) dedicati, al fine di realizzare analisi spaziali delle risorse integrate con vincoli d'uso per l'identificazione delle aree più idonee alla collocazione degli impianti. Gli stessi strumenti possono essere utilizzati al fine di valutare l'impatto ambientale degli strumenti di Piano. Il passaggio dalla conoscenza alla Pianificazione richiede poi la capacità di identificare e valutare le alternative di Piano e di misurarne gli effetti in ambito energetico, economico ed ambientale. L'ENEA opera anche in questo ambito con strumenti di analisi di scenario per valutare le ricadute sia economiche che occupazionali ed ambientali delle scelte e fornire indicazioni utili per la pianificazione delle politiche energetiche e delle misure di incentivazione.

In questo ambito alcuni Dipartimenti dell'ENEA hanno lavorato alla definizione di strumenti per l'analisi spaziale delle risorse naturali sia a scala nazionale che locale e per analisi di potenziale di utilizzo delle risorse, tra cui ad esempio l'Atlante solare e l'Atlante delle biomasse, quest'ultimo dedicato alla quantificazione anche delle biomasse residuali utilizzabili per la produzione di energia. Per quanto riguarda gli strumenti di ottimizzazione della collocazione degli impianti, si

ricordano tra gli altri il modello BRUSA (per l'analisi della domanda-offerta delle biomasse legnose e dell'ottimizzazione del loro utilizzo - www.renerfor.eu) sviluppato presso il Centro Ricerche ENEA Saluggia in collaborazione con il Politecnico di Torino nell'ambito del Progetto INTERREG-ALCOTRA Renerfor, e il progetto Be and Save (finalizzato alla ottimizzazione della localizzazione e gestione di impianti di cogenerazione a biogas da scarti alimentari) sviluppato dalla Divisione Biotecnologie e agroindustria nell'ambito del PON Regione Puglia. Sono inoltre stati sviluppati strumenti di analisi delle scelte di piano in relazione agli impatti sui cambiamenti climatici, tra cui si ricorda la metodologia CO₂MPARE, sviluppata da alcuni ricercatori dell'ENEA insieme ad altri partner europei, per la valutazione dell'impatto di interventi di pianificazione in termini di CO₂ equivalente.

L'Unità Tecnica Efficienza Energetica è inoltre impegnata nel contribuire allo sviluppo di un sistema statistico energetico-economico (SIER) in grado di omogeneizzare la qualità dell'informazione e realizzare le condizioni per una sua ottimale utilizzazione. Il SIER è uno strumento di supporto alle Amministrazioni Regionali, che permette l'acquisizione di un quadro consoci-

tivo della struttura energetica regionale e agevola la formulazione di una efficace pianificazione energetico-ambientale territoriale. Lo sviluppo di una metodologia consolidata e riconosciuta a livello nazionale e le informazioni contenute nella Base Dati consentono l'elaborazione dei Bilanci Energetici Regionali (BER), degli Indicatori di efficienza energetica e del Catasto delle emissioni.

L'insieme di questi strumenti costituisce il necessario supporto conoscitivo indispensabile alla definizione di scelte di piano corrette capaci di rendere evidenti ai decisori i potenziali effetti delle diverse ipotesi di sviluppo energetico. Negli ultimi anni alcuni di questi strumenti sono stati utilizzati sia per la pianificazione energetica a livello regionale (Emilia Romagna, Lazio, Puglia) sia in piani locali a livello di aree (Valle del Sacco) di Province e/o Comunità Montane.

Per approfondimenti:

nicola.colonna@enea.it, mauro.marani@enea.it, roberta.roberto@enea.it

Nicola Colonna
ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria

Mauro Marani
ENEA, Unità Tecnica Efficienza Energetica

Roberta Roberto
ENEA, Divisione Bioenergia, bioraffineria e chimica verde



Impianto per la produzione di biogas realizzato dalla BTS Biogas



Risanare i suoli mantenendone intatte le funzioni: obiettivo strategico per una bonifica sostenibile delle aree contaminate

A.R. Sprocati, C. Cremisini

La rilevanza assunta negli ultimi decenni dalla contaminazione del suolo, per livelli e per estensione spaziale, richiede una valutazione su scala di ecosistema con un approccio a livello di scenario reale, affinché sia possibile correlare esplicitamente il tipo e il grado di contaminazione con il rischio potenziale che essa rappresenta per altri comparti ambientali (principalmente l'acqua, ma implicitamente anche la biodiversità) e per le attività umane a questi connesse, tra le quali il sistema agroalimentare è di peculiare rilevanza, per le dirette implicazioni sulla salute dell'uomo. Occorre poi tener conto delle differenze tra i fenomeni di inquinamento legati a eventi concentrati nel tempo e la contaminazione di tipo "cronico", dovuta ad attività inquinanti prolungate nel tempo e, in entrambi i casi, della possibilità di diffusione degli inquinanti da/a territori limitrofi. Coerentemente, anche la bonifica deve essere valutata a livello di ecosistema mediante un approccio basato sullo scenario reale.

I siti contaminati censiti si aggirano, tra Europa e Stati Uniti, attorno al milione e la problematica nella maggior parte dei casi riguarda i rifiuti pericolosi ed i contaminanti industriali, con le conseguenti ricadute sui costi ambientali, sociali, economici.

Nell'Unione Europea il suolo rappresenta una risorsa essenzialmente non rinnovabile, di circa 400 milioni di ettari, e il problema del suo degrado, stimato in circa 38 miliardi di euro all'anno, è oltretutto intensificato a causa dell'elevata densità di popolazione.

Il permanere dello stato di degrado dei suoli è palesemente in contraddizione e incompatibile con i criteri di sviluppo economico sostenibile, pertanto tra le priorità da considerare per garantire tale sviluppo in modo durevole deve essere inclusa l'adozione e la diffusione di tecnologie produttive pulite (processi e prodotti puliti,

incluse le pratiche agricole) e di tecnologie sostenibili per il ripristino degli ecosistemi.

Un caso interessante è quello delle aree minerarie ove le attività estrattive sono state abbandonate. Nella UE la superficie di suoli influenzati da attività minerarie, e quindi da metalli pesanti, è stata stimata pari allo 0,6% del totale, rispetto a una media mondiale dello 0,2%. La bonifica di queste aree è, quindi, un obiettivo strategico per le politiche europee.

L'estrazione e la lavorazione di minerali hanno prodotto grandi quantità di materiali di scarto con livelli di concentrazione di elementi tossici. Questo materiale di scarto rimane solitamente in-situ o adiacente al sito della lavorazione, in quanto la redditività economica di solito lo rende inadatto per lo smaltimento fuori sede. Questi cumuli di rifiuti minerari contaminati, prodotti in grande quantità dalla rivoluzione industriale, esistono, di fatto, come eredità nel nostro paesaggio, fornendo una fonte di contaminazione ambientale primaria, che continua anche molti anni dopo la fine della produzione industriale. La contaminazione ambientale avviene a causa di gravi errori (esempio: malfunzionamento dei sistemi di contenimento previsti) o in modo cronico, per rilascio di metalli attraverso lisciviazione, dispersione aerea o erosione dei metalli contenuti negli sterili o nei sedimenti contaminati. Questi contaminanti, attraverso l'idrodinamica del bacino di appartenenza, raggiungono anche le pianure alluvionali, che tendono ad essere utilizzate intensivamente per la produzione alimentare agricola, data l'elevata fertilità, con importanti implicazioni per la sicurezza alimentare e la salute umana. La presenza di metalli pesanti è pertanto ormai diffusa ed è rilevabile anche in comparti lontani dalla sorgente della contaminazione, frequentemente anche in suoli a uso agricolo, generando frequentemente il problema della co-contaminazione, laddove si vada a sommare a una contaminazione di origine "organica".

I metalli pesanti (classe nella quale sono compresi elementi di elevata tossicità), come noto, sono inibitori della catena respiratoria nei microrganismi ed esercitano pertanto un'influenza negativa sull'attività metabolica del suolo, con ripercussioni su importanti parametri ecologici dell'ecosistema, quali la struttura e funzione della comunità microbica che incidono direttamente sulla capacità del riciclo degli elementi in natura. La tossicità dei metalli pesanti influenza quindi negativamente anche la "attenuazione naturale" cioè la capacità spontanea di riduzione della contaminazione presente in ambiente, attraverso la quale gli ecosistemi sono in grado di ripristinare un equilibrio ecologico.

La possibilità di ridurre la contaminazione nel sito di origine e di contenere, di conseguenza, la dispersione nei comparti ad esso collegati, richiede la messa in atto misure e tecnologie che permettano, su scala di ecosistema, di garantire il recupero dell'uso del suolo, con un impatto positivo sui sistemi idrici a valle.

Il mantenimento delle superfici agricole oggi disponibili dipende, quindi, anche dalle misure che riusciamo a mettere in atto per mitigare la contaminazione di aree non utilizzate per l'agricoltura e arrestarne la diffusione alle aree limitrofe adibite ad uso agricolo.

Queste misure devono essere compatibili con la conservazione della qualità del suolo e, quindi, delle sue funzioni.



Figura 1
Prelievo in campo di carote indisturbate di suolo (ASTM Standard Guide)

Le tecnologie di trattamento di tipo chimico-fisico, per abbattere la contaminazione al livello limite restituiscono, nella generalità dei casi, un suolo sostanzialmente sterile dopo il trattamento: privato cioè delle sue funzioni di riciclo degli elementi in natura, funzione peculiarmente assolta dai microrganismi e primaria per la sopravvivenza della vita sul Pianeta. Al momento, sebbene non sia ancora completamente matura, il biorisanamento è l'unica tecnologia in grado di risanare il suolo preservandone le funzioni.

Il razionale del biorisanamento si basa sul fatto che i microrganismi, responsabili per la degradazione dei contaminanti organici e per la trasformazione e detossificazione dei contaminanti inorganici, sono la forza motrice che guida l'attenuazione naturale, ossia la capacità di autodepurazione di un ecosistema. Tuttavia l'accumulo in ambiente di contaminanti tossici rimarca il fatto che i microrganismi, alle concentrazioni cui sono abitualmente presenti, sono insufficienti, da soli, a proteggere la biosfera dal flusso dell'inquinamento di origine antropica. Il loro potenziale metabolico può però essere catturato e tradotto in nuove strategie di risanamento. Tra le vie fattibili per attivare questo potenziale metabolico le più percorse sono due: la *bio-stimulation* (e tecniche affini), che agisce attraverso il cambiamento dei parametri chimico-fisici del suolo, quali nutrienti, pH, temperatura, ossigeno, donatori o accettori di elettroni ecc. e la *bioaugmentation*, che agisce attraverso un aggiustamento "di nicchia ecologica", inoculando nel sistema microrganismi competenti per le funzioni metaboliche necessarie alla trasformazione degli inquinanti. Questo approccio offre una via per procurare al sistema microrganismi, autoctoni o alloctoni, in numero sufficiente per portare a termine la biodegradazione necessaria a smaltire il carico di contaminanti.

Ciascuna via presenta una serie di punti a favore e critici, che ne hanno determinato benefici e insuccessi, per cui, prima di decidere il metodo più appropriato di intervento, sono necessari studi di fattibilità sito-specifici.

Ripristinare preservando: un approccio vincente

Le esperienze sviluppate nel Centro Ricerche ENEC Casaccia sono state rivolte a due problematiche che costituiscono i principali colli di bottiglia per l'applicazione del biorisanamento: la presenza concomitante di inquinanti organici e metalli pesanti (co-contaminazione) e il risanamento di siti influenzati da attività minerarie (metalli pesanti). La *bioaugmentation* è stata scelta come strategia di intervento, mediante un approccio "knowledge based", che si fonda su una sele-

zione razionale dell'inoculo, guidata da dati ecologici. I fallimenti della bioaugmentation riportati in letteratura sono, infatti, principalmente legati alla carenza di dati ecologici circa il destino e l'attività dei microrganismi inoculati e, se alloctoni, circa la relazione tra i microrganismi introdotti e le comunità microbiche indigene.

La strategia applicata in ENEA parte dalla conoscenza della comunità microbica nativa del sistema da bonificare, individuando quali gruppi metabolici governano i principali flussi energetici, al fine di selezionare i gruppi funzionali che possono essere impiegati per potenziare le funzioni metaboliche necessarie per la bonifica. Nel caso in cui le funzioni metaboliche necessarie sono già presenti nella comunità microbica, semplicemente si potenzia la carica microbica delle specie che sono già parte dei principali gruppi metabolicamente attivi verso i contaminanti; nel caso contrario in cui non siano presenti nel sito microrganismi competenti, la diversità microbica viene incrementata attraverso l'introduzione di microrganismi metabolicamente competenti, scelti in modo di impattare il meno possibile la struttura della comunità nativa. La metodologia sperimentale impiegata si basa su un approccio polifasico che comprende la microbiologia classica, la biologia e l'ecologia molecolare (rRNA16/18S PCR, PCR-DGGE, t-RFLP, metagenomica ambientale), l'analisi fenotipica globale (BIOLOG™ System).

I sistemi sperimentali comprendono diverse scale, da quella di bancone al campo sperimentale e, in particolare, per gli studi preliminari vengono impiegati i Microcosmi terrestri [ASTM E1197-87(2004)] che, contrariamente alla piccola scala di laboratorio, sono rappresentativi dell'ecosistema sotto studio, su scala microbiologica e biochimica e permettono di estrapolare i risultati ottenuti direttamente al campo, evitando fallimenti (Figura 1).

La preparazione dell'inoculo praticata consiste nell'isolare le comunità microbiche direttamente dalla matrice contaminata, testare la presenza di metabolismo attivo o inducibile verso i contaminanti presenti e sviluppare formule microbiche "su misura" per le diverse situazioni. In questo modo, partendo dal progetto "Integrated Decontamination Technologies, DM MIUR n. 790 del 21/6/2004, D.Lgs. 297/1999, 2002-2006, è stata costituita una collezione di ceppi di laboratorio di interesse biotecnologico, "ENEA-Lilith", che, arricchita grazie a diversi progetti, ora comprende circa 500 ceppi originali *wild type*, che costituiscono una risorsa per la messa a punto di formule microbiche, impiegate per studi di co-contaminazione di gasolio e metalli pesanti in suoli industriali (Alisi *et al.* *Process*

Biochem., 2012, 47(11):1694-1655) e agricoli (Sprocati *et al.*, *Environ. Sc. Poll. Res.*, 2014, 21(11):6939-51), ottenendo un abbattimento del 70-75% degli idrocarburi in presenza di metalli pesanti (zinco e piombo). Le formule microbiche così selezionate hanno dimostrato di essere in grado di sopravvivere e di innescare un processo che ha coinvolto il resto della comunità, attivandola lungo la catena biodegradativa del gasolio, sia nel caso di formule native che alloctone. L'approccio messo a punto è subito sembrato una via promettente verso il superamento di un grave fattore limitante del biorisanamento.

Per i siti minerari, nell'ambito del progetto UMBRELLA (UE-FP7- 226870), è stato sviluppato un approccio integrato per il risanamento del suolo attraverso processi bio-geologici, applicando il fitorisanamento assistito da microrganismi, per la regolazione della mobilità dei metalli su scala di ecosistema. Lo studio ha riguardato sei siti minerari per stabilire misure migliorative, economicamente efficienti e sostenibili, per la bonifica da metalli pesanti, in diverse regioni geografiche e climatiche d'Europa, su larga scala. L'obiettivo del progetto, quello di utilizzare il potenziale offerto dai microrganismi nativi per accelerare le attuali tecniche di fitorisanamento, è stato perseguito con un approccio di ricerca interdisciplinare nei settori della microbiologia, della fisiologia vegetale e della (idro)-geochimica, mirato allo studio



Figura 2
Campo sperimentale di fitorisanamento assistito da microrganismi, allestito nel sito minerario di Ingurtosu (Cagliari), in località Valle degli Sterili

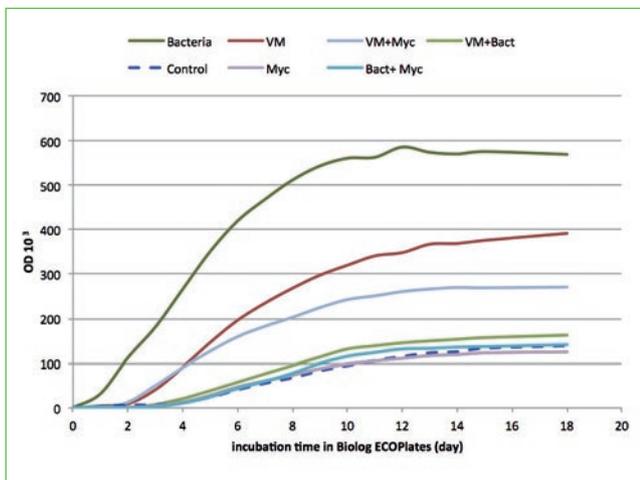


Figura 3
Attività metabolica del suolo espressa nelle diverse condizioni sperimentali, rispetto al controllo (sole piante): +batteri, +ViroMine (VM), + micorrize (Myc) e loro combinazioni (dati relativi a due anni e mezzo dall'inizio della sperimentazione)

dell'influenza microbica sui cicli biogeochimici dei metalli e dell'impatto del loro impiego nella protezione del suolo e delle acque a livello di bacino. Il progetto ha individuato per ogni sito un insieme di "toolbox" (microrganismi e piante in associazione, approccio metodologico e modelli previsionali) da fornire agli utilizzatori finali della tecnologia per azioni di bonifica in situ, a basso costo e a basso impatto ambientale.

Per il sito italiano, situato nella miniera di Ingurto, in Sardegna (Figura 2), il *tool-box* individuato è rappresentato da una pianta pioniera endemica *Euphorbia*

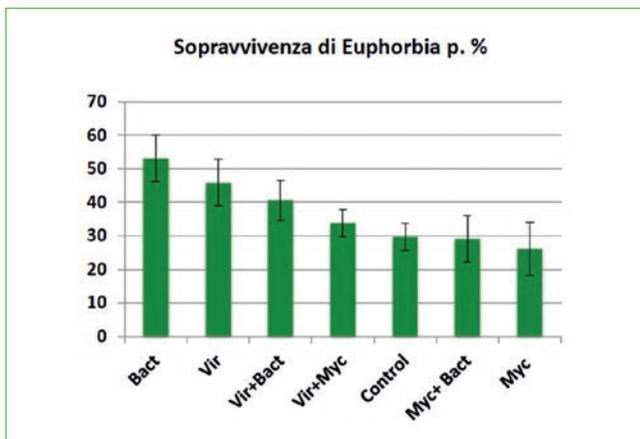


Figura 4
Percentuale di sopravvivenza dei *Euphorbia p.* nel suolo arricchito di batteri (Bact) rispetto al controllo (Control) e al suolo arricchito di altri ammendanti (da soli o con batteri)

bia pythiusa e da un consorzio di batteri (Umbrella Ingurto) selezionati all'interno della comunità nativa, per capacità di promozione della crescita delle piante (PGP). I primi risultati della sperimentazione in campo [10 diverse condizioni, 27 plot di 2,5 x 2,5 m ciascuno], preceduta da una larga sperimentazione in serra, hanno dimostrato che *E. pythiusa* ha la capacità di assorbire metalli pesanti (metallofiti) nella parte aerea della pianta, che l'introduzione di *E. pythiusa* migliora l'attività metabolica del suolo anche in assenza di *bioaugmentation*, ma che la presenza del consorzio microbico UI ha migliorato decisamente la qualità del suolo espandendone la diversità funzionale e specialmente l'affinità dei batteri per gli essudati plantari, a testimonianza dell'avvenuta associazione pianta-batteri.

A distanza di circa due anni e mezzo dall'inoculo, nelle porzioni di suolo dove è stata applicata la *bioaugmentation*, permane una attività metabolica del suolo nettamente migliore, sia come intensità che come diversità funzionale, in corrispondenza al miglior tasso di sopravvivenza delle piante (circa 60%) (Figure 3 e 4). La sperimentazione prosegue all'interno del progetto Cluster "Sviluppo di METodologie per la progettazione di interventi di bioRimedio", finanziato dalla Regione Sardegna e coordinato dall'Università di Cagliari. I più recenti sviluppi riguardano l'evoluzione del "toolbox", realizzata attraverso l'arricchimento dell'associazione vegetale con piante di *Juncus acutus*, che rappresentano le vere e prime piante pioniere di quelle discariche e, inoltre, replicando la *bioaugmentation* con il consorzio originario arricchito con nuovi ceppi PGP, emersi per successione ecologica, in seguito all'introduzione di piante e batteri. Nella stessa attività sperimentale sono stati inoltre ottenuti interessanti risultati sia in ambito mineralogico (Sprocati *et al.*, *Am. Mineral.*, 2014, 99:1761-1766) che analitico-ambientale (Cremisini *et al.*, *J. Soil Sedim.*, 2010, 10:1115-1122). Nel primo caso è stata evidenziata la presenza di un nuovo minerale di origine biogenica e nell'altro è stato messo a punto a punto un efficace e rapido metodo analitico per la valutazione, in campo, della concentrazione e mobilità di elementi tossici, utile per la caratterizzazione dei suoli contaminati e per la verifica dell'efficacia della tecnologia di decontaminazione applicata.

Per approfondimenti:
annarosa.sprocati@enea.it

Carlo Cremisini, Anna Rosa Sprocati
ENEA, Divisione Protezione e valorizzazione
del territorio e del capitale naturale

Geomatica e Remote Sensing nella valutazione del potenziale fotovoltaico dei tetti per ridurre l'uso dei terreni agricoli

F. Borfecchia, E. Caiaffa, M. Pollino, L. De Cecco, L. La Porta, S. Martini

La valutazione degli impatti, potenziali e reali, della realizzazione di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili in una moderna gestione del territorio deve privilegiare la valutazione della *landscape ecology*.

Al fine di evitare il consumo di suolo a discapito di aree agricole o naturali, si è favorito, negli ultimi tempi, un orientamento teso a privilegiare e supportare maggiormente la diffusione degli impianti fotovoltaici

(PV) installati (o inseriti) sui tetti degli edifici rispetto a quelli installati a terra.

L'ENEA è impegnata nello sviluppo e nella messa a punto di metodologie in grado di affiancare e integrare i processi decisionali che riguardano l'utilizzo del territorio per ciò che concerne le scelte per la produzione di energia da fonti rinnovabili.

In particolare, in termini di pianificazione e controllo, assume un'importanza rilevante il poter effettua-

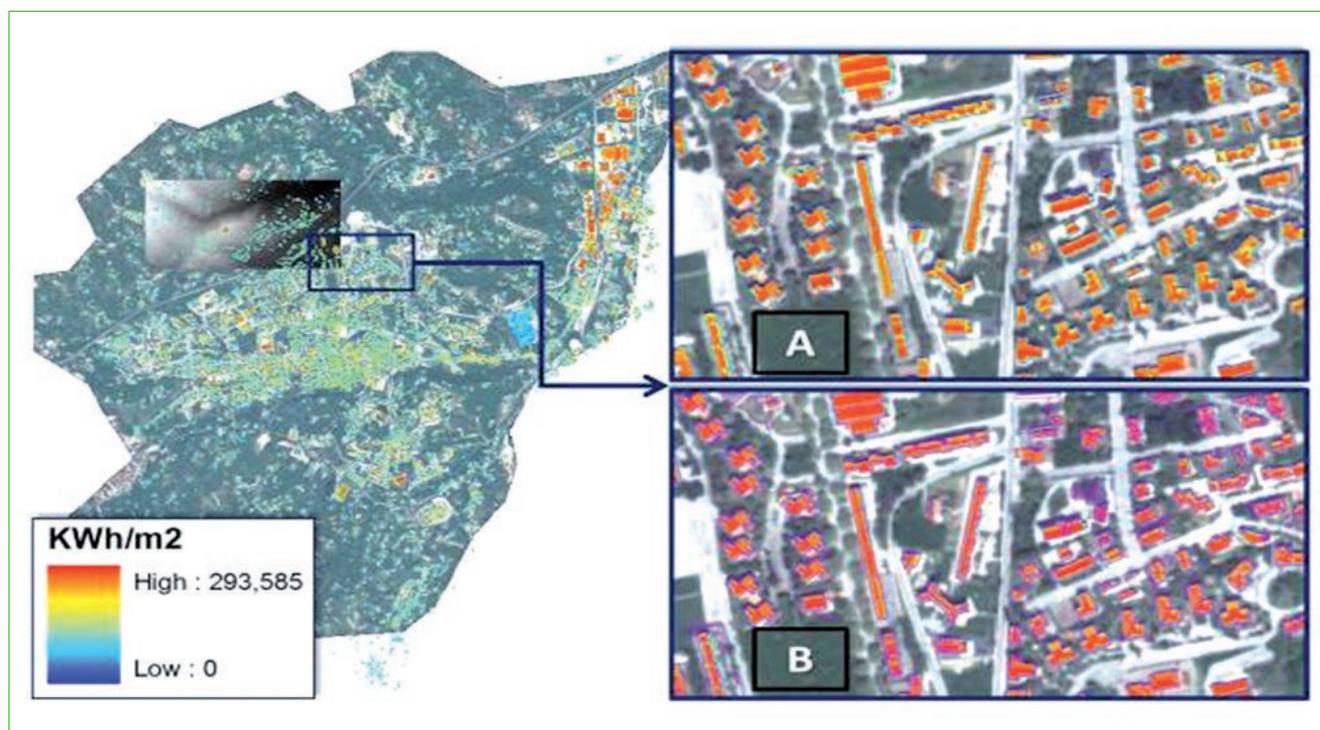


Figura 1
Radiazione solare totale in kWh/m² calcolata per le coperture degli edifici ed infrastrutture del Comune di Avellino. A sinistra, elaborazioni di dettaglio per una sotto-area di studio
Fonte: elaborazione ENEA

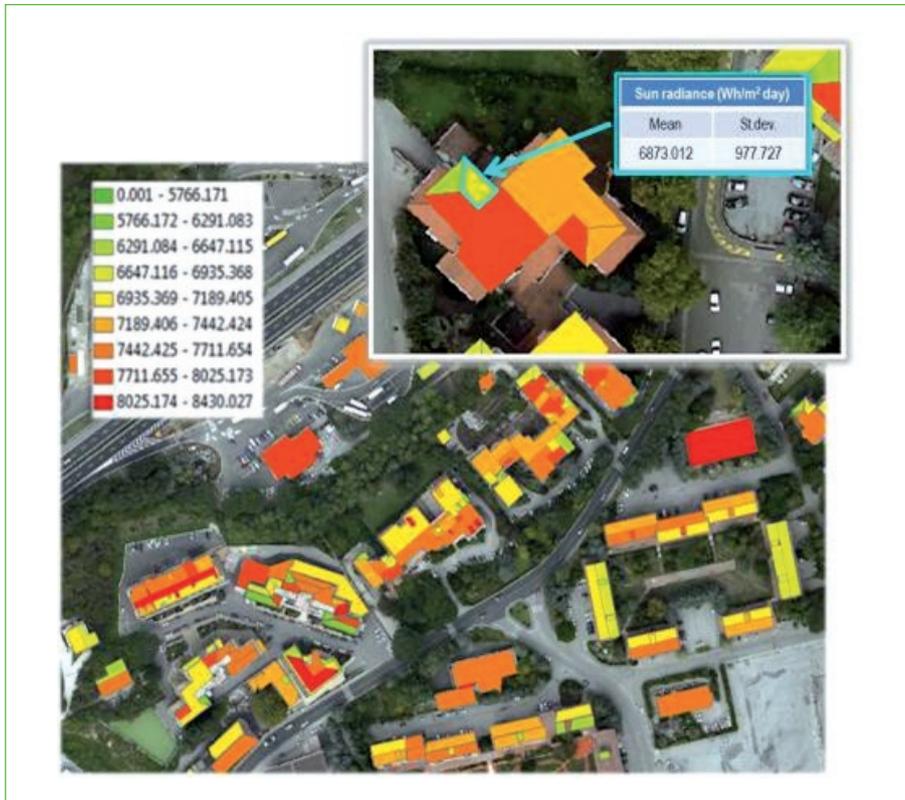


Figura 2
 Mappa dettagliata della sotto-area campione, riportante il valore cumulato di radianza solare specifica per un giorno di luglio (valori in Wh/m²day) per ogni tetto estratto dal DSM e caratterizzato come poligonale GIS
 Fonte: elaborazione ENEA

re una stima estensiva ed efficace della disponibilità del potenziale PV e della superficie utile, relativa alle coperture esistenti di strutture residenziali, agglomerati urbani ed industriali. L'ENEA è impegnata nello studio e nella realizzazione di metodologie atte ad ottenere una mappatura del potenziale PV in aree urbane con l'uso di strumenti GIS. La geomatica offre infatti un contesto ideale in cui sviluppare metodologie basate sul calcolo della radianza solare, utilizzando i parametri di orientamento ed esposizione derivati dalle mappe di rilievo naturale come il Digital Elevation Model (DEM) o il Digital Terrain Model (DTM). La verifica sperimentale della metodologia è stata effettuata su una parte di urbano della città di Avellino poiché, per quella area, si disponeva di una serie di acquisizioni Light Detection and Ranging (LIDAR) ad adeguata risoluzione, nell'ottica di mettere in pratica la buona prassi del riutilizzo dei dati.

Per la caratterizzazione dell'urbanizzato si è fatto ricorso all'uso integrato di dati aerospaziali provenienti sia da rilievi di tipo LIDAR, da cui si è ottenuto il Digital Surface Model (DSM) per la ricostruzione 3D delle coperture di ogni edificio, sia da immagini multispettrali satellitari.

Partendo da dati LIDAR, è stato ottenuto in primo luogo il DSM di tutta l'area di interesse (~42 km²), quindi il modello tridimensionale di ogni edificio da cui sono stati derivati i parametri geometrici di tutte le coperture. Per tenere conto della trasparenza atmosferica e della percentuale di radiazione solare (diffusa/diretta) sulle superfici di interesse, sono stati utilizzati i dati e gli strumenti applicativi presenti sul sito web PVGIS (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>) unitamente a rilievi satellitari MODIS (MODerate resolution Image Spectrometer).

L'elaborazione finale, basata sull'utilizzo di strumenti GIS anche di tipo open source, ha permesso di ottenere le mappe di radianza solare e di potenziale PV per tutti i tetti presenti nell'area di studio (Figure 1 e 2).

La Figura 2 mostra un esempio di prodotto finale, sotto forma di mappa tematica: tutte le superfici di copertura sono classificate in termini di radianza solare disponibile. La mappa tematica di Figura 2 può anche essere utilizzata nell'ambito di una specifica applicazione WebGIS, congiuntamente con i dati catastali dell'area urbana di interesse, quale efficace supporto alle attività di censimento, monitoraggio e pianificazione degli impianti PV su tetti.

Per approfondimenti: emanuela.caiaffa@enea.it

Flavio Borfecchia, Luigi De Cecco
 ENEA, Divisione Protezione e valorizzazione del territorio e del capitale naturale

Emanuela Caiaffa, Luigi La Porta, Maurizio Pollino
 ENEA, Divisione Smart Energy



ENEA per **EXPO**
2015





AUMENTARE LA PRODUZIONE AGRICOLA E RIDURRE LE PERDITE

A partire dagli anni 60, la rivoluzione verde ha aumentato le rese agricole in Asia e in America latina con nuove varietà migliorate di colture, più fertilizzanti, irrigazione e macchine agricole.

Bisogna ora intervenire nelle aree meno produttive in Africa, America latina ed Europa orientale, dove ci sono "buchi" tra i livelli di produzione attuali e quelli possibili.

L'utilizzo delle biotecnologie per ottenere piante più efficienti e produttive e approcci mutuati dall'agricoltura biologica e conservativa potrebbero aumentare in maniera considerevole le rese in questi luoghi.

il tema

Scienza e biotecnologie vegetali assicureranno alimenti alla popolazione del 2050?

policy overview

Biotecnologie strumento per l'innovazione sostenibile in agricoltura

il punto di vista

Intervista al Professor Amedeo Alpi

L'Enea per...

Strumenti per valutare e gestire il cambiamento globale in agricoltura

Genetica applicata alla costituzione di nuove varietà di piante

La tecnica FISHIS cattura i cromosomi e apre nuovi orizzonti alla genomica

Tecnologie aerospaziali integrate a supporto dell'agricoltura di precisione



La scienza e le biotecnologie vegetali saranno pronte per assicurare alimenti alla popolazione mondiale del 2050?

DOI 10.12910/EAI2015-025

A.M. Stanca

Introduzione

In cinque grandi centri di origine, 12.000 anni or sono, intorno a orzo, frumento, mais, riso, la specie umana inventa la più importante attività che ci ha accompagnato nella nostra storia evolutiva e ci accompagnerà all'infinito: l'agricoltura. Cosa era successo in quel preciso momento? C'è stato un passaggio di era, dal tardo paleolitico (uomo cacciatore-raccoglitore) al neolitico, durante il quale l'uomo/donna mette a punto la tecnologia per coltivare piante che già usava nella sua dieta, perché presenti nell'ambiente circostante, si nutre dei loro prodotti ed evita così di esercitare esclusivamente l'attività pericolosa della caccia.

È interessante che questa innovazione si sia sviluppata indipendentemente nei diversi centri di origine e probabilmente determinata da un unico evento: si stava concludendo l'ultima glaciazione. Mano a mano che i ghiacciai si ritiravano, nuove specie erbacee e arboree si svilupparono e le abitudini alimentari cambiarono radicalmente. Le graminacee progenitori di orzo, frumento, mais e riso diventarono le più frequenti nella flora spontanea e vennero usate dal cacciatore-raccoglitore tal quali prima e coltivate poi. La disponibilità di cibo e di nuove terre a seguito del ritiro di ghiacciai favorirono l'espansione della popolazione umana, che raggiunse circa 5.000.000 di persone su tutto il pianeta (Cavalli Sforza 2005).

Per praticare l'agricoltura l'uomo addomestica la specie che più gli assicura il maggior rendimento, e da quel momento la protegge dalla competizione con le altre specie: la sottrae quindi alla selezione naturale e dà avvio alla Rivoluzione Neolitica. Tutto ciò si realizza nella Mezzaluna Fertile, regione nella quale la civiltà compie i primi passi intorno a frumento e orzo e in cui nello stesso tempo vengono applicate tutte le tecnologie innovative via via sviluppate.

Nella aree circostanti la Rivoluzione Neolitica non si è ancora diffusa. È stato messo in evidenza che l'assenza di progenitori selvatici di orzo e frumento in Europa ha fatto sì che l'agricoltura raggiungesse i Paesi scandinavi con un ritardo di 4000 anni. La diffusione di questa tecnologia, partendo dalla Mezzaluna, è stata calcolata pari a 1,1 km/anno (Cavalli-Sforza 2005). Anche l'Italia non ha conosciuto un neolitico indigeno, ed è stata colonizzata seguendo due principali vie: il Mediterraneo e il Danubio, attraverso la Svizzera.

L'abbondanza di alimenti stimolò nell'uomo del neolitico la ricerca di un sistema di conservazione dei prodotti agricoli: l'uomo impara a cuocere l'argilla e a costruire i primi grandi vasi di terracotta proprio per la conservazione delle granaglie e dei liquidi. Questa tecnologia, benché nata in ritardo di qualche millennio rispetto all'agricoltura, si sviluppò molto più velocemente tra

le diverse popolazioni. Proprio in questa seconda fase si scoprono, casualmente, anche i primi prodotti trasformati: birra e pane. Questa “tranquillità” alimentare favorì ulteriormente l’incremento demografico, che a sua volta ha favorito le migrazioni verso nuove terre sino alla formazione delle prime città.

L’orzo e il frumento selvatici a quel tempo coltivati avevano la caratteristica di disperdere i semi: la spiga a maturazione si disarticolava ad ogni nodo del rachide, lasciando cadere

i singoli chicchi in posizioni diverse sul terreno, così favorendo la crescita e maturazione delle nuove piante, avvantaggiate in ecosistemi naturali nella competizione con altre specie. Se dal punto di vista evolutivo questa strategia sviluppata dalla pianta rappresentava una valvola di sicurezza per la sopravvivenza della specie, dal punto di vista della produzione di cibo costituiva un punto debole, portando alla perdita totale del raccolto per effetto di improvvise calamità naturali (vento, pioggia). Il più grande salto scientifico-tecnologico si ebbe quando tra le piante di orzo selvatico si scoprì una spiga non fragile. Fu la prima trasformazione genetica utile registrata nella storia, che certo avrà provocato scontri tra le diverse posizioni: progressisti per la “spiga non fragile”, conservatori a favore della “spiga fragile”. Vinsero i progressisti, e da quel momento cominciò ad evolversi tutta una nuova tecnologia per la raccolta, la trebbiatura e la conservazione del prodotto.

La genetica che sottende questo carattere fondamentale della domesticazione è stata recentemente chiarita. In orzo, i due geni responsabili del carattere “spiga non fragile” sono *Btr1* and *Btr2*, strettamente associati sul cromosoma 3H, mentre in frumento svolgono un ruolo maggiore *brittle rachis 2 (Br-A1)* e *brittle rachis 3 (Br-B1)*, rispettivamente posizionati sul braccio corto dei cromosomi 3A e 3B. Nell’insieme, sembra che in tutte le *Triticaceae* siano presenti questi geni come gruppo di ortologi che controllano la disarticolazione in diversi punti della spiga. Un altro esempio è il gene *sh4* di riso, che codifica per un fattore trascrizionale responsabile della formazione del tessuto di abscissione alla base del peduncolo che regge il granello sulla pannocchia di riso. Nel riso coltivato la mutazione di un singolo nucleotide, che determina la sostituzione di una Lisina con una Asparagina, è sufficiente per ridurre lo sviluppo del tessuto di abscissione in modo tale da impedire la caduta spontanea dei semi, consentendo tuttavia il distacco dei semi a seguito di sollecitazione meccanica (trebbiatura).



Figura 1
Spiga di orzo (*Hordeum spontaneum*), caratterizzato da rachide fragile che, disarticolandosi alla maturazione, consente la dispersione dei semi
Foto: R. Alberici



Figura 2
Frutti e foglie di oleastro (*Olea europaea* sbsp. *sylvestris*) e di varietà coltivate da olio (*Olea europaea* sbsp. *sativa* - varietà Cellina di Nardò)
Cortesia di A.M. Stanca et al.

Nel processo di addomesticamento una caratteristica tenuta in gran conto è stata la dimensione dei frutti. Uno degli esempi più significativi è la transizione dalla forma selvatica -oleastro- ad olivo coltivato da olio, che si caratterizza per l’incremento notevole delle dimensioni della drupa, processo verosimilmente controllato da poche mutazioni semplici (Figura 2).

Una profonda modifica dell’architettura della pianta e della morfologia della spiga del mais è stata causata dal gene *Teosinte branch1 (Tb1)* che controlla lo sviluppo delle gemme laterali, determinando nel progenitore selvatico del mais (il teosinte) lunghe ramificazioni laterali terminanti con una infiorescenza maschile e numerosi germogli basali, caratteristiche assenti nel mais coltivato. *Tb1* codifica per un fattore trascrizionale che

agisce da repressore dello sviluppo dei germogli laterali, imponendo una dominanza apicale.

Anche in specie orticole è stato molto evidente l'effetto delle mutazioni su caratteristiche fondamentali dell'architettura della pianta e qualità dei frutti. In pomodoro, significativi sono stati gli effetti di alcuni geni, tra cui *self proning*, che trasforma lo sviluppo della pianta da indeterminato (ininterrotta crescita dell'apice vegetativo) a determinato (la crescita dell'apice vegetativo viene bloccata, ottenendo piante a sviluppo contenuto) e *jointless*, che controlla il sistema di disarticolazione della bacca dal peduncolo.

La bacca di pomodoro può assumere una varietà di colorazioni, che vanno dal giallo pallido al viola intenso, sino alla più recente scoperta dei mutanti a bacca nera: responsabili di questo fenomeno sono mutazioni in geni singoli, quali yellow flesh (giallo), dark green (rosso intenso), green flesh (viola), u (uniformemente verde).

In pisello una mutazione puntiforme al gene *af* determina la trasformazione delle foglie in cirri.

La fase di addomesticamento continuò portando in coltura altre specie come pisello, lenticchia, fico, e parallelamente si cominciarono ad addomesticare gli animali come pecore, capre, bovini, suini e successivamente cavalli. Con l'addomesticamento degli animali, la dieta si diversifica completamente e si completa. I binomi cereali-leguminose, cereali-latte e cereali-carne rappresentano la migliore combinazione nutritiva. Oggi sappiamo perché: la cariossida di un cereale mediamente è composta dal 65-75% di amido, 8-20% di proteine, 3,8% di grassi. La proteina però ha un valore biologico scarso perché carente di due aminoacidi, lisina e triptofano, motivo per cui anche nella dieta moderna i cereali si complementano con altri alimenti ricchi di proteine nobili.

Queste innovazioni tecnologiche provocarono un aumento della quantità di cibo e conseguentemente la crescita della popolazione sulla Terra.

La formazione di Landraces

Dopo la fase iniziale di addomesticamento, l'interazione tra la selezione naturale e una selezione antropica empirica ha portato allo sviluppo di popolazioni adattate ai diversi ambienti di coltivazione, note come *landraces*. Si sono selezionate popolazioni con frutti e semi di dimensioni maggiori, vigore dei culmi, sincronizzazione dei tempi di germinazione e maturazione. Si è stabilito quindi un continuum tra le nuove *landraces* e i loro progenitori selvatici, che ha favorito eventi di introgressione, derivati da incrocio casuale e conservazione di caratteri favorevoli, con specie selvatiche

che imparentate, ma anche eventi di ricombinazione frequenti o sporadici. Tutte le mutazioni accumulate durante la storia evolutiva delle specie selvatiche e addomesticate rappresentano la biodiversità disponibile sul pianeta e quindi un salvadanaio di geni utili. L'importanza della conservazione e valorizzazione del germoplasma vegetale, quale fonte naturale per il mantenimento della biodiversità, è stata definita strategica per il futuro dell'umanità a partire dalla Conferenza Internazionale sulla Biodiversità tenutasi a Rio de Janeiro nel 1992. Grandiosa è stata l'opera di Teofrasto, che ha descritto il mondo vegetale in nove volumi. L'Impero Romano ha contribuito in modo determinante alla diffusione di un imponente patrimonio biologico nei territori controllati ed ha affinato una moderna tecnologia agronomica di base ed applicata, i cui effetti sono ancor oggi di riferimento; ma è stata la scoperta dell'America a determinare il più importante flusso di specie vegetali a livello planetario che, gradualmente, hanno provocato un radicale cambiamento nella dieta degli europei (mais, patata, pomodoro, fagiolo ecc.)

Il tema della biodiversità è perciò da sempre al centro delle attenzioni del mondo scientifico. Il bilancio attuale stima che circa 220.000 siano le specie vegetali rilevanti presenti sul pianeta (mono e dicotiledoni), di cui 5000 usate dall'uomo per i propri fabbisogni e 1500 addomesticate. Solo 150 vengono oggi impiegate in modo significativo, ma ciò che colpisce è che 4 sole specie forniscono il 60% delle calorie alimentari. Di queste quattro specie si dispone presso diversi laboratori di centinaia di migliaia di ecotipi, *landraces*, varietà. L'Italia contribuisce a questo patrimonio naturale con 6700 specie vegetali. La variabilità naturale e le risorse genetiche rappresentano il deposito di geni da cui attingere per raggiungere ulteriori progressi attraverso l'accumulo di alleli utili e l'eliminazione di blocchi di *linkage* in genotipi superiori. Attraverso la conservazione *in situ* (cioè negli ambienti naturali dove può essere possibile l'alloincrocio tra la specie addomesticata con le specie selvatiche), *on farm* (cioè mantenendo in coltivazione le varietà locali) e/o *ex situ* (cioè in ambienti controllati, in cui non esistono gli ancestrali) e valorizzato, in quanto fonte di caratteri utili per il miglioramento varietale (<http://www.bioversityinternational.org/>). È chiaro come la conservazione *ex situ* sia un processo statico, in cui non c'è ricombinazione genica, mentre nella conservazione *in situ* è assicurato un processo dinamico di flusso genico.

La conservazione *ex situ* (soprattutto di semi, ma anche di tuberi, polline, parti di pianta, spore ecc.) deriva dalla constatazione che la sola conservazione *in*

situ non riesce ad evitare la perdita di biodiversità, a causa delle pressioni antropiche, del degrado ambientale, dei cambiamenti climatici, della competizione con specie più invasive. È questa la forma di conservazione più diffusa: si stima infatti che, a livello mondiale, poco meno del 90% del germoplasma di specie agrarie sia conservato *ex situ*. Recentemente si sono avviate anche attività di conservazione della flora rara, minacciata, endemica e protetta. A questo proposito sono nate e cresciute banche e associazioni per la conservazione del germoplasma, insieme a collezioni particolari disponibili presso vari enti. Veramente rilevante è il numero di genotipi presenti nelle diverse collezioni a livello mondiale: si stima infatti che la cifra globale sia di circa 7,4 milioni di accessioni, comprendendo specie coltivate e specie selvatiche, affini o non affini alle coltivate.

I punti critici della conservazione di semi sono la temperatura e l'umidità. Molte specie presentano infatti semi "ortodossi", che tollerano la deumidificazione fino a livelli del 3-7% e possono essere conservati a temperature basse (tra 0 e -20 °C). Recentemente è stata attivata una nuova struttura per la conservazione "long term" a bassa temperatura nelle isole Svalbard (Norvegia) (Westengen et al. 2013). Circa l'1% delle risorse genetiche è invece conservato *in vitro*, tecnica utilizzata per specie a propagazione vegetativa o caratterizzate da semi "non ortodossi", impossibili da essiccare e conservare efficacemente a basse temperature. Ancora più rare sono le collezioni conservate a bassissime temperature (-196 °C), incluse le banche di DNA. Per le diverse specie agrarie sono conservate quindi sia "collezioni di base", che comprendono la maggior parte della variabilità genetica esistente a livello mondiale, che *Core Collections*, "collezioni di lavoro" immediatamente fruibili.

Tra le diverse collezioni di germoplasma presenti sul territorio italiano, spicca senz'altro l'olivo, specie allogama di grande interesse per gli ambienti mediterranei, caratterizzata da una variabilità genetica molto elevata legata al fatto che la specie non ha subito erosione genetica specifica, e che si tratta di una pianta longeva e resistente.

Si stima che il numero totale delle varietà di olivo coltivate nel mondo sia di circa 1300, a cui si aggiungono oltre 3000 ecotipi locali e le popolazioni di olivo selvatico presenti lungo tutta l'area subcostiera mediterranea. L'Italia ha uno straordinario patrimonio genetico di questa specie e raccoglie più del 40% dell'intero germoplasma coltivato, oltre a centinaia di varietà minori, ecotipi locali ed esemplari millenari.

Altre importanti collezioni di germoplasma sono relati-

ve alla vite, con più di 1500 vitigni, e i cereali e le leguminose da granella.

Attualmente la genomica utilizza in modo nuovo le risorse genetiche, tant'è vero che le banche del germoplasma spesso affiancano alle loro collezioni banche del DNA. Gli avanzamenti della genomica hanno aperto infatti nuove prospettive alla genotipizzazione delle diverse popolazioni, per l'identificazione di geni che controllano caratteristiche fenotipiche semplici o complesse.

La fenotipizzazione del germoplasma e di materiali genetici particolari rappresenta probabilmente una fase critica nel processo di valorizzazione e utilizzo di risorse genetiche. Grande e rinnovata attenzione viene riservata a questa attività, anche attraverso lo sviluppo di sistemi automatizzati -piattaforme- per la valutazione di diversi parametri fisiologici e morfologici in condizioni di alta standardizzazione.

Dalle Landraces a Mendel, Strampelli, Borlaug e oltre

Nella fase premendeliana l'interazione tra la selezione naturale e una selezione antropica empirica ha portato, come già detto, allo sviluppo di popolazioni adattate ai diversi ambienti di coltivazione note come *landraces*. Tuttavia queste *landraces*, dal periodo romano agli inizi del 1900, non hanno provocato significativi incrementi produttivi per unità di superficie. Con la riscoperta delle leggi di Mendel, le prime conoscenze sulla genetica dei caratteri quantitativi e la scoperta dell'eterosi, si è affermata una vera attività di miglioramento genetico, che nel giro di pochi decenni ha radicalmente modificato la capacità produttiva e le caratteristiche qualitative delle piante coltivate.

La genetica vegetale, con la riscoperta delle leggi di Mendel, ha consentito di approfondire le conoscenze sulla definizione dell'ereditarietà dei caratteri e nello stesso tempo ha permesso di sviluppare tecnologie nelle piante coltivate capaci di accumulare geni utili, originariamente dispersi nelle popolazioni, in genotipi superiori. Si avvia così un'intensa attività di miglioramento genetico che ha portato in tutte le specie coltivate allo sviluppo di nuove varietà sempre più produttive e sempre più rispondenti alle esigenze della moderna società. In generale, nell'ultimo secolo nella maggior parte dei Paesi si sono registrati per tutte le specie coltivate incrementi produttivi sorprendenti, ed in particolare per i cereali, grazie a Strampelli prima e a Borlaug dopo, i guadagni produttivi attribuibili al progresso genetico sono compresi tra 20 e 50 kg ha⁻¹ per anno (Garcia Olmedo 2000). Questi cambiamenti sono associati ad importanti modificazioni dell'architettura e della fisiologia della pianta, come evidente in orzo e frumento, in cui la riduzione dell'altezza della pianta, accompa-

gnata da una maggior efficienza nell'assorbimento e nel trasporto, si è rivelata indissolubilmente collegata all'aumento dell'Harvest Index.

Nel 1911 Nazareno Strampelli per primo introdusse il carattere bassa taglia nei frumenti usando nei suoi incroci il genotipo giapponese AKAGOMUKI, portatore del gene *Rht8* sensibile alle gibberelline. Lo sviluppo di nuovi genotipi a bassa taglia rappresenta il grande successo italiano nel mondo. Le varietà di Strampelli sono state impiegate in quasi tutti i programmi di breeding in tutto il mondo sino a pochi anni or sono. Anche Cesare Orlandi utilizzò un'altra varietà a taglia bassa – SAITAMA 27 – portatrice del gene *Rht-B1d* insensibile alle gibberelline. Successivamente un'altra varietà giapponese, Norin 10(6x), portatrice di un altro gene di bassa taglia *Rht-B1b* insensibile alle gibberelline, isolata per la prima volta nel 1932, fu introdotta nel 1946 da Orville Vogel nella Washington State University, e nel 1948 fu eseguito il primo incrocio. Norman Borlaug utilizza Norin 10 nel 1955 per gli incroci, e nel 1964 avvia il nuovo programma di miglioramento genetico presso il CIMMYT (Messico), dal quale origina e si realizza la "Rivoluzione Verde", che gli porterà nel 1970 il premio Nobel per la pace.

Va chiarito che il successo di questi nuovi genotipi a bassa taglia non derivò soltanto dall'eliminazione dei danni da allestamento, ma anche dagli effetti pleiotropici di questo gene. Il guadagno nelle rese, anche con l'uso di dosi massicce di azoto, sarebbe stato pari al 50% del potenziale produttivo, cioè si sarebbero raggiunte rese pari a 3-3,5 t/ha. In pratica la presenza di *Rht-B1b* permette alla pianta di aumentare l'apparato fotosintetico, migliorare la fertilità della spighetta, il numero di spighe per spiga, il numero di spighe/m² e la dimensione della cariosside. Tutto ciò ha portato a un aumento della produzione pari a 4-5 volte il potenziale delle varietà pre-Strampelli (fino a 10-12 t/ha). Il gene *Rht-B1b* è stato battezzato "a very lucky gene". Perché? Dal punto di vista genetico e molecolare, il gruppo di Mike Gale a Cambridge ha spiegato il fenomeno in questo modo: *Rht-B1b* è un gene nato da una mutazione a un singolo nucleotide, verificatasi a una tripletta STOP codon. Ma subito dopo questa tripletta di STOP si è assortita una tripletta di START che codifica per Metionina, quindi il gene ha continuato a essere trascritto, producendo una proteina leggermente diversa dal *wild type*. Il gene *R* (*wild type*) codifica per una proteina con tre funzioni: la più importante è quella di riconoscere la gibberellina e dirigerla verso i siti d'azione – le pareti delle cellule dell'internodo. Nel mutante, cioè *Rht-B1b*, questa funzione si perde per il segnale di STOP e START a livello molecolare, e quindi la gibberellina continua

a essere prodotta dalla pianta, ma non viene veicolata per distendere le pareti cellulari dell'internodo (piante nane) e in più va a colpire organi importanti della riproduzione, come descritto in precedenza. Risultato finale: piante nane con una superiore potenzialità produttiva, sino a oggi ancora in crescita. Nel mondo l'incremento produttivo è stato notevole e si prevedono ancora progressi sostanziali sia in ambienti fertili che in ambienti stressati. L'evidenza di questo fenomeno fu messa in luce con un semplice esperimento, somministrando una soluzione contenente gibberelline a plantule di frumento *wild type* e mutate: ci si aspettava una crescita maggiore del mutante *dwarf* e nessuna crescita del *wild type*. Il risultato fu l'opposto: la varietà a taglia alta continuò a crescere mentre il mutante restò nano, e per questo fu battezzato "insensibile".

Con il gene *Rht-B1b* fu possibile descrivere un nuovo ideotipo di pianta, basato sull'Harvest Index (HI = biomassa utile/biomassa totale). Di fatto la potenzialità di biomassa totale non è cambiata tra i genotipi non *dwarf* e *dwarf*. È solo cambiato l'HI e ciò dimostra che tutta la genetica dei *dwarf* ha migliorato la relazione *source-sink* ed ha equilibrato il rapporto assorbimento/fotosintesi e trasporto/accumulo nei siti definitivi dei fotosintati.

Ricercatori australiani hanno identificato il gene corrispondente a *Rht-B1b* in *Vitis*, dove è responsabile della trasformazione dei cirri in organi fiorali e quindi grappoli. Infatti nella vite il gene omologo a *Rht-1* determina la conversione dei viticci in infiorescenze, che si evolvono nella formazione di grappoli d'uva. Nel normale sviluppo, in presenza della forma *wild type* del gene, i viticci non possono svilupparsi in infiorescenze perché bloccati dall'azione delle gibberelline (Stanca et al. 2014).

Il modello di pianta, il cosiddetto "ideotipo", nel quale deve instaurarsi un ottimale rapporto tra sorgente di energia "fotosintesi" e siti di accumulo (frutto) è stato esportato ed applicato in altre specie vegetali. Al miglioramento genetico classico si è affiancata la mutagenesi sperimentale per l'ottenimento di nuove varietà. La mutagenesi indotta nel settore vegetale ha un ruolo di rilievo non solo per lo studio delle funzioni geniche, ma anche, soprattutto in un recente passato, per indurre variabilità genetica da cui attingere nuovi fenotipi di potenziale interesse agrario. Negli anni 1960-70 sono state rilasciate diverse varietà di specie erbacee e arboree. In Italia la varietà di frumento Castelporziano è stata ottenuta direttamente per mutagenesi di Cappelli presso i Laboratori Applicazione Agricoltura del CNEN. La mutagenesi è ancor oggi ampiamente utilizzata nel settore delle piante orna-

mentali, in cui la richiesta di novità è costante.

È stato scritto che il successo economico della genetica sia stato anche lo sfruttamento dell'eterosi, sia in campo vegetale sia animale. Questo fenomeno genetico indica la comparsa di vigore fenotipico nelle progenie ibride rispetto ai parentali omozigoti (Barcaccia et al. 2006).

L'eterosi si è dimostrata strategia di grande interesse applicativo non solo nelle piante allogame (nel mais si sono raggiunte 15 t/ha in pieno campo), ma anche nelle autogame. Particolarmente rilevante è l'esempio del pomodoro (specie autogama), in cui lo sfruttamento di questo fenomeno ha spostato le produzioni, negli ultimi 50 anni, dagli iniziali 300 q/ha agli attuali 1200 q/ha in pieno campo e 2200 q/ha in serra. L'interesse verso lo sfruttamento dell'eterosi si è spostato anche su frumento e orzo: quattro ibridi del primo e sei del secondo sono oggi in coltura in Germania (Sreenivasulu and Schnurbusch 2013). In un secolo di applicazioni scientifiche nelle piante coltivate si sono raggiunti risultati straordinari; agli esempi sopra riportati si può aggiungere la barbabietola da zucchero, che è passata negli ultimi 40 anni da una produzione di radici media di 30 t/ha ad oltre 100 t/ha con un indice zuccherino del 15%. Abbiamo raggiunto il plateau?!

Alimentare 10 miliardi di persone

Con i risultati fin qui raggiunti si può pensare di alimentare il pianeta nei prossimi 40 anni, quando la specie umana supererà i 9 miliardi di individui?

Benché la scienza e la tecnologia abbiano fornito in questi ultimi decenni risultati straordinari, e in considerazione del fatto che non possiamo più applicare la regola della messa a coltura di nuove terre, ma che dobbiamo risparmiare il terreno dalle continue razzie antropiche, nasce l'imperativo di dover chiedere all'unità di superficie l'ulteriore sforzo di ospitare, in perfetto equilibrio, nuove piante capaci di garantire il cibo per 10 miliardi di persone. Alla domanda se ciò sia possibile, la risposta è stata positiva, ma dobbiamo disegnare nuove strategie.

Gli obiettivi attuali sono rivolti a convogliare gli sforzi delle diverse discipline scientifiche verso lo sviluppo

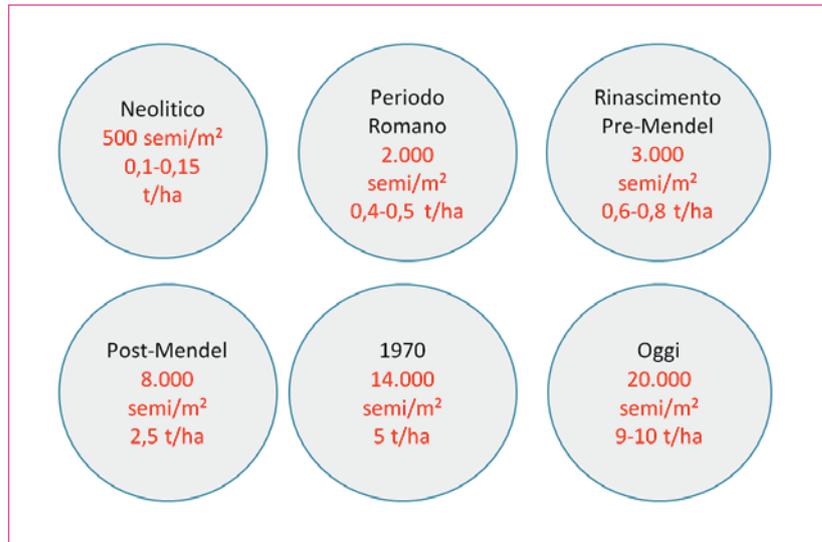


Figura 3
Evoluzione della produzione di granella e numero di cariossidi per m² raggiunti dall'orzo (*Hordeum spontaneum*) dal Neolitico a Mendel e da Mendel ai nostri giorni
Cortesia di A.M. Stanca et al.

di tecnologie mature per l'agricoltura del futuro, a garanzia di produzione di alimenti per tutti.

Se si analizza lo sviluppo e la crescita di una pianta addomesticata, si evidenzia che anche nelle migliori condizioni ambientali non si è riusciti a ridurre in modo consistente il gap esistente tra la produzione potenziale e quella effettiva raggiunta in azienda. Questo è il primo problema da affrontare.

Il secondo è quello di disegnare nei prossimi anni un nuovo modello di pianta capace di innalzare ulteriormente la potenzialità produttiva. Se consideriamo il frumento risulta evidente che le nuove varietà e le nuove tecniche agronomiche, in alcuni Paesi europei, hanno permesso di raggiungere una media nazionale superiore a 8 t/ha con una potenzialità di 12-14 t/ha, cioè sono stati ottenuti circa 20.000 semi/m² di terreno senza intensificare l'uso di prodotti di sintesi (Figura 3).

Oggi si può dire che teoricamente è possibile raggiungere 30.000 semi/m² e superare la barriera delle 15 t/ha. Potenzialmente il frumento, l'orzo e molte specie coltivate programmano molto precocemente il numero di fiori da trasformarsi in frutti per singola pianta, ma eventi sfavorevoli durante il ciclo biologico riducono drasticamente la fertilità e l'allegagione dei fiori e la dimensione dei frutti.

Partendo infatti da una situazione ottimale pari a 100 si può avere una perdita dell'80% a causa di eventi negativi ambientali. La sfida è di ottenere una nuova pianta capace di far fronte a queste cause negative durante

tutto il ciclo biologico! Nella Figura 4 vengono descritte tutte le offese che una specie vegetale riceve durante il suo ciclo biologico.

Oggi conosciamo in modo approfondito la tappa metabolica di risposta all'insulto; disponiamo della sequenza del genoma di molte specie, compresa la più complessa, il frumento; presso le banche del germoplasma sono disponibili i passaporti delle singole varietà con la descrizione fenotipico-molecolare delle loro caratteristiche peculiari; sono state designate nuove architetture di piante arboree; con l'aiuto della genomica nuove strategie di *breeding* sono state messe in opera per incorporare

più geni in un genotipo superiore (*Pyramiding*); nuove tecniche agronomiche saranno via via disponibili per appiattare sempre più la curva degli input di sintesi.

Un esempio molto appropriato riguarda l'architettura della pianta del melo regolata da un gene che controlla il portamento colonnare *Colomnar (Co)* mappato sul cromosoma 10. L'habitus di crescita colonnare, scoperto nel melo intorno al 1970, è caratterizzato da internodi corti, ridotta altezza e ramificazione della pianta. Questo modello ottimizza l'intercettazione della luce, permette di aumentare la densità di piante per ettaro come pure la produzione di frutti, riduce al minimo la potatura e facilita la raccolta meccanica (Wolters et al. 2013). Se a tutto ciò aggiungiamo i risultati ottenuti sulle resistenze, è evidente come anche per questa specie esistano già oggi incoraggianti prospettive.

È interessante osservare come all'aumentare della produzione di prodotti utili, la curva degli input tecnologici non segua lo stesso andamento in parallelo ma si appiattisce. Come già detto, tutti questi sforzi dovranno seguire un percorso di compatibilità ambientale. Per alcuni aspetti della destinazione d'uso della biomassa, si comincia a sperimentare la coltivazione di piante perennanti al fine di ridurre l'input dei prodotti di sintesi. Nuovamente, alla domanda quindi se la scienza e la tecnologia abbiano gli strumenti per produrre alimenti per 10 miliardi di individui nei prossimi 40 anni, la risposta non può essere che positiva, perché abbiamo già oggi, rispetto a qualche decennio fa, strumenti di conoscenza assolutamente nuovi: siamo nell'era della *Systems Biology*.

L'analisi dei genomi è stata la maggiore conquista della genetica moderna per lo studio della struttura e funzione dei singoli geni e dell'intero genoma degli esseri

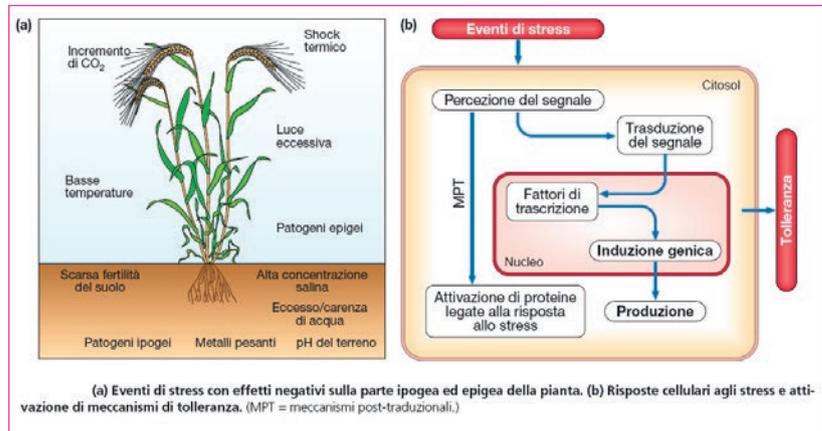


Figura 4
Eventi di stress con effetti negativi sulla parte ipogea ed epigea della pianta (a); risposte cellulari agli stress e attivazione di meccanismi di tolleranza (b)
Nota: MPT = meccanismi post-traduzionali
Cortesia di A.M. Stanca et al.

viventi, fondamentale anche per comprenderne le dinamiche evolutive e sviluppare ulteriori biotecnologie al fine di migliorare specie vegetali per caratteri utili. Sono oggi disponibili le sequenze genomiche ad alta qualità di specie modello quali *Arabidopsis* e *Brachypodium* (oltre a quelle di specie di elevato interesse agronomico quali riso, mais, vite, melo, pioppo, patata, pomodoro, orzo e frumento). I genomi del riso e del *Brachypodium* sono particolarmente importanti perché servono anche da modello per lo studio dei genomi degli altri cereali, le *Poaceae*.

Tra i genomi di maggiore complessità si annovera quello del frumento tenero (*Triticum aestivum*, $2n = 6x = 42\text{-AABBDD}$), stimato in 17 miliardi di bp, pari a cinque volte il genoma umano e a circa quaranta volte quello del riso. È caratterizzato dalla presenza di elementi ripetuti per circa l'80%. Si stima che soltanto nel cromosoma 5A siano contenuti da cinque a seimila geni (Vitulo et al. 2011).

Il primo importante incrocio avvenne tra la specie portatrice del genoma A (*Triticum urartu* AA) e quella portatrice del genoma B (*Aegilops speltoides* BB), incrocio che diede origine a *Triticum turgidum* (AABB), il grano duro tetraploide che utilizziamo per fare la pasta; successivamente, questa specie unì il proprio genoma con quello di *Aegilops tauschii* (DD). Sequenziare il genoma del frumento è un po' come completare un puzzle di migliaia di pezzi, tutti molto simili tra loro. Considerando la qualità dell'assemblaggio, i ricercatori stimano che *Triticum aestivum* possieda qualcosa come 106.000 geni codificanti per proteine, un numero elevatissimo se rapportato ai 25.000 geni umani, ma perfettamente in linea con le dimensioni considerevoli di questo genoma. Ciò che rende dav-

vero speciale il genoma di *Triticum aestivum* è il fatto che esso sia in realtà costituito da tre distinti genomi, costretti dall'evoluzione a convivere all'interno della stessa specie. Nel genoma del frumento si trovano moltissime tracce di questi esperimenti evolutivi: si contano infatti migliaia di geni che mostrano differenze rispetto alla versione originale presente nelle piante selvatiche. Generalmente si tratta di mutazioni senza effetti particolari, ma in alcuni casi l'impatto sulla funzionalità della proteina è stato rilevante. Da queste sequenze ridondanti potrebbero ad esempio originarsi i microRNA (di 20-24 nucleotidi), una categoria di molecole fondamentali per la resistenza agli stress ambientali e agli agenti patogeni (Colaiacovo 2014).

Nelle piante, sono particolarmente attivi durante lo sviluppo, ma non mancano esempi di microRNA che controllano la risposta agli stress ambientali, quali la siccità o la carenza di nutrienti nel terreno, e all'attacco di agenti patogeni. Agiscono spegnendo altri geni in modo mirato, controllando in questo modo la sintesi di nuove proteine. Ogni microRNA colpisce un particolare set di geni bersaglio, e gli effetti di questa regolazione possono amplificarsi notevolmente, perché spesso i geni target sono fattori di trascrizione, molecole che a loro volta controllano l'espressione di altri geni. Complessivamente, questi risultati suggeriscono che il frumento possiede un enorme "serbatoio" di microRNA al momento poco utilizzato, che potrebbe però essere attivato a seconda delle necessità (Mayer et al. 2014).

Altri genomi vegetali il cui sequenziamento è stato già completato o è ancora in corso comprendono il caffè, la *Medicago truncatula*, la fragola, il pesco, l'arancio, nonché specie cosiddette orfane, di minore rilevanza economica rispetto alle grandi colture, ma comunque con utili destinazioni d'uso. Parallelamente si sta procedendo al sequenziamento del genoma di diversi funghi fitopatogeni, la cui analisi apre la possibilità di meglio comprendere quali siano i meccanismi evolutivi che determinano la patogenicità.

Tra le piante da frutto più diffuse, è noto il genoma del melo (*Malus domestica*) varietà Golden Delicious, tra le più diffuse al mondo. I 17 cromosomi ($2n = 34$) contengono 742 milioni di basi e oltre 57.000 geni, tra cui spiccano i fattori di trascrizione (oltre 4.000), e i geni correlabili alle resistenze ai patogeni (circa 1.000), oltre quelli che regolano il portamento colonnare della pianta. Sono inoltre rappresentati in numero estremamente elevato i geni MADS coinvolti nello sviluppo del frutto, e i geni del metabolismo basale del pomo, quali ad esempio quelli legati alla sintesi del sorbitolo o glucitolo, lo zucchero tipico delle *Rosaceae*.

Il genoma della vite (*Vitis vinifera*), varietà Pinot Noir, è

formato da 475 milioni di basi, tre volte più grande di quello di *Arabidopsis* e sei volte più piccolo di quello dell'uomo, e contiene 30.434 geni codificanti per proteine. Una peculiarità di questo genoma è rappresentata dalla presenza di famiglie di geni legati alle caratteristiche organolettiche del vino.

I genomi vegetali cambiano più rapidamente di quanto non facciano i genomi animali, portando così a una maggior variazione tra specie anche strettamente correlate e anche all'interno di una stessa specie. Il motivo di questa estrema plasticità è da ricercarsi nelle diverse condizioni di vita e di strategie di sopravvivenza delle piante rispetto agli animali, che sembrano dunque richiedere per le prime la presenza di genomi più "flessibili".

Un'importante caratteristica delle piante è che vaste porzioni dei loro genomi sembrano essersi duplicate, ossia interi segmenti di cromosomi con tratti di sequenze geniche quasi identiche si ritrovano in molteplici posizioni del genoma. Ciò suggerisce che, a un certo punto dell'evoluzione, questi genomi siano andati incontro a duplicazione (interamente o in parte) e che in seguito le sequenze duplicate (e quindi ovviamente sia geni che regioni regolative) siano andate in parte perdute e in parte si siano diversificate. Ci sono forti evidenze infatti che indicano come la duplicazione del genoma abbia importanti conseguenze morfologiche, ecologiche e fisiologiche, con effetti sui processi fotosintetici della pianta, sul suo sistema riproduttivo, sulla sua interazione con gli erbivori e gli impollinatori, sulla speciazione. Durante l'evoluzione, la formazione di poliploidi ha giocato probabilmente un ruolo di primo piano nella diversificazione delle angiosperme ed è stata molto rilevante anche nella genesi di importanti piante coltivate, quali il frumento, brassicacee e alcune rosacee.

Il sequenziamento del genoma della vite ha suggerito come questa pianta, considerata diploide dalla genetica classica, sia in realtà derivata dalla fusione di tre genomi. Questo arrangiamento ancestrale è condiviso da molte altre dicotiledoni e assente in riso, che è una monocotiledone. La conclusione è, quindi, che questa triplicazione non fosse presente nell'antenato comune alle mono- e dicotiledoni.

Il sequenziamento del genoma del pomodoro coltivato e del suo antenato selvatico, *Solanum pimpinellifolium*, ha evidenziato il fenomeno della poliploidizzazione. Come noto, il pomodoro appartiene alla famiglia delle *Solanaceae*, che comprende sia piante agrarie, quali patata e melanzana, che piante ornamentali e medicinali, quali la petunia, il tabacco, la belladonna e la mandragola. Una peculiarità delle *Solanaceae* è la loro diffusione in ecosistemi molto differenziati. La sequenza del genoma ha fatto nuova luce sulle basi molecolari

di questo adattamento. Si è infatti dimostrato che il genoma di pomodoro si è “triplicato” improvvisamente circa 60 milioni di anni fa, in un momento vicino alla grande estinzione di massa che ha portato alla scomparsa dei dinosauri. Successivamente, la maggior parte dei geni triplicati sono stati persi, mentre alcuni di quelli superstiti si sono specializzati e oggi controllano caratteristiche importanti della pianta, comprese quelle della bacca, come il tempo di maturazione, la consistenza e la pigmentazione rossa.

L'avvento dei marcatori molecolari ha consentito di definire la base genetica dei caratteri qualitativi e quantitativi (QTL), di stabilire le relazioni di sintenia tra i genomi, di verificare i meccanismi genetici che controllano l'eterosi in specie quali il mais. La selezione assistita con marcatori molecolari per caratteri qualitativi è una realtà ormai diffusa anche presso le grandi aziende sementiere private.

Lo sviluppo di una nuova classe di marcatori molecolari (Single Nucleotide Polymorphism - SNP) consentirà di automatizzare ed estendere più di quanto sia stato fatto finora le applicazioni basate sui marcatori molecolari, ad esempio sviluppando approcci di Whole Genome Association Mapping (Tondelli et al. 2013). Studi volti all'analisi dell'espressione genica in condizioni di stress e basati su svariate tecnologie di screening hanno permesso l'isolamento di numerosi stress-related genes, coinvolti nei processi metabolici più complessi del ciclo vitale delle piante (sviluppo e crescita, resi-

stenza al freddo, al caldo, alla siccità, alle malattie, maturazione dei frutti ecc. L'identificazione dei recettori dei segnali ambientali o ormonali, dei messaggeri secondari, dei fattori di trascrizione coinvolti nei processi cellulari complessi, nonché lo studio delle interazioni di questi elementi tra loro e con l'ambiente rappresenta la chiave per comprendere il funzionamento globale della cellula e quindi la base molecolare del fenotipo (Cattivelli 2008).

L'analisi su larga scala del trascrittoma ha infatti evidenziato che centinaia di geni sono attivati o repressi in risposta agli stress. I diversi geni individuati, oltre ad avere un ruolo diretto nella protezione delle cellule dai danni causati da stress osmotico, sono coinvolti nell'attivazione di circuiti di regolazione che controllano l'intero network della risposta. I geni coinvolti sono, quindi, generalmente divisi in due categorie: geni funzionali, che includono geni implicati nella sintesi di molecole e proteine con ruolo protettivo di processi cellulari cruciali (proteine protettive, enzimi detossificanti, osmoliti compatibili ed altri), e geni regolatori, codificanti proteine regolatrici coinvolte nella percezione e trasduzione del segnale di stress (putativi recettori, calmoduline, calcium-binding proteins, fosfolipasi, chinasi e fosfatasi, fattori di trascrizione), che modulano l'espressione dei geni appartenenti alla prima categoria. I fattori di trascrizione sono considerati ottimi targets per rendere una pianta tollerante a stress.

La vita della pianta, oltre gli stress abiotici, viene tormentata da attacchi anche massicci di parassiti vegetali ed animali. Durante la loro crescita le piante sono costantemente attaccate da patogeni che cercano di invaderle. Questi patogeni accedono all'interno dei tessuti vegetali della pianta tramite meccanismi di penetrazione attivi che forzano gli strati esterni e la parete cellulare, attuati da funghi e nematodi, o attraverso aperture naturali (stomi, idatodi, lenticelle) e ferite nel caso dei batteri, o veicolati da insetti e funghi e da operazioni meccaniche che causano ferite. I patogeni possono invadere tutti gli organi della pianta, dal seme in fase di germinazione fino alle radici, ai fusti, alle foglie e ai frutti. Per rispondere alla presenza di patogeni che cercano di invaderle, le piante non possiedono un sistema immunitario adattativo, come quello presente negli animali,

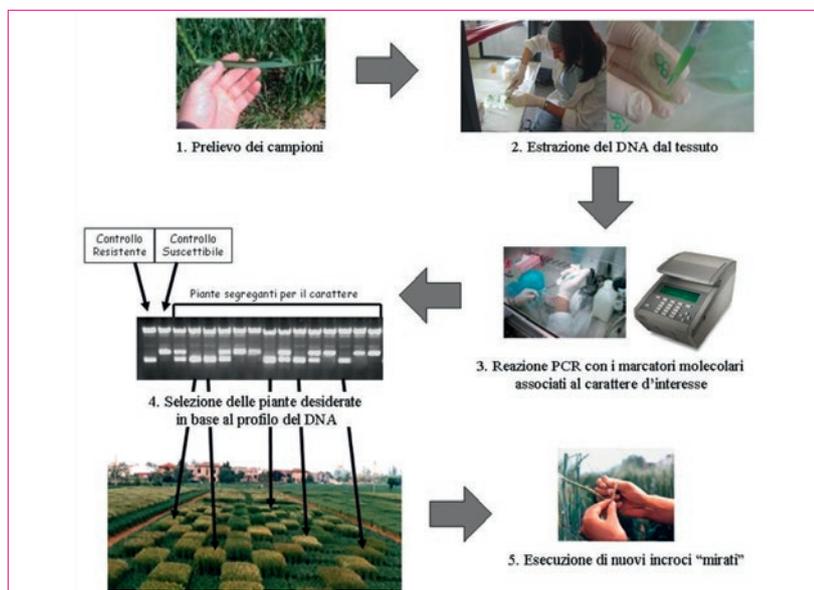


Figura 5
Flusso di lavoro in un programma di miglioramento genetico in cui la selezione per un carattere di resistenza ad una patologia viene assistita da marcatori molecolari
Cortesia di E. Francia e V. Terzi

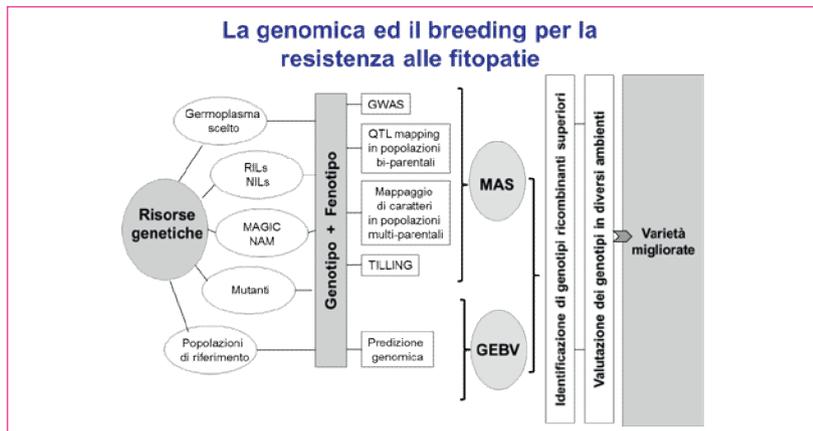


Figura 6
Partendo dalla variabilità genetica esistente in collezioni di germoplasma, mutanti e popolazioni genetiche, caratteristiche fenotipiche d'interesse possono venire associate a caratteristiche genotipiche per individuare marcatori molecolari che, attraverso MAS e GEBV, possono avere come output finale il rilascio di varietà più produttive e più resistenti agli stress biotici

Cortesia di V. Terzi

ma hanno a disposizione meccanismi di resistenza basati su un sistema immunitario innato che consente di riconoscere e rispondere all'azione di patogeni specifici. La cosiddetta "immunità" delle piante dipende da eventi dotati di autonomia cellulare: una singola cellula che subisce un tentativo di invasione è, cioè, in grado di attuare tutti i processi che portano a una risposta di resistenza. Alla base di questa serie cruciale di eventi è stato individuato un repertorio molecolare di riconoscimento molto esteso, ed è proprio grazie a quest'ultimo che gli organismi vegetali sono in grado di sopperire alla già menzionata mancanza di un sistema immunitario adattativo.

A valle dei fenomeni di riconoscimento le piante infettate possono attivare geni che determinano la sintesi di un'ampia varietà di molecole, tra cui le fitoalessine, piccole molecole ad ampio spettro antimicrobico sintetizzate dalla pianta in tempi brevissimi, e le proteine PR (*pathogenesis related*), a più lenta azione, ma dotate di molteplici funzioni. Queste e altre molecole ancora, rientrano in meccanismi di notevole complessità, quali la risposta ipersensibile e la resistenza sistemica acquisita.

Molti funghi e batteri che infettano le piante producono una grande quantità di enzimi che degradano la parete cellulare come, per esempio, le poligalatturonasi, le pectin metilesterasi, le endoglucanasi e le xilanasi. Le piante, a loro volta, hanno sviluppato una serie di risposte di difesa tra cui gli inibitori proteici di questi enzimi, come le PGIP (*polygalacturonase-inhibiting protein*), le PMEI (*pectin methylesterase inhibitor*), che inibiscono enzimi che degradano la pectina e gli inibi-

tori delle xilanasi che inibiscono enzimi che degradano le emicellulose. Il coinvolgimento di questi inibitori nella risposta di difesa della pianta è stato dimostrato attraverso la produzione di piante transgeniche sovraesprimenti questi inibitori, sottoposte ad infezione con determinati patogeni.

Quanto sin qui descritto indica che è possibile tracciare oggi strategie genotipo-molecolari per l'identificazione e l'introggressione dei geni di resistenza nel germoplasma coltivato come un valido strumento per costituire nuove varietà resistenti e conseguentemente limitare le perdite produttive imputabili ai patogeni e l'uso di fitofarmaci in agricoltura, con indubbi vantaggi in termini econo-

mici e ambientali (Figura 6).

Tuttavia, l'efficacia della resistenza della pianta è sovente limitata nel tempo perché alcuni ceppi patogeni evolvono la capacità di superarla: si tratta di geni resistenza razza-specifica che agiscono in tempo limitato. Da una parte, si sta percorrendo la strada della rincorsa verso la scoperta di nuovi alleli utili nel germoplasma anche selvatico, e dall'altra dell'introduzione della " *durable resistance*" come fonte di difesa che conferisce resistenza completa verso tutti gli isolati del patogeno o mediante introggressione di geni multipli derivanti da diversi germoplasmata attraverso il "*gene pyramiding*" e la selezione di rari ricombinanti tra geni di resistenza strettamente associati (Stanca et al. 2014).

Uno degli aspetti di particolare considerazione riguarda la genomica per la qualità e sicurezza alimentare. La qualità delle produzioni agroalimentari rappresenta un concetto particolarmente complesso, coinvolgendo le esigenze spesso differenti dei diversi attori delle filiere, quali i produttori, gli stoccatrici, i trasformatori ed infine i consumatori. Innumerevoli sono gli esempi di applicazioni biotecnologiche al miglioramento della qualità in piante agrarie, così come ampie sono le prospettive delle biotecnologie applicate alle richieste mutevoli del settore (AA.VV. 2014).

Tutto ciò però deve essere dimostrato in qualsiasi tappa della filiera e pertanto il processo necessita di disporre di strumenti inequivocabili di tracciabilità. Con il termine tracciabilità molecolare vengono indicate metodiche genomiche, proteomiche e metabolomiche capaci di dare indicazioni su diverse caratteristiche di una produzione agraria o di un prodotto agroalimenta-

re, quali sicurezza e qualità, origine geografica, valore nutrizionale, autenticità. Il fingerprinting molecolare è applicabile a tutti i livelli delle filiere di produzione agroalimentari, partendo dalla caratterizzazione della diversità genetica fino ad arrivare alla tracciabilità delle materie prime nelle fasi di trasformazione, confezionamento e distribuzione degli agro derivati. È perciò oggi possibile utilizzare tecniche di DNA profiling per verificare la presenza in un prodotto finito di specie vegetali potenzialmente allergeniche, ma anche verificare la composizione di una pasta alimentare sia in termini di specie cerealicole presenti, che in termini di varietà. A questo si aggiunge l'importanza di avere a disposizione anche approcci proteomici per la diagnostica di proteine ed enzimi responsabili di caratteristiche desiderabili o, al contrario, indesiderabili.

Alla selezione assistita con marcatori molecolari si affianca la tecnologia della trasformazione genetica. I nuovi indirizzi biotecnologici sono rivolti a produrre piante geneticamente modificate prelevando geni da piante filogeneticamente affini -Piante Cisgeniche- oppure da piante filogeneticamente lontane -Piante Transgeniche- (*Clive James, ISAAA -International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications, www.isaaa.org*). I benefici attesi dall'impiego delle Piante Geneticamente Modificate in agricoltura sono stati ampiamente discussi in pubblicazioni internazionali e nazionali nonché con interventi sul sito di società scientifiche come la Società Italiana di Genetica Agraria (www.sig.unina.it/gmo_01.html) o la Società Americana di Biologia Vegetale (<http://tinyurl.com/pfanvcq>).

Tra i benefici, sono stati segnalati: il minor consumo di pesticidi chimici, l'incremento percentuale di specifici nutrienti, la maggiore produttività e quindi un minor sfruttamento delle risorse naturali, la possibilità di utilizzare le piante come fabbriche naturali di sostanze industriali o farmaceutiche, individuando così nuovi orizzonti per la produzione agricola, la possibilità di cambiare in maniera mirata e più velocemente, rispetto al tradizionale incrocio, pochi caratteri deficitari in una varietà altrimenti buona, la possibilità di eliminare potenziali allergeni nelle colture, la possibilità di monitorare il livello d'inquinamento nel suolo e di ridurlo rimuovendo i composti inquinanti.

La conoscenza dei meccanismi che regolano l'architettura della pianta, molto spesso mediata da un controllo ormonale, sono fondamentali per i nuovi ideotipi di pianta per il futuro. In genere gli studi sono stati rivolti principalmente a fisiologia, metabolismo e genetica della parte aerea delle piante. Oggi tuttavia una maggiore attenzione viene rivolta alle radici, per migliorare l'efficienza d'uso dell'acqua (WUE), dell'azoto (NUE), del fosforo (PUE), alla resistenza al freddo (*cor genes*), alle proprietà fisico-chimiche e biologiche del suolo e al loro impatto sulla resistenza alle malattie, in modo da disegnare un moderno sistema integrato (IPM: Integrated Pest Management) per mettere i nuovi genotipi di pianta nella migliore condizione di crescita.

Sono in atto in "Open Field" i primi esperimenti di simulazione dell'incremento della CO₂ nell'atmosfera, che passerà dalle 400 ppm (parti per milione in volume) attuali a 600 ppm nel 2050 per verificare l'effetto sulla fotosintesi e qualità dei prodotti. Sulla base di tutto ciò è stata disegnata una nuova pianta di frumento tenero capace di raggiungere una potenzialità produttiva di 20 t/ha nel 2020 partendo dalle attuali 14 t/ha. Non trascurabile è anche il tema che vede il sistema produttivo agrario non più basato sul trinomio Pianta-Atmosfera-Suolo ma piuttosto sul quadrinomio Pianta-Atmosfera-Suolo-Microrganismi che vivono intorno o dentro le radici. Questa nuova visione ha stimolato la nascita di network per monitorare l'evoluzione del *metagenoma* al variare dei diversi sistemi colturali e degli ambienti, e come questo possa influenzare la vita delle specie agrarie e selvatiche. Si ipotizza già che la performance di specie di piante e di genotipi entro specie dipenderà anche dagli inoculi microbici, specifici per l'esaltazione di determinati caratteri, che interagiscono con gli elementi fisico-biochimici del suolo e con il microbioma naturale in specifiche condizioni (Schlaeppi and Bulgarelli 2015).

Le nuove sfide della moderna agricoltura per alimentare il mondo si baseranno sempre più sulla scienza e l'innovazione tecnologica, in particolare quella derivata dalle discipline "omiche", e sulla velocità con cui queste nuove tecniche raggiungeranno l'azienda agraria.

A. Michele Stanca
UNASA-UNIMORE

Bibliografia

1. AA.VV. 2014. La seconda rivoluzione verde. *Le Scienze*. pp 143
2. Barcaccia G., Lorenzetti S., Falcinelli M. 2006 Sull'eterosi nelle piante: dall'ipotesi genetica di Jones all'era genomica -UNIPG- 1-89
3. Cattivelli L.; Rizza F.; Badeck, F.; Mazzucotelli E.; Mastrangelo A.M.; Francia E.; Marè C.; Tondelli A.; Stanca A.M. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Res.* 105: 1-2 1-14
4. Cavalli Storza L. e F. 2005. *Perché la scienza. L'avventura di un ricercatore*. Oscar Saggi Mondadori, pp 393
5. Colaiacovo M. 2014. Il genoma del grano. *Le Scienze* 554: 44-47
6. Garcia Olmedo F. 2000. *La terza rivoluzione verde*. Il Sole 24 Ore. Pp 178
7. Mayer KFX, J. Rogers, J. Doležal, C. Pozniak, K. Eversole, C. Feuillet, B. Gill, M. Colaiacovo, P. Faccioli, A.M. Stanca, L. Cattivelli, et al. 2014. A chromosome-based draft sequence of the hexaploid bread wheat (*Triticum aestivum*) genome. *Science* 345 (6194), 1251788, 2014
8. Morcia C., Rattotti E., Stanca A.M., Tumino G., Rossi V., Ravaglia S., Germeier C., Herrmann M., Polienska I., Terzi V. 2013. Fusarium genetic traceability: Role for mycotoxin control in small grain cereals agro-food chains. *Journal of Cereal Science*, 57: 175-182
9. Schlaeppli K., D. Bulgarelli. 2015. *The Plant Microbiome at work*. MPMI (in press)
10. Sreenivasulu N., T. Schnurbusch. 2012. A genetic playground for enhancing grain number in cereals. *Trends in Plant Science* 17(2): 91-100
11. Stanca A.M., A. Marocco, N. Pecchioni, G. Valè, M. Odoardi, P. Faccioli, L. Cattivelli, V. Terzi. -2014- Genetica Vegetale, in *GENETICA*, ed S. Pimpinelli. Casa Editrice Ambrosiana Milano p 155-221
12. Stanca A.M., A. Gianinetti, F. Rizza, V. Terzi (in Press) Barley: An Overview of a Versatile Cereal Grain with Many Food and Feed Uses. *Encyclopedia of Food Grains* – Elsevier. DOI10.1016/B978-0-12-394437-5.00021-8
13. Terzi V., G. Tumino. *Genomica a supporto della difesa* (submitted)
14. Tondelli A. et al. 2013. Structural and temporal variation in genetic diversity of European Spring two-row barley cultivars and association mapping of quantitative traits. *The Plant Genome* 6: 1-14
15. Vitulo Nicola; Hana Simková; Giorgio Valle; Alessandro Albiero; Paolo Bagnaresi; Davide Campagna; Luigi Cattivelli; Moreno Colaiacovo; Francesca Dal Pero; Jaroslav Doležal; Primetta Faccioli; Paolo Facella; Claudio Forcato; Giulio Gianese; Giovanni Giuliano; Marie Kubaláková; Antonella Lamontanara; Loredana Lopez; Gaetano Perrotta; Marco Pietrella; Antonio Michele Stanca. 2011. First survey of the wheat chromosome 5A composition through a next generation sequencing approach. *PLoS one* 6(10):e26421
16. Westengen O.T. et al. 2013. Global ex-situ crop diversity conservation and the Svalbard Global Seed Vault: assessing the current status. *PLoS one* 8(5): e64148
17. Wolters P.J. et al. 2013. Evidence for regulation of columnar habit in apple by a putative 2OG-Fe(II) oxygenase. *New Phytol.* 200: 993-999



Biotechnologie: uno strumento per l'innovazione sostenibile in agricoltura

R. Nocera

Stimare 9,6 miliardi di persone che, secondo le proiezioni ONU, popoleranno il pianeta al 2050. È questa la sfida che l'agricoltura è chiamata ad affrontare e che sarà uno dei temi portanti di EXPO 2015. La risposta al fabbisogno alimentare di una popolazione in crescita, in particolare nei Paesi in via di sviluppo, non sarà sicuramente univoca, ma la strada sembra segnata: è quella di una "intensificazione sostenibile" dell'agricoltura, supportata da innovazione e ricerca, in grado di migliorare le rese agricole senza aggravare il bilancio di input necessari per la produzione (energia, terra, acqua).

Come soddisfare il crescente fabbisogno

Circa 805 milioni di persone ancora oggi soffrono la fame. È questa la fotografia tracciata dall'ONU nel report *The State of Food Insecurity in the World (SOFI 2014)*, che fa il punto

sui progressi nelle politiche di riduzione della povertà e della fame nel mondo. Sono soprattutto le regioni più povere di Asia, Africa e America latina che si confrontano ogni giorno con il problema della carenza di risorse alimentari. Desertificazione, mancanza di acqua, pratiche agricole inadeguate, fenomeni estremi quali inondazioni e siccità, attacchi di patogeni di varia natura e, soprattutto, la crescente urbanizzazione delle popolazioni rurali, pregiudicano, anno dopo anno, la sicurezza alimentare in molti Paesi in via di sviluppo.

Ma è soprattutto il domani, con l'inarrestabile incremento della popolazione mondiale, a destare preoccupazioni. La risposta non potrà venire dall'aumento di superfici agricole, ottenute a detrimento delle aree forestali e boschive già sottoposte a gravi stress, ma dovrà essere ricercata nel miglioramento

delle pratiche agricole in direzione di una maggiore efficienza nell'uso dei fattori produttivi.

L'attenzione è quindi concentrata sull'innovazione in agricoltura. FAO e Banca Mondiale, i due principali attori su questo fronte, sottolineano la necessità di investire in nuovi processi, prodotti e tecnologie per garantire la sicurezza alimentare e lo sviluppo dei Paesi emergenti nel lungo periodo, e richiamano l'attenzione sul ruolo delle biotechnologie.

Secondo la FAO le innovazioni biotechnologiche nel settore agricolo possono contribuire in modo significativo all'aumento della produzione alimentare, ad affrontare le incertezze del cambiamento climatico e a preservare la biodiversità.

Oltre gli OGM

Le biotechnologie comprendono una vasta gamma di tecnologie, tra con-

venzionali e innovative, applicate in agricoltura, allevamento, silvicoltura, acquacoltura e agroindustria per scopi diversi. Si va dal miglioramento genetico di piante e animali per aumentare i loro rendimenti, alla caratterizzazione e conservazione delle risorse genetiche per l'alimentazione e l'agricoltura; dalla diagnosi di malattie e identificazione di patogeni in piante e animali, allo sviluppo di vaccini e alla produzione di alimenti fermentati.

Cosa siano le biotecnologie è definito già nella "Convenzione sulla Biodiversità" (*Convention on Biological Diversity - CBD*) adottata nel 1992 nel corso del Summit della Terra di Rio, in cui per biotecnologia si intende: "Ogni applicazione tecnologica che utilizzi sistemi biologici, organismi viventi o da essi derivati, per creare o modificare prodotti o processi per impieghi specifici".

Interpretata in senso lato, la definizione di biotecnologia comprende molti degli abituali strumenti e tecniche utilizzati in agricoltura e nella produzione alimentare. Interpretata in un senso ristretto, che contempla soltanto le metodiche basate sul DNA, la biologia molecolare e le applicazioni di tecnologia riproduttiva, comprendendo una gamma di tecnologie quali la manipolazione genetica e il trasferimento di geni, la tipizzazione del DNA e la clonazione di piante ed animali.

Alcune metodiche *biotech* sono note e praticate da decenni (ad esempio l'inseminazione artificiale dei bovini); le *biotech* moderne si basano invece sull'utilizzo di marcatori genetici, analisi del DNA ed altre sofisticate metodiche, oggi sempre più disponibili grazie all'aumentata potenza di calcolo che permette di sequenziare il genoma di specie vegetali e animali.

Le biotecnologie agricole non-OGM sono guardate con interesse

soprattutto per le prospettive che aprono alla selezione di specie resistenti ai patogeni o agli stress ambientali, o in grado di utilizzare meno risorse e aumentare le rese anche in condizioni ambientali marginali.

Molti dei progressi registrati in questi anni sono dovuti all'introduzione di biotecnologie in agricoltura. Nuove varietà di riso e altri cereali alla base dell'alimentazione di miliardi di persone, selezionate sulla base delle tecnologie genetiche, hanno consentito di aumentare la produttività delle coltivazioni in Asia e Africa. In India, un ibrido miglio (HHB 67) ottenuto con metodi di selezione attraverso marcatori genetici, caratterizzato da alti rendimenti e resistenza agli attacchi fungini, si stima abbia contribuito al fabbisogno alimentare di circa 2 milioni di persone. Una varietà di riso (Swarna-Sub1) più resistente alla prolungata permanenza in acqua, sviluppata in India in collaborazione con istituti di ricerca locali, è ora utilizzata da 3 milioni di piccoli coltivatori che possono coltivare il riso anche nelle zone dove il monzone causa inondazioni che pregiudicano i raccolti.

A sollecitare un nuovo approccio alla ricerca in campo agricolo, nel quadro di una protezione e promozione della biodiversità agricola, è la FAO. Per l'Agenzia delle Nazioni Unite, se opportunamente integrate con altre tecnologie, prodotti e servizi agricoli, le biotecnologie possono contribuire a soddisfare le esigenze di una popolazione in espansione e sempre più urbanizzata e contribuire alla sicurezza alimentare. In particolare possono supportare l'"intensificazione sostenibile" dell'agricoltura nei Paesi in via di sviluppo, a condizione che le biotecnologie vengano orientate in funzione dei bisogni dei piccoli produttori e allevatori e

che, soprattutto, nascono da una ricerca pubblico-privata vicina alle esigenze locali.

Biotecnologie e rischi per la sicurezza

La FAO ha espresso una posizione di interesse per le tecnologie non-OGM già nel 2000 con la "Dichiarazione sulle biotecnologie" in cui riconosce le potenzialità dell'ingegneria genetica per favorire l'incremento di produzione e produttività nel settore agricolo, forestale e ittico, valutando gli aspetti positivi quali la possibilità di incrementare le rese in terreni marginali, la selezione di specie più vigorose e resistenti così come il contributo alla conservazione della biodiversità.

Allo stesso tempo, sulla base del principio di precauzione, nella suddetta Dichiarazione viene ribadita la necessità di una continua attenzione e valutazione dei rischi potenziali insiti in alcuni aspetti delle biotecnologie, sia per la salute umana che per le conseguenze ambientali, ad esempio la possibilità di ibridazione di varietà *biotech* con altre piante, che potrebbe condurre allo sviluppo di piante infestanti più aggressive; o anche ai rischi per la biodiversità dovuti allo spostamento dalla grande varietà di coltivazioni tradizionali ad un piccolo numero di varietà geneticamente modificate.

In tema di biosicurezza nel 2000 è stato adottato il "Protocollo di Cartagena sulla Biosicurezza", un protocollo aggiuntivo della Convenzione sulla Biodiversità sottoscritto da 163 Paesi più l'Unione Europea. Si tratta di un accordo internazionale che mira a garantire che la manipolazione, il trasporto e l'utilizzo di organismi viventi modificati ottenuti con la moderna biotecnologia avvenga in condizioni di sicurezza sia per la salute umana che rispetto agli impatti sulla biodiversità.

Il Protocollo si rifà direttamente all'Articolo 19 della Convenzione sulla Diversità Biologica e al Principio di precauzione così come definito all'Articolo 15 della Dichiarazione di Rio sull'ambiente e lo sviluppo. Nel testo si riconosce la necessità di indagare a fondo i potenziali rischi associati agli organismi geneticamente modificati, ottenuti tramite le moderne biotecnologie, al fine di garantire un elevato livello di protezione con particolare riferimento alla diversità biologica, e si assegna alle Parti della Convenzione il compito di assumere le necessarie misure normative, amministrative e politiche per prevenire eventuali rischi. Le Parti si impegnano inoltre a sviluppare protocolli e procedure per il trasporto, la gestione e l'uso in sicurezza di qualsiasi organismo geneticamente modificato che possa avere effetti negativi sulla conservazione e sull'uso sostenibile della biodiversità.

Il Protocollo si pone come strumento giuridico internazionale che contribuisce a regolamentare il trasporto internazionale di OGM. Il Protocollo non pone quindi limitazione alla sperimentazione, alla produzione o alla coltivazione di organismi geneticamente modificati, ma obbliga i Paesi che volessero esportarne ad ottemperare ad alcune procedure.

Al servizio della biodiversità

Le *biotech* non sono soltanto una minaccia potenziale alla biodi-

versità. Possono essere un alleato prezioso. Va in questa direzione la pubblicazione di standard di riferimento per garantire la conservazione delle colture chiave per la sicurezza alimentare e la conservazione della biodiversità, sia in banche genetiche che in campo.

Rilasciata nel gennaio 2014, la pubblicazione della FAO *Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*, delinea standard volontari per le banche genetiche (oltre 1.750 in tutto il mondo) che immagazzinano semi o altri materiali genetici utilizzati per la riproduzione delle varietà culturali. Le risorse genetiche vegetali sono una risorsa strategica per una produzione agricola sostenibile e la loro conservazione e l'uso efficiente è fondamentale per salvaguardare la sicurezza alimentare e nutrizionale, ora e nel futuro. La perdita di diversità genetica, difatti, riduce le opzioni per la gestione sostenibile dell'agricoltura e pregiudica la resilienza agli effetti del cambiamento climatico.

Per questa ragione gli standard sono stati progettati per guidare gli utenti nella realizzazione delle tecnologie e le procedure più idonee per la raccolta, la conservazione e la documentazione della diversità delle colture, in banca e in campo. Sono infatti più di 7 milioni i campioni di semi, tessuti e altri materiali di riproduzione di colture alimentari, insieme ai

loro parenti selvatici, conservati nelle banche genetiche ed ai quali è affidata non solo la conservazione della biodiversità, ma anche la possibilità di sviluppare e selezionare coltivazioni e varietà in grado di accompagnare le esigenze alimentari dei 9,6 miliardi di persone che popoleranno il pianeta al 2050.

La protezione di questa risorsa fondamentale per l'agricoltura è affidata al *Trattato internazionale sulle risorse fitogenetiche per l'alimentazione e l'agricoltura* (ITPGRFA) adottato nel 2001 dalla trentunesima riunione della Conferenza della FAO. Il Trattato facilita lo scambio di sementi e di altri elementi costitutivi della diversità genetica delle colture alimentari del mondo, stimolando la ricerca che è essenziale per lo sviluppo di una agricoltura in grado di adattarsi al cambiamento climatico. Il Trattato facilita lo scambio e la conservazione delle risorse genetiche delle piante coltivate tra i Paesi membri, così come l'equa ripartizione dei benefici derivanti dal loro utilizzo. Di fatto ha dato vita ad un pool genetico globale per la sicurezza alimentare, sotto il controllo diretto di tutte le Parti contraenti, con 1,6 milioni di campioni di materiale genetico che facilitano la ricerca di colture importanti, tra cui il mais, il riso, il grano e la manioca.

Rachele Nocera

ENEA, Direzione Committenza, Servizio Unione Europea e Organismi internazionali

Bioteologie agricole: gli attori della governance

FAO: l'Organizzazione delle Nazioni Unite che fornisce supporto e assistenza tecnica ai Paesi in via di sviluppo. In materia di bioteologie fornisce ai governi dei Paesi membri: consulenza legale e tecnica in settori quali lo sviluppo di strategie nazionali di biotecnologia e biosicurezza; assistenza tecnica con propri programmi o mediante partnership con centri e istituzioni di ricerca quali il CGIAR; informazione. La FAO rappresenta inoltre una piattaforma neutrale per l'informazione scientifica in materia. Dal 2000 è attivo il *Forum on Biotechnologies* che organizza una serie di conferenze via e-mail su temi specifici legati alle bioteologie agricole nei Paesi in via di sviluppo.

FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture: forum intergovernativo permanente deputato, tra l'altro, alla elaborazione di un codice di condotta sulle bioteologie finalizzato a massimizzarne i vantaggi attesi e minimizzare i rischi correlati. Il codice dovrà basarsi su evidenze scientifiche e dovrà considerare le implicazioni ambientali, socio-economiche ed etiche delle bioteologie.

Codex Alimentarius Commission: Organismo intergovernativo istituito congiuntamente da OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) e FAO nel 1963. La Commissione emana standard, linee guida e pratiche di condotta indirizzate a facilitare gli scambi internazionali degli alimenti e preservare la corretta produzione e conservazione dei cibi. Al suo interno operano numerosi Comitati e Commissioni settoriali.

Intergovernmental Task Force on Foods Derived from Biotechnologies: task force istituita in seno alla Codex Alimentarius Commission, in cui gli esperti designati dai governi sono chiamati a sviluppare norme, direttive o raccomandazioni per gli alimenti derivati da bioteologie o rispetto alle caratteristiche introdotte negli alimenti con metodi biotecnologici. La Commissione sta anche valutando l'etichettatura dei prodotti alimentari derivati da bioteologie in modo da permettere al consumatore una scelta informata.

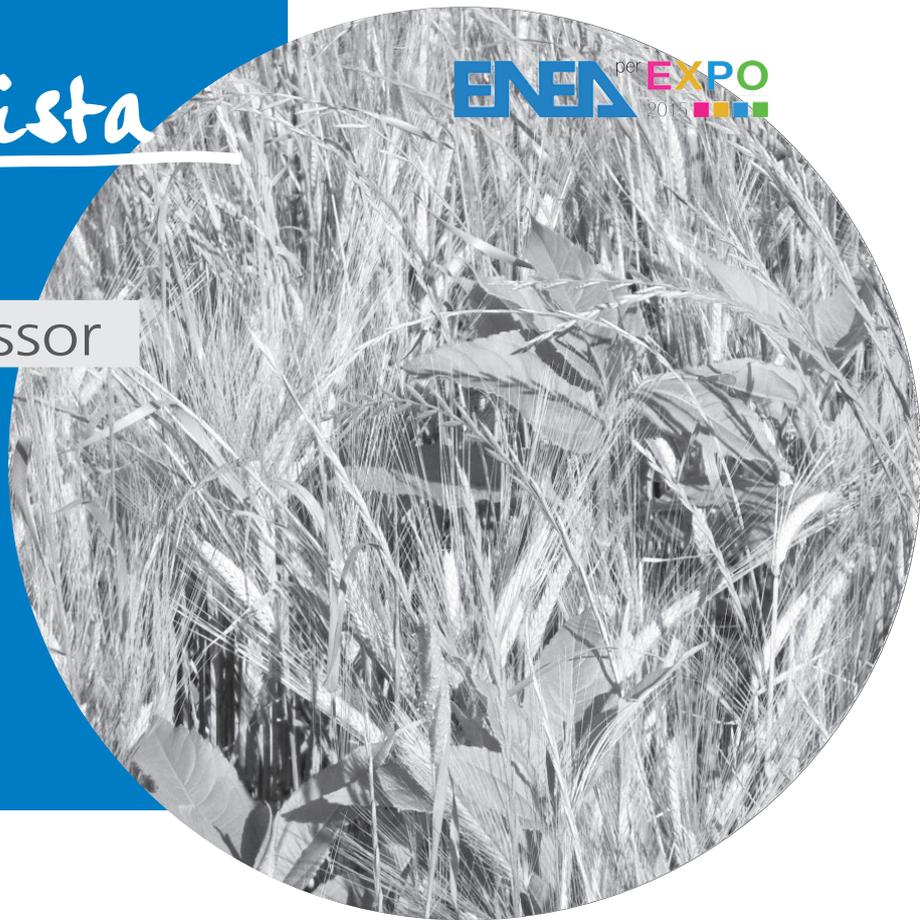
CGIAR: noto in precedenza come *Consultative Group on International Agricultural Research*, è una partnership globale che riunisce le organizzazioni impegnate nella ricerca finalizzata alla sicurezza alimentare e alla gestione sostenibile delle risorse naturali. È un consorzio di 15 istituzioni di Ricerca che opera in stretta collaborazione con centinaia di partner, tra cui organizzazioni multilaterali, istituti nazionali e regionali di ricerca, organizzazioni della società civile, mondo accademico, settore privato.

International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology (ICGEB): è un'organizzazione di ricerca internazionale, senza scopo di lucro. Nata come progetto speciale di UNIDO (United Nations Industrial Development Organization), oggi conta più di 60 Stati membri. L'ICGEB svolge attività di ricerca innovativa nelle scienze della vita a beneficio dei Paesi in via di sviluppo e rappresenta un approccio globale alla promozione della biotecnologia a livello internazionale.

Convenzione internazionale per la protezione delle piante (IPPC): è un trattato internazionale volto a prevenire la diffusione e l'introduzione di organismi nocivi a vegetali e piante, e a promuovere misure appropriate per il loro controllo. Gli organismi viventi modificati (OVM) che possono presentare rischi fitosanitari rientrano nel campo di applicazione della direttiva IPPC. La Segreteria IPPC che coordina le attività della Convenzione è ospitata presso la sede della FAO.

Intervista al Professor Amedeo Alpi

di Maura Liberatori



È opinione comunemente accettata che dovremo aumentare la produzione agroalimentare salvaguardando l'ambiente e le risorse naturali. A parità di terreni disponibili, vuol dire aumentare i rendimenti, stabilizzare le produzioni in condizioni climatiche mutevoli, migliorare le tecniche agronomiche per aumentarne la sostenibilità. Ne parliamo con il Professor Amedeo Alpi*

Nutrire la popolazione, diminuire le disparità di accesso al cibo, usare meno risorse, l'obiettivo non è banale. Professore come la scienza e la ricerca possono aiutarci?

Nutrire una popolazione crescente, rispettando l'ambiente ed utilizzando globalmente meno risorse, può apparire come la quadratura del cerchio, ma la condizione del pianeta ci impone di lavorare per questo difficile obiettivo. Vorrei aggiungere che certe posizioni, assolutamente maggioritarie in Italia, ma molto influenti anche in gran parte dell'Unione Europea, non aiutano. Alludo alle posizioni di chi, in sostanza, sostiene che l'Italia, incapace di competere, per ragioni strutturali, sul piano delle grandi produzioni, debba pertanto orientarsi verso le produzioni di alta qualità, rappresentate spesso da prodotti di nicchia, non certo dalle "commodities". Come questo sia compatibile con una agricoltura che occupa

una ampia fetta, nonostante la forte contrazione degli ultimi decenni, del nostro territorio nazionale (circa 13 milioni di ettari), lascio decidere al lettore. Nonostante queste problematiche, gli strumenti tecnico-scientifici sono a nostra disposizione per incrementare le produzioni in maniera, come si usa dire, sostenibile. Un esempio molto attuale viene dall'ultima campagna olearia. Come ben sappiamo, molte aree italiane hanno perso, pressoché totalmente, la produzione di olive in quanto il decorso stagionale ha talmente favorito lo sviluppo di un insetto parassita, la cosiddetta mosca delle olive, da sconsigliare di portare il prodotto ai frantoi, dove sarebbe stato ottenuto un prodotto pessimo. Ma chi ha seguito le buone pratiche di controllo del parassita in modo adeguato è riuscito a salvare gran parte della produzione che è risultata di qualità più che accettabile. Ciò dimostra che le tecniche per difendersi ci sono già; occorre saperle usare. Altre volte è invece utile fare affidamento su nuove tecnologie, ma anche qui il "diavolo" ci ha messo lo zampino. Alcuni dei nostri problemi potrebbero essere risolti con la tecnologia, comunemente chiamata transgenica; purtroppo per le piante GM (geneticamente modificate) esiste una opposizione fortissima da parte dei nostri governanti, unitamente ad una posizione, a dir poco ultra prudente, dell'Unione Europea.

Credo che sia ancora molto valida l'affermazione del presidente Obama, fatta durante il suo primo mandato come presidente USA, circa il ruolo della Scienza: "la Scienza sarà essenziale per la nostra prosperità, la nostra sicurezza, la nostra salute, il nostro ambiente e la nostra qualità della vita, ancor più di quanto sia mai stata prima". Conseguentemente gli USA, ma anche altri Paesi, hanno incrementato le risorse da investire in ricerca e sviluppo, mentre noi, come ben sappiamo e come più volte è stato sottolineato, abbiamo ancora una organizzazione della ricerca, nel settore agro-alimentare, frammentata e segnata da pesanti ritardi strutturali.

Può essere utile fare qualche esempio sul contributo che la ricerca ha già offerto in questo settore.

Mi è difficile riportare specifici esempi di come la scienza e la ricerca ci hanno aiutato, perché le citazioni dovrebbero essere moltissime. Posso comunque citare gli enormi avanzamenti che sono stati fatti circa la sempre maggiore comprensione degli adattamenti delle piante agli stress, biotici ed abiotici; colgo l'occasione per ricordare che l'ambiente cosiddetto ottimale per le piante coltivate è una astrazione e quindi la condizione "normale" per la pianta è di essere sotto stress. L'argomento è stato affrontato, come giusto, su più piani, da quello fisiologico-biochimico a quello genetico, con risultati eccellenti. Una organizzazione perfetta della ricerca avrebbe dovuto consentire il trasferimento di tali dati sulle piante coltivate ottenendo nuove cultivar resistenti, ma questa fase, che viene per ultima ma che è fondamentale, non si è realizzata se non assai raramente. È un ulteriore esempio di disfunzione, di come si sprechino i talenti nel nostro Paese.

Quali sono gli approcci della ricerca per le produzioni governate da mercati internazionali (commodities), rispetto alle produzioni che hanno come riferimento i mercati locali?

Premetto che, a mio parere, manca in Italia una visione organica per una politica agricola nazionale. Da questo punto di vista la frammentazione delle politiche agrarie in 20 politiche regionali non ha aiutato; ma questo discorso ci porterebbe ad altro tipo di considerazioni. Possiamo comunque dire che in Italia si stanno facendo sforzi continui per contenere il più possibile le *commodities* e dare tutta la preferenza ai mercati locali. Per cui se la domanda intende chiedere che tipo di ricerca si faccia ormai in Italia, la risposta è ovvia: si fa quella orientata ai mercati locali, perché è quest'ul-

tima che è prevista dai canali di finanziamento europei, nazionali e regionali. Ci sarebbe bisogno di una partecipazione dell'Italia alle ricerche per le produzioni governate da mercati internazionali? Certamente sì; ma le politiche della ricerca non lo prevedono ed è un triste errore. Stiamo diminuendo da anni le nostre produzioni di frumento, sia tenero che duro; non stiamo sviluppando il mais, pur avendo nella Pianura padana un biotopo tra i più produttivi al mondo; abbiamo perso, di fatto, la coltivazione della barbabietola da zucchero; ecc. È chiaro che per le *commodities* ci sono approcci di ricerca di miglioramento genetico (tutte le metodologie incluse, anche quelle transgeniche), di miglioramento dei rapporti costi/produzione, di potenziamento dei canali distributivi, solo per citarne alcuni. Nel caso delle produzioni che si riferiscono ai mercati locali si seguono invece metodologie più soft. Si è dimenticato l'aspetto quantitativo a favore della cosiddetta qualità in quanto utilissima per il benessere del consumatore. È tale l'insistenza di questo tam-tam che talora ho l'impressione che i ricercatori siano così coinvolti nell'ossessionata individuazione di parametri qualitativi, da prenderne per buoni alcuni che forse rappresentano solo una pura invenzione. La qualità di un prodotto alimentare è cosa seria, ma difficile da definire e quindi da ricercare. Ottimo lavoro si può fare e si deve fare; ma è bene tenere in mente che un prodotto finale, che sia effettivamente passato attraverso un processo di miglioramento qualitativo, dovrebbe essere venduto ad un prezzo superiore. Al momento il mercato non risponde; al di là di tutta la propaganda che si può fare. Allora: non sarebbe giusto, anche per i prodotti da mercato locale, fare della ricerca finalizzata al miglioramento genetico degli aspetti quantitativi, al miglioramento della tecnica colturale, ai metodi di conservazione ecc.?

A prescindere dalle idee di ciascuno di noi, è comunque incontrovertibile che l'azione combinata di alcuni gruppi ben organizzati da una parte e della comunicazione dall'altra, abbia fornito una immagine dell'agricoltura spesso folcloristica, identificata con la gastronomia, con l'assaggio dei prodotti di nicchia, e con un gran roteare di calici. È un'immagine che piace al consumatore distratto; non rispetta assolutamente le necessità del nostro Paese per una agricoltura che deve rispondere a bisogni ben più ampi di una popolazione che cresce nei suoi bisogni quantitativi e qualitativi.

La ricerca ha bisogno di risorse e di strutture non sempre disponibili nei Paesi che maggiormente beneficerebbero, quelli più poveri, più popolosi, più vulnerabili dal punto di vista ambientale.

Come vede il mercato delle biotecnologie rispetto a questi Paesi? Ritiene che possa allargarsi la forbice del divario ed aumentare il rischio di espellere dal mercato le realtà più marginali?

Domanda importante ma anche molto complessa. Comporta una conoscenza notevole di realtà internazionali assai diversificate. Cominciamo dall'Oriente. Prescindendo dal Giappone, che rappresenta un caso molto particolare per le agrobiotecnologie, non è un mistero che i due subcontinenti orientali (Cina ed India) si siano aperti -ormai da diversi anni- alle novità tecnologiche, diventando spesso forze trainanti in molti ambiti, per esempio quello informatico. Ma anche in campo biotecnologico si stanno facendo grandi progressi e, di fatto, il mercato biotecnologico si va espandendo non solo in Cina ed India, ma anche a Taiwan, nelle Filippine, Singapore, Corea del Sud ecc. Queste realtà hanno indubbiamente una influenza in tutto il Sud-Est asiatico, complessivamente ancora povero, mediante una crescente diffusione di prodotti biotecnologici.

Una situazione particolare è rappresentata dall'America latina. In questo continente vi sono ancora grandi aree di povertà, ma le biotecnologie non hanno avuto problemi a diffondersi, non solo in Brasile ed Argentina, che sono tra i principali paesi al mondo per la coltivazione di piante GM, ma diversi altri paesi sud-americani si sono allineati ed altri lo faranno prossimamente.

La situazione è assai più precaria nel continente africano. Qui il rischio accennato nella domanda è reale e, francamente, non vedo alternative ad uno sforzo internazionale che sappia rapportarsi in modo adeguato con i diversi Paesi africani. La loro crescita demografica, la povertà -molto diffusa e che talora raggiunge livelli impressionanti-, le condizioni ambientali -suolo, disponibilità idrica, situazione climatica ecc., la situazione sociale esplosiva, sono tutti fattori che chiedono una seria programmazione di interventi. Se questo non sarà fatto, il rischio non è quello di espellere le realtà più marginali dal mercato, perché ciò è già avvenuto; il rischio vero è l'impossibilità di dare un minimo di organizzazione ad una produzione agraria locale, la quale, comunque, non potrà prescindere dalle moderne tecnologie.

Insomma, abbiamo assistito ad una rivoluzione "biotecnologica" e l'evoluzione delle tecniche è continua, molto efficace e procede a velocità crescente. Possiamo raggiungere grandi obiettivi solo se si mettono insieme le energie dei vari Paesi. D'altra parte sarebbe già una grande vittoria se si potessero arginare le paure irrazionali e i pregiudizi, creati in larghi settori del

pubblico, in merito alle piante geneticamente modificate. La popolazione del mondo cresce e, di pari passo, cresce la domanda alimentare mentre la superficie destinata alle coltivazioni si sta restringendo. Le piante GM rappresentano un ottimo strumento che è nelle nostre mani per far fronte ad una possibili crisi alimentare, ma l'Europa ed alcuni Paesi in via di sviluppo si ostinano in un sostanziale divieto alla loro coltivazione; persino il "Golden rice" che può salvare moltissime persone, in zone asiatiche, dalla precoce cecità, trova opposizione. Se almeno riuscissimo a convincere che questi sono pregiudizi assurdi!

Alcuni bacini di produzione agricola mondiale (Nord America, Russia) sono stati colpiti recentemente da fenomeni di siccità che hanno compromesso la quantità immessa sul mercato con ripercussioni soprattutto nei Paesi più poveri. Lei prevede uno spostamento nel medio termine dei luoghi di produzione in altre aree? Ovvero, potrebbe accentuarsi il rischio geopolitico legato alla produzione agricola?

La situazione descritta, che è drammatica, risponde a verità. Aggiungiamo pure che la popolazione mondiale sta aumentando in tutto il mondo con l'eccezione della sola Europa e che il raggiungimento dei 9 miliardi nel 2050 circa, come tetto massimo, dal quale avremmo poi cominciato una graduale diminuzione, è già considerato irrealista dalle proiezioni di tutti gli istituti specializzati in demografia. Le problematiche ambientali ricordate nella domanda non fanno altro che aggiungere difficoltà a questo problema di dimensione planetaria. Lo spostamento dei luoghi di produzione in altre aree del mondo si sta già attuando. Siamo a conoscenza del "land grabbing", cioè dell'acquisizione, da parte di gruppi internazionali (ma anche di singoli privati e di governi), di terreni nei cosiddetti Paesi in via di sviluppo. Non sarà facile attuare progetti validi di coltivazione di queste terre, ma certamente questo aspetto contribuisce a quello spostamento dei luoghi di produzione che è in atto e che aumenterà a causa di una molteplicità di concause che sarebbe troppo lungo elencare. Se comunque consideriamo la siccità come causa prima della riduzione della quantità di alcune produzioni, dobbiamo anche ammettere che a livello mondiale la fondamentale risorsa, l'acqua, disponibile in buona qualità per l'agricoltura, non è affatto illimitata. Anzi la quantità globale disponibile sta diminuendo ed è il caso forse di ricordare al grande pubblico che l'uso maggiore dell'acqua che facciamo sul pianeta non è per i nostri bisogni domestici o industriali, ma soprattutto per l'agricoltura. Ben oltre il 50% dell'acqua consumata è de-

stinata alle coltivazioni e la sua qualità (almeno per la componente chimica) non è poi così diversa da quella che deve rispettare l'acqua che usiamo per dissetarci! Pertanto il rischio geopolitico esiste, eccome!

Il "crinale apocalittico", così fu chiamato da alcuni molti anni fa, per indicare la divisione tra popoli benestanti e moltitudini affamate e disperate, non è stato abbattuto. È un fatto che molti di questi popoli non riescono a prefigurarsi un futuro nelle loro terre e vengono da noi con le modalità che sappiamo. Ogni giorno veniamo a conoscenza -l'Italia in particolare, a causa della sua posizione geografica- di arrivi di disperati. È chiaramente un problema complesso che non può essere risolto solo dall'incremento quanti-qualitativo delle produzioni alimentari, ma questo può e deve essere un obiettivo morale e politico da perseguire. Le tecnologie capaci di aiutare in questo senso ci sono, anche per quegli ambienti territorialmente e climaticamente sfortunati.

L'Italia ha assunto con EXPO 2015 la responsabilità di rappresentare un modello possibile alla soluzione di questi problemi. Nel dibattito diretto alla pubblica opinione si parla di eccellenza italiana, di specificità locale, di qualità artigianale, le cose che sono nel DNA degli italiani. Tutto ciò può rappresentare un modello? Per quanta parte del mondo? Come salvaguardare questo patrimonio?

Se rispondessi di getto sarei molto polemico, ma non sarebbe opportuno visto l'importanza dei problemi che stiamo affrontando. L'eccellenza italiana, anche se troppo sbandierata, e talora completamente fuori luogo, ha però una sua base di verità; anche la qualità artigianale è una prerogativa nazionale che va protetta, ma ciò che non sono riuscito a capire in questi anni è perché ci siamo divisi in due fazioni: quelli che ritengono di essere a favore delle "buone" cose italiane e quelli che invece sarebbero contrari e quindi a favore della omologazione delle produzioni. Questa divisione è assurda. Non vedo perché io, che sono assolutamente a favore di una seria politica dell'agricoltura, che rafforzi la produzione anche delle cosiddette commodities e non solo delle piccole produzioni di nicchia, debba passare per un contrario alle nostre, cosiddette, produzioni di eccellenza. Ma chi ha fatto questa sciagurata divisione priva di ogni razionalità? Viene da pensare che certi interessi possano essere protetti solo da bugie, anziché da seri argomenti! Comunque per me è ovvio che le cose migliori che sa fare l'Italia in campo agroalimentare (il famoso patrimonio da salvaguardare e che comprende materie prime ma anche molti prodotti trasformati) non si difendono con le pa-

role, ma con serie misure di politica agricola che conservi alla, ancora meravigliosa, campagna italiana la possibilità di coltivarla seriamente senza trasformarla in quella Disneyland che sta diventando, con grande esposizione di bancarelle che esibiscono marmellate, salamini, liquori, dolcetti, leccornie varie che non ci daranno mai una capacità competitiva a livello mondiale ma ci relegheranno a paese insignificante persino nel comparto agrario nel quale potremmo davvero emergere.

Quindi il "modello" delle eccellenze italiane è valido sia per quelle già affermate che hanno contribuito a fare grande il nome dell'Italia nel mercato mondiale, sia per le piccole (che siano di vera qualità, non di qualità in quanto piccole), ma, appunto, non si tratta di far assurgere questo a modello unico. Facendo questo tipo di prodotti abbiamo bisogno di materie prime (pensiamo anche solo al frumento ed ai tanti pani italiani, molto buoni e diversi da regione a regione ed all'interno delle stesse regioni). Se non produciamo noi queste materie prime, chi le produrrà per noi? A me appare tanto chiara la risposta e spero che così sia per il lettore.

Quindi, con i soli prodotti artigianali si dà soddisfazione ad esigenze di una piccola parte del mondo, dimenticandoci degli scenari apocalittici pocanzi delineati. Possiamo e dobbiamo invece salvarli insieme a tutta la grande produzione agricola senza modelli contrapposti, ma convinti che il patrimonio rappresentato dalle "eccellenze" tanto più si protegge se si torna a mettere l'agricoltura al centro delle politiche nazionali e non a farne la cenerentola dei prodotti di nicchia.

Un auspicio per l'agricoltura del Paese?

Mi auguro fortemente che termini in Italia l'accesa, quanto inutile, campagna condotta dalla variegata schiera dei difensori delle "Eccellenze alimentari italiane" contro coloro che sostengono, invece, l'importanza strategica di tutta l'agricoltura. È davvero assurdo constatare che anziché prendere le difese di un sistema agroalimentare -quello italiano- che accanto ad alcuni punti di forza, contiene molti punti deboli, ci si divida in fazioni litigiose. Difendere tutta l'agricoltura e quindi le aziende produttive, significa includere certamente anche quelle realtà di "nicchia", di prodotti di qualità ecc. che hanno bisogno di essere inserite in un più vasto contesto produttivo agrario, altrimenti avranno un futuro precario.

Voglio sperare che ci sia un soprassalto di lucidità.

* Amedeo Alpi

Università di Pisa, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari, Agro-ambientali, Laboratorio di Fisiologia Vegetale

L'Enea per...

ENEA per EXPO 2015



Valutare e gestire il cambiamento globale in agricoltura mediante modelli di ecosistema integrati nei sistemi di informazione geografica

L. Ponti, A.P. Gutierrez, M. Iannetta

Nel corso degli ultimi quattro decenni l'ENEA ha sviluppato con successo approcci innovativi per gestire, su base territoriale ed in modo sostenibile, molteplici problemi riguardanti l'agroecosistema, e ha accumulato in particolare una vasta esperienza nello sviluppo di soluzioni avanzate per combattere su scala territoriale la diffusione della mosca mediterranea della frutta (*Ceratitis capitata*), uno dei parassiti agricoli più dannosi al mondo.

La variazione degli input agrotecnici, nuove specie esotiche invasive e i cambiamenti climatici stanno determinando un cambiamento globale che va ad incrementare la già di per sé elevata complessità degli agroecosistemi.

Le specie invasive causano ogni anno, a livello mondiale, danni economici circa dieci volte superiori a quelli dovuti ai disastri naturali, e il loro numero è destinato

ad aumentare a causa della duplice azione di clima e globalizzazione; ne sono un esempio le numerose specie di insetti tropicali dannosi, di recente insediamento nel Bacino del Mediterraneo, e la tignola del pomodoro (*Tuta absoluta*), specie subtropicale di origine sudamericana, già resistente alla maggior parte degli insetticidi in commercio che, arrivata nel 2006 in Spagna, ha percorso in pochi anni circa 4.000 km raggiungendo ogni angolo del Bacino del Mediterraneo.

Il cambiamento globale inciderà profondamente a livello territoriale, causando una serie di problemi di natura ecologica anche in ambiti diversi da quello agricolo.

Un esempio di grande impatto è la recrudescenza di malattie umane trasmesse da vettori di origine tropicale, verificatasi negli ultimi anni in regioni temperate

come l'Europa. Anche in questo caso, come per gli organismi dannosi in agricoltura, il cambiamento globale agisce a due livelli: da una parte, il riscaldamento del clima rende le regioni temperate più suscettibili all'invasione da parte di vettori di malattie esotici quali la zanzara tigre (*Aedes albopictus*); dall'altra, un mondo sempre più interconnesso facilita lo spostamento su scala globale dei vettori stessi, andando a determinare epidemie senza precedenti, come quella di febbre chikungunya segnalata in Italia nel 2007. Fenomeni simili registrati in Francia negli anni successivi hanno fatto affermare agli esperti del settore che il brutto sogno dell'invasione dell'Europa da parte della zanzara tigre stia diventando realtà. L'esempio della febbre chikungunya, trasmessa appunto dalla zanzara tigre, suggerisce che i problemi causati dal cambiamento globale possono avere natura analoga (in quanto dovuti a specie invasive) anche in ambiti diversi come l'agricoltura e la salute umana. Talvolta, poi, le specie invasive sono dannose in più ambiti, come nel caso dell'ambrosia comune (*Ambrosia artemisiifolia*), anche fonte di polline altamente allergenico, con un notevole impatto sanitario, sociale ed economico in Europa.

Storicamente il principale ostacolo allo sviluppo di soluzioni efficaci e sostenibili per i problemi causati da organismi dannosi in agricoltura (esotici o meno), risiede nella complessità della biologia e dell'ecologia degli organismi stessi. Ogni specie animale e vegetale ha, infatti, requisiti di crescita, sopravvivenza e riproduzione propri, che ne determinano distribuzione geografica, abbondanza ed interazioni con le altre specie. In più, attualmente, molteplici fattori d'interferenza legati al cambiamento globale portano la complessità degli agroecosistemi ad un livello senza precedenti.

Affrontare una molteplicità di problemi ecologici analoghi mediante un approccio olistico comune, consente di gestire in maniera più efficace la complessità legata al cambiamento globale a livello territoriale.

Con questo approccio l'ENEA ha realizzato, grazie alla collaborazione con l'Università della California di Berkeley, il progetto GlobalChangeBiology che, per la prima volta, ha reso disponibile in Europa una tecnologia che può essere usata per interpretare e gestire efficacemente il cambiamento globale in agricoltura. Scopo del progetto era fornire strumenti per riassumere, gestire ed analizzare dati ecologici relativi agli effetti del cambiamento globale nei sistemi agricoli, utilizzando colture mediterranee tradizionali (ad es. vite ed olivo) come sistemi modello (http://cordis.europa.eu/project/rcn/89728_en.html).

Il progetto GlobalChangeBiology è nato dal bisogno sempre più stringente di strumenti analitici capaci di fornire una sintesi dei dati ecologici relativi a sistemi agri-

coli soggetti al cambiamento globale. Oggi, come già ricordato, per progettare e gestire agroecosistemi sostenibili si deve tener conto della crescente interferenza del cambiamento globale sotto forma di nuovi input agrotecnici, specie invasive e cambiamenti climatici. Queste considerazioni hanno rilevanza particolare per il Bacino del Mediterraneo, un'area del pianeta particolarmente soggetta ai cambiamenti climatici e già minacciata da mutamenti ambientali di natura locale, desertificazione compresa. Per rispondere a queste esigenze, il progetto ha utilizzato modelli demografici con base fisiologica (*physiologically based demographic models*, PBDM) nel contesto di sistemi d'informazione geografica (GIS), mettendo così a punto uno strumento integrato (PBDM/GIS), mediante il quale è possibile comprendere in maniera dinamica agroecosistemi complessi sottoposti al cambiamento globale.

L'idea di base dell'approccio PBDM è che tutti gli organismi viventi possono essere considerati consumatori, con problemi simili di acquisizione (input) ed allocazione (output) delle risorse, il che consente di descrivere per analogia ogni organismo della catena alimentare (fino ad arrivare al livello economico: vedi esempio dell'olivo più sotto) utilizzando lo stesso modello matematico e concettuale. Un grande vantaggio di questo approccio consiste nella possibilità di descrivere un grado di dettaglio ecologico tale da consentire valutazioni realistiche, senza che il modello PBDM diventi eccessivamente complicato, in virtù del fatto che la complessità (ecologica) viene gestita nel modello a livello concettuale.

Per analizzare gli agroecosistemi a scala territoriale è necessario utilizzare i PBDM nel contesto di un GIS. A tale scopo è stata scelta la tecnologia GIS a sorgente aperta di GRASS (<http://grass.osgeo.org/>). L'approccio PBDM è stato sviluppato presso l'Università della California a Berkeley, con estensioni in contesto GIS basate sulla collaborazione scientifica fra ENEA e CASAS Global, mentre il progetto GlobalChangeBiology ha assicurato il trasferimento di conoscenze verso ENEA. Uno dei principali risultati di questo progetto è stato collegare la tecnologia PBDM/GIS con dati telerilevati da satellite, per colmare il divario esistente tra gli approcci GIS "dal basso" (soprattutto fisiologia e dinamica di popolazione) e quelli "dall'alto" (climatologia), generalmente utilizzati per valutare problemi reali a livello di ecosistema.

Tra i 368 progetti del programma Marie Curie International Reintegration Grants, finanziati nel 2007 per consentire a ricercatori che avessero acquisito esperienza pluriennale fuori dall'Europa di sviluppare un programma di ricerca in un paese europeo, GlobalChangeBiology era l'unico progetto italiano ad affrontare la tematica del cambiamento globale.

Il progetto GlobalChangeBiology, considerato una storia di successo a livello europeo, fa parte della Piattaforma Europea di Adattamento ai Cambiamenti Climatici. La collaborazione con l'Università della California continua attraverso il consorzio scientifico internazionale CASAS Global (<http://casaglobal.org/>).

Una recente applicazione della tecnologia PBDM/GIS è l'analisi della coltura di olivo e del suo parassita più dannoso, la mosca delle olive (*Bactrocera oleae*) (vedi articolo al link <http://www.pnas.org/content/111/15/5598.full>): un tema di notevole attualità, visto che il 2014 è stato definito l'anno nero dell'olio italiano proprio a causa delle fortissime infestazioni di mosca delle olive. Per la prima volta, in quest'analisi, l'impatto dei cambiamenti climatici sull'olivo è stato valutato tenendo conto sia del particolare clima tipico del Bacino del Mediterraneo, sia della rilevante complessità biologica che caratterizza l'interazione tra olivo e mosca delle olive. Si tratta della prima valutazione d'impatto dei cambiamenti climatici ad aver simulato processi biologici realistici a scala sub-continentale, utilizzando come input dati meteorologici giornalieri ad alta risoluzione, ottenuti mediante un modello di simulazione del clima messo a punto da ENEA che riproduce bene la variabilità climatica tipica del Mediterraneo (<http://utmea.enea.it/research/PROTHEUS/>).

L'olivo riveste un'importanza ecologica e socioeconomica considerevole per il Bacino del Mediterraneo, essendo una delle piante di più antica coltivazione, nonché praticamente onnipresente in questa regione geografica. Da qui il notevole interesse per i possibili effetti dei cambiamenti climatici sulla coltura. Lo studio mostra come un riscaldamento del clima nell'ordine dei 2 °C – che con tutta probabilità si verificherà nel Bacino del Mediterraneo nel giro di pochi decenni – potrebbe minacciare la redditività delle piccole aziende olivicole comuni nelle aree collinari marginali, accentuandone l'abbandono già in atto.

È importante notare come i piccoli oliveti tradizionali, che in aree marginali hanno un elevato potenziale in termini di tutela dell'ambiente, poiché conservano suolo e biodiversità e riducono il rischio di incendi, sarebbero anche quelli a maggior rischio di abbandono per l'azione combinata di cambiamenti climatici e politiche agricole europee non sempre del tutto appropriate. Questo – come altri risultati chiave dello studio – non sarebbe emerso senza un'analisi cosiddetta bio-economica, ossia comprensiva delle dinamiche sia biologiche che economiche risultanti dall'interazione tra olivo e mosca in presenza di cambiamenti climatici. Più in generale, l'analisi indica che il riscaldamento del clima avrà un impatto diverso su resa dell'olivo e infestazioni da mosca in zone diverse del Bacino del Mediterraneo, determinando vincitori e vinti da un punto di vista economico (Figura 1).

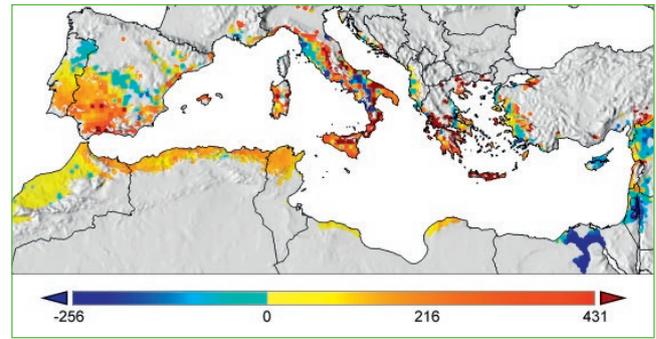


Figura 1
Effetto di un riscaldamento del clima di 1,8 °C su olivo e mosca delle olive in termini di aumento (giallo-rosso) o diminuzione (blu) del reddito da olivicoltura da olio (euro per ettaro)

Fonte: L. Ponti, A.P. Gutierrez, P.M. Ruti, A. Dell'Aquila (2014). Fine scale ecological and economic assessment of climate change on olive in the Mediterranean Basin reveals winners and losers. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 111: 5598-5603. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1314437111>

L'olivo è una coltura nota per la sua notevole resistenza all'aridità, e quindi con tutta probabilità gli impatti ecologici ed economici dei cambiamenti climatici sarebbero assai più gravi nel caso di colture meno tolleranti a caldo e siccità come vite e frumento. Questa analisi fornisce un modello riproducibile per valutare gli impatti dei cambiamenti climatici in altri agroecosistemi, in presenza di specie invasive vecchie e nuove e in un contesto GIS.

In sintesi, lo strumento integrato PBDM/GIS può essere considerato un archivio contenente le informazioni attualmente disponibili sugli agroecosistemi, applicabile anche ad altri sistemi, aggiornato con nuove informazioni ed utilizzato per guidare ricerche multidisciplinari a scala locale o per regioni geografiche più vaste. La tecnologia PBDM/GIS ha un elevato potenziale di sviluppo futuro per la soluzione di un'ampia gamma di problemi ambientali, ed ha valore generale e specifico a lungo termine per la società in ambiti quali l'agricoltura, la gestione delle risorse naturali e i cambiamenti climatici.

Il trasferimento in ENEA della tecnologia PBDM/GIS, fino ad allora non disponibile in Europa, rappresenta un'opportunità senza precedenti per affrontare il cambiamento globale in agricoltura su base ecologica in un contesto territoriale, in grado fornire alle agenzie governative europee la base scientifica necessaria per sviluppare efficaci politiche di adattamento al cambiamento globale, cambiamenti climatici compresi.

Per approfondimenti: luigi.ponti@enea.it

Luigi Ponti ^{1,2}, Andrew Paul Gutierrez ^{2,3}, Massimo Iannetta ¹

¹ ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria

² Center for the Analysis of Sustainable Agricultural Systems Global (CASAS Global), Kensington, CA, USA

³ College of Natural Resources, University of California, Berkeley, CA, USA



Genetica applicata alla costituzione di nuove varietà di piante

C. Stamigna, E. Chiaretti, D. Chiaretti

Il miglioramento genetico delle piante mira alla costituzione di nuove varietà, nonché allo studio dei principi e delle tecniche per ottenerle, affinché rispondano alle esigenze reali degli agricoltori.

Tale processo richiede tecniche agronomiche avanzate per ottenere un continuo e progressivo aumento della produttività delle colture e una più alta redditività dei procedimenti impiegati in agricoltura.

La superficie mondiale di terre arabili si sta riducendo a causa di diversi fattori, quali urbanizzazione, desertificazione, erosione, degrado dei suoli e quindi la via più sostenibile per incrementare, come necessario, la produzione di alimenti, è quella di accrescere la produttività delle specie agrarie.

Per il futuro, la sfida è di realizzare produzioni più elevate, costituendo nuove varietà adatte ad una agricoltura a basso costo e a ridotto impatto ambientale.

Per soddisfare tali esigenze, è importante anche realizzare varietà che siano resistenti a malattie per ridurre l'impiego di antiparassitari, in grado di ottimizzare l'utilizzazione dei fertilizzanti e dell'acqua presenti nel terreno per ridurre i concimi chimici e l'irrigazione, che abbiano elevato rapporto granello/paglia a parità di sostanza secca prodotta e buona qualità ai fini della trasformazione e conservazione.

Oltre che ottimizzare l'utilizzazione dell'acqua da parte della pianta, ad esempio seminando in epoca autunno-vernina, il bilancio idrico delle colture può essere migliorato incrementando le risorse d'acqua del suolo a disposizione o riducendo le perdite con colture e tecniche di coltivazione appropriate.

Per evitare di ripetere l'errore già commesso in passato con i cereali, cioè il depauperamento di sostanza organica del terreno a causa dell'uso esteso della monocoltura, si stanno selezionando nuove varietà di leguminose ad alto tenore proteico da integrare nel ciclo di produzione con consociazioni e/o rotazioni in modo da ottimizzare le pratiche colturali. L'uso della rotazione permette una diminuzione dei

costi relativi ai fertilizzanti, concimi chimici e prodotti agrochimici con aumento sostanziale dei rendimenti.

Le modifiche della PAC (Politica Agricola Comune) potrebbero variare notevolmente il panorama colturale, ridando nuovo slancio alle rotazioni, riducendo la monocoltura, ristabilendo un ruolo importante nel mantenimento della fertilità dei suoli mediante apporto di sostanza organica ed azoto.

Nel Centro Ricerca ENEA della Casaccia, presso la Divisione Biotecnologie e agroindustria, esiste una lunga esperienza nel campo del miglioramento genetico dei cereali e delle leguminose da granella sia per l'alimentazione umana che animale.

I programmi di miglioramento varietale mediante incrocio hanno permesso lo sviluppo di nuova variabilità genetica nella quale si ha la possibilità di selezionare nuove linee, combinando i caratteri favorevoli dei genitori. L'attività di ricerca riguarda una serie di cereali (triticale, frumenti, orzo, segale) e leguminose (lupino, fava, pisello, cece, lenticchia), con l'obiettivo di migliorare i caratteri qualitativi e quantitativi.

Tutto ciò utilizzando in particolare varietà e popolazioni nazionali ed estere che presentano specifiche caratteristiche (ad es. assenza di tannini nei semi di lenticchia e fava; assenza dei principi amari nei lupini; il fiore chiuso e l'autogamia nella fava; la tetraploidia e il carattere perenne nella segale; l'autofertilità nel triticale): il tutto mantenendo le caratteristiche di produttività e qualità delle linee avanzate usate.

L'ENEA continua ad iscrivere nuove varietà vegetali in collaborazione con l'azienda sementiera ISEA-AGROSERVICE, che in passato è stata quella che ha più commercializzato il grano Cresco, una varietà di grano duro ottenuta presso i laboratori del Centro Ricerche Casaccia nei primi anni 70.

Nel 2013 è stato depositato il brevetto di una varietà di lupino azzurro dolce, denominata "Polo", a semina autunno-vernina, resistente a stress idrici, alle principali malattie e all'allettamento, ad elevato

contenuto proteico, da utilizzare per la produzione di mangimi e foraggio (Figura 1).

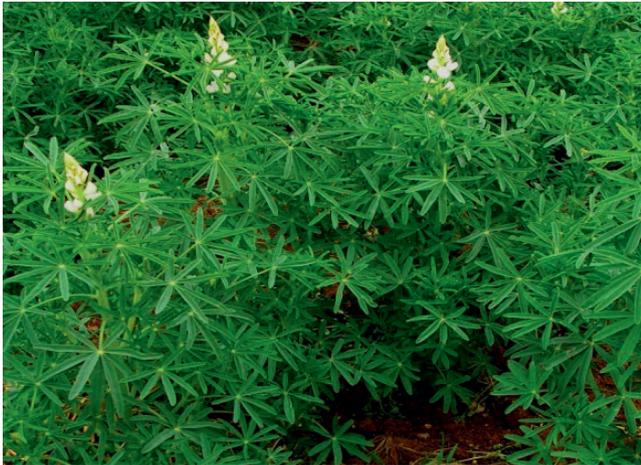


Figura 1
Lupino, varietà "Polo"

Attualmente, sono in corso di prova al Registro Varietale Nazionale Vegetale due nuove varietà di lupino bianco dolce, denominate CD1 e CD2, che possono essere impiegate per l'alimentazione umana, per la produzione di mangimi e foraggio (Figura 2).



Figura 2
Lupino, varietà "CD1"

Nel 2014 è stato depositato il brevetto nazionale ed europeo di una varietà di triticale invernale, denominato "Quirinale", con una resa in granella superiore del 10% rispetto alle varietà in commercio, con buona resistenza al freddo e alle principali malattie, da utilizzare come granella ed insilato (Figura 3).



Figura 3
Triticale, varietà "Quirinale"

Un'altra varietà di triticale invernale denominata Cupolone, ad elevata produttività, è in corso di prova al Registro Varietale Nazionale Vegetale.

Sono inoltre in fase di moltiplicazione nuove linee di fava prive di fattori antinutrizionali, che costituiranno nuove varietà (Figura 4).



Figura 4
Linea di fava in selezione

Tali nuove varietà possono rappresentare nell'alimentazione umana fonti alternative di proteine vegetali di alta qualità e lipidi in grado di sostituire parti di grassi e proteine animali. In particolare, il lupino, coltura ad alto contenuto proteico, potrebbe sostituire con successo la soia che viene utilizzata nella mangimistica e in vari prodotti dell'industria alimentare, riducendo sensibilmente l'importazione delle sue sementi. Si fa presente che la coltivazione della soia richiede interventi irrigui a differenza del lupino, che è una coltura a semina autunno-vernina.

Per approfondimenti: catia.stamigna@enea.it

Catia Stamigna, Emiliano Chiaretti, Domenico Chiaretti
ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria

“Fast and Fluo”: la nuova tecnica FISHIS consente di catturare i cromosomi e apre nuovi orizzonti alla genomica

D. Giorgi, A. Farina, V. Grosso, S. Lucretti

L'innovazione genomica e la tradizione citogenetica

Le tecnologie “omiche” più produttive e ad alto impatto sono basate sul concetto di analisi parallela ad alta velocità di elementi biologici. Il sequenziamento parallelo, o *Next Generation Sequencing* (NGS), è la metodologia che attualmente sta portando le scienze della vita verso la decifrazione del codice genetico di molteplici e diversi organismi. Anche in questo caso, grazie a strumenti bioinformatici che applicano un sistema di calcolo “parallelo”, l'enorme quantità di dati generati dal NGS, difficili da interpretare e da rendere significativi, sta trovando un ordine e, finalmente, una spiegazione circa la loro funzione biologica. La comprensione del meccanismo della vita sta fornendo gli strumenti per migliorarne le condizioni e riparare eventuali “malfunzionamenti”, o malattie, che possano presentarsi nel suo naturale svolgimento.

L'unità base funzionale di un organismo è la cellula, e la sua funzionalità e “salute” sono in larga parte governate dall'organizzazione del suo DNA, contenuto nel nucleo e organizzato in unità di replicazione autonome, denominate cromosomi.

Dagli studi emerge come la presenza di specifiche sequenze di DNA, e la loro organizzazione in gruppi di ripetizioni variabili e differentemente collocate nel genoma dell'individuo, sia sempre più spesso individuata quale fonte di regolazione, ed alterazione, del funzionamento del patrimonio genetico di una specie (CNV: *Copy Number Variation*).

Sino ad oggi, l'analisi della struttura dei cromosomi di una cellula è stata effettuata su base qualitativa, ossia osservando al microscopio la presenza di specifiche sequenze di DNA tramite l'abbinamento, o ibridazione, di “pezzi” di DNA coniugati con molecole evidenziatrici, o “reporter”, generalmente di tipo fluorescente ed in grado di emettere una luce di fluorescenza specifica quando il fluorocromo viene eccitato da una determinata lunghezza d'onda (Figura 1).

L'osservazione microscopica consente di valutare qualitativamente la presenza, o meno, di un pezzo di DNA: in citogenetica molecolare le “bande” di colore diverso indicano la localizzazione di specifiche sequenze di

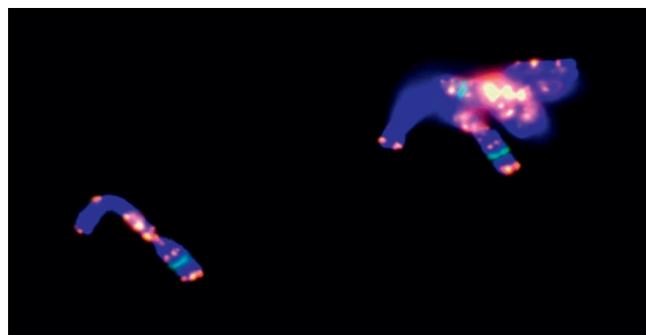


Figura 1
Immagine di cromosomi di grano (*T. durum* cv Cresco) colorati con metodica FISHIS e ibridazione con sequenze di DNA per le ripetizioni GAA (rosso) e rDNA (verde). La specifica marcatura fluorescente consente di identificare i singoli cromosomi e gli “spostamenti”, o traslocazioni, di porzioni dei cromosomi stessi, spesso correlati ad alterazioni visibili dell'organismo

DNA, e l'eventuale loro diversa collocazione tra cromosomi di individui diversi. Non si possono ottenere informazioni quantitative specifiche da queste osservazioni perché il materiale genetico non è manipolabile per analisi e clonaggi, ossia il DNA di interesse non è isolabile per esperimenti di biologia molecolare.

Innovazione e tradizione coniugate in un approccio originale: la citogenetica molecolare a flusso

I nuclei ed i cromosomi provenienti dalle molteplici forme cellulari, che siano linfociti del flusso sanguigno, cellule epiteliali, cellule tumorali in fase di proliferazione, o cellule staminali dalle potenzialità rigeneratrici, possono essere caratterizzati con la rapidità e la precisione necessarie a trattare grandi popolazioni dove gli eventi patologici, o di interesse, possono essere molto rari, con la sola tecnica della citofluorimetria a flusso (CFM) e *flow sorting*.

Con la CFM, gli elementi cellulari, sia animali che vegetali, sono analizzati e separati con alta resa e precisione secondo le loro diverse caratteristiche morfologiche e biochimiche, senza contaminazioni esterne che ne blocchino la crescita o le inquinino limitandone l'impiego. Con il *flow sorting* si possono isolare singoli elemen-

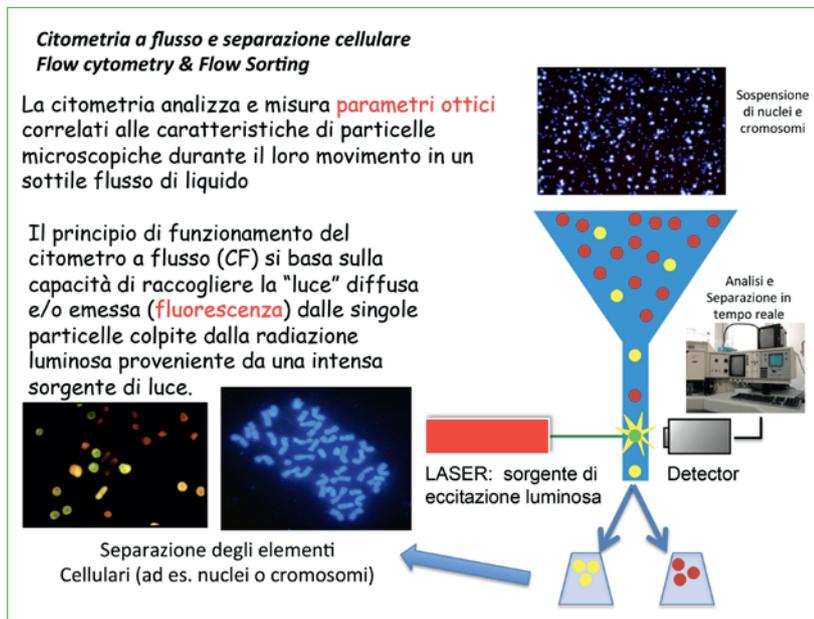


Figura 2

Come funziona un citometro a flusso: la sospensione di cromosomi e nuclei marcata con colorante specifico per il DNA viene analizzata da un citofluorimetro che cataloga in tempo reale le intensità di fluorescenza emesse dalle singole particelle. La quantità di fluorescenza viene utilizzata dallo strumento per frazionare la sospensione in provette singole contenenti le particelle di interesse. In circa un'ora di flow sorting si possono ottenere da 10 ng a 1 µg di DNA puro, a seconda del campione in esame

ti e rare sotto-popolazioni per successive manipolazioni e studi (Figura 2).

Sino ad oggi, le grandi capacità analitiche della caratterizzazione molecolare, o citogenetica molecolare, non hanno trovato efficace applicazione per l'isolamento e la manipolazione di quegli elementi cellulari, come nuclei e cromosomi, così ben rivelati sul vetrino al microscopio, ma indisponibili per l'analisi citofluorimetrica, la separazione via *flow sorting* e l'analisi molecolare-genomica.

La citometria a flusso è stata introdotta pionieristicamente in Italia in ENEA, alla fine degli anni settanta, presso il Centro Ricerche della Casaccia, nel Laboratorio Dosimetria e Biofisica del Dipartimento Radiazioni (RAD) dell'allora Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare (CNEN). Successivamente, grazie ad uno specifico investimento in beni strumentali e risorse umane, questa tecnologia è stata adottata anche per lo studio delle cellule vegetali, e le competenze nel tempo sviluppatasi sono oggi presenti nella Divisione Biotecnologie e agroindustria dell'ENEA.

Inizialmente, la citometria a flusso è stata applicata, dal nostro gruppo, alle cellule vegetali, considerate come uno "strumento" biotecnologico molto versatile

perché in possesso della capacità, condivisa nel campo animale solo con le preziose cellule staminali, di crescere indefinitamente e differenziare in un organo o - fatto biologico unico - rigenerare una nuova pianta, identica a quella dalla quale sono state prelevate inizialmente le cellule stesse. Questa capacità, detta totipotenza, rende le cellule vegetali un materiale *biotec* peculiare e dalla grandi potenzialità applicative: una singola cellula con una modificazione del suo corredo genetico può dar luogo ad un individuo completo con le nuove caratteristiche stabilizzate ed espresse. Le potenzialità applicative di una tecnica come la citofluorimetria a flusso e *flow sorting* consentono di identificare e selezionare la rara diversità presente in alcune cellule tra i milioni di elementi cellulari allevati *in vitro*.

Ma la capacità di identificare, tramite la citogenetica molecolare, le alterazioni del patrimonio genetico in

nuclei e cromosomi per analizzarle e studiarle con gli strumenti della genomica rimaneva ancora preclusa. Almeno sino a quando, presso i laboratori della Casaccia, è stata messa a punto per la prima volta una nuova tecnica, denominata *ibridazione in situ fluorescente in sospensione* (FISHIS: *fluorescent in situ hybridization in suspension*), in grado di unificare le migliori capacità della citogenetica molecolare con la separazione cellulare mirata della citometria a flusso e *flow sorting* e dando così origine alla citogenetica molecolare a flusso (<http://www.plosone.org/article/info:doi/10.1371/journal.pone.0057994>).

La nuova tecnica FISHIS consente di marcare il DNA di nuclei e cromosomi in sospensione con sonde molecolari a DNA coniugate con coloranti fluorescenti per identificare immediatamente e con precisione alterazioni del patrimonio genetico, riconosciute tramite citometria a flusso e separate con il *flow sorting* (Figura 3). Si aprono, così, nuove prospettive di sviluppo che consentono di ampliare le conoscenze applicative in tutti i campi della genomica e diagnostica molecolare, grazie alla possibilità di rilevare la presenza di geni e sequenze di DNA di interesse, di identificare cromosomi e sotto-genomi in specie complesse (ad es. il grano tenero, la segale, il cotone), di diagnosticare la presenza/

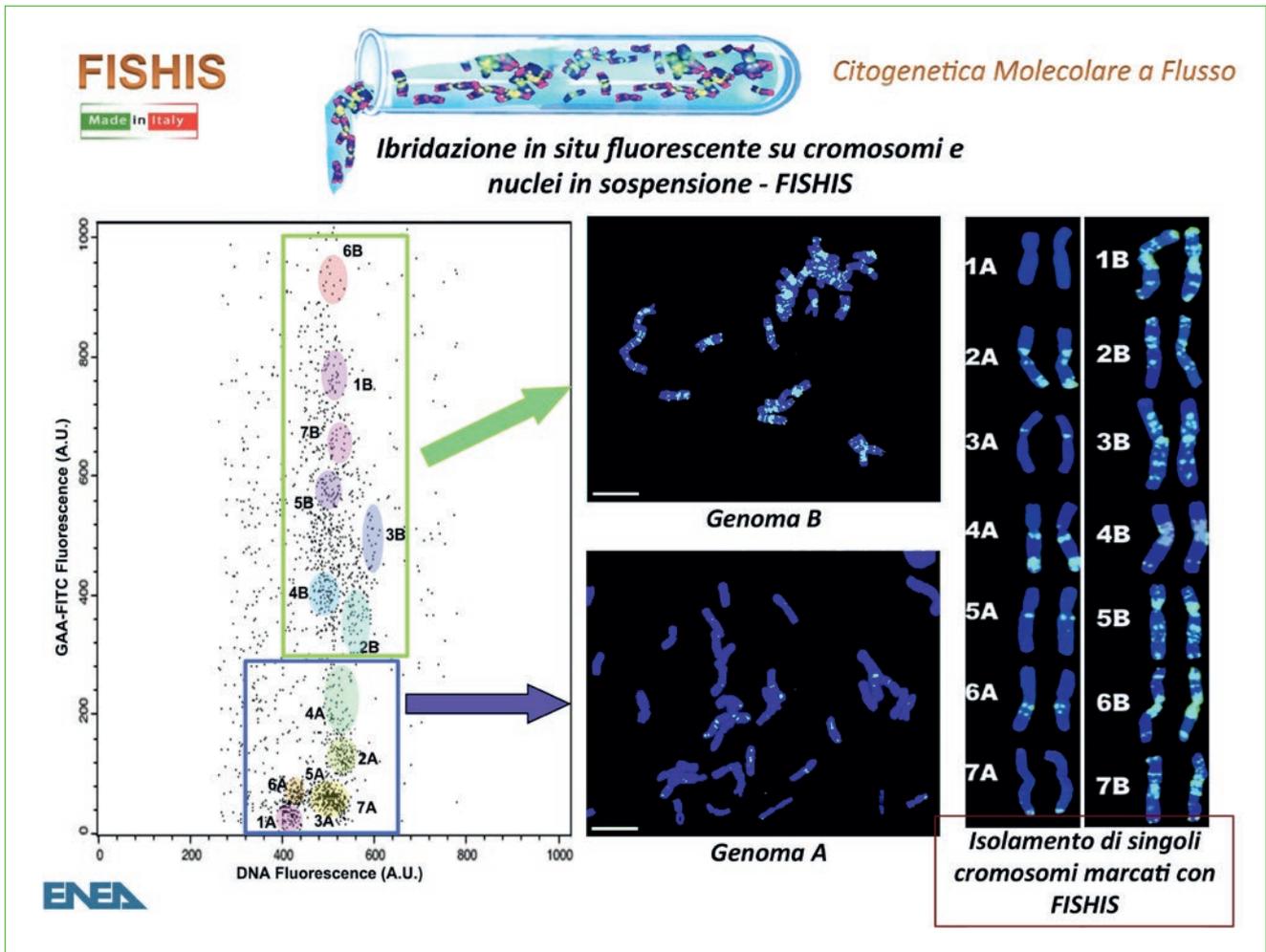


Figura 3

La sospensione cromosomica ottenuta da cellule della radice di grano duro dopo sincronizzazione del ciclo cellulare e frantumazione dei tessuti viene ibridata con FISHIS con sequenze di DNA fluorescente (GAA+FITC) ed un colorante per il DNA totale. I singoli cromosomi, ciascuno con un pattern di ibridazione specifico, vengono riconosciuti dal citometro e separati nei due sotto-genomi che hanno originato la specie grano duro (genoma A e B) e nei singoli tipi cromosomici. Questa possibilità di frazionamento del genoma di grano duro, costituito da 12 miliardi di nucleotidi (12Gb), consente di leggere e comprendere il significato dei dati del sequenziamento, altrimenti non interpretabili nel loro insieme indiviso.

assenza di geni e traslocazioni cromosomiche (causa di malattie genetiche e mutazioni).

Questa scoperta è l'ultima di una serie che ha visto l'ENEA mettere a punto, per prima, i sistemi di isolamento e separazione di cromosomi vegetali, alla base dell'approccio cromosomico scelto dal Consorzio Internazionale per il Sequenziamento del Grano (<http://www.wheatgenome.org/>), il più grande genoma mai affrontato dalla genomica, che è circa sei volte più vasto di quello umano.

L'ENEA può giustamente vantare un polo di eccellenza in Italia per lo sviluppo di sistemi di analisi e separazione cellulare nel campo delle biotecnologie, non presente in alcuna altra Istituzione di ricerca, sia pubblica che privata.

Per approfondimenti: debora.giorgi@enea.it, sergio.lucretti@enea.it

Debora Giorgi, Anna Farina, Valentina Grosso, Sergio Lucretti
ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria



Tecnologie aerospaziali integrate a supporto dell'agricoltura di precisione

F. Borfecchia, L. De Cecco, S. Martini, L. Giordano, C. Trotta, D. Masci, V. Di Gioia, V. Pignatelli, A. Moreno, C. Micheli, S. Mancini, A. Pizzuti, P. Piciuccio, S. Taraglio, V. Nanni, C. Moriconi

Tecnologie innovative aerospaziali e loro utilizzo

L'agricoltura, uno dei settori produttivi più rilevanti a livello planetario, è anche uno dei più vulnerabili ai cambiamenti climatici, specialmente nei Paesi in via di sviluppo, nonostante essa vi contribuisca notevolmente rilasciando in atmosfera enormi quantità di gas serra. Si stima che, attualmente, il suo contributo alle emissioni di gas climalteranti (~15%) sia in aumento e che sia pari a circa la metà di quello attribuito alla produzione energetica, nonché superiore a quello dei trasporti (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC).

Anche se la produttività agricola dipende prevalentemente dal clima, responsabile di periodi di siccità, alluvioni, temperature estreme e variazioni della piovosità, molti altri fattori locali, come la mancanza di sostanze nutritive, di acqua o di altre carenze del suolo, le muffe, gli attacchi di insetti o altri fitofagi, possono avere un forte impatto nel ridurre il raccolto. In questo contesto, tenendo conto che sono aumentate notevolmente anche la sensibilità e l'attenzione dell'opinione pubblica sulla qualità del cibo, sull'utilizzo di composti di sintesi e sulla sostenibilità delle attività umane, al fine di ottimizzare in tali direzioni la gestione degli agro-ecosistemi, da vari anni hanno sempre più preso piede gli approcci fondati sia sulle pratiche biologiche sia sui concetti dell'agricoltura di precisione. Quest'ultima, in particolare, è basata sulla disponibilità di tecnologie di recente evoluzione per una gestione ottimizzata, con un supporto alle decisioni efficaci e "smart", volto alla prevenzione e mitigazione degli effetti negativi sugli agro-ecosistemi legati ai differenti fattori di stress delle colture, in base al monitoraggio puntuale dei diversi parametri biofisici vegetali, nella prospettiva della maggiore sostenibilità economica e ambientale delle attività produttive.

In generale, l'agricoltura industriale attuale mira ad aumentare il raccolto, minimizzando allo stesso tempo i costi e migliorando la qualità dei prodotti, mentre la moderna agricoltura di precisione si basa sulla messa a punto di strategie di gestione specifiche per massimizzare qualità, rendimento e profitto, riducendo gli eventuali impatti ambientali dovuti all'eccessivo uso di

fertilizzanti o di pesticidi. Questo è uno degli obiettivi principali dell'agricoltura di precisione, che consiste in un nuovo concetto di gestione agricola ottimizzata, impostata sull'osservazione efficace per mezzo di tecniche innovative di misurazione estensiva, in grado di stimare la variabilità inter e intra-campo delle specie coltivate, modulando opportunamente gli input in termini di nutrienti, acqua, fertilizzanti e pesticidi, secondo le specifiche esigenze delle colture, variabili sia in funzione dello spazio che del tempo.

Questo approccio innovativo, oltre all'aumento dell'automazione, richiede tecniche di posizionamento e misura efficaci con capacità di mappatura, a livello del singolo appezzamento, di parametri biofisici chiave, rappresentativi dello status della piantagione. A tal fine, si stanno sempre più diffondendo tecnologie di monitoraggio estensivo basate sulla rilevazione remota, tramite la necessaria sensoristica, dell'energia elettromagnetica riflessa nelle sue componenti multi/iperspettrali che, una volta opportunamente elaborate tramite modellistica specifica, consentono di stimare estensivamente le distribuzioni di tali parametri alle scale spazio-temporali d'interesse, superando i limiti dell'utilizzo esclusivo dei rilievi in campo puntuali, dovuti ai costi e alle risorse disponibili.

D'altronde, la vegetazione si caratterizza per la capacità di catturare e trasformare l'energia elettromagnetica solare per mezzo della fotosintesi, sfruttando principalmente le componenti nel rosso, mentre riflette quelle nel verde e soprattutto vicino infrarosso, NIR (Near Infra-Red). Tali lunghezze d'onda riflesse ed emesse nel canale termico TIR (Thermal Infra-Red), in particolare quelle nell'intervallo spettrale tra il rosso e NIR (Red-Edge), contengono informazioni relative al funzionamento e allo stato di salute del sistema vegetale, essenziali per soddisfare varie esigenze di monitoraggio, finalizzato ad un'efficace ed estensiva diagnostica remota degli stress della vegetazione.

In questo contesto, grazie anche allo sviluppo di sensori e piattaforme satellitari ed aeree dedicate, a partire dal secolo scorso, si è fatto sempre più ricorso integra-

to a queste tecniche osservative di “telerilevamento” o EO (Earth Observation), in grado di fornire informazioni coerenti, riproducibili ed economicamente efficaci sulla copertura vegetativa e sulla sua evoluzione temporale alle diverse scale d’interesse, da quelle del singolo appezzamento a quelle globali dell’intero pianeta. Le applicazioni innovative, basate sulle informazioni acquisite dai sensori satellitari, stanno diventando sempre più indispensabili, non solo per il progresso scientifico (si pensi all’esplorazione planetaria e alla modellistica atmosferica), per la sicurezza (ad esempio: telecomunicazioni, previsioni meteo, supporto nelle emergenze, inquinamento ambientale) e per la gestione sostenibile del pianeta (bilancio idrologico, cambiamenti climatici, ciclo del carbonio), ma anche per il supporto alle politiche locali e alla vita quotidiana dei cittadini (GPS e telefonia, agricoltura e gestione del territorio, trasporti ecc.). Attualmente, molte agenzie spaziali governative mondiali, anche di paesi emergenti quali Cina, India, Brasile, sono impegnate in programmi importanti, liberalizzando l’accesso alle informazioni acquisite alle varie scale, alla base per lo sviluppo di servizi e prodotti innovativi, con ricadute significative per l’economia. In questa prospettiva, si collocano anche i programmi di punta europei di EO e monitoraggio globale quali Galileo (nuovo sistema GPS) e Copernicus, portati avanti dall’ESA (European Space Agency). Nell’ambito di quest’ultimo, nei prossimi mesi del 2015, è prevista la messa in orbita del primo satellite del sistema Sentinel2, con sensori ottici in grado di assicurare un monitoraggio efficace della vegetazione e degli agro-ecosistemi, con caratteristiche spettrali (inclusenti bande di acquisizione nel Red-Edge) e spaziali, adeguate alle applicazioni nel settore agricolo per le specifiche esigenze sopra citate.

Attraverso l’utilizzo di nuovi materiali e di soluzioni aeronautiche e di navigazione (GPS) avanzate, anche il settore degli APR (Aeromobile a Pilotaggio Remoto) sta evidenziando una crescita d’interesse notevole, con lo sviluppo di applicazioni in diversi settori, tanto da richiedere una nuova regolamentazione specifica da parte dell’Ente Nazionale per l’Aviazione Civile, preposto a livello nazionale. Attualmente, si assiste alla rilevante diffusione di queste applicazioni avanzate di telerilevamento anche a supporto dell’agricoltura di precisione. Esse sono basate, oltre che su satelliti, pure su piattaforme innovative che vanno da ultraleggeri, in grado di decollare ed atterrare da aviopiste, a droni UAV (Unmanned Aerial Vehicle)/APR, che possono essere telecomandati a distanza mantenendo vari livelli di autonomia relativi al posizionamento, tramite tecnologia GPS, e gestione della missione.

Oltre alle tecniche di rilevamento e posizionamento aerospaziali (GPS, GNSS ecc.), in questo contesto giocano un ruolo determinante i più recenti metodi integrati di elaborazione della grande massa di dati geo-spaziali prodotti, basati sulla Geomatica e sul GIS (Geographic Information System). Grazie quindi all’evoluzione delle tecnologie aerospaziali e della sensoristica, attualmente tali pratiche colturali avanzate possono giovare di rilievi d’interesse agronomico effettuati da diverse piattaforme e con differenti modalità, che vanno dall’utilizzo di apparati portatili per misure locali sul campo, a riprese da varie piattaforme aeree o satellitari da utilizzare eventualmente in modo integrato per l’ottimizzazione della copertura.

I dati a livello di bacino, rilevati continuamente dai sensori di ultima generazione delle piattaforme satellitari, in grado di captare le sottili variazioni spettrali dovute alle alterazioni nel metabolismo della pianta, causate da patogeni, carenze nutritive o idriche, sono integrati da quelli acquisiti localmente tramite APR appositamente attrezzati, al fine di stimare mappe di fabbisogno di fitofarmaci, acqua e fertilizzanti da sfruttare tramite macchine agricole innovative per trattare il singolo appezzamento.

La calibrazione dei rilievi estensivi effettuati tramite queste tecniche aerospaziali si basa su modellistica integrata da rilievi a terra puntuali georiferiti di parametri radiometrici e fenologici (Figura 2), con campionamenti da sottoporre a varie analisi di laboratorio (quali fluorescenza, spettroscopia Raman, genetica), finalizzate a rilevare eventuali indicatori di stress di diversa origine (come carenza di acqua o di nutrienti, patologie) attraverso indagini su parametri (ad esempio: peso secco, azoto), su composti (clorofilla, pigmenti ecc.) o su variabili genetiche (Figura 1).

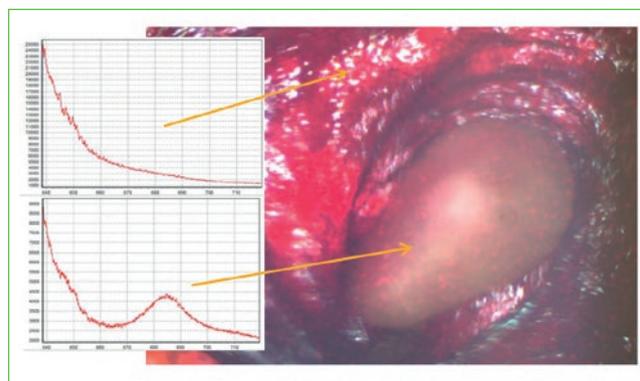


Figura 1
Rilevazione del contenuto di clorofilla (Chl) nell’achenio di fragole affette da attacco di muffe (*Penicillium*) tramite tecniche di fluorescenza attiva (Horiba LIF)



Figura 5
Utilizzo di UAV ad ala rotante ed alimentazione elettrica per il monitoraggio dei beni culturali e l'ispezione di edifici e infrastrutture danneggiate da eventi sismici e catastrofici

fronte adeguatamente ad eventi improbabili e a situazioni potenzialmente dannose.

In tale contesto, il Laboratorio di Robotica del Dipartimento Tecnologie Energetiche dell'ENEA, nell'ambito di una serie di progetti europei e regionali (MACRO, EUROSTARS ARCA, SARA), in collaborazione con partner industriali, quali Deep Blue Srl e SpaceTech GmbH, ha realizzato un sistema (hardware e software) prototipale, alloggiabile a bordo di un UAV, in grado di far fronte, in modo semiautomatico, a possibili eventi di



Figura 6
Simulazione di quattro UAV in rotte di collisione controllate e risolte dall'algoritmo del sistema

collisione tra aeromobili, anche in caso di configurazione complessa dovuta alla presenza di più velivoli (Figura 6).

Il sistema, sulla base di un protocollo aeronautico di interscambio di informazioni, provvede a segnalare automaticamente al pilota a terra la manovra evasiva che permetta allo UAV di non avvicinarsi mai ad altro aeromobile entro un dato raggio di sicurezza (per i velivoli commerciali 5 miglia nautiche, circa 8 km), prescritto dalle regole del controllo del traffico aereo. Nel caso di un velivolo completamente autonomo, la manovra evasiva elaborata in tempo reale viene direttamente inviata all'autopilota, garantendo così la sicurezza del volo.

In uno scenario dove l'agricoltura gioca un ruolo sempre più determinante e strategico, la diffusione, in tale settore, di queste tecnologie aerospaziali e robotiche avanzate, sempre più accessibili, risponde alle esigenze di basare le decisioni su informazioni integrate, non solo per aumentare la produzione, ma anche per assicurare cibo di qualità alla popolazione mondiale, minimizzando gli impatti ambientali e sul clima, e valorizzando la biodiversità. In tale contesto, le applicazioni basate su queste tecnologie si stanno rivelando sempre più indispensabili per far fronte alle sfide di aumento della produttività in agricoltura richiesto dal mercato globale, in una prospettiva di sostenibilità ambientale incentrata anche sulla diffusione dell'economia verde e circolare, a cui si riferiscono alcune delle applicazioni sperimentali e sugli APR condotte in ENEA. Tali concetti sono alla base dell'eco-innovazione, praticabile in accordo con la conservazione e tutela delle risorse naturali, e tenendo conto dei cambiamenti ambientali e climatici in una visione multiscala, integrata, sistemica ed olistica degli agro-ecosistemi, tramite i quali provvedere adeguatamente alla nutrizione della crescente popolazione mondiale, che si stima raggiungerà circa 9 miliardi nel 2050.

Per approfondimenti: flavio.borfecchia@enea.it

Flavio Borfecchia, Luigi De Cecco, Sandro Martini
ENEA, Divisione Protezione e valorizzazione del territorio e del capitale naturale

Ludovica Giordano, Claudio Moriconi, Vincenzo Nanni, Sergio Taraglio, Claudia Trotta
ENEA, Divisione Smart Energy

Valter Di Gioia, Vito Pignatelli, Carla Micheli,
ENEA, Divisione Bioenergia, bioraffineria e chimica verde

Domenica Masci, Sergio Mancini
ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria

Angelo Moreno
ENEA, Dipartimento Tecnologie Energetiche

Alessandro Pizzuti, Piero Piciuccio
ITEMASas - Ingegneria termo-elettromeccanica avanzata



ENEA per **EXPO**
2015 ■■■



RENDERE L'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

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

Colture agricole fuori suolo

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

Un microcosmo per l'allevamento di piante in condizioni controllate

Estrazione sostenibile di biomolecole per usi alimentari, cosmetici e farmaceutici

Tecniche agronomiche innovative per ridurre gli input chimici ed energetici

Tecnologie di filtrazione a membrana e applicazioni per l'agroindustria

Controllo biologico delle specie aliene e invasive in agricoltura

Valorizzazione del "neem cake"

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

DOI 10.12910/EAI2015-026

B. Basso

Introduzione

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

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

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

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

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

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

Le tecnologie allo studio e le applicazioni

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

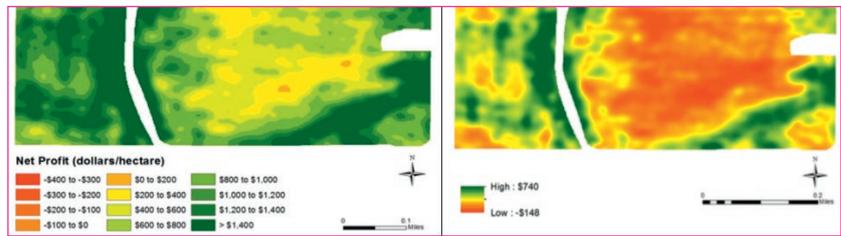


Figura 1
 Mappa del profitto con applicazione di azoto uniforme (a);
 mappa del profitto con applicazione di azoto in quantità variabile (b)

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

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

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

Benefici ambientali ed economici dell'agricoltura di precisione

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

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

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

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

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

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

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

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

questioni ambientali, nel migliorare le qualità e sicurezza degli alimenti e nel garantire la tracciabilità.

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

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

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

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

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

Maria Rita Rapagnani, Massimo Cristofaro, Agostino Letardi
ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria



Agricoltura 3.0: colture fuori suolo

L. Nardi, E. Benvenuto

In un quadro demografico mondiale, in rapida espansione, che stima (proiezioni ONU World Population Prospects: The 2010 Revision) il superamento della soglia di 9 miliardi di individui verso la metà del secolo attuale ed una superficie coltivata potenziale totale di circa 41,4 milioni di km² (FAO) che non può aumentare a causa di fattori antropici e climatici avversi (desertificazione, deforestazione, irrigazione, terrazzamenti, discariche, espansione urbana), la produzione alimentare deve diversificare ed ottimizzare le rese per ettaro. Il principio di produrre di più e con meno risorse diventa perciò imperativo per poter coltivare in tutte le condizioni, al fine di rendere coltivabili superfici non più tali, mantenendo però fisso il principio ispiratore della sostenibilità. Sostenibilità declinata a tutto tondo, tenendo presente allo stesso modo tutte le possibili applicazioni da quella ambientale, a quella energetica a quella economica e sociale.

In questo contesto, si inseriscono alcune ricerche nel campo della coltivazione fuori-suolo (idro-aeroponica). Tale tecnologia si avvale di tecniche di agronomia avanzata, basata su impianti "ad hoc" modulari per l'allevamento di piante ad elevata densità/m² e ridotto utilizzo di fertilizzanti e acqua e assenza di trattamenti con fitofarmaci. Il luogo più estremo dove pensare di poter coltivare è certamente la Stazione Spaziale Internazionale ISS, un laboratorio multidisciplinare in cui la ricerca è attiva anche per individuare le condizioni ideali per poter realizzare il riciclo di risorse vitali (tecnologie bio-rigenerative).

Nell'ambito del progetto BIOXTREME finanziato dall'Agenzia Spaziale Italiana, il Laboratorio Biotecnologie della Divisione Biotecnologie e agroindustria sta esplorando e sfruttando il potenziale delle piante non solo come fonte di integratori alimentari antiossidanti, ma anche come sorgente di sostanze antimicrobiche e immunostimolanti. Piante "tuttofare" dunque, che, oltre ad entrare nel ciclo "bio-rigenerativo" garantendo rigenerazione di risorse vitali come acqua e ossigeno e l'utilizzo di anidride carbonica, rappresentano anche una preziosa sorgente di molecole ad alto valore aggiunto, inserendosi nella logica e nei principi della sostenibilità degli habitat tipici delle stazioni orbitanti. La ricerca ha come finalità quella di proporre sorgenti di illumina-



Serra sperimentale a contenimento, integrata da un impianto di raffrescamento solare, presso il Centro Ricerche Casaccia dell'ENEA

nazione alternative alla luce solare per la coltivazione (illuminazione LED), l'utilizzo di sistemi efficienti di trattamento aria e la messa a punto di substrati e metodi di coltura innovativi per favorire l'aumento quanti-qualitativo delle rese produttive primarie con una "agricoltura di precisione" ispirata alle condizioni di coltura che si realizzano in un ambiente come la stazione spaziale ISS, abbattendo così da un lato il consumo idrico (colture idroponiche a ciclo chiuso) e chimico (fertilizzazione di precisione) e annullando l'utilizzo di fitofarmaci per una alimentazione sana e naturale.

È proprio dallo studio in queste condizioni "limite" che scaturiranno idee e prototipi per produrre il cibo del futuro pensando di imporre condizioni nuove alle coltivazioni. Si tratta in sostanza di una rivoluzione culturale combattuta con le armi di un'innovazione, che dovrà essere guidata dalla responsabilità e dalla consapevolezza che gli "Overshoot Days", vale a dire le giornate dello sovrasfruttamento, cioè il giorno dell'anno in cui si inizia ad intaccare il capitale naturale, hanno cadenze sempre più spostate in anticipo rispetto alla fine di ogni anno.

Per approfondimenti: luca.nardi@enea.it

Luca Nardi, Eugenio Benvenuto
ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria

La Vertical Farm realizzata per EXPO 2015



Particolare della Vertical Farm, serra multistrato chiusa e automatizzata esposta a EXPO 2015

Una fattoria verde che si sviluppa in verticale, simbolo dell'agricoltura green a impatto zero. Tutto questo è la 'Vertical Farm' realizzata da ENEA, con il contributo di un pool di aziende specializzate del settore, per EXPO 2015, all'interno del Future food district, di fronte al 'Supermercato del Futuro' della Coop.

In Italia ad oggi non esistono ancora delle serre verticali; ne esistono solo alcune nel mondo. Il prototipo in scala dell'ENEA (3 m x 3 m x 4,5 m di altezza) è il primo esempio italiano, perfettamente replicabile a livello industriale.

La Vertical Farm è una serra multistrato chiusa con colture in orizzontale su piani sovrapposti. Oltre a richiedere meno spazio rispetto a una coltivazione tradizionale, le coltivazioni all'interno della Vertical Farm non hanno bisogno di terra, ma solo di acqua e di elementi nutritivi: è il cosiddetto sistema idroponico, che consente a qualsiasi tipo di pianta di crescere in substrati alternativi alla terra – come ad esempio la torba pressata, l'argilla espansa o la lana di roccia – immersi in acqua con soluzioni nutritive a riciclo continuo.

Nella Vertical Farm ENEA la crescita delle piante è assicurata da un'illuminazione artificiale, con lampade a Led ad altissima efficienza e a basso consumo. Vengono utilizzati i led perché forniscono luce fredda nelle colorazioni più idonee, tipicamente blu e rosso, perfetta a riprodurre le condizioni che favoriscono la fotosintesi clorofilliana, essenziale per la crescita delle piante. I led sono in funzione durante tutta la giornata e vengono spenti di notte. La CO₂ prodotta viene completamente riciclata e riassorbita dalle piante durante la fase notturna quando non ci sono le luci dei led accese.

Coltivare con un sistema idroponico consente di ottimizzare anche gli usi dell'acqua. Il sistema necessita di circa 2 l di acqua ogni kg di lattuga contro i 45 kg di coltivazione tradizionale. Per quanto riguarda l'irrigazione, nella Vertical Farm ENEA durante il giorno c'è un ciclo di irrigazione ogni ora mentre di notte le pompe entrano in funzione solo una volta. Una pompa programmata entra in funzione periodicamente ogni ora e, attraverso un ciclo detto a flusso e riflusso, consente l'erogazione dell'acqua per l'allagamento dei bancali e permette alle piante di assorbire l'acqua necessaria per la crescita delle piante. Per alcuni secondi ogni ora, quindi, le radici assorbono l'acqua necessaria, dopodiché l'acqua per gravità viene ricondotta nelle vasche sottostanti. Un fertirrigatore computerizzato, ovvero un'unità di miscelazione, controlla periodicamente il PH e la salinità della soluzione, integra nell'acqua la quantità di sostanze da erogare e le distribuisce attraverso l'irrigazione.

Coltivare su più piani sovrapposti consente di avere una coltivazione di 3-4 volte superiore a quella di una coltura in serra tradizionale e di 7-8 volte in più rispetto ad una coltura in campo aperto. Ogni ciclo di crescita è di 3 settimane, per un totale di 14 cicli l'anno di produzioni. La Vertical Farm ENEA è composta da 12 piani di coltivazioni, ciascuno di 1 metro quadrato per un totale di 12 metri quadrati di superficie coltivata. Le piantine vengono inserite nella torba e completano il loro ciclo di crescita in 3 settimane. Per ogni ciclo si producono 250 piante di lattuga e 250 piante di basilico.

In un sistema chiuso come quello della Vertical Farm, non c'è bisogno di grosse quantità di concimi; rispetto ai sistemi di coltura tradizionali si arriva a risparmiarne il 50%.

Coltivare a ciclo chiuso consente di non sprecare nulla e di non produrre scarti o rifiuti. I prodotti sono privi di sostanze inquinanti, come pesticidi o fitofarmaci.

Il sistema della Vertical Farm è progettato per essere completamente robotizzato, non serve quasi la presenza dell'uomo. Nel caso della Vertical Farm dell'Expo, nel sistema non è previsto il robot, ma è un agronomo ogni 3 settimane ad occuparsi delle produzioni, della raccolta e del ricambio delle piante.

Il clima all'interno della Vertical Farm è completamente controllato. Attraverso un sistema di climatizzazione, temperatura e umidità vengono ottimizzate in funzione delle esigenze delle piante. La temperatura è ottimizzata sia per la crescita del basilico che della lattuga con 17-18 gradi per il giorno, quando avviene la fotosintesi e 10-12 gradi per la notte, quando i led sono spenti. Telecamere collegate al computer controllano tutto il sistema e anche anomalie o blackout. L'ambiente chiuso è completamente sterile, ossia non entrano insetti o parassiti. Le colture dal punto di vista della qualità sono ottime.

Nella Vertical Farm realizzata per l'Expo le pareti sono vetrate, per consentire al pubblico di vedere le coltivazioni, ma nelle strutture industriali le pareti sono opache. Poiché la coltivazione è incentrata sull'utilizzo di luce artificiale, la maggiore problematica presente in questi sistemi è il consumo di energia elettrica. Infatti, anche se i Led hanno consumi ridottissimi, i consumi energetici sono elevati. Biomasse prodotte con il riciclaggio dei rifiuti urbani o energia da fonti rinnovabili sono soluzioni sicuramente praticabili per ridurre i costi. Nel futuro realizzazioni tecnologiche come queste potrebbero essere un contributo alla soluzione dei problemi di scarsità di acqua e suolo. Uno dei maggiori vantaggi di questi sistemi chiusi consiste nel poter produrre in qualunque posto sul nostro pianeta, anche in paesi con caratteristiche climatiche non adatte; inoltre, rendono possibile la coltivazione a km 0, con un abbattimento dei costi di trasporto ed esportazione, che in genere incidono notevolmente sul prodotto finale.

Per approfondimenti: gabriella.funaro@enea.it

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.

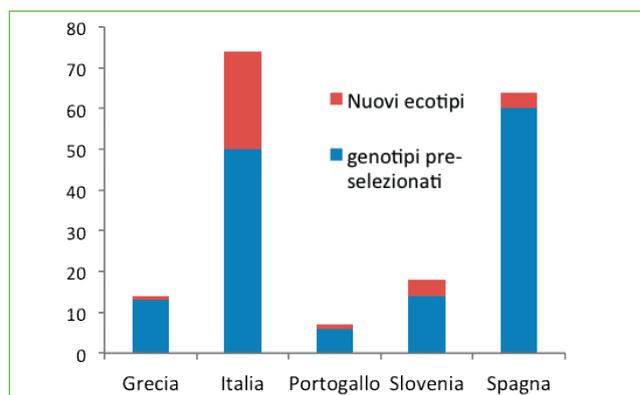


Figura 1
Nuovi 'ecotipi' di nocciolo valutati con marcatori molecolari SSR. Progetto Europeo AGRI GEN RES SAFENUT

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 (α -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.

zione, 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 *Brassica* e, di recente, a specie fitoalimurgiche.

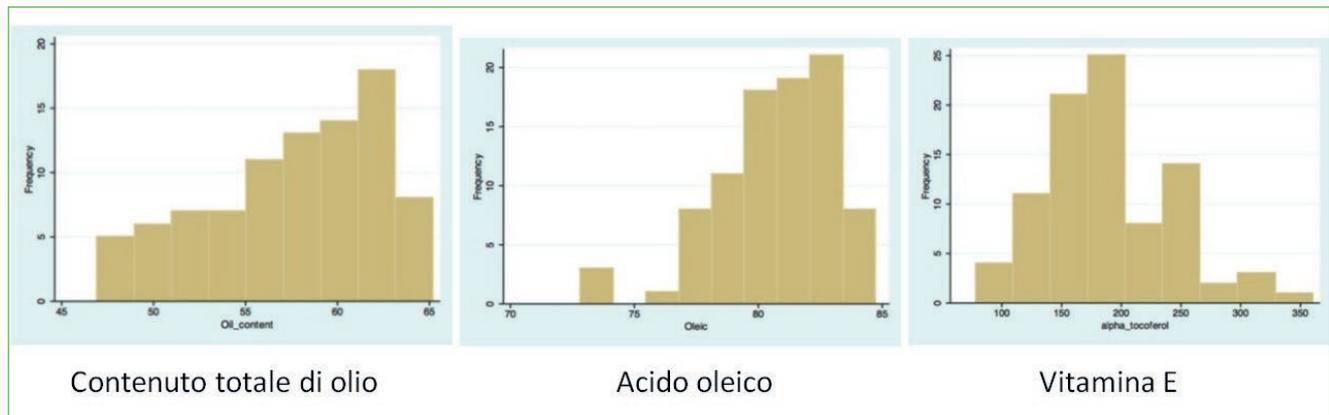


Figura 3
Variabilità del contenuto totale di acidi grassi, acido oleico e vitamina E in 75 varietà europee di nocciolo

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 l'implementazione di attività relative alla conserva-

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

Loretta Bacchetta, Antonella Del Fiore, Barbara Di Giovanni, Chiara Santi, Valentina Tolaini, Carlo Tronci
ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria

Laura Maria Padovani
ENEA, Unità Studi e Strategie

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.

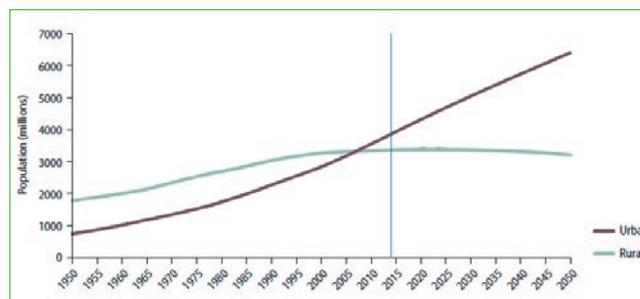


Figura 1

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

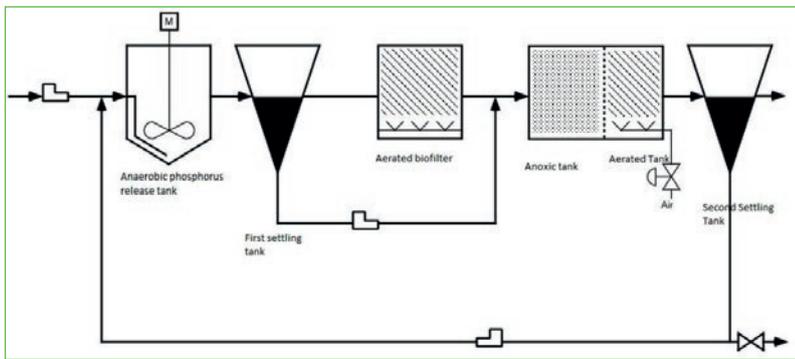


Figura 2

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>

le città 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’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 operative 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 di gestione integrata

delle acque reflue di origine civile in piccoli villaggi rurali



Figura 3

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

Fonte: foto dell’autore

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

Roberto Farina
ENEA, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli, Laboratorio
Tecnologie per la gestione integrata rifiuti, reflui e materie prime/secondo



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 conceria 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 dal Laboratorio tecnologie di materiali Faenza dell'ENEA, si rivolge alle concerie 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 Scrl, 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 concerie 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 concerie, 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.

- 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.

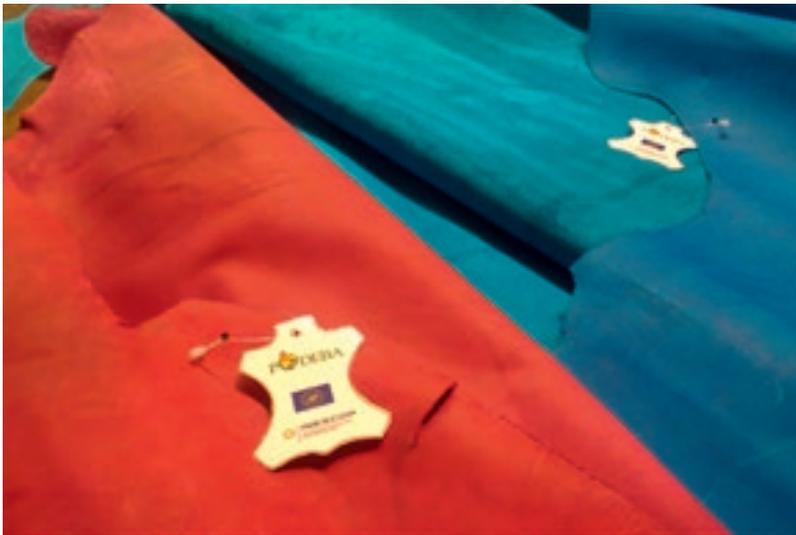


Figura 1
Campioni di pelli prodotte con il metodo PODEBA

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:

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'ecoinnovazione" - 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).

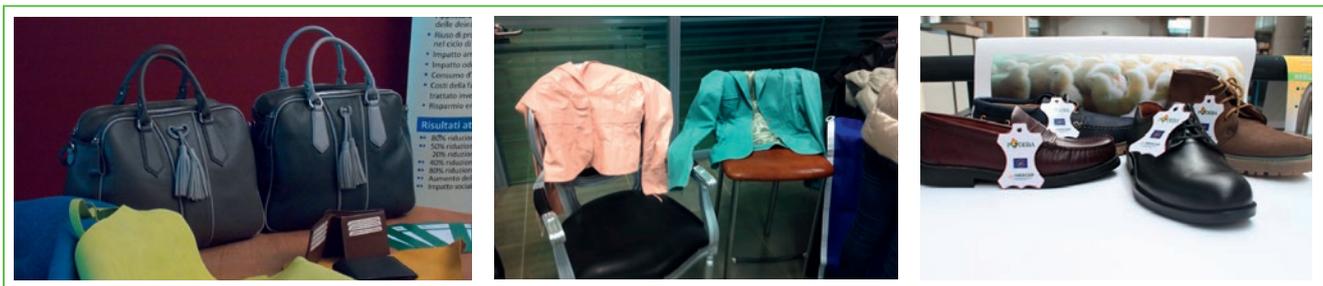


Figure 2-3-4
Articoli in pelle realizzati con il metodo PODEBA



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. Il Laboratorio tecnologie di 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

Alice Dall'Ara, Sergio Sangiorgi
ENEA, Divisione Tecnologie e processi dei materiali per la sostenibilità,
Laboratorio tecnologie di materiali Faenza

Maria Teresa la Peruta
AMEK Scrl

Un microcosmo per l'allevamento di piante in condizioni controllate

L. d'Aquino, M. G. Maglione, B. Lanza, M. Atrigna, G. De Filippo, G. Pandolfi, G. Giannotta, A. Pedicini, S. Aprano, C. Minarini

Una pianta è una fabbrica metabolica che usa acqua, ioni inorganici, anidride carbonica, ossigeno e luce per generare metaboliti. La pianta usa tali molecole per attuare il suo ciclo vitale, mentre gli organismi animali, uomo compreso, necessitano dei metaboliti vegetali per nutrirsi, oltre che per soddisfare numerose altre esigenze (fibre, legno, carburanti, medicinali ecc.). Le funzioni metaboliche vegetali sono pesantemente influenzate a) da fattori che agiscono nell'ambiente aereo (intensità della radiazione luminosa, qualità della radiazione luminosa, fotoperiodo, livello di temperatura, termoperiodo, umidità relativa, vento, livello di anidride carbonica, inquinanti), b) da fattori che agiscono nell'ambiente tellurico (livello di temperatura, termoperiodo, contenuto di acqua, acidità, potenziale ossidoriduttivo, livello di nutrienti, inquinanti), c) da interazioni allelopatiche tra organismi viventi, d) da interazioni non allelopatiche tra piante ed organismi simbiotici, e) da tutte le manipolazioni effettuate dall'uomo nell'ambiente di coltivazione. Si intende per stress di un vegetale una condizione persistente che influenza negativamente il metabolismo vegetale ed è in grado di alterare la crescita e lo sviluppo della pianta. La resa produttiva e la qualità delle produzioni agricole dipendono molto da come l'uomo gestisce lo

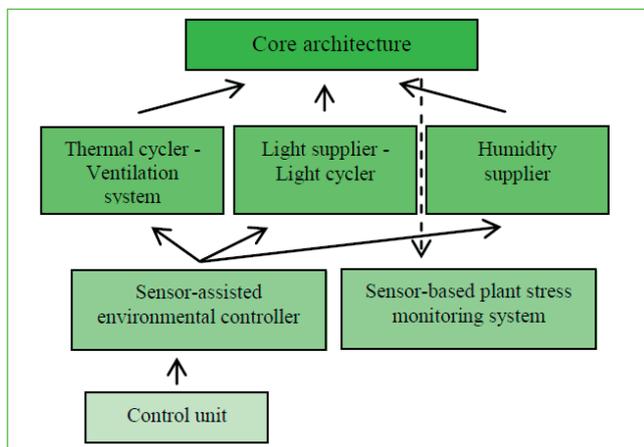


Figura 1
Architettura di sistema del microcosmo



Figura 2
Immagine d'insieme del microcosmo in fase di utilizzo per fini sperimentali

stress delle piante nelle coltivazioni attraverso la gestione di tutte le pratiche colturali. In questo contesto, la difesa pre e post raccolta è un punto nodale della gestione dello stress fitosanitario e la sua efficacia dipende dall'accuratezza del processo diagnostico e dalla conoscenza sia della natura del fattore di stress sia dell'interazione tra esso e la pianta. La diagnosi dello stress vegetale normalmente si effettua con approcci convenzionali basati su a) rilevazioni biometriche e valutazione della prestazione agronomica, b) valutazione di segni e sintomi e c) studio dell'associazione tra ospite e patogeno/parassita. Occasionalmente,

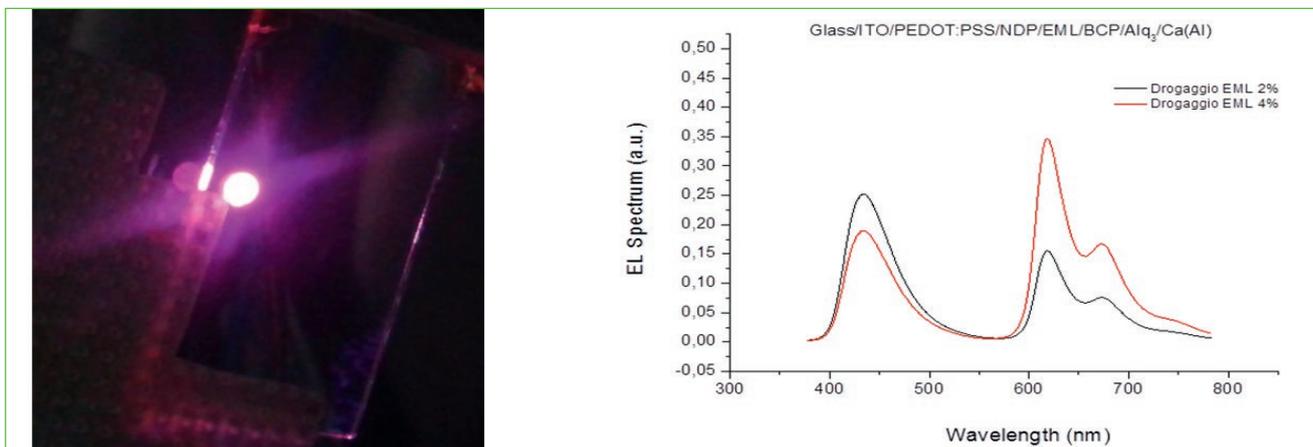


Figura 3
 OLED realizzato in ENEA (a sinistra) e relativo spettro di elettroluminescenza (a destra) per applicazioni in agroecologia (foto: Maglione et al.; dati non pubblicati)

sono stati esplorati approcci diagnostici non convenzionali basati sulla visualizzazione dei tessuti vegetali con tecniche non distruttive, quali ad esempio la termografia, la visualizzazione sotto irraggiamento con raggi X, l'analisi della fluorescenza della clorofilla, la visualizzazione sotto irraggiamento con radiazione nella frequenza dei GHz e THz ecc. ma anche attraverso la determinazione di indicatori metabolici quali i composti organici volatili emessi dalle piante in condizioni di stress.

Allo scopo di migliorare gli studi sugli effetti di condizioni di stress multiple sulla fisiologia vegetale su scala laboratorio, in collaborazione con FOS Srl e Sesmat Srl e nell'ambito del Progetto PON02_00556_3420580 «SMARTAGS - SMART application for organic TAGS» è stato ideato, progettato e realizzato un "microcosmo per l'allevamento di piante sotto condizionamento biotico ed abiotico", da ora in poi indicato come "microcosmo".

L'architettura di sistema del microcosmo è riportata sinteticamente in Figura 1 mentre in Figura 2 è riportata una fotografia d'insieme della struttura operativa.

Il microcosmo consente di effettuare sperimentazioni finalizzate a:

- correlare alterazioni nelle condizioni ambientali con alterazioni metaboliche e fenotipiche, per comprendere gli effetti di modifiche indotte nell'ambiente di crescita sulle funzioni vegetali;
- sviluppare modelli di previsione delle risposte dei vegetali alle modifiche nelle condizioni ambientali;
- validare modelli di previsione delle risposte dei vegetali alle modifiche nelle condizioni ambientali;
- mettere a punto protocolli agronomici di tipo applicativo per indurre risposte utili nel sistema pianta agendo sull'ambiente di crescita.

Il microcosmo è attualmente impiegato per studiare l'emissione di composti organici volatili emessi da piante sottoposte a condizioni di stress e per studiare l'effetto di luce emessa da dispositivi LED (basati su diodi inorganici emettitori di luce) sulle prestazioni agronomiche dei vegetali. L'ulteriore innovazione consisterà nell'utilizzo di sorgenti OLED (contenenti sorgenti luminose organiche) (Figura 3). Ciò consentirà di abbattere i costi, di ottenere un risparmio energetico derivante dall'alimentazione a bassa tensione e dall'elevata efficienza luminosa di queste sorgenti e di ottenere una notevole flessibilità in termini di applicazioni delle sorgenti organiche stesse. La tecnologia OLED consente, infatti, di realizzare lastre luminose che emettono luce propria con adattabilità e qualità ecologiche uniche, in quanto gli OLED producono luce propria e non hanno bisogno di retroilluminazione, dal momento che sono gli stessi materiali di cui sono composti a luminescere. Ciò consente di creare lampade luminose estremamente sottili (dell'ordine dei micrometri) ed adattabili a qualsiasi superficie flessibile (plastica, tessuti ecc.) e su grandi aree.

La possibilità di selezionare lunghezze d'onda specifiche ci si aspetta che possa avere riflessi positivi sulla crescita delle piante e sul metabolismo secondario.

Per approfondimenti: luigi.daquino@enea.it

Luigi d'Aquino, Maria Grazia Maglione, Carla Minarini, Giuseppe Pandolfi
 ENEA, Divisione Tecnologie e processi dei materiali per la sostenibilità

Bruno Lanza
 ENEA, Divisione Protezione e valorizzazione del territorio e del capitale naturale

Mauro Atrigna, Giovanni De Filippo
 ENEA, Divisione Fotovoltaico e smart network

Giovanni Giannotta
 FOS Srl, Milano

Antonio Pedicini, Salvatore Aprano
 SESMAT Srl, San Giorgio del Sannio (Benevento)



Estrazione sostenibile di biomolecole per usi alimentari, cosmetici e farmaceutici: l'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 (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 α -tocoferolo a partire da *vinaccioli* essiccati, scarto dell'industria vinicola (Figura 2). L' α -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-CO₂ 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 α -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 α -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 (α -, β -, γ -, δ -tocoferolo e plastochromanolo-8 (P-8), un derivato di γ -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'*Haemato-*



Figura 6
Bucce e semi di pomodoro

coccus pluvialis 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, β -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-CO₂.

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

Gian Paolo Leone, Donatella Ferri
ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria

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 i laboratori della Divisione Biotecnologie e agroindustria dell'ENEA hanno 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. Svitati aspetti di tale applicazione tecnologica sono stati messi a punto negli ultimi anni

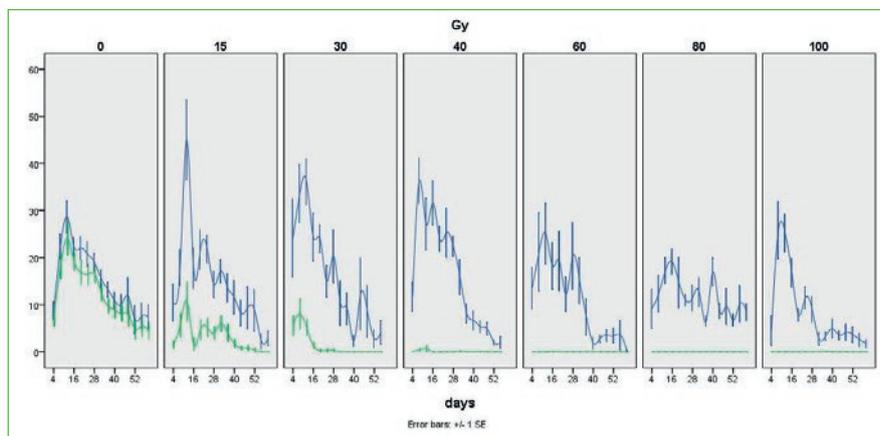


Figura 1
Risultati dei test di sterilità femminile dopo l'accoppiamento con maschi di ceppo selvatico e maschi irradiati con diverse dosi di raggi γ
N.B.: le linee blu rappresentano il numero di uova (fecondità), quelle verdi il numero di uova che si schiudono (fertilità)



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

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
ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria

Agostino Letardi
ENEA, Divisione Protezione e valorizzazione del territorio e del capitale naturale

Tecnologie di filtrazione tangenziale a membrana e applicazioni per l'industria agroalimentare

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 particolato, molecole grasse, batteri con dimensioni dell'ordine del micron; l'UF trattiene macromolecole come proteine, colloidali 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 agroalimentare.

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.

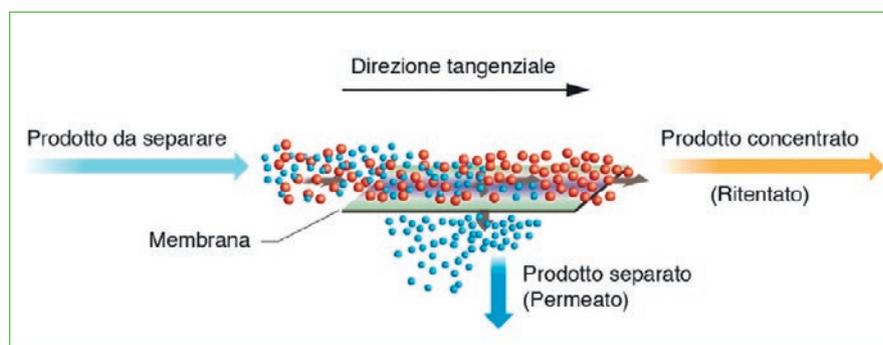


Figura 1
Schema generale del meccanismo separativo nei processi a membrana

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 della Divisione Biotecnologie e agroindustria - Laboratorio Bioprodotto e bioprocessi 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) necessaria 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 della Divisione Biotecnologie e agroindustria, sono stati studiati e messi a punto diversi processi di filtrazione a membrana nel settore agroalimentare.

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 O₂) 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 O₂, 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, oleoeuropeina, 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, Claudio Russo
ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria



Controllo biologico delle specie aliene ed invasive in agricoltura

M. 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 agroalimentare, 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 agroalimentari, 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'Agazia 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 simbiote *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 pro-

genie 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 spumarius*, potenziale vettore di *Xylella fastidiosa*.

Per approfondimenti: maurizio.calvitti@enea.it

Maurizio Calvitti, Riccardo Moretti, Elena Lampazzi
ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria





Agricoltura sostenibile: valorizzazione del “neem cake”

S. Mariani

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

I laboratori dell'ENEA hanno 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 *fingerprint* di riferimento del fitoestratto ad attività fortemente insetticida, carat-

terizzato chimicamente mediante la tecnica della HPTLC, verificandone l'attività su larve di *Aedes albopictus*;

b) terreni acquitrinosi presenti negli allevamenti ovini, 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/-/bsd/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

Susanna Mariani

ENEA, Divisione Tecnologie e metodologie per la salvaguardia della salute

Progetto NeemAgrimed

https://www.feedingknowledge.net/02-search/-/bsd/9737/it_IT

EXPO 2015 – Feeding Knowledge
SPECIAL AWARDS FOR ORGANIC BEST PRACTICES





ENEA per **EXPO**
2015



ADOTTARE MODELLI DI CONSUMO SOSTENIBILI E RIDURRE GLI SPRECHI

La sostenibilità delle attività umane, in funzione della società e dell'ambiente, sono una priorità improrogabile per garantire un futuro al pianeta. Un ruolo fondamentale è giocato dall'alimentazione, che ha un impatto considerevole nel salvaguardare la salute e il benessere dell'umanità. Ridurre lo spreco di cibo e adottare abitudini alimentari sane ed equilibrate dal punto di vista della sostenibilità e del consumo di risorse sono quindi le sfide cruciali che ci attendono.



il tema

I modelli alimentari prevalenti

*La Dieta Mediterranea:
modello di consumo sostenibile*

il punto di vista

Intervista a Cosimo Lacirignola

L'Enea per...

Impronta ambientale del cibo

*Alimenti funzionali:
il grano saraceno tartarico*

*Materiali innovativi
per il food packaging*

*Trattamento dei rifiuti organici
con compostatori di comunità*

I modelli alimentari prevalenti, verso una transizione sostenibile

M. Leonardi



Abitudini e modelli alimentari nel mondo

Marvin Harris, un antropologo americano di fama internazionale, ha scritto, a metà degli anni 80, un saggio dall'intrigante titolo *Buono da mangiare - Enigmi del gusto e consuetudini alimentari* [1]. Non si tratta dell'ennesimo libro a metà tra il ricettario e lo sfoggio da gourmet, ma di un fondamentale testo di antropologia dei consumi alimentari. La ricerca affonda le sue radici nella cultura e tradizioni alimentari dei popoli, aiutando il lettore ad interpretare le più affermate abitudini alimentari esistenti nei diversi Paesi e le motivazioni alla base di tali scelte consolidate. Una delle ragioni che l'autore chiama in causa per interpretare ciò che "è buono da mangiare" e le sostanziali differenze tra luoghi e culture del mondo è da ascrivere ai condizionamenti ambientali che esistono, nonché alla densità demografica dei diversi paesi.

Harris analizza anche i rapporti costi/benefici, non solo economici, tra i diversi cibi prodotti e consumati prevalentemente nei diversi contesti. Si spinge anche a teorizzare le motivazioni "pratiche" alla base di certe preferenze/avversioni alimentari indotte da quattro grandi religioni: induismo, buddhismo, ebraismo e islamismo. Il cristianesimo viene analizzato solo in relazione al consumo, avvertito o meno da alcune culture o popolazioni soprattutto dell'emisfero Nord, di carne equina. Per molti tabù alimentari l'autore ricerca le cause nel contesto

dell'intera organizzazione produttiva degli alimenti, così come si è stratificata nel corso dei secoli. Harris analizza anche alcuni approcci molto discutibili degli aiuti alimentari offerti da alcuni Paesi sviluppati ad altri più poveri o in condizioni di emergenze umanitarie.

Molte specie animali e le abitudini alimentari umane nei loro confronti vengono analizzate alla luce della sua teoria antropologica, che pesa, da un lato, il ruolo che quel determinato animale ha svolto in certi contesti culturali e, dall'altro, descrive come esso si collochi all'interno del sistema della produzione di cibo, beni e servizi. Perché non ci si nutra, abitualmente, dei nostri *pet* (quali che siano) e come questi animali abbiano assunto il ruolo di animale da compagnia, piuttosto che quello di "buono da mangiare" è un'altra chiave di lettura dell'analisi condotta. Alla fine del suo lavoro, Harris si sforza di accennare alle possibilità di migliorare le abitudini alimentari di alcune popolazioni o parti di esse (donne nell'età fertile, bambini ecc.). In sostanza l'autore conclude che "l'incapacità di cogliere le cause razionali di abitudini alimentari apparentemente irrazionali può portare all'adozione di rimedi inefficaci se non pericolosi". Di questo assunto si deve tenere conto nel momento in cui la popolazione mondiale aumenta enormemente di numero in tempi brevissimi, rispetto al resto della storia dell'umanità, e le risorse alimentari si avviano ad essere sempre più

soggette a limiti dovuti all'insostenibilità di certi modelli alimentari ampiamente diffusi.

Un altro testo più recente, scritto da un esperto di Scienze farmaceutiche e di storia alimentare, Giancarlo Signore [2], affronta l'evoluzione storica delle abitudini alimentari fino ai giorni nostri. Nel capitolo conclusivo ricorda i due modelli di diete della salute e della longevità più ampiamente diffusi (rispetto ad altri modelli di nicchia come quello caucasico): quello mediterraneo e quello giapponese (di Okinawa in particolare).

Questi due modelli, dal punto di vista strettamente dietetico-nutrizionale, hanno diversi elementi in comune, come la presenza di pesce, legumi, frutta e alimenti ricchi di fibra, nonché una relativa preponderanza di alimenti di origine vegetale.

Evoluzione dei modelli alimentari verso la sostenibilità

Il sistema alimentare dei Paesi sviluppati è divenuto sempre più complesso, l'utilizzo di energia necessaria alla produzione agricola negli Stati Uniti è pari ad un quarto rispetto al restante input energetico della filiera alimentare dal campo alla tavola (trasformazione, distribuzione, preparazione e conservazione domestica inclusa). Per una caloria alimentare prodotta sono necessarie 7,3 calorie da combustibili prevalentemente fossili, questo è quanto viene calcolato da alcuni recenti studi [3]. Dal punto di vista energetico e dell'impatto ambientale, l'attuale sistema di produzione alimentare prevalente nei Paesi sviluppati risulta ampiamente insostenibile. Secondo uno studio recentemente pubblicato su Nature [4], nel quale sono identificati nove processi biofisici da cui dipende lo sviluppo umano, tre di questi, per i quali gli autori danno l'allarme per il superamento del limite planetario, sono connessi con le produzioni agroalimentari: il cambiamento climatico, la perdita di biodiversità, il ciclo globale dell'azoto. L'apporto maggiore di quest'ultimo, in particolare, viene dai fertilizzanti in agricoltura.

Il problema, dal punto di vista strettamente energetico, sembra essere di duplice portata: da un lato ridurre percentualmente la quota di combustibili fossili sulla quantità totale di energia usata per produrre cibo potrebbe riportare la sfida in linea con gli obiettivi europei del SET PLAN [5]. Dall'altro lato però, sembrerebbe ragionevole ridurre in senso assoluto la quantità di energia impiegata per sfamare soprattutto la popolazione della parte più sviluppata del mondo. Paradossalmente, infatti, si potrebbe assumere che l'agricoltura dei paesi più poveri, a parità di calorie alimentari prodotte, sia più efficiente. È ovvio che così come è semplicisticamente espresso, questo obiettivo non è perseguibile. Un conto sono le calorie alimentari necessarie per la mera

sopravvivenza, un conto è alimentarsi in modo vario e nutrizionalmente corretto. Tuttavia, gli autori del *Post carbon food system* elencano una serie di strategie che, oltre all'introduzione delle energie rinnovabili in agricoltura, tendono a riportare la produzione alimentare a modelli meno intensivi, più rispettosi dell'ambiente e più legati ai cicli produttivi stagionali e locali. Il modello di agroalimentare troppo *energy intensive* potrebbe non bastare a sfamare una popolazione sempre crescente, ma certamente, nel frattempo, sta già causando impatti ambientali molto onerosi per il pianeta. Modelli alimentari più compatibili con le emergenze ambientali vanno privilegiati, ma non è pensabile operare complessivamente sulla filiera senza includere la componente principale delle scelte alimentari: i consumatori. Un consumatore più consapevole del valore e dell'impatto delle proprie scelte alimentari di acquisto e consumo può rappresentare l'elemento di graduale riequilibrio del sistema agroalimentare attuale. Un cambiamento graduale e volontario della dieta verso una maggiore sostenibilità è alla portata di molti, sia nei Paesi più ricchi che in quelli cosiddetti emergenti. Il consumatore italiano e mediterraneo in senso lato, potrebbe essere avvantaggiato in questo percorso, anche culturale, dal fatto che la dieta mediterranea fa ampio uso di prodotti freschi, stagionali, soprattutto nel settore ortofrutticolo, riducendo l'uso di alimenti molto trasformati, per la cui produzione sia stata necessaria una quantità di energia - ma anche di acqua - molto superiore all'energia fornita dall'alimento pronto per il consumo.

Le scelte alimentari della parte più ricca del mondo non sono senza effetti rispetto ai bisogni alimentari e alla possibilità di soddisfarli dei Paesi più poveri. Non è semplicemente un problema di diete troppo ricche per gli uni e nutrizionalmente squilibrate per gli altri. A ciò si aggiunge il mancato equilibrio tra alimenti di origine animale e vegetale, tra alimenti freschi o minimamente processati e prodotti eccessivamente trasformati a livello industriale.

L'accesso al cibo per tutti è un problema politico e sociale, ma un contributo conoscitivo e formativo può essere offerto dalla ricerca e dalla comunicazione ed informazione al grande pubblico, con l'obiettivo di incrementare consumi consapevoli e più attenti all'omeostasi del pianeta. La transizione proposta dall'approccio "Post-Carbon" mette al quinto posto in una lista di priorità l'educazione ed il coinvolgimento dei cittadini, dopo altri elementi importanti sotto il profilo della *governance* del processo. Ciascun componente o stakeholder della filiera agroalimentare è anche sempre infatti, ad ogni pasto, un consumatore che ha il grande privilegio, nei Paesi ricchi, di poter variare le sue scelte alimentari semplicemente cambiando assortimento nel

carrello della spesa o portata nel menù del ristorante.

Le mense scolastiche, aziendali, ospedaliere posso fornire un elevato contributo nel riorientare le scelte alimentari. C'è tuttavia ampia consapevolezza del fatto che i consumi di certi cibi, a scapito di altri, sono un elemento ampiamente radicato nella cultura e spesso nella componente religiosa dei popoli. Non si possono forzare oltremodo le abitudini alimentari dei cittadini dei diversi Paesi, Regioni e persino in ambito di aree geografiche più ristrette.

Come orientarsi dunque? Individuando dei paradigmi più generali di alimentazione e riportandone gradualmente gli ingredienti verso un modello di maggiore sostenibilità.

Un caso concreto: la dieta mediterranea versus il modello alimentare giapponese

Nel 2050 la popolazione mondiale dovrebbe sfiorare i 9 miliardi, con un tasso di urbanizzazione crescente intorno al 70%. Le megalopoli del futuro dovranno essere sfamate e dissetate e gli alimenti prodotti, per quanto possibile, vicino ai luoghi di consumo, utilizzando tutte le tecnologie disponibili, dalle più avanzate come le "serre verticali" alle più semplici come gli orti di città. Il suolo e l'acqua rappresentano sempre più un bene prezioso e non alla portata di tutti. Lo spreco di cibo nella fase di post-raccolta e successive dovrà essere ridotto al minimo. Per fare in modo che cibo ed acqua non si trasformino, come qualcuno paventa, in armi politiche, foriere di instabilità, ma si possa garantire una ragionevole sicurezza alimentare globale, potrebbe essere necessario, se non imporre, almeno proporre con sempre maggiore urgenza scelte alimentari sostenibili. Esiste un modello della cosiddetta doppia piramide alimentare ed ambientale (Figura 1). Complementare ad esso è anche la piramide mostrata in Figura 2, che ci ricorda quanta acqua serve per produrre cibo e quali cibi ne richiedano meno [6].

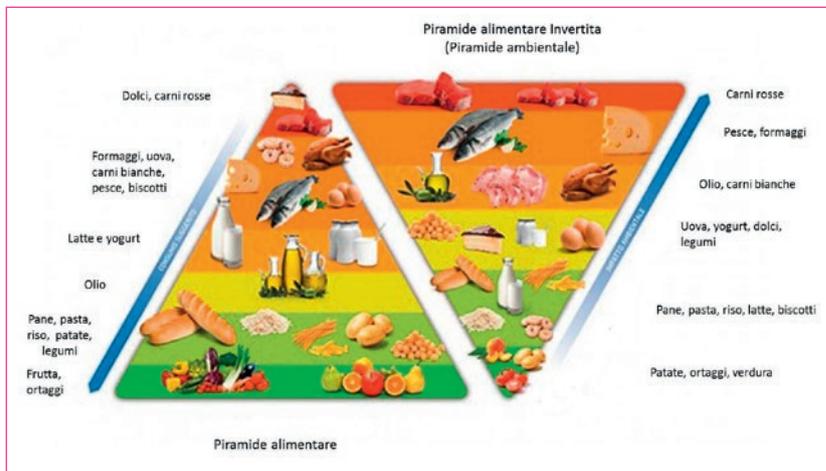


Figura 1
Piramide alimentare e piramide ambientale a confronto
Fonte: <http://www.sport100.it/sport/images/stories/alimentazione/Piramide%20alimentare%20invertita.jpg>

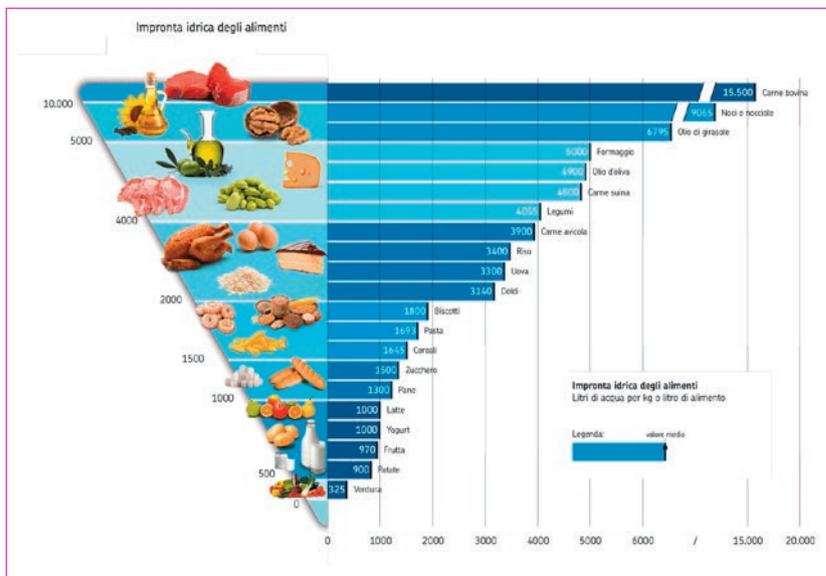


Figura 2
Impronta idrica o water footprint degli alimenti
Fonte: http://images.corriere.it/Media/Foto/2011/04/19/piramideacqua01_1500.png

Se i popoli mediterranei, affacciati sul bacino del *mare nostrum*, si possono facilmente riconoscere ed adattare ad un modello di dieta mediterranea con piccole variazioni locali, come la modifica del modo di consumare i cereali alla base della piramide, es. il couscous o la pasta, il pane o le farine di altri cereali, diversi tipi di frutta e verdura a seconda delle produzioni locali, del clima prevalente, delle stagioni, dagli agrumi ai datteri, dalle *pomaceae* alle patate e diversi tipi di frutta secca, i popoli del resto del mondo, invece, hanno elaborato mo-

delli diversi, alcuni nutrizionalmente validi, non sempre altrettanto sostenibili rispetto al modello mediterraneo. Prendiamo come esempio un modello apparentemente molto diverso e geograficamente piuttosto distante: la dieta giapponese, ed in particolare quella già citata di Okinawa, nota per la longevità degli abitanti di queste piccole isole nei mari del Giappone. Alla base delle loro abitudini alimentari prevalgono frutta, verdura, soia, derivati della soia e pesce locale in abbondanza, inseriti in una dieta equilibrata, integrata dall'alga konbu. La quantità di riso è inferiore a quella utilizzata nel resto del Giappone (già bassa), a favore della patata dolce. Il pesce consumato è il doppio di quello mangiato rispetto alla media giapponese, anch'essa relativamente alta, e viene addirittura consumato nella prima colazione. Il consumo di pesce apporta una buona quantità di Omega 3, i grassi polinsaturi, indispensabili al benessere e ad una corretta nutrizione. La predominanza di pesce e di altri prodotti del mare è comune al resto del Giappone e origina dallo scarso consumo di carne indotto da motivi religiosi. Modeste quantità di carne, in particolare suina, sono consumate solo durante i giorni di festa. La longevità, favorita da questo genere di dieta, sembra anche essere indotta dalla relativa restrizione calorica: ad Okinawa si mangiano moderate quantità di carboidrati, proteine e una buona dose di Omega 3 e sostanze antiossidanti. Si tratta quindi, in definitiva, di un modello alimentare basato su poche calorie, ma con una elevata componente in vitamine, amminoacidi sali minerali e antiossidanti.

In questo senso Okinawa e la dieta mediterranea originaria hanno alcuni aspetti in comune. In origine anche quella mediterranea non era una dieta troppo ricca, tendenzialmente meno calorica dell'attuale, soprattutto in riferimento al livello di attività fisica condotta. Alcune specificità dei due modelli sono evidenti, nella scelta mediterranea un ruolo importante è rivestito dall'olio extra-vergine d'oliva come apportatore di grassi parzialmente insaturi. L'altro fattore è rappresentato dalla presenza di modeste quantità di vino.

L'alimentazione dell'isola giapponese viene denominata in lingua locale "cibo come medicina". Alla dieta si abbina poi uno stile di vita sano, tradizioni culturali ed ambientali (è un luogo paesaggistico tra i più belli del mondo) che rendono incredibilmente bassa l'incidenza di malattie come il diabete, l'ictus, il cancro, l'Alzheimer, l'obesità e tante altre, molto più frequenti nel resto del mondo. Non è raro vedere ad Okinawa anziani centenari ancora praticare un'attività lavorativa: coltivare la terra, praticare la pesca o addirittura le tradizionali arti marziali giapponesi. Da quando, però, le pratiche alimentari si sono spostate verso i modelli occidentali

e giapponesi, la longevità degli abitanti delle isole sta riducendosi.

L'UNESCO il 16 novembre 2010 a Nairobi ha ufficialmente iscritto la dieta mediterranea nel patrimonio culturale immateriale dell'Umanità. Anche per questa nostra dieta sono stati pubblicati molti articoli, di cui si cita uno dei più recenti [7]. Le conclusioni generali consentono di affermare che *"il rispetto di una dieta mediterranea può ridurre in modo significativo la mortalità complessiva, la mortalità da malattie cardiovascolari, l'incidenza o la mortalità da patologie tumorali, l'incidenza dei morbi di Parkinson e Alzheimer"*.

La dieta "Med" rappresenta in modo magistrale un insieme di competenze, conoscenze, pratiche e tradizioni rimasto costante nel tempo e nello spazio, che vanno dal paesaggio alla tavola, includendo le colture, la raccolta, la pesca, la conservazione, la trasformazione, la preparazione e, in particolare, il consumo di cibo. Anche essa (dal greco *diaita*, o stile di vita) è molto più che un semplice alimento, promuove l'interazione sociale, poiché il pasto in comune è alla base dei costumi sociali e delle festività condivise. Garantisce altresì la conservazione e lo sviluppo delle attività tradizionali e dei mestieri collegati alla pesca e all'agricoltura nelle comunità del Mediterraneo. Le donne, in particolare, svolgono un ruolo indispensabile nella trasmissione delle competenze, così come della conoscenza di riti, gesti tradizionali e celebrazioni, e nella salvaguardia delle tecniche.

Anche riguardo al tema della sostenibilità, i modelli originari mediterraneo e giapponese, essendo la fonte prevalente di proteine animali il pesce e/o il latte, potrebbero più facilmente tendere ad un minore impatto ambientale, facendo uso di metodi di pesca o acquacoltura sostenibili ed allevamento non intensivo, mentre oggi, invece, in media solo il 55% delle calorie dei vegetali coltivati serve a nutrire gli uomini, mentre la restante parte nutre gli animali d'allevamento.

Le diete sostenibili nell'agenda internazionale di sviluppo

Un simposio scientifico Internazionale su "Biodiversità e diete sostenibili", organizzato nel 2010 a Roma dalla FAO e da Bioersivity, ha riconosciuto la necessità di un'azione immediata per la promozione di diete sostenibili nelle politiche e nei programmi agricoli rivolti all'alimentazione. La definizione di "diete sostenibili", scaturita dal quel consesso come contributo al dibattito degli obiettivi di sviluppo del Millennio e dell'agenda post-2015, prende atto delle interdipendenze tra produzione e consumo alimentare, le esigenze alimentari e le raccomandazioni nutrizionali; allo stesso tempo, essa riconosce che la salute degli esseri umani non può essere isolata dalla sa-

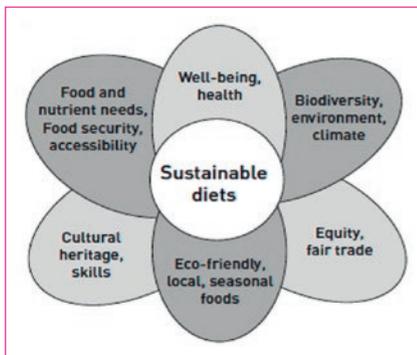


Figura 3
Componenti chiave delle diete sostenibili
Fonte: http://www.mdpi.com/sustainability/sustainability-05-04797/article_deploy/html/images/sustainability-05-04797-g001-1024.png

lute degli ecosistemi. La Figura 3 ne schematizza le componenti chiave. Le diete sostenibili vengono definite “quelle diete a basso impatto ambientale, che contribuiscono alla sicurezza alimentare e nutrizionale e ad una vita sana per le generazioni presenti e future. Esse sono anche protettive e rispettose della biodiversità e degli ecosistemi, accettabili culturalmente, accessibili a condizioni economiche eque; adeguate da un punto di vista nutrizionale, sicure e sane, esse tengono in considerazione l’ottimizzazione nell’uso delle risorse naturali e umane”.

Proprio perché possano divenire più facilmente accettabili in diversi contesti culturali e geografici, si sono anche cominciate ad indagare le abitudini alimentari, ad esempio in America Latina e in Africa (Figure 4 e 5), ma anche a livello locale [9].

Ognuna di queste “nuove” piramidi alimentari attinge in realtà a dei modelli molto radicati. Ciascuno studio si accompagna anche ad indagini epidemiologiche. Da molti studi condotti (<http://www.cdc.gov/features/dsobesityadults/>) si sa che una volta emigrati, per esempio negli Stati Uniti, Afro-Americani e Latini presentano dei tassi di obesità maggiori rispetto ai bianchi, rispettivamente del 51% e del 21%. Le strutture sanitarie federali da anni sviluppano

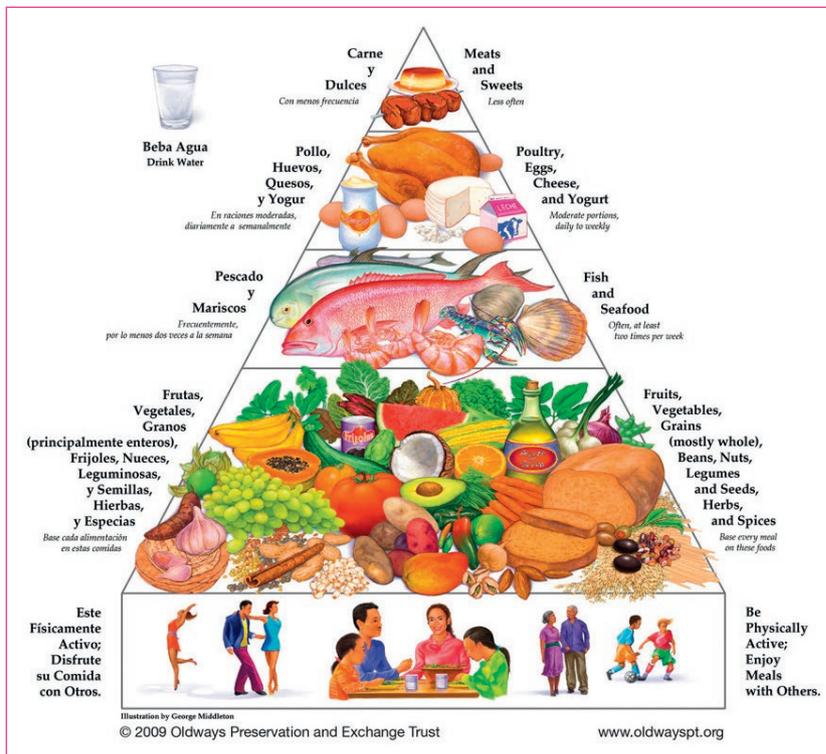


Figura 4
La piramide di dieta latino-americana
Fonte: http://oldwayspt.org/sites/default/files/images/Latino_pyramid_flyer.jpg

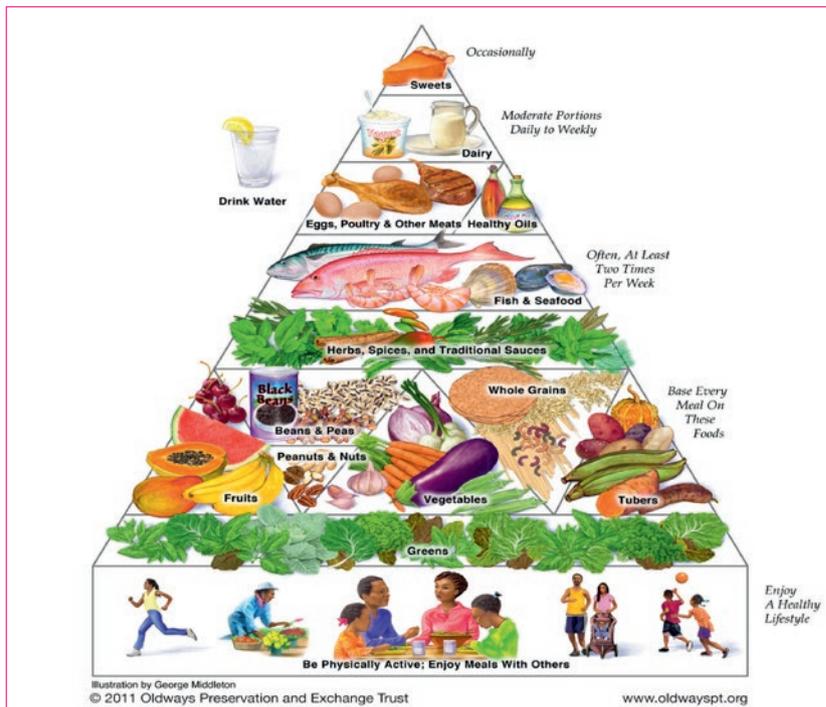


Figura 5
Un modello per il continente africano
Fonte: http://oldwayspt.org/sites/default/files/images/African_pyramid_flyer.jpg

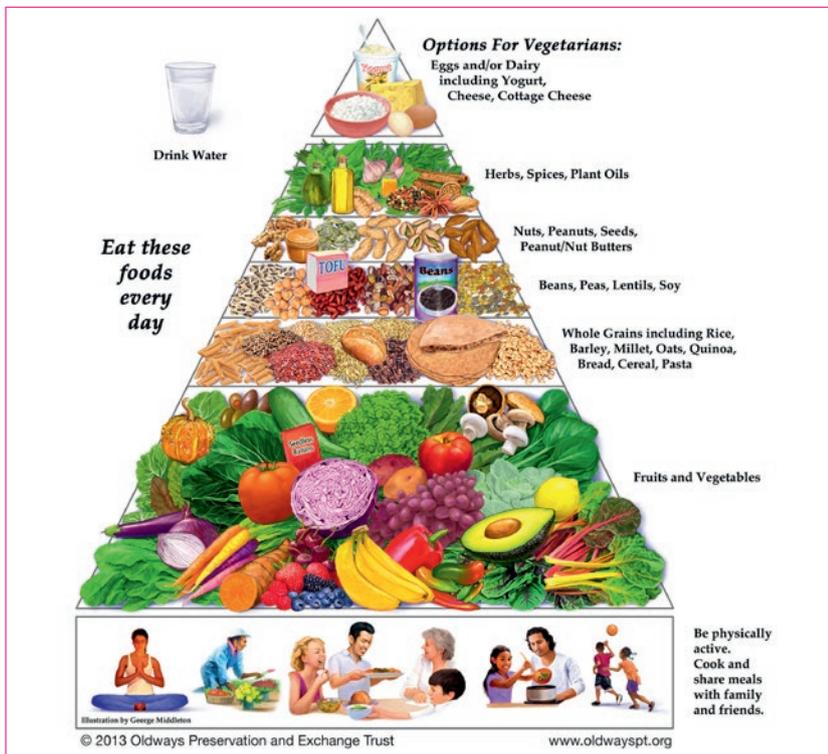


Figura 6
Il modello vegetariano
Fonte: http://oldwayspt.org/sites/default/files/files/IV&V_pyramid_flyer.pdf

campagne di prevenzione a favore di modelli alimentari salutari, senza successo. Questo perché si è sempre tentato di promuovere modelli nutrizionali uniformi che spesso non sono culturalmente accettati da tutti. Solo di recente si è cominciato a studiare modelli più affini alle abitudini alimentari dei Paesi di provenienza, mettendo a punto modelli per popolazioni di origini etniche diverse, come quello genericamente “africano” (Figura 5). Una dieta connotata da elevata sostenibilità si sta infine affermando senza una connotazione etnica/geogra-

alimentari. Gradualmente, e con risultati benefici per la propria salute e quella del pianeta, è possibile modificare la propria dieta rendendola più compatibile con lo sfruttamento delle risorse naturali finite (ed esauste) con cui dovranno nel prossimo futuro misurarsi i 9 miliardi di abitanti del pianeta Terra.

Per approfondimenti: marina.leonardi@enea.it

Marina Leonardi
ENEA, Unità Relazioni e Comunicazione - Servizio Relazioni Internazionali

Riferimenti

- [1] Marvin Harris (1990) *Buono da mangiare - Enigmi del gusto e consuetudini alimentari*, Giulio Einaudi Editore, Torino
- [2] Giancarlo Signore (2010) *Storia delle abitudini alimentari - Dalla preistoria ai fast food*, Tecniche Nuove Editore, Milano
- [3] Richard Heinberg, Michael Bomford (2009), *The Food and Farming Transition: Toward a Post Carbon Food System*, Sebastopol, USA
- [4] Rockstroem, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F.S. III, Lambin, E.F. et al. (2009), “A Safe Operating Space for Humanity”, *Nature*, 461, 472-5
- [5] *The European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan)* http://ec.europa.eu/research/energy/eu/index_en.cfm?pg=policy-set-plan
- [6] Sarcina, P., “La sostenibilità ambientale e il “modello alimentare mediterraneo” (<http://www.museoenergia.it/museo.php?stanza=5&ppost=995>)
- [7] Buckland, G., et al., (2009) “Adherence to the Mediterranean Diet and Risk of Coronary Heart Disease in the Spanish EPIC Cohort Study”, *American Journal of Epidemiology* <http://aje.oxfordjournals.org/content/170/12/1518>
- [8] “Sustainable Diets and Biodiversity, Directions and solutions for policy, research and action” (2012), Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO
- [9] “Manifesto sul futuro del cibo” (2006), Commissione Internazionale per il Futuro dell’Alimentazione e dell’Agricoltura, <http://commissionecibo.arsia.toscana.it/>



La Dieta Mediterranea: modello di consumo sostenibile a ridotto impatto ambientale

M. Iannetta, L.M. Padovani

La globalizzazione e i nuovi stili di vita stanno allontanando dalle tavole dei paesi mediterranei alimenti e piatti tipici che hanno garantito non solo un sano sviluppo, ma anche il rispetto dell'ambiente e dei mercati locali. Secondo la definizione adottata dalla FAO [1] le proprietà di un modello alimentare sostenibile possono essere articolate in tre aree fondamentali:

1. basso impatto ambientale: salvaguardia e protezione della biodiversità, salvaguardia e protezione degli ecosistemi;
2. contributo alla sicurezza alimentare e nutrizionale: equità ed accessibilità sotto il profilo economico, salubrità, adeguatezza e sicurezza nutrizionale;
3. contributo a una vita sana per le generazioni presenti e future: salvaguardia e protezione della salute, accettabilità sotto il profilo culturale.

Il concetto di "Dieta Mediterranea" si configura perfettamente come un sistema culturale sostenibile [2]. In essa confluiscono vari aspetti ambientali, sociali, economici e culturali, caratterizzanti una serie di fattori quali produzione, nutrizione, biodiversità, stagionalità, tradizione, convivialità, valorizzazione del territorio. Fortemente interconnessi tra loro, essi determinano qualità e bassi impatti ambientali [3].

Sono circa 6,8 miliardi di tonnellate le emissioni di CO₂ dell'agricoltura e nel complesso rappresentano circa il 15% delle emissioni globali (di cui il 9% in Europa), ma secondo l'IPCC, l'organismo scientifico mondiale dedicato allo studio dei cambiamenti climatici, l'adozione di pratiche agronomiche sostenibili può ridurre le emissioni a 5,5-6 miliardi di tonnellate entro il 2030, di cui [4]:

- l'89% attribuibile al sequestro di carbonio nel suolo;
- il 9% attraverso il contenimento del metano nella zootecnia e nelle risaie;
- il 2% attraverso la riduzione delle emissioni di N₂O (protossido di azoto) nei seminativi.

Esistono indicatori utili per valutare e migliorare la sostenibilità dei sistemi agroalimentari mediterranei e i modelli di consumo, al fine di formulare misure volte a tutelare e promuovere la Dieta Mediterranea. Alla base di questi calcoli vi è una metodologia utilizzata da molti anni, denominata analisi del ciclo di vita del prodotto, ma normalmente conosciuta attraverso l'acronimo inglese

LCA (*Life Cycle Assessment*). Con questo strumento si vanno a calcolare le emissioni che si realizzano durante tutto il ciclo di vita di un prodotto, dall'estrazione delle materie prime fino allo smaltimento (*from cradle to grave*). Il calcolo tiene conto di ogni singola fase, compreso il trasporto da un soggetto della filiera produttiva a un altro, fino allo smaltimento dei rifiuti generati [5].

Tra i principali indicatori:

- L'impronta di carbonio (*Carbon Footprint*) rappresenta l'emissione di gas serra responsabili dei cambiamenti climatici: soprattutto anidride carbonica CO₂ e metano, ma anche ossido nitroso, idrofluorocarburi e altri gas in piccole quantità attribuibile ad un prodotto, un'organizzazione o un individuo. Viene così misurato l'impatto che tali emissioni hanno sul clima [6].
- L'impronta idrica (*Water Footprint*), che quantifica i consumi e le modalità di utilizzo delle risorse idriche ed è misurata in volume (litri) di acqua per unità di prodotto; in un contesto di sempre maggiore utilizzo e scarsità delle risorse idriche, il calcolo dell'impronta idrica è particolarmente significativo sia per la valutazione dell'impatto ambientale, che per la definizione di obiettivi di riduzione del consumo di questa importante risorsa. L'impronta idrica include l'utilizzo e l'inquinamento della risorsa lungo l'intera filiera di produzione: dal campo alla tavola, ed è la somma di tre componenti: impronta blu, verde e grigia. Quella blu relativa ai volumi di acqua dolce sottratta al ciclo naturale utilizzata per scopi domestici, agricoli o industriali; quella verde relativa al volume di acqua piovana conservata nel suolo impiegato; quella grigia relativa ai volumi di acqua inquinata: quantificata come il volume di acqua necessario a "diluire" idealmente gli inquinanti disciolti per raggiungere standard di qualità prefissati. Rispetto ad altri strumenti di contabilizzazione degli usi d'acqua dolce, l'impronta idrica rappresenta la soluzione più estesa e completa, in quanto include sia l'utilizzo di acqua diretto che indiretto e considera sia il consumo di acqua che l'inquinamento.
- L'impronta ecologica (*Ecological Footprint*), è un indice sintetico sullo stato di pressione umana sui sistemi naturali, un modo di stimare la quantità di risorse rinnovabili che una popolazione utilizza per

vivere, calcolando l'area totale di ecosistemi terrestri e acquatici necessaria per fornire, in modo sostenibile, le risorse utilizzate e per assorbire le emissioni prodotte. È necessario sviluppare ulteriormente le metodologie utilizzate, soprattutto in campo socio-economico, per poter affrontare il tema della sostenibilità nella sua interezza e complessità.

Fino a pochi anni fa i vincoli ambientali hanno rappresentato un problema per le imprese; ora la concorrenza e la transizione verso nuove opportunità di mercato stanno creando valore aggiunto all'interno delle filiere agroalimentari, grazie alla ricerca e all'innovazione.

Obiettivi di un sistema alimentare sostenibile sono:

- limitare il degrado ambientale e ottimizzare l'uso efficiente delle risorse, sviluppare la sostenibilità e l'efficienza nell'impiego delle risorse nella produzione e trasformazione in tutta la catena alimentare, a tutte le scale di business, in modo competitivo e innovativo;
- i sistemi di produzione e di trasformazione alimentare attuali, in particolare nel settore delle PMI, devono essere rivisti ed ottimizzati, al fine di ottenere una significativa riduzione di acqua, energia, emissioni di gas serra e di produzione di rifiuti; al tempo stesso occorre migliorare l'efficienza di utilizzo di materie prime, aumentando la resilienza ai cambiamenti climatici e garantendo sicurezza e qualità alimentare [7].

Per innovare bisogna cambiare l'approccio culturale (nuovo paradigma dell'Innovazione):

- occorre sviluppare nuovi processi eco-innovativi competitivi, nel quadro di una transizione verso, un'economia efficiente nell'impiego delle risorse e sostenibile (Bioeconomia e Green Economy);
- è necessaria una transizione verso un utilizzo ottimale delle risorse biologiche rinnovabili. Per cogliere le nuove opportunità di mercato occorre andare verso la produzione di sistemi di trasformazione primaria

sostenibili, che possono produrre più cibo, mangimi, fibre e altri bioprodotto con meno input, recupero/purificazione dei prodotti e più bassa produzione di sottoprodotti e rifiuti, minore impatto ambientale e riduzione delle emissioni di gas a effetto serra;

- migliorare l'efficienza delle risorse e la sostenibilità ambientale: minori perdite alimentari, scarti/rifiuti, basso uso di acqua ed energia, elaborazione più efficiente e imballaggi a base biologica e biodegradabili.
- migliorare la redditività e la crescita delle prestazioni nelle imprese, in termini di fatturato, occupazione, fetta di mercato, gestione della proprietà intellettuale, vendite, ritorno sugli investimenti e profitto.

Le sfide sono:

- Promuovere una piattaforma innovativa per la dieta mediterranea, dove la bioeconomia può svolgere un ruolo decisivo per sostenere i propri prodotti, nell'ambito di sistemi alimentari sostenibili.
- La bioeconomia offre un'opportunità unica per raggiungere la crescita economica, rendendo la transizione verso una società più efficiente nell'uso delle risorse, che si basa maggiormente su risorse biologiche rinnovabili per soddisfare le esigenze dei consumatori e la domanda del settore.
- Integrare e trasferire la conoscenza ambientale in soluzioni innovative, cogliendo le opportunità di business globali dirompenti e competitivi per la dieta mediterranea (economia circolare), nel contesto di sistemi alimentari sostenibili.
- Rafforzare il rapporto tra l'eco-innovazione e la sostenibilità ambientale dei prodotti alimentari che appartengono alla dieta mediterranea.

Massimo Iannetta

ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria

Laura Maria Padovani

ENEA, Unità Studi e Strategie

Bibliografia

1. Burlingame B., Dernini S., eds.. "Sustainable Diets and Biodiversity: Directions and solutions for policy, research and action", Proceedings of the International Scientific Symposium "Biodiversity and sustainable diets united against hunger", 5-10 November 2010, FAO, Rome, <http://www.fao.org/docrep/016/i3004e/i3004e00.htm> (2012)
2. CIHEAM. "The Sustainability of Food Systems in the Mediterranean Area, Towards the Development of Guidelines for Improving the Sustainability of Diets and Food Consumption Patterns in the Mediterranean Area: International seminar", <http://www.fao.org/docrep/016/ap101e/ap101e.pdf> (2012)
3. Dernini S., Meybeck A., Burlingame B., Gitz V., Lacirignola C., Debs P., Capone R., El Bilali H., "Developing a methodological approach for assessing the sustainability of diets: The Mediterranean diet as a case study", *New MEDIT* (2013)
4. Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali, ISMEA. *Ricognizione degli studi e delle ricerche riguardanti il potenziale di mitigazione di talune pratiche culturali e delle lavorazioni* http://www.ismea.it/flex/files/1/a/a/D.087a1151aa8e01d5de05/Report_progetto_speciale_DEF_12.03.2014.pdf
5. M. Padilla, R. Capone, G. Palma (2012). Sustainability of the food chain from field to plate: case of the Mediterranean diet. "Sustainable diets and biodiversity; United against hunger, FAO/Biodiversity international" Rome; 230-241
6. Fiala N.. "Meeting the Demand: An Estimation of Potential Future Greenhouse Gas Emission from Meat Production", *Ecological Economics*, vol. 67, n. 3, pp. 412-419, 2008
7. Iannetta M., Stefanova M., 2015. On the use of environmental life cycle indicators for sustainability assessment of Mediterranean diets. Proceeding of International Workshop "Assessing Sustainable Diets within the Sustainability of Food Systems. Mediterranean Diet, Organic Food: New Challenges", in press. FAO-CRA NUT, 15-16.09.2014

Intervista a Cosimo Lacirignola

di Maura Liberatori



Secondo stime demografiche, saranno, al 2050, 9 miliardi le persone che dovranno mangiare in modo sano e sostenibile. Noti gli impatti dell'agricoltura e della filiera alimentare sull'ambiente e sulle emissioni climateranti, parlare di sostenibilità comporta oltre che una nuova *governance* del settore, una revisione dei modelli del consumo alimentare e delle diete, al fine di contrastare recenti ma dannosi stili di vita in rapida diffusione in vaste aree del mondo e gli impatti che ne derivano sulle risorse naturali a livello globale. Ne parliamo con Cosimo Lacirignola*, Segretario Generale del Centro Internazionale di Alti Studi Agronomici Mediterranei.

In un recente Symposium sul cambiamento climatico tenutosi a Roma, è stato sottolineato come elemento problematico l'affermarsi di una classe media estremamente numerosa nei paesi BRICS (Russia Brasile India Cina Sud-Africa) con la naturale aspirazione a modelli di consumo più ricchi che caratterizza sempre l'aumento del reddito disponibile. In termini di alimentazione cosa comporta? Con quali effetti?

Come per ogni altro settore produttivo, le scelte del consumatore giocano un ruolo fondamentale nell'orientare la produzione. Si consideri ad esempio il con-

sumatore che preferisce alcuni prodotti provenienti da un luogo preciso (come ad esempio le DOP, DOC ecc.), o alcuni processi di trasformazione o di produzione (prodotti biologici) piuttosto che altri. I consumatori inoltre esercitano una forte influenza attraverso il modo di comprare, trasportare, conservare, cuocere e consumare il loro cibo. Il consumo di alimenti è influenzato da una vasta gamma di fattori che includono la disponibilità, l'accessibilità e la scelta del cibo che possono, a loro volta, essere influenzati da geografia, demografia, reddito disponibile, status socio-economico, urbanizzazione, globalizzazione, religione, cultura, marketing e atteggiamento del consumatore.

Nel caso di specie, gli effetti che questa nuova ricchezza sta producendo sulla domanda di cibo si spiega con la legge di Engel. Essa afferma che al crescere del reddito la quota di bilancio familiare destinata ai consumi alimentari (o bisogni primari) diminuisce a vantaggio di beni che vanno oltre la prima necessità come il trasporto e il tempo libero. Da ciò ne deriva tra l'altro che gli stili alimentari si modificano producendo degli effetti di sostituzione, ossia, all'interno del paniere della spesa alimentare delle famiglie, alcuni prodotti vengono sostituiti con altri considerati di maggior pregio e qualità. Man mano che le popolazioni diventano più ricche,

nelle loro diete i prodotti amidacei (come riso e farinose) vengono sostituiti da prodotti a maggior contenuto proteico (come carne, latte e derivati) e da prodotti trasformati e a maggior valore aggiunto, promuovendo un processo di convergenza delle diete a livello globale.

Grazie alla crescita economica si passa da una dieta basata su “un pugno di riso” ad una più ricca e gustosa. Dal punto di vista delle popolazioni ex povere un bel progresso...

L'aumento del consumo di prodotti d'origine animale (p. es. carne, latte) in Paesi emergenti come la Cina, l'India, il Brasile e la Russia conduce ad un effetto moltiplicatore anche sulla domanda di alcune materie prime agricole vegetali, come soia e grano, che sono alla base dell'alimentazione animale. A titolo esemplificativo e tenendo ben presente la variabilità dei sistemi di allevamento in uso, per produrre un kg di pollo ne occorrono da due a quattro di grano, mentre per una bistecca di manzo dello stesso peso ne servono dai sette ai dieci.

Si comprende la preoccupazione, ma a livello individuale sembra un po' poco per non accedere a stili di vita apparentemente più appaganti; a livello dei governi che puntano a ricchezza e progresso per le loro popolazioni un compromesso difficile.

Le recenti statistiche della FAO oltre a dirci che il numero di persone che soffrono la fame è pari a quasi un miliardo, indicano a circa tre miliardi di persone quelle interessate da problemi di malnutrizione riguardante obesità, sovrappeso e carenze nutrizionali, due miliardi delle quali soffrono di carenza di micronutrienti come vitamina A, ferro, o iodio. Inoltre, anche i disturbi cronici correlati alla malnutrizione sono in crescita.

Da una parte, quindi, si muore per fame; dall'altra, per eccessi e squilibri alimentari. Questo perché i meccanismi che regolano l'alimentazione seguono sempre più il criterio della quantità piuttosto che quello della qualità. Inoltre, le diete povere dal punto di vista della varietà sono strettamente legate anche all'aumento di malattie non trasmissibili come il diabete e le affezioni cardiovascolari. L'industrializzazione agricola e i trasporti su lunghe distanze, inoltre, hanno trasformato i carboidrati raffinati e i grassi in prodotti economici e di largo consumo, disponibili in tutto il mondo. La dieta che oggi la maggior parte del mondo moderno segue è, infatti, ricca di carne, prodotti caseari, grassi e zuccheri.

Obesità e sovrappeso, prima considerati problemi solo dei Paesi ricchi, sono ora drammaticamente in crescita anche nei Paesi del sud del Mediterraneo a basso e medio reddito, specialmente negli insediamenti urbani, e

sono ormai riconosciuti come veri e propri problemi di salute pubblica. L'urbanizzazione, infatti, ha reso i consumatori inconsapevoli del legame tra cibo che consumano e le risorse naturali, ed ha favorito la diffusione delle stesse diete in culture e paesi diversi.

Ha citato il Mediterraneo, speravamo che la “nostra dieta” ci ponesse al riparo da problemi di salute e accuse di insostenibilità dello stile di vita alimentare.

I moderni stili di vita hanno delle conseguenze disastrose sullo stato di salute delle popolazioni. Il cambiamento di stili di vita ha portato a sovrappeso e obesità anche nei Paesi del Mediterraneo, patria della Dieta Mediterranea, a seguito di una deriva alimentare. Secondo l'OMS, i paesi più colpiti sono Malta, Egitto, Grecia, Turchia e Tunisia. I tassi sono significativamente più elevati nelle donne. Oggi 71 milioni di persone di età superiore ai 15 anni soffrono di obesità nei ventidue paesi rivieraschi mediterranei, pari al 20% della popolazione adulta totale.

E purtroppo anche in Italia numerose indagini hanno mostrato un aumento di sovrappeso e obesità. Secondo dati recenti, il 31% degli adulti risulta in sovrappeso e il 10% risulta obeso, mentre il 22,2% dei bambini di 8-9 anni è in sovrappeso e il 10,6% in condizioni di obesità e il fenomeno è più diffuso al Sud, particolarmente in Abruzzo, Molise, Campania, Puglia e Basilicata.

L'obesità e il sovrappeso comportano diverse conseguenze negative oltre che per il singolo individuo, per la collettività in termini di maggiori costi sanitari. La spesa sanitaria sostenuta da una persona obesa è, infatti, in media il 25% più alta di quella di un soggetto normopeso. Lo studio “SPESA” condotto dall'Università degli Studi di Milano ha permesso di verificare che una persona in sovrappeso costa al Servizio Sanitario Nazionale (SSN) 984 euro e la spesa aumenta all'aumentare del BMI (*Body Mass Index*). Attraverso uno studio prospettico al 2025 si è potuto osservare che la spesa totale per obesi e grandi obesi passerà da 11 miliardi di euro a 15,7 miliardi con un incremento del 43%, e con un incremento dell'obesità infantile del 205%.

Sono effetti dell'essersi allontanati dalla Dieta Mediterranea. Le cause?

L'agricoltura moderna è caratterizzata dalla possibilità di produrre gli alimenti senza vincoli imposti dagli ecosistemi locali. Tale caratteristica è legata soprattutto alla disponibilità dei carburanti fossili (che ha favorito anche il trasporto a lunga distanza, il confezionamento, la trasformazione e la refrigerazione dei prodotti). I sistemi di produzione e distribuzione hanno quindi reso

disponibili, soprattutto alle popolazioni dei Paesi sviluppati, quantità di cibo sempre maggiori a un prezzo relativamente basso, indipendentemente dalle risorse naturali disponibili a livello locale. Oltre ai problemi di salute già citati, i moderni sistemi alimentari hanno dimostrato di essere inadeguati sotto un profilo di sostenibilità in quanto fortemente dipendenti dall'uso dell'energia fossile, dai prodotti chimici, dagli input energetici, dal trasporto su lunga distanza e da mano d'opera a basso costo. Essi generano notevoli quantità di gas serra e favoriscono profonde alterazioni degli ecosistemi in termini di biodiversità, erosione, deforestazione, contaminazione chimica, carenza idrica ecc. Inoltre, si basano prevalentemente su una limitata diversità di colture di interesse agronomico e di cultivar e razze e su una ridotta varietà di alimenti soggetti a trasformazione prima di essere consumati. Il 90% del nostro fabbisogno nutritivo d'origine animale dipende solamente da quattordici specie di uccelli e mammiferi e solo quattro specie (grano, mais, riso e patata) forniscono all'organismo metà della sua energia d'origine vegetale. Gli scambi commerciali hanno reso possibile l'accesso al cibo nei vari Paesi anche in momenti di scarsità, ma al tempo stesso hanno ridotto l'autonomia dei sistemi alimentari locali con conseguente abbandono della biodiversità locale.

In un contesto di interscambio globale è inevitabile che prevalgano prodotti standardizzati, le cosiddette *commodities*, i costi di trasporto inoltre favoriscono quei prodotti per i quali la domanda è tale da pagare prezzi più alti.

È evidente però che la produzione alimentare ha dei limiti naturali dimostrati, ad esempio, dall'impoverimento delle risorse ittiche, dalla desertificazione dei suoli, dall'impoverimento delle falde acquifere, dall'inquinamento idrico ecc. È anche ampiamente dimostrato che la produzione e il consumo alimentare sono in competizione con altre attività umane per l'accesso alle risorse naturali, quali l'energia, l'acqua, la terra, le foreste. Risulta altresì sempre più chiaro il contributo della produzione e del consumo alimentare all'emissione dei gas serra. Con i moderni regimi alimentari si tende ad avere un maggiore flusso di derrate alimentare su lunghe distanze, e di alimenti altamente trasformati e confezionati che contribuiscono all'aumento delle emissioni di gas serra e all'esaurimento delle risorse non rinnovabili.

Tornando alla Dieta Mediterranea, se è salubre come dicono i dati e più sostenibile, cosa le manca per diventare stile alimentare globale?

Dato lo scenario descritto precedentemente è importante interrogarci su come dovrebbero cambiare i siste-

mi *alimentari* e su cos'è un sistema alimentare sostenibile, definito dalla FAO come quel sistema che garantisce la "sicurezza alimentare e nutrizionale" a tutti in modo tale che non siano compromesse le basi economiche, sociali ed ambientali per generare la sicurezza alimentare e nutrizionale delle future generazioni.

Nel Regno Unito, la *Sustainable Development Commission* ha prodotto un rapporto con un nuovo scenario di *policy* che registra insieme tutta una serie di aspetti finora tenuti in qualche modo separati. Esso delinea come sarà il 21° secolo circa i sistemi alimentari: basato su diete sostenibili, a partire da sistemi produttivi sostenibili riformando le aspirazioni dei consumatori intorno a tali diete. Questo richiede anche un approccio integrato della catena alimentare: aspetti agronomici, alimentari, di salute, ambientali, sociali ed economici. Quella che sembra una vera sfida di tutta una serie di nuovi esperimenti di *policy* in corso a livello sia pubblico che privato riguarda la convergenza tra attenzione all'ambiente e attenzione all'agricoltura.

Tali presupposti ci inducono a pensare che sia necessario intervenire con urgenza per mettere in atto una strategia che promuova e diffonda l'uso di diete sostenibili nei vari contesti in tutto il mondo. La definizione univoca di dieta sostenibile ovvero a basso impatto ambientale che contribuisce alla sicurezza alimentare e nutrizionale nonché a una vita sana per le generazioni presenti e future, è una conquista del 2010, coniata durante il Simposio internazionale sulla biodiversità e la sostenibilità delle diete tenutosi a Roma presso la FAO.

Come si può dedurre da tale definizione le diete sostenibili ruotano intorno ad un approccio multisettoriale che interessa nutrizione, salute umana, sviluppo economico e aspetti socio-culturali, stili di vita e, soprattutto, biodiversità e ecosistemi.

Ma tutto ciò richiede lo sviluppo di nuovi progetti e casi studio intesi a dimostrare le sinergie esistenti tra biodiversità, nutrizione, salute umana, economia e cultura a beneficio delle generazioni presenti e future. Per tale motivo il CIHEAM e la FAO approfondiscono tale tematica focalizzando l'attenzione sulla Dieta Mediterranea come caso studio.

Tale attività congiunta intende verificare che la Dieta Mediterranea è un modello di dieta sostenibile partendo proprio dalla definizione coniata nel 2010 e considerando quindi l'approccio multisettoriale (ambiente e agro-biodiversità, economia, società e cultura, nutrizione e salute). Tale sostenibilità dovrà essere poi misurata per ognuno di tali ambiti.

* Cosimo Lacirignola

Segretario Generale del Centro Internazionale di Alti Studi Agronomici Mediterranei (CIHEAM)

L'Enea per...

ENEA per EXPO 2015



L'impronta ambientale del cibo

P. Masoni

L'“insostenibile pesantezza del cibo”

La produzione, trasformazione, distribuzione del cibo, la sua preparazione e il trattamento dei rifiuti che si originano sono causa di consumo di risorse naturali quali acqua, suolo, minerali, combustibili fossili e di emissioni nell'ambiente, quali gas ad effetto serra ed acidificanti, emissioni nei corpi idrici di sostanze eutrofizzanti, emissioni di sostanze tossiche per l'uomo e per gli ecosistemi. Mentre da un lato dobbiamo garantire un adeguato accesso al cibo di buona qualità ad una popolazione mondiale in crescita, i gravi impatti ambientali che ne derivano devono essere urgentemente controllati e ridotti in modo significativo. È questa una sfida molto impegnativa per la quale, come sempre quando abbiamo di fronte situazioni complesse, non esistono scorciatoie o “silver bullet”. Sono infatti necessari molteplici interventi, sia di natura gestionale-organizzativa sia di natu-

ra tecnico-scientifica, tra loro coerenti e in tutti gli stadi del ciclo di vita del cibo, con il coinvolgimento e la responsabilizzazione di tutti gli attori.

L'impronta ambientale

Il punto di partenza ovvio e necessario è il misurare la natura di questi impatti ambientali e l'individuazione di dove e come sono originati. La famosa frase di Lord Kelvin “non si può gestire ciò che non si misura” è ancora in gran parte valida.

Nel campo della misura degli impatti ambientali, l'impronta ambientale (Product Environmental Footprint - PEF) o valutazione del ciclo di vita (Life Cycle Assessment - LCA), è il metodo raccomandato dalla Commissione europea e universalmente riconosciuto, pur con i suoi limiti e semplificazioni, come il migliore per misurare un set di 15 indicatori di impatto

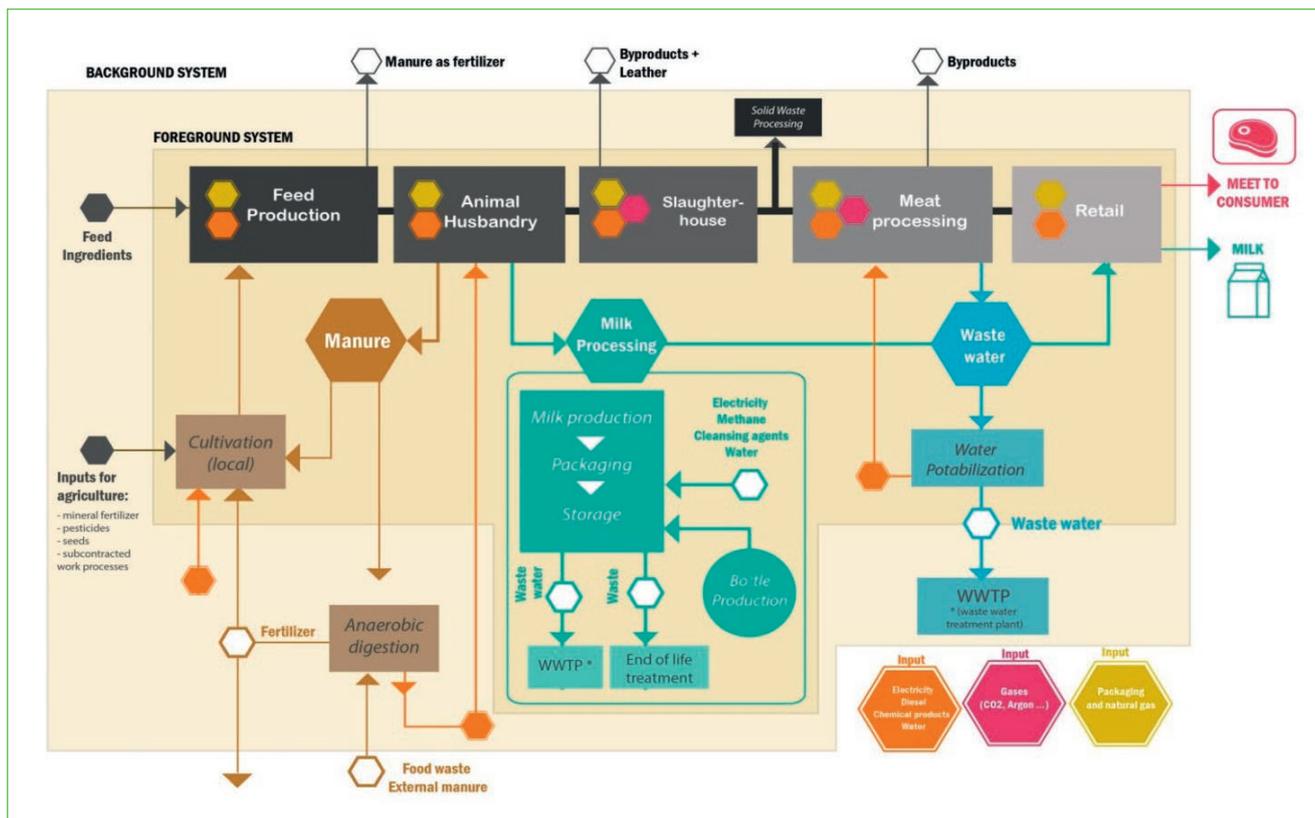


Figura 1
Schema semplificato del ciclo di vita del latte e della carne bovina

sull'ambiente, sulla salute umana e sulla disponibilità di risorse naturali, considerando l'intero sistema agricolo e tecnologico necessario per produrre e consumare cibo.

L'ENEA, con un gruppo di ricerca a Bologna, contribuisce attivamente allo sviluppo, sperimentazione e applicazione dell'impronta ambientale, ed ha maturato una buona esperienza nell'applicazione al settore agroalimentare e agroenergetico.

I sistemi agroalimentari sono particolarmente complessi perché combinano sistemi industriali con sistemi naturali (sempre molto difficili da modellare in modo semplice e preciso) e perché forniscono molteplici utilità e funzioni. La Figura 1 mostra a titolo esemplificativo il sistema di produzione di latte e carne bovina che produce, tra l'altro, anche pellami per l'industria conciaria, altri coprodotti per l'industria dei mangimi, fertilizzanti e ammendanti e energia.

L'impronta ambientale consente di individuare gli impatti ambientali più rilevanti a livello di fase del ciclo di vita e anche di processo e specifico consumo o emissione.

Ad esempio, la Figura 2 mostra il contributo delle diverse fasi della produzione e distribuzione del

latte all'impatto sul cambiamento climatico (*carbon footprint*).

Uno studio pilota svolto su una catena di distribuzione al dettaglio virtuale (<https://webgate.ec.europa.eu/fpfis/wikis/display/EUENVFP/Stakeholder+workspace%3A+OEFSP+pilot+Retail>), che rappresenta quanto distribuito e venduto in media in una regione europea con 3 milioni di abitanti, mostra come i prodotti alimentari e affini sono responsabili di circa l'80% degli impatti sul cambiamento climatico di tutti i prodotti consumati dalla popolazione, confermando studi precedenti svolti con metodi diversi (JRC IPTS, *Environmental Impact of Products, Analysis of the life cycle environmental impacts related to the final consumption of the EU-25*. Report EUR 22284 EN).

“Che fare?”

Quanto appreso sinora ci porta ad una serie di considerazioni.

La prima è che il cibo non va mai sprecato: oltre ad aspetti di tipo etico, ogni cibo sprecato si porta dietro anche un impatto ambientale, senza la contropartita di fornire una funzione utile.

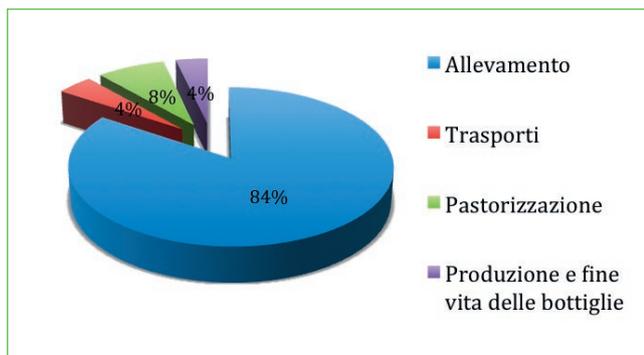


Figura 2
Contributo percentuale delle diverse fasi del ciclo di vita del latte all'impatto sul cambiamento climatico
Fonte: V. Fantin, R. Pergreffi, P. Buttol, P. Masoni, (2011), "Life Cycle Assessment of Italian High Quality Milk Production", in *Journal of Cleaner Production* 28 (2012):150-159. ISSN: 0959-6526

La seconda è che in molti prodotti alimentari gli impatti più significativi (quali ad esempio la tossicità dovuta all'uso di pesticidi, produzione di fertilizzanti e consumo di energia; l'acidificazione dovuta ad emissioni di ossidi di azoto e di zolfo dalla produzione di energia e di ammoniaca dagli allevamenti; l'eutrofizzazione dovuta alle emissioni di nitrati da fertilizzanti; il cambiamento climatico derivante dalle emissioni di CO₂ dai combustibili fossili, metano dagli allevamenti e N₂O dai fertilizzanti sia sintetici sia naturali) si originano nella fase agricola.

Viceversa, un'analisi della filiera del valore mostra che i produttori primari sono spesso l'anello più debole. Questo, a nostro avviso, comporta la necessità che essi siano supportati da chi ha un maggior potere anche economico. Una soluzione possono essere gli accordi di filiera, dove, con il sostegno di adeguate misure incentivanti, i trasformatori e la grande distribuzione possono supportare e promuovere i processi di eco-innovazione nell'intera filiera.

Terza considerazione è che la distribuzione può (deve?) giocare un ruolo chiave. Essendo l'anello di congiun-

zione tra produzione e consumo può trainare processi di eco-innovazione nella produzione e trasformazione del cibo e spingere i consumatori verso stili di vita e diete più sostenibili.

Quarta considerazione: i consumatori possono fare molto, anche se sono oggettivamente gli attori con meno potere, in particolare per quanto riguarda l'accesso all'informazione. Per questo un marchio di qualità ambientale basato sulla misura dell'impronta ambientale dei prodotti può aiutare ad effettuare scelte più informate verso prodotti a ridotto impatto ambientale. Resta a carico dei consumatori una grande responsabilità nella riduzione degli sprechi (insieme a tutto il resto della filiera), nell'adottare stili di vita più sobri e sostenibili e nella prevenzione e corretta gestione dei rifiuti.

I decisori pubblici hanno la maggior responsabilità e il maggior potere: promuovere e implementare strumenti di produzione e consumo sostenibile, adeguate misure d'accompagnamento rivolte agli attori più deboli (coltivatori e piccole e medie imprese), campagne di sensibilizzazione e informazione per i consumatori.

Infine il mondo della ricerca deve continuare a sviluppare strumenti di misura degli impatti ambientali e socio-economici delle attività umane, identificare soluzioni gestionali e tecniche per migliorare l'uso efficiente delle risorse e dell'energia, chiudere i cicli verso un'economia circolare e ridurre le emissioni inquinanti. A questo riguardo, nel campo alimentare, ampie opportunità per salvaguardare sia la qualità del cibo sia l'ambiente risiedono in una rivisitazione delle tecniche e dei prodotti agricoli tradizionali alla luce delle conoscenze scientifiche attuali.

Per approfondimenti: paolo.masoni@enea.it

Paolo Masoni
ENEA, Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi produttivi e Territoriali –
Supporto Tecnico Strategico e Rete Italiana LCA

Gli alimenti funzionali: il caso studio del grano saraceno tartarico

V. Tolaini, O. Presenti, S. Procacci, P. De Rossi, A. Del Fiore, C. Nobili, A. Brunori

Il concetto di alimento funzionale è nato in Giappone negli anni '80, quando, nell'ambito di una politica atta a contenere i costi sanitari legati all'incremento dell'aspettativa di vita della popolazione, è stato riconosciuto un ruolo fondamentale all'alimentazione nel migliorare il benessere o nel ridurre il rischio di malattie. Nel 1991 è stato introdotto il marchio FOSHU - *Foods for Specified Health Use*, rilasciato dai Ministeri della Salute e del Welfare giapponesi per quegli alimenti le cui proprietà salutistiche siano state attestate da prove scientificamente fondate. Negli Stati Uniti d'America, solo nel 1993 sono stati regolamentati dalla Food and Drug Administration (FDA) i primi "health claims", cioè le indicazioni salutistiche approvate sulla base di evidenze scientifiche, apposte in etichetta sulle confezioni dei prodotti alimentari. Nello stesso anno in Europa è stato promosso dalla Commissione Europea il programma sulla *Functional Food Science in Europe* (FUFOSE), coordinato dall'International Life Sciences Institute. Nel documento finale di tale programma si definiscono *Functional Food* quegli alimenti che, sulla base di accertate evidenze scientifiche, siano in grado di produrre un effetto benefico su una o più funzioni fisiologiche dell'organismo, andando oltre i loro effetti strettamente nutrizionali. L'utilizzo in etichetta delle indicazioni salutistiche e nutrizionali, approvate, previa evidenza scientifica, dall'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA), è disciplinato dal Regolamento CE n. 1924/2006 e successive modifiche e dal Regolamento UE n. 432/2012. La valutazione delle potenzialità salutistiche rappresen-



Figura 1
Grano saraceno comune (A) e tartarico (B)

ta una fase delicata e critica nello sviluppo e nel commercio degli alimenti funzionali. Fondamentale è quindi il ruolo della ricerca scientifica nell'individuare materie prime vegetali o animali, fonti di molecole bioattive, che possano essere utilizzate dall'industria alimentare per la preparazione di alimenti funzionali.

In questo contesto si inseriscono alcune attività di ricerca condotte nella Divisione Biotecnologie e agroindustria presso il Centro Ricerche Casaccia dell'ENEA, in collaborazione con PMI agroalimentari. Tali attività sono volte alla valutazione dell'adattabilità del grano saraceno tartarico (*Fagopyrum ta-*

taricum) in aree montane italiane, al fine di utilizzare la farina ottenuta dalla molitura degli acheni per la formulazione di pasta e prodotti da forno a valenza salutistica. Tale specie, coltivata ed utilizzata nell'alimentazione umana solo in limitate zone della Cina meridionale, India settentrionale, Bhutan e Nepal, ma non facilmente reperibile in Europa, è caratterizzata da un maggiore contenuto in composti bioattivi rispetto al grano saraceno comune (*F. esculentum*) ampiamente utilizzato nell'industria alimentare. Flavonoidi quali rutina e quercetina, dalle riconosciute proprietà antiossidanti, anti-iperglicemiche, anti-infiammatorie, anti-tumorali e anti-mutageniche, sono tra i principali composti ad attività biologica presenti negli acheni di questo pseudo-cereale.

In dettaglio, sono state effettuate prove agronomiche per valutare le varietà maggiormente adattabili e produttive, analisi chimico-fisiche per caratterizzare le farine e quantificare le molecole di maggiore interesse, prove di formulazione, in collaborazione con i partner industriali, di diversi alimenti e relativa caratterizzazione chimica.

I risultati delle prove agronomiche hanno evidenziato che il grano saraceno tartarico si adatta alle aree montane dell'Appennino meridionale a partire dai 1000 m s.l.m., con rese produttive che possono ar-

rivare alle 2 tonnellate/ha, richiedendo pochi input e caratterizzandosi quindi come coltura sostenibile. L'introduzione di tale specie in aree marginali e depresse potrebbe dunque generare un reddito supplementare per le imprese agricole, contribuendo alla diversificazione della produzione e all'aumento della biodiversità.

Le caratterizzazioni chimico-fisiche delle farine hanno confermato l'elevato contenuto in rutina e quercetina delle varietà testate ed hanno evidenziato che i prodotti ottenuti con l'impiego di tali farine sono caratterizzati da un'elevata attività antiossidante e da un contenuto in rutina sufficiente a garantire in alcuni casi anche il 40% del fabbisogno giornaliero di tale composto bioattivo.

Nell'ambito delle ricerche finalizzate all'innovazione di processo e di prodotto, dunque, l'utilizzo del grano saraceno tartarico rappresenta un'interessante soluzione per la preparazione di alimenti salutistici e funzionali. Inoltre la sua valorizzazione ed il suo impiego possono contribuire all'aumento della biodiversità e della sostenibilità dell'agro-ecosistema.

Per approfondimenti: andrea.brunori@enea.it

Valentina Tolaini, Ombretta Presenti, Silvia Procacci, Patrizia De Rossi, Antonella Del Fiore, Chiara Nobili, Andrea Brunori
ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria



Figura 2
Prodotti realizzati con farine di grano saraceno tartarico



Materiali innovativi per il *food packaging*

S. Baccaro, A. Cemmi

Negli ultimi decenni, il tema della sostenibilità ambientale ha rappresentato un aspetto centrale nelle politiche dell'Unione europea e dei paesi più industrializzati, spingendo alcuni settori dell'industria verso filoni di ricerca volti a minimizzare l'impatto ambientale di alcuni beni di uso comune, in particolare nella produzione di polimeri per imballaggio, che rappresentano circa il 40% dell'intera produzione europea di materie plastiche (dati del Plastic Europe Market Research Group relativi al 2012).

Numerose attività e progetti di ricerca hanno riguardato lo sviluppo di materiali innovativi per le diverse tipologie di imballaggio di prodotti alimentari (*food packaging*), in modo da realizzare plastiche biodegradabili o di origine naturale che mostrino caratteristiche simili a quelle delle plastiche tradizionali.

Il *packaging* alimentare rappresenta un fattore chiave nella conservazione degli alimenti: da materiale usato come semplice contenitore, si è trasformato sempre più in un mezzo in grado di ridurre la velocità di decadimento qualitativo del prodotto (proteggendolo dalla contaminazione microbiologica e chimica), garantendone allo stesso tempo il mantenimento delle proprietà organolettiche e nutrizionali.

I materiali usati per l'imballaggio di prodotti alimentari devono rispondere ad alcuni particolari requisiti, quali:

- proprietà di "barriera" nei confronti di gas e vapori (anidride carbonica, ossigeno, azoto, vapor d'acqua) tra l'ambiente esterno e l'interno della confezione e dell'alimento, evitandone il deterioramento;
- assenza di migrazione di agenti chimici dannosi per la salute del consumatore (inchiostri, solventi, elasticizzanti, additivi ecc.) dall'imballaggio all'alimento, aspetto di fondamentale importanza per il mantenimento della qualità igienica degli alimenti (liquidi o solidi) a contatto con l'imballaggio stesso;
- proprietà ottiche (trasparenza, colore, brillantezza) stabili nel tempo e non soggette a modifiche dovute a variazioni di temperatura, umidità, esposizione a radiazioni elettromagnetiche e ionizzanti che rendano il materiale inadeguato all'uso cui è destinato, per motivi di carattere strutturale o estetico;

- buone proprietà meccaniche che ne permettano la lavorabilità con tecnologie tradizionali e la trasportabilità;
- facilità nello smaltimento, nel riciclo o nel riutilizzo (compostaggio).

Nell'ambito della ricerca di nuovi materiali per il *food packaging*, grande interesse è attualmente rivolto alle bioplastiche, ai biopolimeri ed ai polimeri naturali opportunamente modificati. Le bioplastiche sono polimeri ottenuti da materie prime rinnovabili e/o totalmente biodegradabili in tempi brevi (PLA, Mater-Bi, API), mentre i biopolimeri vengono prodotti per azione microbica o batterica a partire da sostanze naturali come cellulosa e zuccheri o da fonti di biomassa vegetale (PBS, PHA, PHB, PHBV). Infine, i polimeri naturali più comunemente impiegati sono quelli ottenuti dalla cellulosa, dalla soia, dall'amido (mais, patate e riso).

Tutti questi composti possono essere prodotti in forma di schiume, lastre e film mono/multistrato, come i polimeri sintetici, a seconda dell'utilizzo richiesto. La produzione di film multistrato riveste particolare importanza in quanto, mediante l'uso di strati con proprietà differenti (antimicrobiche, meccaniche, di permeabilità), è possibile realizzare un prodotto finale dalle caratteristiche uniche e specifiche per le singole applicazioni (contenitori per liquidi zuccherini, per grassi, per prodotti vegetali freschi, caseari o di origine animale). Infine, tra le tipologie più innovative di *food packaging* vi sono gli imballaggi edibili per alimenti solidi, liquidi, freschi o secchi, generalmente in forma di pellicole o strati protettivi di spessore ridotto, del tutto biocompatibili e biosostenibili in quanto di origine totalmente naturale (cere, zuccheri, estratti di alghe, gelatine, chitosano).

L'uso delle radiazioni ionizzanti, come i raggi gamma, per impedire la contaminazione batterica, per la sterilizzazione di particolari alimenti o a scopo antigerminativo su prodotti di origine vegetale, è ampiamente diffuso in numerosi paesi europei ed extraeuropei: tale metodo è suggerito da vari organismi internazionali (Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Alimentazione e l'Agricoltura, Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica, Organizzazione Mondiale della Sanità) ed è soggetto a specifiche normative.

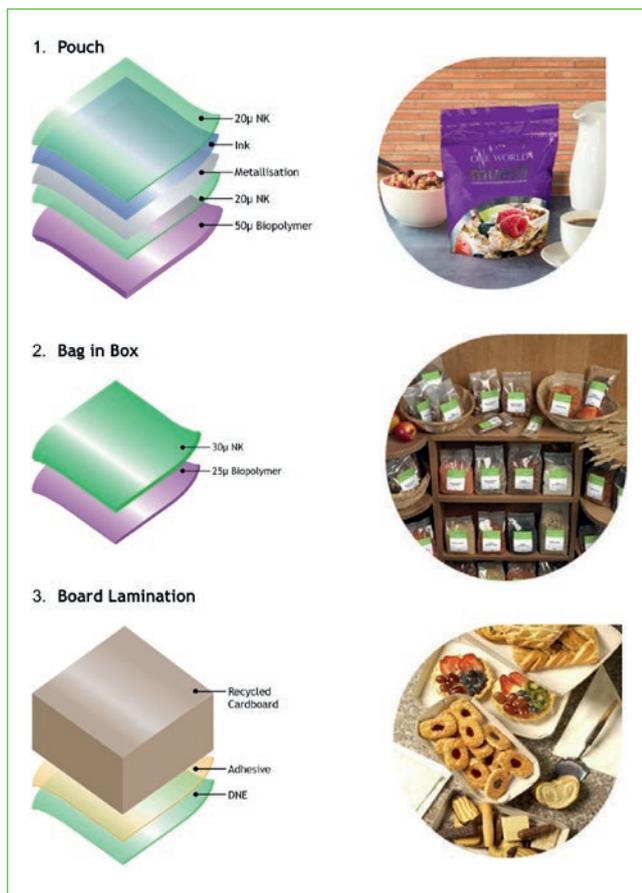


Figura 1
Esempi di film multistrato per *food packaging*
Fonte: <http://www.copybook.com/media/packaging/profiles/innovia-films-ItD/migrated/images/Dried-Foods-Mineral-Oil-Barrier-123.jpg>

Anche se l'irraggiamento dei materiali per il confezionamento di alcuni cibi (in particolare prodotti caseari freschi, succhi di frutta, salse, condimenti) avviene prima del packaging effettivo, buona parte degli alimenti vengono sottoposti ad esso dopo essere stati confezionati, in modo da poter prevenire una successiva infestazione microbica o attacco da insetti. Per questo motivo, il materiale usato per il confezionamento dell'alimento sottoposto ad irraggiamento deve mantenere la propria stabilità, integrità e funzionalità (permeabilità, proprietà meccaniche, capacità di tenuta), oltre che le proprie caratteristiche estetiche. Gli effetti delle radiazioni ionizzanti sui materiali polimerici sono noti da tempo e sono generalmente causati dalla formazione di specie molto reattive (radicali liberi e ioni), in grado di dar luogo a reazioni di formazione di nuovi legami (*cross-linking*) o di rottura delle catene polimeriche preesistenti (degradazione). I processi che coinvolgono l'uso delle radiazioni ionizzanti

possono essere impiegati non solo nella produzione di materiali polimerici, ma anche per modificarne ed ottimizzarne le caratteristiche superficiali o di massa. A causa dell'irraggiamento, inoltre, si può verificare la formazione di specie chimiche (derivanti dal medesimo polimero o dai suoi additivi) che possono migrare verso l'alimento stesso, venendone assorbite e modificandone le caratteristiche organolettiche o tossicologiche.

In tale contesto si inseriscono le attività di ricerca ENEA condotte presso la *facility* di irraggiamento gamma Calliope del Centro Ricerche ENEA Casaccia, attiva da molti anni nell'ambito dei materiali polimerici impiegati in diversi campi (aerospaziale, nucleare, industriale, alimentare, artistico-culturale, medico, in esperimenti di fisica delle alte energie e così via).

In particolare, per quanto riguarda le applicazioni nel settore del *food irradiation*, grande importanza riveste la caratterizzazione del danno radio-indotto su materiali di varia origine (polimeri sintetici e naturali) e di differente tipologia (film mono/multistrato, schiume, lastre, confezionamenti edibili). Lo studio e la caratterizzazione di tali materiali, sottoposti a diverse condizioni di irraggiamento, viene condotta con l'ausilio di numerose tecniche di analisi chimico-fisico, quali spettroscopia infrarossa FTIR/ATR, UV-Visibile e luminescenza, e studio delle specie più reattive, come radicali liberi e ioni, indotte dalle radiazioni gamma mediante spettrometria ESR.

Infine, di estremo interesse è lo studio del comportamento dei materiali irraggiati in diverse condizioni ambientali (atmosfera modificata o aria, temperatura ed umidità variabili) e del materiale al termine dell'irraggiamento stesso, in quanto possono verificarsi fenomeni di degradazione post-irraggiamento con conseguenze negative per l'impiego richiesto. Un ulteriore aspetto da non sottovalutare è la risposta del sistema di etichettatura (inchiostri, colle, sensori ecc.) alle radiazioni ionizzanti: anch'esso, infatti, deve presentare stabilità dimensionale e funzionale non solo durante l'irraggiamento, ma anche per tutto il periodo di vita (*shelf-life*) del prodotto stesso.

Le ricerche e le innovazioni nel campo del *food packaging* rappresentano un aspetto di estrema attualità nell'ambito delle strategie di valorizzazione, per una filiera alimentare sostenibile e innovativa. Ciò si evidenzia, non solo in termini di diminuzione dei rifiuti e dello spreco alimentare, ma anche come incremento del valore aggiunto dal punto di vista igienico-sanitario, della sicurezza e delle prestazioni dell'imballaggio stesso.

Per approfondimenti: stefania.baccaro@enea.it, alessia.cemmi@enea.it

Stefania Baccaro, Alessia Cemmi
ENEA, Divisione Tecnologie, impianti e materiali



Trattamento dei rifiuti organici con compostatori di comunità: sperimentazione ENEA

M. Canditelli, M. Coronidi, N. Faustini, M. Gravagno, P.G. Landolfo, F. Musmeci

Introduzione

Il compostaggio è un processo di stabilizzazione aerobica controllata del materiale organico selezionato dai rifiuti urbani (RU). Sinteticamente, è una tecnica industriale attraverso la quale viene controllato, accelerato e migliorato il processo naturale a cui va incontro qualsiasi sostanza organica per effetto della flora microbica e che permette di ottenere un prodotto biologicamente stabile costituito, da una miscela di sostanze umificate (il compost) da impiegare in attività agronomico-ambientali. Questo processo può essere preceduto, eventualmente, da un recupero energetico attraverso la digestione anaerobica, che consente a sua volta il recupero di gas (metano), recupero che gode del meccanismo di incentivazione dei certificati verdi; in questo caso comunque il digestato deve essere successivamente processato attraverso il trattamento biologico aerobico.

Il compostaggio, nel corso degli anni, si è in maniera definitiva affermato all'interno della gestione integrata e sostenibile dei rifiuti, acquisendo sempre più, nel tempo e nella giurisprudenza, un ruolo prioritario nella gerarchia degli interventi.

In quest'ambito, come ben citato nella Comunicazione della Commissione europea *Roadmap to a Resource Efficient Europe*, il compostaggio si pone non solo come tecnica ottimale per il trattamento del rifiuto organico rispetto alle altre forme di gestione, ma anche come strumento di fondamentale importanza per un uso efficiente delle risorse.

Anche in Italia, come in Europa, questa tecnica costituisce un elemento essenziale di un qualunque sistema integrato di gestione dei rifiuti. Questo tipo di trattamento rappresenta una fra le poche eco-tecnologie validate per migliorare la gestione delle risorse ambientali e valorizzare la varietà di biomasse, nonché per recuperare sostanza organica da destinare ad un'agricoltura, quale quella mediterranea, che ne denota un forte deficit.

La quantità dei rifiuti avviati al compostaggio in Italia rappresenta il 15% del rifiuto totale (Rapporto Rifiuti Urbani 2014 - ISPRA). Questo valore, pur ri-

sultando mediamente inferiore alla media UE a 15 (16% nel 2012) ed essendo molto lontano dall'Austria che arriva al 40%, conferma comunque un andamento sistemico di crescita. Va evidenziato che questo è correlato allo sviluppo di un'impiantistica che elimini gli squilibri presenti tuttora sul territorio nazionale, anche attraverso diverse e nuove tecniche di compostaggio.

La frazione organica nella gestione del rifiuto urbano rappresenta il principale problema da trattare in quanto è:

- in peso, la prima componente (30%) dei 505 kg/abitante/anno dei rifiuti che vengono prodotti. Se si guarda alla produzione delle singole utenze familiari, escludendo quindi le utenze assimilate agli urbani, la frazione organica è del 70%;
- in termini di raccolta differenziata, la maggior percentuale, quasi del 42% (27% di umido e 15% di verde) di tutta la RD (Raccolta Differenziata). Anche se si possono raggiungere percentuali notevolmente superiori (come il 60,8% nella Provincia di Medio Campano, il 52% ad Oristano, il 50% a Salerno);
- in termini economici (la frazione organica non è supportata da un sistema tipo CONAI), nelle diverse tipologie di raccolta differenziata, per le sue caratteristiche e per le elevate frequenze necessarie, rappresenta la prima voce di costo dopo la frazione residua, mediamente 220 euro/t fino a raggiungere nelle regioni meridionali punte di 321 euro/t. L'organico, in percentuale, supera in costi economici il proprio peso fisico;
- in termini di impatto, per la sua putrescibilità, è il primo responsabile dei percolati, delle emissioni di gas serra e dei cattivi odori nelle discariche.

Il compostaggio può essere effettuato in varie scale e con l'utilizzo di diverse tecniche. Ad oggi, i sistemi più utilizzati sono:

- su base industriale, dove con le diverse tipologie (cumuli, bioreattore ecc.) viene processata la frazione umida raccolta in maniera differenziata. Un'analisi della distribuzione degli impianti di compostaggio in Italia mostra una notevole differenza tra il Nord (146 impianti), il Centro (42 impianti) ed il Sud (52 impianti). Questa diversa capacità operativa fa registrare anche casi di trasporto e trattamento fuori regione;
- tramite compostaggio domestico o auto compostaggio. A supporto di questo sistema, in molte realtà locali, viene avviato l'Albo Compostatori comunale, con cessione di compostiere domestiche e sconti sulla TIA/TARSU da parte delle Amministrazioni Locali.

Il potenziale contributo del compostaggio domestico è fondamentale nell'ambito del sistema integrato di gestione dei RU, in quanto il 33% della popolazione italiana vive in case unifamiliari (Fonte Federcasa).

Attualmente, i più moderni approcci alla tematica stanno aprendo nuovi spazi che suggeriscono azioni volte al trattamento e al recupero della frazione organica, da effettuarsi il più vicino possibile ai luoghi di produzione attraverso piccoli impianti di trascurabile impatto.

Compostaggio di comunità

Tra il compostaggio industriale e quello domestico (compostiera) si è aperto un settore molto promettente con l'introduzione di una tecnica che utilizza una taglia impiantistica intermedia: il *compostaggio di comunità* o *di prossimità*. Questo passaggio, nella gestione del rifiuto organico, permette di introdurre un percorso "eco-innovativo" aggiuntivo nel sistema in quanto, attraverso questa tecnica, si risponde alle esigenze mirate di molte realtà locali contribuendo, oltre alla riduzione della produzione dei rifiuti e degli impatti ambientali, a valorizzare il riutilizzo in loco del compost e ad aumentare le possibilità di un cambio comportamentale dei cittadini, in quanto può stimolare ulteriormente stili di vita più consapevoli.



Figura 1
Compostatore a 1 camera sito presso il Centro Ricerche ENEA Casaccia

Questo sistema è basato sull'uso di piccole "macchine elettromeccaniche", in cui il processo aerobico viene mantenuto e accelerato dal continuo apporto d'aria.

Questo tipo di macchinari pongono problematiche tecniche e normative nuove e richiedono, quindi, un necessario ed adeguato monitoraggio. Attualmente, il mercato italiano conta poche installazioni già realizzate, ma in molti paesi del Nord Europa, come ad esempio in Svezia, sono già centinaia i compostatori di comunità installati anche in condomini.

Le tecnologie per il compostaggio di comunità

Tecnicamente, questi impianti, *in relazione alla movimentazione del materiale*, possono essere suddivisi in due tipologie: quelli a camera doppia, che suddividono il processo nelle due fasi di prima maturazione e di bio-stabilizzazione accelerata nelle due camere separate, o quelli a camera unica, ove tutto il processo avviene nella stessa camera.

Nel processo di compostaggio è fondamentale l'utilizzo di strutturante per garantire l'aerazione (controllando di conseguenza il grado di umidità) e l'apporto di carbonio (richiesto per un corretto bilanciamento del rapporto carbonio/azoto) alla massa sottoposta a trattamento biologico aerobico.

Nelle macchine per il compostaggio di comunità lo strutturante è fornito essenzialmente con l'apporto di pellet o di segatura, solitamente aggiunti auto-

Azienda	Macchine	Tipologia	Capacità (t/anno)	Link
Achab Group	BIG HANNA	Camera unica	2-60	http://www.achabgroup.it
Crtech group	SANTAS	Doppia camera	5-20	http://www.crtec.it/
Comar srl	Beetle	Camera unica	5-100	http://www.comarecology.it/
Sartori Ambiente	La compostiera	Doppia camera	16-17	http://www.sartori-ambiente.com/categoria-prodotto/compostaggio-di-comunita/
Mega Srl	Libera	Tre camere	16-17	http://megainweb.it/

Tabella 1
Produttori o distributori italiani di compostatori di comunità



Figura 2
Compostatore a 2 camere sito presso il Centro Ricerche ENEA Casaccia

maticamente o manualmente da un operatore, contemporaneamente all'organico in ingresso. Gli attuali produttori o distributori italiani di compostatori di comunità sono elencati in Tabella 1.

Quadro normativo

La Direttiva Quadro sui Rifiuti (Direttiva 2008/98/CE) ha stabilito i principi della gerarchia dei rifiuti: ridurre, riutilizzare, riciclare, recuperare per minimizzare lo smaltimento. La Direttiva richiede che debbano essere elaborati dei programmi di prevenzione al fine di dissociare la crescita economica dagli impatti ambientali connessi alla produzione dei rifiuti.

Nella Comunicazione della Commissione europea "Roadmap to a Resource Efficient Europe", il rifiuto organico è citato come uno dei tre settori chia-

ve su cui intervenire per un uso efficiente delle risorse (gli altri sono il settore delle costruzioni e quello della mobilità).

Oggi, gli impianti di smaltimento e recupero rifiuti, tra questi anche gli impianti di compostaggio di qualsiasi dimensione, sono autorizzati ai sensi dell'articolo 208 del D. Lgs. 152/2006 al pari degli inceneritori, delle discariche e degli altri impianti, anche rilevanti. Un'alternativa da considerare per le autorizzazioni può essere quella dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate (DM 5/2/1998), da richiedere alle Province e validi 5 anni. Nella revisione del D. Lgs. 152/2006 si introduce la definizione di "autocompostaggio" come "il compostaggio degli scarti organici dei propri ri-

futi urbani, effettuato da utenze domestiche, ai fini dell'utilizzo in situ del materiale prodotto".

In relazione a questa revisione quindi, questa pratica può essere estesa anche ai casi di mense scolastiche, aziendali, e altri soggetti nel caso di utilizzo in loco (per esempio nella propria area verde) del compost prodotto.

Nel caso dell'attività sperimentale avviata in nel Centro Ricerche Casaccia dell'ENEA, che tratta gli scarti della mensa aziendale, per l'impianto utilizzato la Provincia di Roma e la Regione Lazio hanno comunicato la loro interpretazione in questo senso. Per quanto riguarda la natura del compost questo è un ammendante. Il Decreto Legislativo 75 del 2010 sui fertilizzanti definisce gli ammendanti come "materiali da aggiungere al suolo in situ, principalmente per conservarne o migliorarne le caratteristiche fi-

siche o chimiche o l'attività biologica disgiuntamente o unitamente tra loro, i cui tipi e caratteristiche sono riportati nell'allegato 2".

Attualmente, è in discussione in Parlamento un Disegno di Legge che introduce misure volte a semplificare e favorire le pratiche del compostaggio a piccola scala effettuate sul luogo stesso di produzione dei rifiuti, come il compostaggio di comunità, quando l'oggetto del trattamento è costituito da rifiuti biodegradabili in quantità non eccedente le 80 t/anno anche in aree agricole.



Figura 3
Campione di compost

ASTRO - Progetto "Attività Sperimentale Trattamento Organico"

Nell'ambito delle attività ENEA finalizzate all'individuazione di metodologie, processi e impianti eco-innovativi, per il trattamento e la valorizzazione della frazione organica, è stato avviato nel Centro Ricerche Casaccia dell'ENEA, presso il Laboratorio Tecnologie per la gestione integrata rifiuti, reflui e materie prime/secondarie, il Progetto "Attività Sperimentale Trattamento Organico" (ASTRO), che prevede un'attività sperimentale inerente il compostaggio di comunità. L'attività prevede l'utilizzo di compostatori di comunità, con caratteristiche tecniche diverse, che trattano parte dei rifiuti organici

(mensa) e della frazione verde prodotti nel Centro Ricerche Casaccia. Essa è finalizzata a monitorare e verificare il processo in queste macchine, con l'utilizzo di diversi strutturanti per la produzione di compost di qualità.

Attività sperimentale

Le attività di sperimentazione avviate nel periodo 2012-2014 e sintetizzate nella Tabella 2, hanno riguardato il trattamento di parte della frazione umida raccolta in maniera differenziata nella mensa del Centro Ricerche Casaccia, mista a piccole

PROVA	Strutturante utilizzato	Scarti		Totale	Compost	Resa
		mensa	Strutturante			
		Kg	Kg	Kg	Kg	
I	Pellets	592,7	133,9	726,6	167	23%
II	Pellets	454,9	37,5	492,35	115	23%
III	Carta cartone	297,1	14,3	311,4	98	31%
IV	Ramaglie	367,2	57,9	425,1	129	30%
V	Ramaglie Carta e cartone	587,5	44,0	631,45	103	16%
VI	Ramaglie Carta e cartone	317	27,0	343,95	84	25%
VII	Compost II prova	427,5	117,5	545	145	27%
VIII	Pellets e buste di mater-bi	379,5	29,3	408,8	163	40%

Tabella 2
Frazioni organiche trattate

quantità di tovaglioli e tovagliette, con l'utilizzo di diverse tipologie di strutturanti, tutti reperiti esclusivamente all'interno del Centro.

La frazione umida, è stata trattata oltre che con il pellet, in miscela con carta-cartone (contenitori per materiale di genere alimentare), scarti verdi (potature da manutenzione del verde), compost (prodotto in una delle sperimentazioni), nonché miscele dei suddetti ai fini di:

- verificare la possibilità di utilizzo di strutturanti diversi e definire i relativi tempi di processo nelle diverse macchine per evitare l'acquisto di pellet, in considerazione sia dei suoi costi che della disponibilità in loco di frazioni idonee presenti nei RU;
- testare l'efficienza dell'impianto dal punto di vista operativo/gestionale;
- monitorare il processo attraverso i rilevamenti dei principali parametri quali T, U, pH, O₂, CO₂;
- caratterizzare il prodotto/compost ottenuto tramite determinazioni dei parametri previsti dalla normativa vigente;
- qualificare un kit minimo, semplice ed economico, per il monitoraggio del processo di compostaggio che possa essere nel futuro utilizzato ed eventualmente normato per la gestione di routine di questi impianti in condizioni simili (ad es. Albo Comunale Compostatori).

I monitoraggi nelle tecnologie utilizzate hanno permesso di verificare l'effettivo andamento del processo in termini di:

- sviluppo di calore: reazione esotermica tipica del compostaggio a testimonianza di una intensa attività microbica nonché garantita igienizzazione della massa;
- verifica delle condizioni bio-ossidative tipiche della mineralizzazione della frazione organica;
- tenore di umidità richiesto per assicurare l'attività microbica, artefice del processo biologico; durante il processo è richiesta una umidità compresa tra il 50 ed il 65% poiché, valori superiori impediscono il passaggio di aria favorendo l'insorgere di condizioni di anossia negative per il compostaggio mentre, valori inferiori, riducono apprezzabilmente l'attività microbica.

Conclusioni

L'attività sperimentale (2012-14) ha permesso di testare le tecnologie utilizzate che non hanno fatto rilevare criticità tecnico/gestionali. I compostatori

consentono un appropriato monitoraggio del processo biologico aerobico e, soprattutto, il raggiungimento delle temperature richieste per una garantita igienizzazione della massa.

È da sottolineare comunque che, mediamente, il compost prodotto dopo circa 40 giorni di trattamento in impianto richiede un ulteriore periodo di maturazione a terra con predisposizione in cumulo, e altri due mesi per il raggiungimento della completa stabilità biologica.

L'indagine sperimentale ha dimostrato una riduzione in peso di oltre il 70% rispetto al peso della massa conferita in impianto e confermato l'efficienza di altri materiali come strutturanti alternativi agli scarti di manutenzione del verde di cui si denota spesso "il deficit stagionale".

Questa sperimentazione ha, inoltre, permesso:

- di avviare un monitoraggio continuo delle tecnologie presenti sul mercato;
- di ottenere indicazioni molto utili in supporto alla Pubblica Amministrazione Centrale e Locale, per regolamentare l'uso dei compostatori di comunità nel territorio italiano.

A maggio 2015 è stata avviata una nuova campagna sperimentale per proseguire la qualificazione delle principali macchine presenti sul mercato.

Sviluppo del compostaggio di comunità (possibili mercati)

Piccoli Comuni/frazioni di Comuni

I piccoli Comuni e i servizi di ristorazione collettiva rappresentano certamente i primi punti di possibile applicazione del compostaggio comunitario. Questa tecnica può garantire importanti risultati, ma il suo futuro dipende molto dalla semplificazione normativa e da possibili sgravi ed esenzioni per chi l'adotta.

I Comuni italiani con popolazione inferiore ai 1.000 abitanti sono 1.948 (dati 2010): il 66,5% è situato nelle Regioni del nord (1.295 Comuni) e il 33,5% è situato nelle Regioni del centro, del sud e delle isole (653 Comuni).

Per molti di questi Comuni, la gestione del materiale organico rappresenta un "punto debole" con problematiche di natura ambientale ed economica, che spesso obbliga questi territori a smaltirlo nelle discariche. Tutte queste realtà sono, potenzialmente, possibili utenti idonei per il compostaggio di comunità.

Mense

Nelle mense si stimano rifiuti organici per circa 235 grammi/pasto. In Italia mangia a mensa il 6,5% dei cittadini tra i 3 e i 65 anni ((ISTAT 2009); utilizzando i dati della popolazione in quella fascia (ISTAT) si possono ipotizzare circa 4,6 milioni di persone che mangiano a mensa. La dimensione media di una mensa può essere stimata intorno ai 1300 pasti/giorno con i dati del rapporto BioBank (<http://www.biobank.it/it/BIO-articoli.asp?id=754>, 2007) per le mense biologiche.

Il numero di mense è dunque stimato come *popolazione a mensa/dimensione mensa media* intorno alle 3.500; ipotizzando un tasso di penetrazione analogo a quello del biologico (17% sul totale) si otterrebbe

una prima stima di circa 600 macchine installabili nei prossimi anni nelle sole mense. Si possono quindi stimare in circa 1300x235 grammi = 300 kg/giorno gli scarti organici della mensa media; moltiplicati per 220 giorni lavorativi, si ha una necessità di trattamento di 66 tonnellate/anno.

Nel caso delle mense scolastiche (ma non solo), l'installazione di una compostiera di comunità ha una importante valenza didattica e di sensibilizzazione delle famiglie (attraverso gli alunni) al tema della corretta gestione dei rifiuti.

Per approfondimenti:
margherita.canditelli@enea.it, piergiorgio.landolfo@enea.it, fabio.musmecì@enea.it

Margherita Canditelli, Maurizio Coronidi, Nazzareno Faustini, Massimo Gravagno, Pier Giorgio Landolfo, Fabio Musmecì
ENEA, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli



ENEA per **EXPO**
2015 ■■■

ENEA per **EXPO**
2015

GARANTIRE QUALITÀ E SICUREZZA ALIMENTARE

La sicurezza alimentare è elemento imprescindibile per la libera circolazione dei prodotti: solo investendo in sicurezza si potrà ridurre la contaminazione dei prodotti alimentari, rafforzare la fiducia dei consumatori e promuovere quel circolo virtuoso di domanda e offerta che tutela l'autenticità e la qualità delle produzioni. La rintracciabilità di materie prime e prodotti garantisce la loro autenticità.



il tema

Assicurare rintracciabilità e sicurezza degli alimenti

La sicurezza alimentare: da problema a elemento di competitività per il settore agroindustriale

il punto di vista

Intervista a Isabel Castanheira

L'Enea per...

I Materiali di Riferimento per la qualità e la sicurezza alimentare

La spettroscopia laser per la qualità e sicurezza alimentare di prodotti ortofrutticoli

Sviluppo di metodi per la "early detection" di funghi tossigeni in matrici alimentari

Controllo della proliferazione microbiologica dei prodotti ortofrutticoli confezionati

Metodologie analitiche per la determinazione di nutraceutici negli alimenti

Metabolomica per la qualità e la sicurezza alimentare

Sensori laser IR per la rivelazione di adulterazioni alimentari

Anticorpi "verdi" contro le aflatossine per la tutela dei consumatori

Lo studio delle piante geneticamente modificate

Assicurare rintracciabilità e sicurezza degli alimenti

E. Anklam



Prodotti alimentari sicuri sono il prerequisito per una dieta sana. Ogni consumatore, di qualunque parte del mondo, dovrebbe avere il diritto di acquistare alimenti sufficientemente sicuri e di elevata qualità, tali da garantire una dieta nutriente e sana. L'etichettatura dei prodotti alimentari deve essere veritiera e non fuorviante. Scandali alimentari passati e recenti hanno innescato numerose preoccupazioni nei consumatori. Nei dibattiti pubblici vi è una crescente attenzione ai potenziali rischi per la salute derivanti dall'alimentazione. I consumatori sono sempre più bombardati da notizie di scandali alimentari, ma anche da consigli – a volte contraddittori – sulla nutrizione e sulla dieta. Un altro aspetto importante da considerare è la prevenzione e l'individuazione di pratiche fraudolente. I consumatori dovrebbero avere assicurata l'autenticità dei prodotti acquistati; ciò significa che la composizione dei prodotti alimentari deve essere conforme ad ingredienti, contenuto ed origine dichiarati, in accordo a quanto indicato in etichetta.

È fondamentale che le autorità preposte ai controlli alimentari di tutto il mondo abbiano a disposizione strumenti comparabili, tali da assicurare una sorveglianza adeguata a garantire la sicurezza alimentare e a prevenire le frodi lungo tutta la filiera. Tuttavia, considerando che i consumatori, successivamente all'acquisto, si assumono la responsabilità della qualità e

della sicurezza dei prodotti alimentari, vi è anche la necessità di un'adeguata educazione sulla corretta conservazione e preparazione degli alimenti, inclusi i temi dell'igiene in cucina, degli utensili e delle modalità e condizioni di cottura. Il consumo di alimenti sicuri non corrisponde necessariamente ad una dieta sana. Ciò che contribuisce alla salute e al benessere è un consumo equilibrato di alimenti.

La disponibilità di conoscenze su metodi armonizzati e validati è importante per lo sviluppo delle politiche e del quadro normativo. Una volta adottati a livello di politica comunitaria, molti di questi metodi diventano standard "de facto" per i settori industriali, inclusi i settori della produzione di alimenti e mangimi e del controllo ambientale. I materiali di riferimento svolgono un ruolo importante nel porre le basi di un sistema europeo di riferimento per le misure: sono necessari per lo sviluppo del mercato interno, del commercio e dell'innovazione; assicurano la qualità e la sicurezza degli alimenti e la protezione contro le frodi, fornendo strumenti per il rafforzamento della legislazione comunitaria e l'applicazione delle norme tecniche.

L'importanza dei controlli per la qualità e la sicurezza alimentare e i requisiti dei laboratori

Al fine di promuovere e riconquistare la fiducia dei consumatori nel cibo che acquistano è importante

controllare i prodotti lungo tutta la filiera di produzione, applicando così il principio *farm-to-fork*. Le politiche alimentari ed il quadro normativo che ne deriva devono prendere in considerazione gli interessi e le aspettative dei consumatori ed il loro diritto ad acquistare prodotti freschi, salubri e sicuri. A questo proposito, è importante sottolineare che è in vigore una severa legislazione europea finalizzata a garantire sicurezza e qualità di alimenti e mangimi. L'Unione Europea ha stabilito un adeguato quadro di riferimento per affrontare tutti gli aspetti connessi con gli alimenti e i mangimi, come la definizione di tenori massimi, ad esempio di contaminanti (di origine antropica e naturale) e di residui, e di procedure di autorizzazione per alcuni prodotti che entrano nella catena alimentare. L'UE investe in quest'area contribuendo alla sicurezza lungo l'intera filiera alimentare, principalmente attraverso la prevenzione e il controllo e con azioni mirate a debellare le gravi malattie e gli organismi nocivi e a migliorare le attività di controllo. L'obiettivo è quello di tutelare la salute pubblica ed il valore dei settori economici legati alla catena alimentare.

Gli Stati membri provvedono all'attuazione della rigorosa legislazione UE. Il sistema normativo prevede inoltre il requisito dell'accreditamento per i laboratori ufficiali di controllo degli alimenti e strumenti per la garanzia della qualità come l'istituzione di Laboratori di Riferimento Nazionali ed Europei (NRL ed EURL). Gli EURL operano nel campo dei controlli ufficiali per aree specializzate che vanno dai pesticidi, ai contaminanti e rischi biologici, alla salute degli animali. L'obiettivo degli EURL è di garantire prove omogenee e di elevata qualità in tutta l'UE. Inoltre, la Commissione Europea si avvale delle competenze degli EURL al fine di gestire le crisi potenziali e di adottare appropriate misure normative. I programmi di lavoro dei vari EURL sono approvati dalla Commissione Europea.

I laboratori di controllo degli alimenti devono essere attrezzati con strumentazioni di ultima generazione e seguire procedure armonizzate. In molti casi i valori limite fissati dalla normativa sono piuttosto bassi e quindi possono rappresentare una "sfida" per l'analista. Inoltre la dimostrazione di autenticità spesso richiede la determinazione di *fingerprints* e quindi non solo un'eccellente separazione delle singole componenti, ma anche una corretta quantificazione ed interpretazione dei dati.

I risultati ottenuti nei laboratori devono essere affidabili, riproducibili e di elevata qualità. Pertanto i laboratori devono impiegare metodi analitici standard,

armonizzati e riconosciuti a livello internazionale ed essere conformi a criteri di qualità quali l'accreditamento ISO 17025. Quando possibile, i metodi utilizzati dovrebbero essere validati e standardizzati a livello internazionale.

L'importanza del controllo di qualità dei dati analitici e della standardizzazione

In seguito alla crescente standardizzazione a livello europeo e mondiale di metodi analitici e alla diffusione di strumenti a garanzia della qualità, come i Materiali di Riferimento (RM), i metodi validati e i Proficiency Testings (PT), i risultati analitici ottenuti nei laboratori stanno diventando sempre più comparabili. Ciò aiuta a migliorare la qualità dei dati, per esempio nelle banche dati di monitoraggio, così importanti nelle valutazioni di esposizione e negli studi di valutazione del rischio.

Gli operatori del settore alimentare sono responsabili per la sicurezza alimentare in Europa. Si inizia con i controlli effettuati dagli agricoltori e dall'industria delle materie prime, passando per il controllo della qualità degli alimenti durante la lavorazione e prima di lasciare la sala di produzione, nonché i controlli effettuati dall'industria e poi da rivenditori e dalle autorità competenti a garantire la sicurezza dei prodotti commercializzati.

I sistemi comunitari RASFF (*Rapid Alert System for Food and Feed*) e RAPEX (*Rapid Alert System for Dangerous non-food Products*), provvedono ad allertare rapidamente gli Stati membri e gli altri Paesi su problemi legati alla sicurezza dei consumatori, assicurando una risposta rapida e la disponibilità sul mercato di prodotti alimentari sicuri e di elevata qualità.

Questo è essenziale anche nel caso di (potenziali) adulterazioni. In questo ambito, il controllo degli alimenti deve riguardare anche aspetti impreveduti o ignoti. Oggi i laboratori in tutto il mondo sono sempre meglio attrezzati, così da poter affrontare le molteplici sfide analitiche. Tuttavia molti prodotti alimentari sono estremamente complessi in quanto sono costituiti da centinaia di sostanze chimiche. In piante della stessa specie, ad esempio, la composizione dipende da un elevato numero di fattori, come l'origine geografica, le condizioni climatiche e di conservazione, l'età del prodotto ed il tempo di raccolta. Ciò rende le prove di autenticità e la prevenzione dalle frodi una grande sfida.

Va detto che le frodi alimentari sono iniziate con la commercializzazione del cibo e che ancor oggi, i prodotti ad elevato valore quali vino, liquori, olio

d'oliva, carne e latticini sono ad alto rischio di adulterazione. Pertanto la sfida per i controlli ufficiali degli alimenti è quella di tenere il passo con lo sviluppo scientifico e tecnologico e di riuscire a prevedere ed anticipare le potenziali pratiche fraudolente, nonché informare gli organismi normativi il più rapidamente possibile al fine di prendere le opportune contromisure.

I Materiali di Riferimento, i metodi analitici validati per lo specifico scopo ed i criteri di prestazione svolgono un ruolo importante nel gettare le basi di un sistema di misura di riferimento europeo. Essi sono essenziali per lo sviluppo del mercato interno, il commercio e l'innovazione, garantendo la qualità e la sicurezza alimentare, la protezione contro le frodi e fornendo gli strumenti per il rafforzamento della normativa comunitaria e l'applicazione delle norme tecniche. Inoltre, sono di fondamentale importanza per la verifica della rispondenza dei metodi ai criteri di prestazione stabiliti dalla normativa.

Importanza della rete dei laboratori e degli organismi di ricerca

I Laboratori di Riferimento Europei (EURL) supportano i Laboratori di Riferimento Nazionali (NRL) dell'Unione Europea ad ottenere risultati armonizzati e di elevata qualità, attraverso la fornitura di metodi di riferimento, RM, PT e corsi di formazione per il personale dei laboratori. Lo stesso ruolo è assegnato ai NRL, in maniera così da assicurare che tutti i laboratori di controllo nei Paesi membri ottengano risultati comparabili quando analizzano alimenti e mangimi.

Questa rete coordinata sostiene l'armonizzazione dei metodi di analisi utilizzati nei laboratori di tutta l'Unione Europea, in quanto i metodi standardizzati portano a risultati analitici robusti ed affidabili. Il lavoro condotto dagli EURL e dai NRL porta ad una migliore implementazione della legislazione EU, ad esempio attraverso il controllo dei limiti normativi, la riduzione del numero di analisi e l'aumentata fiducia nei risultati delle misure. L'armonizzazione dei metodi e dei risultati riduce il numero delle repliche ed aumenta le possibilità di mutuo riconoscimento. Tutto ciò si traduce nella sicurezza degli alimenti e dei prodotti per i consumatori in tutto il mercato europeo.

Poiché i prodotti alimentari sono miscele complesse e sono costituiti nella gran parte dei casi da un elevato numero di composti chimici, le analisi degli alimenti si propongono a volte come una grande sfida per gli scienziati dei laboratori. Con le strumentazio-

ni di ultima generazione che consentono la rivelazione e la quantificazione di quantità di sostanze anche estremamente piccole e con i nuovi prodotti alimentari che affermano di apportare benefici per la salute, gli analisti si confrontano con un enorme numero di dati da prendere in considerazione soprattutto per le valutazioni rischio/beneficio. Inoltre, l'individuazione di pratiche fraudolente richiede non solo banche dati costituite da dati affidabili, ma anche nuovi approcci analitici per affrontare le sfide poste dalla necessità di individuare importanti marcatori ancora ignoti. La cooperazione attraverso progetti nazionali ed europei sta permettendo di individuare più facilmente soluzioni a queste sfide.

Descrizione del lavoro svolto da alcuni Centri e Laboratori di Riferimento dell'Unione Europea nel settore della qualità e sicurezza alimentare

Di seguito vengono descritti gli obiettivi ed i risultati di due EURL impegnati nel settore della sicurezza alimentare, ospitati presso il Joint Research Centre (JRC) della Commissione Europea, e di un European Reference Centre.

Le *micotossine* sono sostanze tossiche prodotte da funghi che crescono sui prodotti agricoli e possono essere poi trasferite nei prodotti alimentari. Esse si formano ad esempio durante la crescita delle piante o in post-raccolta durante lo stoccaggio delle colture, ma anche sul prodotto finito quando non opportunamente conservato o manipolato. Si stima che circa il 20% dei prodotti alimentari di preminente origine vegetale, possa essere contaminato da micotossine. Tuttavia alcune micotossine possono essere rinvenute anche nel latte e nei prodotti lattiero-caseari o nella carne a causa della contaminazione dei mangimi. Considerando che la frutta, i cereali ed i vegetali in genere costituiscono una componente essenziale della dieta, la normativa europea stabilisce tenori massimi per le differenti micotossine ed i diversi alimenti, così da garantire la sicurezza dei prodotti. Alcune di queste sostanze sono presenti nei cereali ed in un'ampia gamma di prodotti lavorati o conservati inclusi caffè, birra, frutta secca, vino, cacao e frutta a guscio. A livelli elevati, queste sostanze pongono gravi rischi per la salute, come danni a reni e fegato. Altre sostanze come la patulina, una micotossina che si rinviene nelle mele in decomposizione, possono essere trasferite lungo la filiera alimentare in prodotti come il succo di mela, la purea di frutta per bambini e il cidro. L'EURL per le Micotossine si occupa non solo di micotossine quali aflatossine, ocratossina A, patulina, deossinivalenolo, zearalenone, fumo-

nisine B1 e B2, tossine T-2 e HT-2 ed ergot-alcaloidi, ma sta per allargare le sue attività per coprire anche micotossine emergenti quali tossine dell'*Alternaria*, sterigmatocistina, enniatine, beauvericina, moniliformina e diacetossiscirpenolo. Fin dalla sua creazione del 2006, l'EURL ha validato numerosi metodi analitici consentendone l'applicazione ai laboratori di controllo ufficiali. Inoltre ogni anno l'EURL organizza Proficiency Testings per gli NRL. Esempi sono Proficiency Testings per la determinazione di aflatoxina B1 in alimenti per lattanti e bambini, farina di mais e in mangime per animali e per la determinazione di ocratossina A in paprika e chili. Inoltre il JRC produce e distribuisce Materiali di Riferimento Certificati (CRM) da impiegare per l'analisi di micotossine, consentendo così ai laboratori di validare *in-house* i propri metodi analitici e di ottenere risultati robusti e accurati.

Gli *Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)* si possono trovare in svariati prodotti. Possono raggiungere la catena alimentare attraverso la contaminazione ambientale – si possono formare infatti durante la combustione incompleta di composti organici e possono ritrovarsi nelle matrici ambientali – o formarsi durante i processi di affumicatura o cottura alla griglia. Gli IPA rappresentano un'ampia classe di composti chimici, alcuni dei quali costituiscono un rischio per la salute. L'uomo è esposto agli IPA attraverso l'aria e l'acqua potabile, ma soprattutto attraverso l'assunzione di alimenti. La contaminazione degli alimenti con IPA è attribuibile per lo più ai processi di produzione, in quanto questi composti si formano in seguito a combustione incompleta. Le granaglie e le materie prime per la produzione di olii edibili come l'olio d'oliva e l'olio di germogli di soia possono essere contaminate da IPA in seguito ai processi di disidratazione. Gli alimenti di origine animale, invece, si contaminano per lo più durante altre fasi di processo quali: la cottura sulla griglia, la tostatura e l'affumicatura.

La normativa comunitaria e mondiale stabilisce tenori massimi per alcuni IPA. Nel 2005 la Commissione Europea ha stabilito la necessità da parte degli Stati membri di monitorare 16 IPA. Al fine di assicurare la qualità dei dati analitici, i laboratori degli Stati membri devono utilizzare metodi idonei e altri strumenti di garanzia della qualità, quali la partecipazione a Proficiency Testings e l'impiego di (C)RM. L'EURL per gli IPA gestito dal JRC coordina le attività per sviluppare e migliorare i metodi di analisi per il controllo ufficiale dei tenori massimi di IPA e periodicamente organizza Proficiency Testings per mettere alla prova

le capacità della rete degli NRL. Un tema particolare affrontato da questo EURL sono i prodotti affumicati. Molti prodotti alimentari affumicati come pancetta, prosciutto, pesce, salumi e snack aromatizzati, si possono trovare in commercio anche nei supermercati. L'aroma di affumicato può essere il risultato dell'affumicatura tradizionale o dell'aggiunta di un aromatizzante liquido. In linea generale gli alimenti affumicati possono provocare problematiche legate alla salute in quanto il fumo contiene molte sostanze pericolose, inclusi IPA a livelli di concentrazione estremamente bassi. Gli aromi di affumicato sono ottenuti a partire da fumo che viene purificato per rimuovere alcune di queste sostanze tossiche: si tratta di una miscela complessa costituita da più di 400 sostanze volatili e numerosi composti non volatili. Questi aromi sono considerati meno preoccupanti per la salute rispetto ai processi di affumicatura tradizionali perché le concentrazioni delle singole sostanze nei prodotti finali possono essere facilmente controllate. Inoltre la normativa europea regola le quantità che possono essere aggiunte negli alimenti. Il "fumo liquido" è stato utilizzato in maniera estensiva nel sistema alimentare per ottenere caratteristiche aromatiche simili a quelle dei prodotti affumicati in maniera tradizionale. Poiché la produzione commerciale e la purificazione di questo "fumo liquido" coinvolgono aspetti di proprietà intellettuale e di brevetti che le aziende non rivelano, attualmente non esistono metodi analitici che consentano di misurare le quantità di liquido aggiunte agli alimenti. Pertanto, il JRC è impegnato nello sviluppo dei metodi e degli strumenti analitici necessari. La comunità scientifica sta esaminando la composizione chimica e sta caratterizzando numerosi preparati di "fumo liquido" utilizzati come materia prima nell'affumicatura dei prodotti, al fine di determinare la variabilità tra lotti e tra prodotti. Ciò dovrebbe contribuire ad identificare indicatori adeguati per misurare la quantità di aroma aggiunto agli alimenti.

Il settore *vinicolo* rappresenta un importante comparto economico per l'agricoltura di molti Stati membri della Comunità Europea. Alla luce di diversi scandali accaduti, nel corso degli ultimi 25 anni l'Unione Europea ha istituito un programma di controllo che comprende l'individuazione di aggiunte fraudolente di zucchero e acqua al vino e di false dichiarazioni di origine. Il JRC, al fine di assicurare un'adeguata prevenzione delle frodi, ospita una banca dati che supporta gli Stati membri nel loro compito di rilevamento delle frodi. La banca dati europea del vino raccoglie ed elabora i dati

sui rapporti di isotopi stabili presenti nell'alcol (etanolo), che vengono misurati previa distillazione del vino. Inoltre contiene informazioni su origine geografica, anno di produzione, tipo di uva, processo di vinificazione, dati chimico-analitici, composizione del suolo e condizioni meteorologiche durante il periodo di crescita dell'uva. Il *JRC hosted European Office for Wine, Alcohol and Spirit Drinks* (BEVABS), recentemente rinominato in *JRC hosted European Reference Centre for Control in the Wine Sector* è responsabile per l'analisi dei marcatori delle diverse varietà dei vini. Si tratta di un compito impegnativo, che richiede non solo una fitta rete di laboratori di controllo e ricerca, ma anche la disponibilità di metodologie analitiche e tecniche di interpretazione dei dati appropriate all'individuazione dei *fingerprints*.

Conclusioni

Grazie ad un appropriato sistema normativo e ai sempre migliori livelli di controllo dei prodotti alimentari, si può concludere che gli alimenti in generale – ed in particolare gli alimenti commercializzati all'interno dell'Unione Europea – possono essere considerati come sicuri per i consumatori.

È necessario individuare e prevenire le pratiche fraudolente, sia se portano a prodotti non sicuri che a prodotti difformi rispetto a quanto dichiarato in etichetta. La responsabilità non è soltanto

delle autorità di controllo, ma anche dei produttori e dei rivenditori. Tuttavia anche il singolo consumatore è responsabile per la sicurezza dei prodotti acquistati e per la salubrità della sua dieta. La sicurezza alimentare è un problema anche in casa del consumatore.

I laboratori di controllo devono seguire procedure armonizzate ed i risultati ottenuti devono essere affidabili, riproducibili e di elevata qualità. Quando possibile, i metodi utilizzati dovrebbero essere validati e standardizzati a livello internazionale. Gli strumenti analitici che consentono agli Stati membri di ottenere l'affidabilità e la comparabilità dei risultati di misura comprendono: metodi validati, Materiali di Riferimento, *Proficiency Testings* e competenze acquisite tramite percorsi di formazione. I Materiali di Riferimento, ed in particolare i Materiali di Riferimento Certificati, rivestono un ruolo essenziale nel gettare le basi per un adeguato sistema di misura di riferimento. Essi permettono di accertare la qualità e la sicurezza degli alimenti, la protezione contro le frodi, fornendo strumenti per il rafforzamento della legislazione europea e per l'applicazione di norme tecniche.

Elke Anklam

European Commission, Joint Research Centre, Direttore dell'Institute for Reference Materials and Measurements, Retieseweg 111, B-2440 Geel, Belgium

Disclaimer

I punti di vista riportati in questo articolo sono quelli dell'Autore e non riflettono necessariamente quelli della Commissione Europea



La sicurezza alimentare: da problema a elemento di competitività per il settore agroindustriale

G. Zappa

La Commissione Europea ha adottato una politica di sicurezza alimentare mirata ad assicurare un alto livello di protezione della salute umana e la tutela degli interessi dei consumatori, garantendo al tempo stesso l'efficace funzionamento del mercato interno. Misure per la sicurezza alimentare sono state inserite fin dall'inizio nel corpus della legislazione europea ed il quadro giuridico in materia alimentare si è andato via via sviluppando per conseguire la libertà di circolazione all'interno della Comunità degli alimenti e dei mangimi prodotti – o immessi sul mercato – nel rispetto dei principi e dei requisiti generali di sicurezza e per raggiungere l'obiettivo di collocarsi al primo posto nel mondo per quanto attiene la sanità pubblica e la protezione dei consumatori. La politica di sicurezza alimentare adottata dall'UE è caratterizzata da un approccio completo ed integrato. Essa utilizza i criteri generali dell'analisi del rischio basata sulle tre fasi fondamentali di valutazione, gestione e comunicazione.

Nella fase di valutazione viene richiesto di indagare l'intera catena alimentare (“dai campi alla tavola”), considerando i rischi che possono derivare alla salute dei consumatori dalle materie prime e dall'impiego di tecnologie (sia tradizionali che innovative) nelle pratiche agricole e nella lavorazione degli alimenti, tenendo conto anche della tutela della salute e del benessere degli animali, della salute vegetale e dell'ambiente.

La gestione dei rischi si avvale di un'efficace azione normativa, di programmi di prevenzione e sorveglianza e sistemi di controllo. La normativa sulla sicurezza alimentare è per forza di cose in continua evoluzione, per via della diversificazione e variabilità delle fonti di contaminazione, dell'introduzione di nuove tecnologie e dell'impiego di nuovi materiali nei cicli produttivi e del progredire delle conoscenze scientifiche relativamente agli effetti sulla salute delle varie sostanze.

Il supporto tecnico e scientifico alle analisi di rischio e alle politiche comunitarie di sicurezza e salute è fornito in primo luogo dal DG JRC (<https://ec.europa.eu/jrc/en>) ed in tema di sicurezza alimentare un ruolo chiave

rivestono l'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare (www.efsa.europa.eu) e la rete dei Laboratori Europei di Riferimento (<https://ec.europa.eu/jrc/en/eurl>) e di Controllo Ufficiale degli alimenti.

Nonostante tutto, però, la sicurezza alimentare è ancora la principale causa di episodi di malattia nel mondo, con importanti riflessi sullo stato di salute e sulla qualità della vita dei cittadini, sulla spesa pubblica e sulla capacità lavorativa. Secondo le stime 2013 del *Center for Disease Control and Prevention* (CDC - www.cdc.gov), 1 americano su 6 si ammala consumando cibi e bevande. La maggior parte di queste malattie sono infezioni, causate da una varietà di batteri, virus e parassiti. I norovirus costituiscono la principale fonte di infezione, seguiti da *Salmonella* ed *E. coli*, ma le ospedalizzazioni sono in gran parte provocate da *Clostridium botulinum* e *Listeria*. I pericoli di natura microbiologica, a livello globale e per le rapide conseguenze generate, rivestono un ruolo prioritario, sia in considerazione del loro impatto immediato sulla salute dei consumatori, sia per le crisi alimentari che sono in grado di provocare. Già nel 2000 e nel 2005 l'Italia, e l'Europa in generale, hanno attraversato periodi di crisi dovuti rispettivamente alle zoonosi BSE (Bovine Spongiform Encephalopathy), con 120 vittime solo nel Regno Unito, e influenza aviaria, con 369 contagi e 247 morti, che hanno comportato una caduta drammatica dei consumi e una aumentata tensione da parte dei consumatori sulle tematiche della sicurezza alimentare.

Tra le altre malattie riconosciute di origine alimentare ci sono quelle causate da tossine o sostanze chimiche nocive che hanno contaminato gli alimenti. Il rischio chimico, sebbene di minor impatto immediato e generale sulla salute e sulle scelte dei consumatori, rappresenta una problematica di cruciale importanza per il settore agroalimentare e per le problematiche di salute a lungo termine. La normativa nazionale e comunitaria prevede tenori massimi di alcuni contaminanti (es.: nitrati, micotossine, Pb, Cd, Hg, Sn, 3-MCDP, diossine e PCB, IPA) nei prodotti alimentari, con limiti ancora più restrittivi e per un maggior numero di contaminanti per le acque potabili

li, valori massimi di residui delle sostanze attive (fitofarmaci, farmaci veterinari e sanizzanti) nei prodotti destinati all'alimentazione, limitazioni per gli additivi e per i materiali a contatto con gli alimenti e livelli massimi di sostanze indesiderabili nei mangimi. Non tutte le sostanze chimiche che contaminano gli alimenti sono residui o metaboliti di principi attivi utilizzati nei processi di produzione o provengono dai macchinari e dalle tecnologie industriali utilizzate. Alcune sostanze tossiche (quali ad esempio gli inquinanti di origine antropica come le diossine o sostanze di origine naturale, come l'arsenico) possono trasferirsi dall'ambiente alla catena alimentare, altre sono prodotti del metabolismo di particolari funghi e alghe (micotossine e ficotossine). Per quanto riguarda i contaminanti ambientali, grande attenzione deve essere posta ai cosiddetti "contaminanti emergenti", ossia quei contaminanti di diversa origine (es.: biocidi organostannici, ritardanti di fiamma bromurati, composti organici perfluorurati) segnalati dalla letteratura scientifica per ritrovamenti negli alimenti, ma non ancora considerati dalla normativa sulla sicurezza alimentare.

Diverse piante possono poi produrre direttamente sostanze tossiche o sostanze antinutrizionali. Ad esempio nelle solenacee (e particolarmente nella pianta della patata), in dipendenza da numerosi fattori (esposizione alla luce del sole, varietà, grado di maturazione, quantità di fertilizzanti utilizzati nella coltura e condizioni di conservazione, preparazione e cottura), possono essere ritrovate quantità di solanina e tomatina (enzimi inibitori della colinesterasi) tali da produrre anche gravi disturbi neurologici. Nei semi di molte rosacee prunoidi (mandorle amare, pesche, albicocche, ciliegie, prugne, mele, pere nespole del Giappone, fagiolo di Lima, fagiolo di Graiz, tuberi di manioca) sono presenti dei glucosidi (es. amigdalina, prunasina, durrina, linamarina, vicianina) che liberano acido cianidrico: questo è letale a dosi di 0,5-3,5 mg/kg p.c., a basse dosi può essere responsabile di sintomi quali mal di testa, nausea, debolezza muscolare. Le piante possono poi produrre anche sostanze antinutrizionali, ossia sostanze che possono determinare deficienze nutrizionali poiché interferiscono nell'assorbimento di nutrienti o nell'utilizzazione dei loro metaboliti; possono agire verso una o più classi di nutrienti (carboidrati, proteine, sali minerali o vitamine) ed in diversi stadi del processo digestivo.

Altre sostanze chimiche possono formarsi durante il processamento dei prodotti alimentari. Il 3-monocloropropano-1,2-diolo (3-MCPD), ad esempio, si forma in alimenti contenenti grassi e sale quando vengono esposti ad alte temperature durante la produzione (es. proteine vegetali idrolizzate e salsa di soia); l'acrilammide è una sostanza chimica che si forma naturalmente negli

alimenti amidacei durante la cottura ad alte temperature e si può ritrovare in alimenti come patatine, patate fritte a bastoncino, pane, biscotti e caffè. Fu scoperta per la prima volta negli alimenti nel 2002, ma è probabile che vi sia stata presente sin da quando è stata inventata la cottura. L'acrilammide risulta anche da molti processi non alimentari ed è presente nel fumo di tabacco.

Fino a ieri le imprese si limitavano a rispettare i requisiti non investendo "oltre" in sicurezza delle produzioni, oggi invece è matura la consapevolezza che la riduzione della contaminazione sarà sempre più un elemento strategico di competitività e che solo investendo in sicurezza si potrà rafforzare la fiducia dei consumatori e valorizzare la qualità effettiva dei prodotti, contrastando l'instaurarsi di ingiustificati allarmismi ed il sopraggiungere di effetti devastanti in seguito alla diffusione sui media (spesso sconsiderata) di notizie riguardanti la sicurezza alimentare. Questo cambio di visione da parte del mondo produttivo è molto importante e potrà consentire grandi benefici sia in termini di sicurezza e salute che in termini di maggior sviluppo e solidità del settore. Infatti i valori limite di sostanze tossiche o indesiderabili negli alimenti vengono stabiliti in base a valutazioni di rischio basate su dati di esposizione, dati tossicologici e studi epidemiologici, seguendo il principio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), ossia cercando in ogni caso di raggiungere il livello minore che possa consentire ragionevolmente buone procedure di fabbricazione o agricole. Se per alcune sostanze chimiche è possibile stabilire un limite di esposizione che garantisca una "totale sicurezza", ossia un valore al di sotto del quale non occorrono danni sulla salute, per molte altre sostanze (in primis le sostanze cancerogene) i valori limite rappresentano i valori massimi di esposizione per i quali il rischio risulta inferiore ad un limite prefissato di accettabilità. È quindi evidente il vantaggio – in termini di ridotto rischio per la salute – di diminuire quanto più possibile i valori di esposizione.

Per questo motivo la comunità scientifica è impegnata a trovare soluzioni per ridurre ancor di più i valori "ragionevolmente raggiungibili", tenendo conto che il termine "ragionevolmente" comprende sia considerazioni di sostenibilità (del settore economico e di approvvigionamento alimentare), sia considerazioni di ordine tecnico-scientifico. Alcune sostanze chimiche utilizzate all'interno dei cicli produttivi (es.: fitofarmaci, farmaci veterinari, sanizzanti), oltre ad aumentare la produttività e ridurre i costi di produzione, consentono di ridurre il manifestarsi di altre problematiche di sicurezza alimentare (legate per esempio allo sviluppo di patogeni o di funghi micotossigeni) e quindi il loro impiego in alcuni casi non può essere ridotto senza l'insorgenza di altre problematiche di sicurezza. In questi casi è necessario intervenire sulle

tecnologie di produzione, favorendo lo sviluppo e l'utilizzo di pratiche agronomiche mirate a ridurre la contaminazione dei prodotti, tecniche di "precision farming" e modelli previsionali finalizzati alla riduzione dell'impiego di sostanze chimiche nei cicli produttivi e, laddove possibile, la sostituzione di principi attivi sintetici con molecole di origine naturale.

È possibile anche intervenire sulle tecnologie di processo per l'abbattimento dei residui negli alimenti e nei mangimi o per la loro detossificazione, oppure utilizzare packaging innovativi in grado di controllare efficacemente la degradazione dei prodotti, con riduzione dell'impiego di conservanti, riduzione del rischio microbiologico e/o prolungamento della *shelf life*. Anche l'introduzione di tecnologie ICT nelle fasi di produzione, conservazione e stoccaggio, può consentire grandi benefici in termini di garanzia di sicurezza, rintracciabilità, controllo e riduzione dei processi di degradazione e contaminazione.

La sicurezza alimentare è pertanto oggi strettamente legata all'innovazione e alla sostenibilità dei sistemi produttivi e rappresenta forse il più importante elemento di competitività delle imprese. Investire in sicurezza vuol dire ridurre i rischi di perdita improvvisa di fiducia (per il brand o per l'intera filiera) per eventi accidentali; vuol dire prevenire adeguatamente le problematiche di sicurezza del futuro (contaminanti persistenti, bioaccumulabili e contaminanti emergenti), orientando fin da subito le tecnologie ed i processi produttivi e di controllo. Vuol dire poi riuscire ad immettere sul mercato prodotti – o combinazioni di prodotti – via via più salubri e/o particolarmente indicati per un maggior consumo in sicurezza, per fasce della popolazione più suscettibili (es.: donne in gravidanza, prima infanzia), affetti da particolari patologie o più adatti per particolari stili di vita, abitudini di consumo, tipologia di dieta. Per tradurre fin da subito l'investimento in sicurezza in elemento di competitività per le imprese è necessario promuovere un'azione di informazione/formazione che consenta ai consumatori di effettuare scelte consapevoli e di valorizzare adeguatamente i prodotti, gettando le basi per l'instaurarsi di quel circolo virtuoso di domanda-offerta di prodotti sempre più salubri e di qualità. Dalla convergenza di interessi tra mondo produttivo e consumatori e dalla promozione degli investimenti delle imprese sulla sicurezza alimentare potranno derivare grandi benefici in termini di sicurezza e salute, di sviluppo del settore agroalimentare e di consolidamento e allargamento dei mercati.

La comunicazione dei rischi associati alla catena alimentare è in particolare un elemento cardine e richiede – al fine di migliorare efficacemente la sicurezza e di

costruire la fiducia dei consumatori – di comunicare i rischi in modo aperto e trasparente, sulla base dei pareri indipendenti di esperti scientifici. Non è però sempre possibile tradurre i risultati scientifici in consigli semplici che i non addetti ai lavori possano comprendere o seguire con facilità. Per questo motivo EFSA, al fine di promuovere la cooperazione e l'omogeneità nella comunicazione del rischio, ha varato le linee guida per la comunicazione del rischio, dal titolo "Alimenti: temporale in arrivo? Ricette collaudate per la comunicazione del rischio" (disponibile sul sito internet dell'EFSA l'edizione 2015). Le linee guida sono frutto della collaborazione con i membri del gruppo il lavoro sulla comunicazione del foro consultivo (AFCWG), rete attraverso la quale EFSA si raccorda con le agenzie nazionali di sicurezza alimentare.

ENEA, nel suo ruolo di supporto allo sviluppo sostenibile del sistema agroindustriale, affronta il tema della sicurezza alimentare in maniera integrata e trasversale, interconnettendo gli ambiti della sicurezza con quelli dell'innovazione e della sostenibilità e contribuendo in maniera decisiva allo sviluppo della metrologia per il settore agroalimentare. Svolge attività di ricerca per la qualità, la sicurezza e la rintracciabilità di alimenti e mangimi, per la valutazione del rischio di trasferimento di contaminanti alla catena alimentare, per individuare di rischi e benefici delle nuove tecnologie (es. nanotecnologie) e per la valutazione del rischio di esposizione ad agenti chimici attraverso la dieta. Gli studi sulla sicurezza alimentare vengono condotti considerando l'intera filiera, dalla produzione primaria, ai processi di trasformazione e conservazione, fino all'utilizzo finale. Anche gli studi di valutazione del rischio vengono affrontati con un approccio integrato, considerando gli apporti delle diverse vie di esposizione attraverso la dieta, negli ambienti di vita e di lavoro.

ENEA è incluso nella lista delle Organizzazioni Competenti riconosciute da EFSA, collabora con il Laboratorio europeo di riferimento EU RL-CEFAO, partecipa alla piattaforma tecnologica *Food for Life*, è coordinatore del progetto Cluster Agri-food Nazionale sulla Sicurezza Alimentare, partecipa alla definizione della *Roadmap* del Cluster Agri-food Nazionale (con ruolo di leader della traiettoria 2 sulla Sicurezza Alimentare) e porta avanti numerosi progetti nazionali ed europei per la sicurezza alimentare, l'innovazione e la competitività del sistema agroindustriale. Svolge poi attività di ricerca e trasferimento tecnologico per le imprese, per gli organismi di ricerca e controllo e per le Amministrazioni Pubbliche.

Giovanna Zappa
ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria

Intervista a Isabel Castanheira

di Maura Liberatori



Si fa presto a dire sicurezza

Il Regolamento 178/2002 stabilisce i principi e i requisiti generali della legislazione alimentare europea, introducendo il concetto di sicurezza lungo tutta la filiera produttiva, “dal campo alla tavola”. Il fine ultimo è quello di garantire la salubrità del cibo per i consumatori (che spessissimo si affidano a questa garanzia) e di regolare gli scambi di prodotti tra diversi Paesi o aree geoeconomiche. Il tema, in tempi di globalizzazione, e aumentata sensibilità dei consumatori, è sempre più attuale. Ma per garantire la sicurezza di un alimento, occorre da un lato stabilire quali siano i requisiti di sicurezza (valori limite di contaminanti, additivi e procedure consentite ecc.) e dall'altro lato un efficace sistema di ispezioni e controlli. In entrambi i casi le misure giocano un ruolo essenziale. Occorrono dati (risultati di misura) affidabili e comparabili, internazionalmente condivisi. In questo ci viene in soccorso la metrologia. Ne parliamo con Isabel Castanheira*.

A vantaggio dei lettori sarà utile dare una definizione chiara di metrologia: possiamo concordare con “scienza della misurazione”. La radice del nome è la medesima del metro, l'unità di misura della lunghezza. Quanto sono

più complicate le misure per definire sicuro un cibo?

La metrologia per alimenti e nutrizione rappresenta probabilmente uno dei compiti più impegnativi per coloro che sono coinvolti nei processi di misurazione. L'identificazione delle sostanze chimiche e la loro quantificazione rigorosa è ancora agli esordi in molti settori. I parametri chimici e biologici che possono intervenire sulla sicurezza degli alimenti sono numerosi e a volte difficilmente misurabili. Recentemente alcuni autori hanno sottolineato, ad esempio, la necessità di introdurre i principi e le pratiche metrologiche nella caratterizzazione dei nanomateriali utilizzati nella produzione di alimenti. Nelle cosiddette analisi “classiche” di sostanze, quali nutrienti e contaminanti persistenti, sono disponibili adeguate metodologie analitiche e criteri di valutazione delle prestazioni strumentali idonei allo specifico scopo (limite di quantificazione; robustezza o selettività). Tuttavia, a causa della crescente complessità degli alimenti immessi sul mercato, i pretrattamenti, e in particolare l'estrazione della sostanza di interesse (analita), rappresentano spesso una sfida in diversi ambiti applicativi, come quello dei contaminanti emergenti.

Parliamo di chimica e biologia: alcune sostanze note e relativamente stabili (gli elementi chimici), altre per loro natura in divenire attraverso reazioni e relazioni. Nel caso della catena alimentare chi decide cosa misurare?

Questa è una domanda molto interessante. Si possono distinguere sostanzialmente due situazioni. La prima è quella delle sostanze già definite come prioritarie dalla comunità scientifica attraverso ricerche effettuate nell'ambito del precedente programma quadro europeo. In questo caso sono disponibili le liste dei contaminanti, dei nutrienti e delle sostanze con presunti effetti sulla salute (come ad esempio i fitochimici). La seconda situazione riguarda invece quelle sostanze che non sono state ancora definite come prioritarie, ma la cui presenza in alcuni alimenti è stata evidenziata da recenti studi scientifici ed il cui impatto sulla salute umana deve essere valutato. Queste sostanze sono definite "contaminanti emergenti". In questo secondo caso le attività scientifiche sono focalizzate sull'identificazione più che sulla quantificazione. La maggior parte dei contaminanti prioritari deve essere misurata obbligatoriamente secondo quanto stabilito dalla normativa europea, mentre nel caso dei contaminanti emergenti è lo scienziato che decide cosa misurare.

Come si stabiliscono i valori limite?

L'assunzione attraverso la dieta è stata riconosciuta come una delle principali cause di accumulo degli inquinanti chimici ambientali nei tessuti umani. I metalli ed i metalli in traccia sono già inclusi nella lista delle sostanze potenzialmente pericolose. Recentemente, molti studi hanno confermato che l'assunzione attraverso la dieta può rappresentare la più importante via di esposizione per arsenico (nelle sue diverse forme chimiche), cadmio, mercurio, metilmercurio e piombo. Anche per i contaminanti emergenti, la dieta è considerata una delle principali vie di esposizione: in particolare, gli alimenti sono ritenuti la principale fonte per tre quarti dei composti inclusi nelle diverse categorie di contaminanti emergenti.

Tuttavia, la distribuzione di contaminanti tra le diverse parti degli alimenti è una questione ancora aperta. Vi è un consenso generale sul fatto che i tassi di distribuzione sembrano essere componente-specifici e che la maggior parte dei composti tendono ad accumulare nelle parti non-edibili degli alimenti piuttosto che in quelle edibili. Non è chiaro, tuttavia, se esista effettivamente una correlazione significativa tra i contaminanti nei prodotti alimentari e gli inquinanti in aria, suolo, sedimenti, e biota. Inoltre, la valutazione del rischio di contaminazione degli alimenti si basa principalmente sul confronto

dell'esposizione con valori di riferimento tossicologici. Così, per meglio comprendere se gli alimenti siano la principale fonte di esposizione umana a contaminanti emergenti, dovrebbe essere effettuato uno studio di correlazione tra l'assunzione attraverso la dieta ed i livelli di contaminanti emergenti e persistenti nelle polveri, in aria e nel biota. Questo è il motivo per cui il cibo e l'assunzione attraverso la dieta dovrebbero essere studiati considerando la loro azione distinta rispetto a quella delle altre vie di esposizione ai contaminanti.

EFSA, FAO e Codex stabiliscono i livelli massimi di esposizione e i valori limite, sulla base di un ricco set di studi che comprende metodi analitici affidabili, individuazione e caratterizzazione dei pericoli e dei meccanismi di tossicità, genotossicità e citotossicità. In questi studi, i principi e le pratiche metrologiche e l'attuazione della norma ISO 17025 svolgono un ruolo importante per garantire l'affidabilità dei risultati e stabilire valori limite di assunzione o del contenuto di un contaminante in un alimento.

Una volta individuata una componente da misurare, in cosa consiste il processo di misura?

Il processo di misura può essere estremamente complesso quando si parla di alimenti e nutrizione. Esso richiede un approccio per fasi successive, tra cui: preparazione del campione, estrazione della componente di interesse dalla matrice, misura strumentale. Per garantire che l'intero processo sia svolto in maniera rigorosa, i laboratori di controllo dovrebbero porre in atto un programma di assicurazione della qualità, che comprenda l'utilizzo appropriato di un sistema interno di controllo qualità e la partecipazione a programmi collaborativi di verifica delle prestazioni. Per garantire la riferibilità al Sistema Internazionale (SI), le strumentazioni devono essere tarate e devono essere utilizzati adeguati materiali di riferimento di matrice quanto più possibile simile al campione da analizzare. Tuttavia questa è la situazione ideale, che si verifica solo in alcuni casi e in particolare l'applicazione della metrologia alle misure connesse con i contaminanti emergenti rappresenta ancora una sfida.

Ovviamente non tutti i prodotti alimentari che entrano nel mercato possono essere analizzati ma anche con analisi a campione sono tantissime le misure effettuate ed i laboratori coinvolti. Come possiamo essere sicuri della loro affidabilità? Le misure eseguite dai diversi laboratori sono tra loro comparabili?

Attualmente sono disponibili una serie di raccomandazioni e linee guida che descrivono le modalità di cam-

pionamento. Pertanto, per i laboratori e i loro clienti, è semplice adottare piani di campionamento con definiti siti di prelievo, numero dei campioni primari, dei campioni di laboratorio e delle repliche e dimostrare che i piani adottati hanno un fondamento scientifico. Inoltre Eurachem e Codex hanno pubblicato linee guida specifiche sul calcolo dell'incertezza nel campionamento. Pertanto sono disponibili importanti documenti a supporto della garanzia dell'affidabilità dei risultati di misura. La metrologia costituisce di per sé una sfida ed una spinta a cercare sempre il meglio.

La metrologia mette a disposizione gli strumenti per individuare le differenze tra i risultati ottenuti da laboratori diversi, come ad esempio gli studi collaborativi ed i confronti interlaboratorio. Una serie di Proficiency Testings sono disponibili per alcune diverse combinazioni analita-matrice. L'assegnazione dei valori ai materiali di riferimento avviene attraverso confronti interlaboratorio e campagne di certificazione. Questi strumenti sono disponibili per quelle sostanze per le quali è riconosciuta la necessità di scambio e condivisione di dati e informazioni, quali le sostanze inorganiche, i pesticidi e l'acrilamide. Ma per le nanoparticelle, i contaminanti emergenti e i fitochimici deve essere svolto ancora un grande lavoro.

Cos'è l'incertezza di misura? È importante conoscerla?

Il BIPM (*Bureau International des Poids et Mesures*) ha recentemente rivisto la definizione di incertezza di misura, intesa come "parametro non negativo che caratterizza la dispersione dei valori che sono attribuiti a un misurando, sulla base delle informazioni". Il parametro citato nella definizione può essere, per esempio, uno scarto tipo (*standard deviation*) chiamato incertezza tipo (*standard measurement uncertainty*) o un multiplo specificato di questa, oppure la semiampiezza di un intervallo avente una probabilità di copertura stabilita. Certamente è importante conoscere l'incertezza di misura, perché è uno strumento per garantire l'affidabilità dei risultati. I valori analitici senza un'incertezza di misura associata sono risultati senza significato in quanto non confrontabili né tra loro né con valori soglia. Inoltre essa svolge un ruolo importante nella scelta delle metodologie analitiche ed è uno strumento per dimostrare la qualità dei risultati e le prestazioni dei laboratori.

Per stimare l'esposizione attraverso la dieta a contaminanti alimentari, è necessario considerare la varianza dei risultati di misura a livello di laboratorio. L'affidabilità dei dati analitici è infatti un elemento critico per esaminare e confrontare correttamente i valori ottenuti nel tempo e tra i diversi Paesi.

In Europa è ampiamente riconosciuto che la valutazione dell'incertezza di misura è di fondamentale importanza nell'individuazione delle fonti di variabilità dei dati analitici. Per quanto riguarda le metodologie per stimare l'incertezza, esse sono basate sulla distinzione tra la valutazione dell'incertezza svolta dal laboratorio stesso ("approccio intra-laboratorio") – che può essere effettuata attraverso la legge di propagazione basata su un modello matematico, o mediante l'utilizzo di dati ottenuti durante la validazione del metodo ad opera di un singolo laboratorio – e la valutazione dell'incertezza basata su studi collaborativi ("approccio inter-laboratorio"), effettuata utilizzando i dati di valutazione collaborativa delle prestazioni dei metodi (in accordo alla norma ISO 5725), quali accuratezza (esattezza e precisione), o i dati derivanti da confronti interlaboratorio (approccio Proficiency Testings). La maggior parte dei laboratori utilizza un approccio top-down, più facile da usare se confrontato con l'approccio basato sul modello matematico e che agevola notevolmente chi deve valutare i dati provenienti da numerosi laboratori.

Quali sono oggi i rischi emergenti? Come vengono affrontati?

È difficile stilare una lista esaustiva dei rischi emergenti. In ogni caso possiamo dire che senza la metrologia, l'autenticità dei prodotti, l'etichettatura e la sicurezza alimentare sarebbero molto più difficili da valutare e gli scenari connessi con i cambiamenti climatici sarebbero molto più difficili da disegnare. Attualmente, i rischi per la salute umana associati con l'assunzione di cibi contaminati rappresentano un'area di ricerca fondamentale. I contaminanti emergenti possono originare da fonti agricole, urbane e rurali. Questi composti comprendono: prodotti farmaceutici, industriali, per la cura personale, profumi, ritardanti di fiamma, pesticidi, nanomateriali e tensioattivi. Numerosi studi riportano la presenza di composti perfluorurati (PFC) negli alimenti. Il perfluorottano sulfonato (PFOS) e l'acido perfluorottanoico (PFOA) sono i PFC più importanti. I PFC sono stati utilizzati come smacchianti in tessili, vernici, smalti, adesivi, imballaggi per alimenti e nell'elettronica. Un'altra importante classe di contaminanti emergenti rilevati in campioni alimentari è quella dei prodotti per la cura personale (Personal Care Products – PCP). Questi includono agenti antimicrobici (es.: triclosan e triclorcarban), aromatizzanti sintetici (es.: muschio bianco), repellenti di insetti, conservanti (es.: parabeni) e filtri UV. Questi contaminanti sono stati quantificati da molti autori in pesce, frutta, prodotti vegetali, acqua ed altre bevande. Per quanto riguarda i contaminanti emergenti, ci sono ancora alcune lacune, come la disponibilità di

metodi analitici e lo sviluppo di materiali di riferimento certificati, aspetti in cui il contributo della metrologia è cruciale.

Un altro esempio legato al settore agroalimentare è l'acqua dagli estuari. Questa veicola le sostanze derivanti da attività antropiche potenzialmente pericolose per la salute umana e l'ambiente e, allo stesso tempo, fornisce importanti servizi ecosistemici, in particolare per gli agricoltori locali. I contaminanti interessati sono molteplici: dai metalli (frequentemente riportati), agli IPA, agli altri inquinanti organici persistenti, fino ai contaminanti emergenti (ad es.: tensioattivi, ritardanti di fiamma, prodotti farmaceutici e prodotti per la cura personale) di cui non sono chiari destino, comportamento, tossicità e impatto a lungo termine sulla salute umana e sull'ecosistema. Studi di valutazione integrata che collegano questi contaminanti e i loro effetti sulla salute umana e sull'ecosistema in estuari, sebbene fondamentali, sono ancora carenti in molte zone rurali d'Europa.

Come regola generale, è necessario produrre dati analitici affidabili applicando una corretta analisi di rischio, come quella adottata dal WHO (Organizzazione Mondiale della Sanità), che prevede l'identificazione dei pericoli, la caratterizzazione dei pericoli, la valutazione dell'esposizione e la caratterizzazione del rischio.

Lei dirige il settore in una organizzazione inter-governativa: i singoli Paesi faticano ad implementare queste regole?

L'International Measurement Confederation (IMEKO), fondata nel 1958, è una federazione non-governativa di 38 organizzazioni impegnate nel progresso delle tecnologie di misura. Ha uno status di organo consultivo con UNESCO e UNIDO ed è una delle 5 Sorelle del FIACC (Five International Associations Co-ordinating Committee). L'obiettivo fondamentale di IMEKO è promuovere lo scambio internazionale delle informazioni tecniche e scientifiche nel campo della misura e delle strumentazioni e sviluppare la cooperazione internazionale tra scienziati e ingegneri del mondo della ricerca e dell'industria. IMEKO comprende un General Council, un Advisory Board, un Technical Board, un Drafting Committee e un Credential and Membership Committee. Inoltre, al fine di realizzare i propri obiettivi, è organizzato in 24 Commissioni Tecniche (TC). Le TC organizzano simposi, conferenze, workshop, seminari e pubblicano *proceedings*, libri di testo, glossari e studi. Recentemente IMEKO ha deciso di creare un Comitato Tecnico per Alimenti e Nutrizione (TC23 – Metrology in Food and Nutrition). Lo scopo di questo importante atto è di rafforzare il legame tra gli alimenti, il loro consu-

mo e la metrologia, così da consentire l'allargamento dei principi e dei concetti metrologici nel panorama degli alimenti e nutrizione, attraverso un'organizzazione internazionale supportata da una serie di importanti esperti in metrologia. IMEKO TC23 è un'organizzazione su base volontaria, dove tutti i membri presentano il loro lavoro scientifico giungendo a conclusioni preliminari o definitive in diversi settori, quali le tecnologie alimentari, l'etichettatura, i processi normativi, la valutazione del rischio o la valutazione dell'assunzione attraverso la dieta. È un forum scientifico nel quale dibattere le strategie per incorporare le pratiche ed gli strumenti metrologici in una valutazione globale delle fonti di errore. Il grado di difficoltà nell'implementazione dei principi e degli strumenti dipende da quanto approfondita è la conoscenza sulle fonti di errore e sul loro impatto sul risultato finale.

Risultati affidabili nel settore degli alimenti e nutrizione sono un fattore cruciale per coloro che sono coinvolti nella ricerca sulla nutrizione, sugli studi epidemiologici e sullo sviluppo di prodotti, così come nelle politiche governative che riguardano salute, nutrizione e agricoltura. La metrologia per alimenti e nutrizione porterà al progresso delle misure. Essendo la metrologia per alimenti e nutrizione una disciplina emergente ancora da sviluppare, il contributo delle conoscenze già capitalizzate nel settore dei Materiali di Riferimento, dei metodi di riferimento, della taratura, dei Proficiency Testings o dell'incertezza di misura sarà un elemento cruciale.

Quanto è complicato trasferire ai decisori politici e ai legislatori i saperi degli scienziati e dei metrologi?

Bella domanda! A volte è difficile, altre non così tanto. Dipende da come si relaziona la comunità scientifica con la comunità politica e viceversa. Una regola che bisogna seguire – in tutti i progetti di ricerca che coinvolgono una terminologia complessa, ma i cui risultati sono molto importanti nella vita quotidiana – è di creare azioni di disseminazione utili allo scopo. La progettazione di queste azioni dovrebbe essere effettuata in base alle reali necessità delle parti interessate. Il trasferimento delle informazioni deve essere compiuto sulla base di un solido supporto di evidenze scientifiche in maniera da dimostrare che le direttive, le raccomandazioni o altri documenti da produrre attraverso prove scientifiche sono una vera e propria necessità.

E i consumatori? Quanto/cosa/come informarli?

Tutta la ricerca scientifica articolata secondo principi e pratiche metrologiche dovrebbe essere guidata dalle necessità degli utenti finali. Bisognerebbe cercare una

terminologia accessibile ai consumatori che consenta una scelta consapevole ed una selezione degli alimenti e dei trattamenti rivolta verso abitudini alimentari sane. Tuttavia vi sono alcune situazioni in cui questo non è un compito semplice. Un'etichettatura o un'indicazione sulla salute implica che il cibo sia stato coltivato, prodotto, trasformato o confezionato utilizzando sistemi di assicurazione della qualità e rigorosi controlli nell'ambito della norma ISO17025. Gli intenti della metrologia sono di migliorare la sicurezza ed il valore nutrizionale degli alimenti. I consumatori possono trarre beneficio da tutto ciò in termini di soddisfazione delle esigenze alimentari e sanitarie o delle preferenze individuali.

Ad esempio, gli effetti non voluti degli acidi grassi trans, del contenuto di sale, dell'acrilamide o del contenuto di arsenico inorganico sono stati ampiamente riportati nella letteratura scientifica. In alcuni Paesi i blog internet e i media sono utilizzati come canali popolari per diffondere l'informazione scientifica. Recentemente negli Stati Uniti, l'FDA ha pubblicato un blog su come la sicurezza del riso sia legata ai livelli di arsenico inorganico. Questi sono alcuni esempi di come i consumatori possono essere informati.

Inoltre la disseminazione delle informazioni scientifiche attraverso canali affidabili rappresenta di per sé un'area in cui sono disponibili molti lavori. Vi sono evidenze scientifiche sulle scelte alimentari, soprattutto sul fatto che il concetto di cibo sano è in relazione più con l'assenza di contaminanti che con l'elevata quantità di sale o zucchero. In altri casi, come per le attuali raccomandazioni sulla riduzione del consumo di sodio, la copertura mediatica della questione ha prodotto in molti Paesi reazioni contrastanti dei consumatori: alcuni consumatori le percepiscono come una restrizione delle scelte alimentari, mentre altri esprimono un sentimento contro le politiche del governo. L'uso di informazioni supportate da una solida base di dati analitici è la via per incrementare le scelte alimentari sane da parte dei consumatori.

Nel 2014 si è svolto a Roma, organizzato da ENEA, il primo congresso di metrologia per gli alimenti e la nutrizione, che cosa è emerso? Quali le sfide per il futuro?

La prima conferenza IMEKOFOODS è nata da precedenti eventi congiunti con le commissioni tecniche

IMEKO TC8 (Tracciabilità) e TC24 (Chimica) svoltesi a Budapest, Parigi e Lisbona. La prima Conferenza internazionale IMEKOFOODS (www.imekofoods.enea.it), che si è svolta a Roma ed è stata organizzata da ENEA con il tema "*Metrology Promoting Objective and Measurable Food Quality and Safety*", ha raccolto oltre 120 partecipanti, con 79 lavori tra sessioni orali e sessioni poster. Le 44 comunicazioni orali sono state presentate nel corso di sessioni tematiche di carattere generale, riguardanti *tools* per la standardizzazione, biologia molecolare, chimica analitica, composizione degli alimenti e nutrizione, analisi sensoriale, rintracciabilità e autenticità, sensori per la qualità e la sicurezza alimentare, nanoparticelle negli alimenti, e due sessioni dedicate al latte e all'olio di oliva. In aggiunta, sono state tenute 3 *key lectures*, 5 *invited lectures* ed una *special lecture*, che hanno introdotto le diverse sessioni. I 35 poster erano focalizzati su diverse tematiche. L'evento ha previsto anche una esposizione durante la quale diverse aziende hanno messo in mostra i loro prodotti. Nel corso della riunione del TC23 che si è svolta durante la Conferenza sono state affrontate diverse questioni ed è stato deciso che la prossima Conferenza IMEKOFOODS si svolgerà presso l'Università del Sannio a Benevento nel 2016.

Ci sono diverse tematiche che sarà necessario affrontare in futuro. Questo secolo e gli anni a venire saranno un periodo d'oro per la metrologia per alimenti e nutrizione. Il prossimo Congresso mondiale IMEKO si svolgerà nel settembre 2015 a Praga, nella Repubblica Ceca. Sarà un'opportunità per discutere i temi caldi della metrologia per alimenti e nutrizione. Numerosi lavori saranno focalizzati sui contaminanti alimentari, sulla rintracciabilità e l'autenticità degli alimenti e sulla nutrizione. La Conferenza internazionale 2nd IMEKOFOODS che si svolgerà l'anno seguente in Italia sarà un forum in cui dibattere i temi all'avanguardia. Il fine è quello di rafforzare il link tra la scienza degli alimenti e la metrologia, in modo da consentire la diffusione dei principi e dei concetti metrologici nel settore degli alimenti e nutrizione, tramite un'organizzazione internazionale che si avvalga di un pool importante di esperti in metrologia.

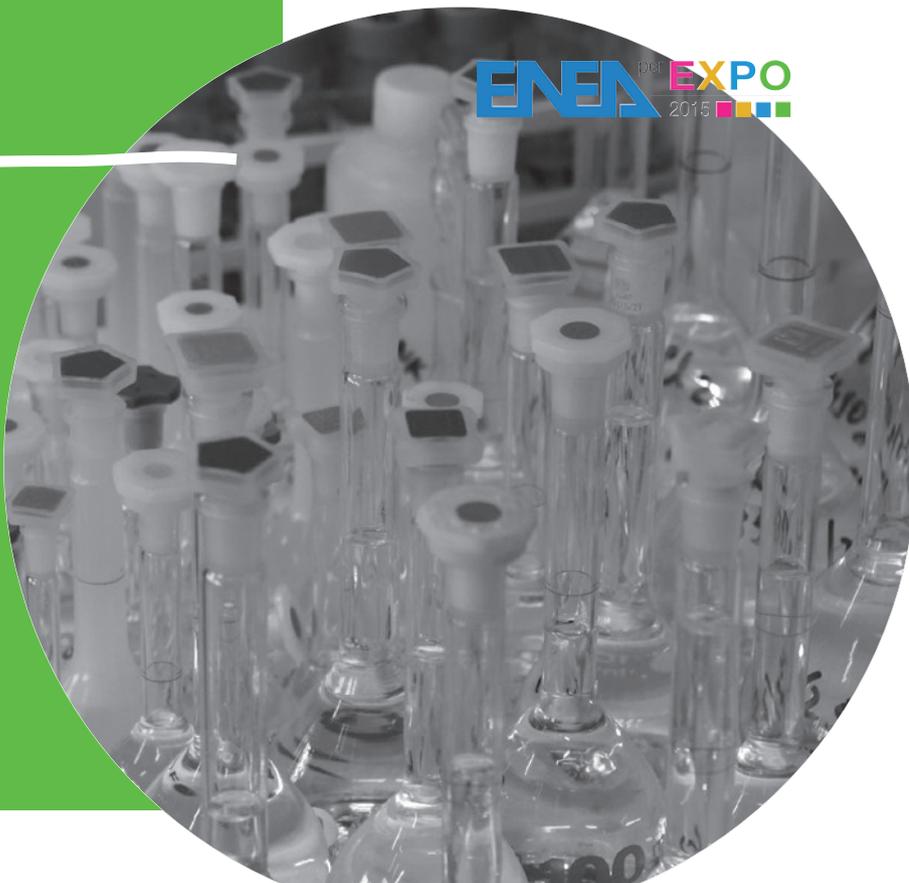
* Isabel Castanheira

Chair della IMEKO TC23 "Metrology in Food and Nutrition". Principal Scientist presso *Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge (INSA)*, l'Istituto Nazionale per la Salute del Portogallo. Responsabile del Laboratorio *Food and Nutrition Reference Materials*.

Per info: <http://www.imeko.org>

L'Enea per...

ENEA per EXPO 2015



I Materiali di Riferimento per la qualità e la sicurezza alimentare

C. Zoani, P. Sangiorgio

Per rendere oggettive e misurabili la qualità e la sicurezza alimentare, è necessario sviluppare metodologie analitiche accurate e sensibili che consentano di individuare e quantificare contaminanti, sostanze nutrizionali o nutraceutiche, *markers* di origine, ingredienti e additivi, o che consentano di individuare frodi e sofisticazioni. Per assicurare la comparabilità e garantire la riferibilità dei risultati delle misurazioni è necessario disporre di adeguati *tools* metrologici e, in particolare, di adeguati metodi e materiali di riferimento. I Materiali di Riferimento (RM) rappresentano in molti casi l'unico strumento a disposizione per garantire la qualità delle misure chimiche e biologiche e possono essere utilizzati per la validazione dei metodi e la verifica delle prestazioni, la taratura degli strumenti, la determinazione dell'incertezza di misura,



Materiale di Riferimento (RM): materiale sufficientemente omogeneo e stabile rispetto a proprietà specificate, che si è stabilito essere idoneo per l'utilizzo previsto in una misurazione o nell'esame di proprietà classificatorie [Vocabolario Internazionale di Metrologia, III Ed., CEI-UNI 70099 - 2010]



Figura 1
Impianti ENEA per la produzione di Materiali di Riferimento – alcune attrezzature e fasi di lavorazione

l'assegnazione di valori a materiali e il controllo di qualità. Nel settore agroalimentare i RM vengono impiegati nei controlli di sicurezza, per dimostrare la qualità dei prodotti, valorizzare materie prime e prodotti di specifiche aree territoriali e/o garantirne origine e rintracciabilità, o per qualificare gli agroecosistemi di produzione.

A fronte di una produzione complessiva di ca. 10500 RM totali, l'attuale produzione, a livello mondiale, specificatamente per il settore agroalimentare, è di ca. 600 *matrix*-RM, ossia materiali di origine naturale o sintetica stabili ed omogenei per una o più proprietà e quanto più possibile simili – per composizione e stato chimico e chimico-fisico – ai campioni da analizzare. Le necessità di nuovi RM sono strettamente correlate alle nuove esigenze analitiche e alle problematiche emergenti di sicurezza alimentare, quali ad esempio l'applicazione delle nanotecnologie e l'impiego di nanoparticelle (ad es. come ingredienti e/o additivi, nelle tecnologie di processo, nello sviluppo di packaging innovativi) o l'applicazione delle biotecnologie nei processi produttivi. Parallelamente, sono necessari RM per rispondere alle nuove esigenze analitiche legate alla determinazione degli effetti positivi prodotti dalle sostanze nutraceutiche e dalle sostanze naturali ad azione protettiva sulla salute, o ancora all'individuazione di *markers* e profili chimici e genetici per dimostrare l'origine geografica e/o biologica (botanica, zoologica, genetica) di materie prime e prodotti. In quest'ultimo caso, la disponibilità di *matrix*-RM di origine nota, accompagnati da dati e informazioni riguardo ai profili chimici e genetici, oltre ad essere essenziale per l'applicazione e la validazione delle metodologie, rende possibile – attraverso l'applicazione di tecniche analitiche multiparametriche e di tecniche chemiometriche – l'identificazione di nuovi *markers* e lo sviluppo di nuove metodologie.



Figura 2
Impianto RM agroalimentari Centro Ricerche Trisaia dell'ENEA: omogeneizzazione di prodotti liquidi e in polvere VRIECO-NAUTA® Conical Mixer (240 L)

L'ENEA ha svolto a livello nazionale attività pionieristica nella Metrologia in Chimica e fin dagli anni 70 partecipa ad attività internazionali su Materiali e Metodi di Riferimento. Nell'ambito di diversi progetti di ricerca nazionali e comunitari, l'ENEA ha realizzato specifici impianti dedicati alla preparazione di RM e conduce attività di R&ST per lo sviluppo di nuovi RM, anche con caratteristiche innovative. In particolare, presso il Centro Ricerche Casaccia (Roma) sono presenti un impianto per gli studi di fattibilità e la preparazione di RM – anche *custom*- in piccoli lotti (fino a 100 unità) ed i laboratori per la caratterizzazione degli RM e gli studi di omogeneità e di stabilità sotto stress termico e luminoso.

Presso il Centro Ricerche Trisaia (Basilicata) dell'ENEA, si trova invece un impianto specificatamente dedicato al settore agroalimentare per la produzione di RM su grande scala (lotti fino a 1000 unità, unità da 25÷100 g), dotato di 3 linee di produzione distinte per RM liofilizzati, liquidi e di suoli.

Mediante questi impianti l'ENEA ha realizzato sia soluzioni di taratura monoelementali che *matrix*-RM di origine naturale, opportunamente resi stabili e omogenei, da utilizzare come RM per le prove interlaboratorio, per lo sviluppo dei metodi e per dimostrare la comparabilità dei risultati. In particolare, sono stati preparati lotti di *matrix*-RM per le seguenti matrici alimentari: farina e granella di grano tenero e grano duro; concentrato di pomodoro, pomodori pelati e passata di pomodoro liofilizzati; funghi champignon; fragole; broccoli; miele fluido e liofilizzato; mosto concentrato rettificato; mangime per pesci.

L'ENEA collabora poi da oltre dieci anni con il Laboratorio di Riferimento Europeo per gli elementi chimici negli alimenti di origine animale (EU RL-CE-FAO) presso l'Istituto Superiore di Sanità, nella preparazione di *matrix*-RM da utilizzare per i *Proficiency Testings* verso i Laboratori Nazionali di Riferimento (NRL). La collaborazione ha riguardato, in particolare, la realizzazione dei seguenti RM liofilizzati: latte intero e parzialmente scremato, infant formula, muscolo suino, muscolo bovino, fegato bovino, muscolo di pesce, tessuto di mitili.

Nel settore dei materiali di riferimento, l'ENEA è impegnata in attività di R&S finalizzate alla realizzazione di RM con caratteristiche innovative. In particolare ha sviluppato: *Single Use*-RM, *Double Phase*-RM, *Procedural*-RM. I *Single Use*-RMs (*SU*-RM) sono materiali forniti in forma pre-dosata da utilizzare direttamente come aliquota analitica. Sono stati realizzati diversi *SU*-RM di prodotti agroalimentari liofilizzati in forma di pasticche (ad es.: fragole, pomodori, funghi) e per alcune specifiche matrici (es. miele fluido) è stata valutata la possibilità di prepararli in forma di capsule monouso. I *Double Phase*-RM (*DP*-RM) sono RM separati durante il processo di preparazione nelle due fasi, liquida (generalmente acquosa) e solida (prodotto deidratato, generalmente liofilizzato), e poi ricombinati prima dell'uso, con grandi vantaggi in termini di rappresentatività. I *Procedural*-RM sono RM rappresentativi del campione in diverse fasi della procedura analitica, estremamente vantaggiosi, soprattutto per particolari combinazioni analita-matrice, che presentano problematiche di stabilità. Sono stati condotti studi di fattibilità ad esempio per la realizzazione di RM di lattughino in forma di estratto in metanolo da impiegare per la determinazione di metaboliti secondari.

L'ENEA è, inoltre, impegnata nello sviluppo di *Multiparameter*-RM, in considerazione della crescente necessità di RM caratterizzati per un sempre più ampio numero di parametri contemporaneamente, al fine di sviluppare e mettere a punto tecniche di analisi multiparametrica da impiegare negli studi di autenticità e rintracciabilità, attraverso la definizione di *markers* e profili elementali, molecolari e/o genetici. È stato recentemente condotto, ad esempio, uno studio di fattibilità per lo sviluppo di un RM di miele caratterizzato per il profilo elementale da utilizzare, oltre che per la determinazione di nutrienti e contaminanti, per la definizione di *fingerprints* elementali caratteristici connessi con l'origine botanica e geografica, ed è in studio la possibilità di utilizzare anche metodologie di analisi Raman per la definizione di profili molecolari.

Sono attualmente in corso due nuovi studi di fattibilità. Il primo riguarda lo sviluppo di un *Multiparameter*-RM di Acido Polilattico (PLA) tal quale e di PLA funzionalizzato con argento (Ag-PLA), da impiegare per la caratterizzazione di materiali a contatto e per i test di migrazione. Il secondo riguarda la realizzazione di un RM di grano (farina e granella di grano tenero e duro) da certificare per il contenuto di micotossine (DON e Ac-DON), nel quale la contaminazione da micotossine è stata ottenuta mediante inoculo delle granaglie con il fungo micotossinogeno e successiva crescita in ambiente controllato. È inoltre allo studio la possibilità di realizzare *Driven*-RM, effettuando l'inoculo direttamente in campo durante la coltivazione; ciò al fine di ottenere una maggiore rappresentatività della condizione naturale di contaminazione.

Con lo scopo di consentire la condivisione, l'integrazione e la razionalizzazione dei dati e delle informazioni sugli strumenti metrologici disponibili e di fornire a tutti gli utenti interessati un sistema integrato in supporto all'armonizzazione e alla standardizzazione delle analisi di materie prime e prodotti, l'ENEA ha realizzato un database – periodicamente aggiornato – che raccoglie la produzione mondiale di RM per il settore agroalimentare e sta implementando una piattaforma web *open-access* che potrà permettere di ottenere, per una determinata combinazione analita-matrice, tutte le informazioni su RM, metodi ufficiali di analisi, *Proficiency Testings* e valori soglia.

Le attività svolte dall'ENEA sui Materiali di Riferimento si inseriscono nel quadro più ampio delle azioni condotte a livello internazionale a sostegno dello sviluppo della Metrologia per Alimenti e Nutrizione, soprattutto in ambito IMEKO (International Measurement Confederation) e, a livello nazionale, per il rafforzamento dell'infrastruttura metrologica, sia tramite la partecipazione a commissioni tecniche di standardizzazione (es.: UNI CEI Metrologia), che attraverso l'inserimento di queste tematiche nei progetti nazionali inerenti la Qualità & Sicurezza alimentare (es.: progetto CNR-ENEA Legge Finanziaria 2010 "Conoscenze integrate per sostenibilità e innovazione del Made in Italy agroalimentare", Progetto Cluster Agrifood Nazionale "Safe&Smart - Nuove tecnologie abilitanti per la food safety e l'integrità delle filiere agroalimentari in uno scenario globale"; progetto PON MIUR "M2Q - Laboratorio pubblico privato di R&S in campo agroindustriale").

Per approfondimenti:
claudia.zoani@enea.it, paola.sangiorgio@enea.it

Gruppo di Lavoro:
Giovanna Zappa (team leader), Rosanna Gatti, Antonello Manniello,
Salvatore Palazzo, Paola Sangiorgio, Claudia Zoani

La spettroscopia laser per la qualità e sicurezza alimentare di prodotti ortofrutticoli

M. Falconieri, M. Sighicelli

Negli ultimi decenni, la richiesta e il consumo crescente di prodotti alimentari di qualità hanno motivato la ricerca e lo sviluppo di nuove soluzioni tecnologiche in campo agroalimentare. L'applicazione di metodi e sistemi tecnologicamente avanzati ha garantito il raggiungimento, lungo tutta la filiera, di elevati standard di qualità e di sicurezza degli alimenti, così come la loro disponibilità, accessibilità, stabilità e utilizzo: le quattro componenti principali della *Food Security*.

In campo ortofrutticolo, ad esempio, è di fondamentale importanza, sia in fase di raccolta sia di post-raccolta, la diagnosi precoce di stress causati da molteplici fattori biotici (attacco di patogeni, come batteri, virus, funghi, insetti) e abiotici (tra cui variazioni di temperatura, salinità, deficit idrico, ferite da danni meccanici). Nella fase di post-raccolta è indispensabile monitorare lo stato di salute dei prodotti deperibili trasportati poiché diversi fattori influenzano le caratteristiche organolettiche e nutrizionali dei prodotti, e l'insieme delle reazioni metaboliche attivate durante il processo di maturazione porta a una serie di importanti modifiche dell'organismo vegetale. Perciò, l'analisi dei principali fattori che concorrono a ridurre i parametri di qualità dei prodotti agroalimentari e lo studio della loro evoluzione dopo la raccolta sono attività fondamentali per sviluppare e implementare soluzioni tecnologiche opportune per una corretta gestione, e per prolungare la *shelf-life*, anche per motivi di sostenibilità economica e ambientale.

La composizione chimico-fisica dei materiali biologici e le sue variazioni, dovute a differenti stati fisiologici e metabolici, possono convenientemente essere investigate con metodi ottici e spettroscopici. Tra i diversi cambiamenti metabolici, in seguito ad uno stress ossidativo, si osserva, ad esempio, l'alterazione dei pigmenti fotosintetici, che non appare uniforme su tutta la superficie, data la presenza sia di cellule direttamente colpite sia di quelle non direttamente coinvolte, ma che risentono della risposta locale e prendono parte ad una risposta sistemica da parte dell'intero frutto o pianta. Pertanto, è ormai possibile correlare le caratteristiche degli spettri di assorbimento, riflettanza e fluorescenza al grado di maturazione o all'alterazione patologica in fase latente di frutti e piante.

L'ENEA è da anni impegnata in attività di ricerca finalizzate allo sviluppo di strumentazione e all'applicazione di metodi spettroscopici per il monitoraggio e la diagnostica precoce e non distruttiva dello stato di salute di piante e della qualità di prodotti agroalimentari. Oltre alle tecniche di spettroscopia più comuni (come la spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier, le spettroscopie di trasmittanza e riflettanza nel visibile e vicino infrarosso, e la spettroscopia di fotoluminescenza), il cui utilizzo nel settore dell'agroindustria è ampiamente documentato nella letteratura scientifica, particolare attenzione è stata recentemente rivolta alla spettroscopia Raman e alla spettroscopia di riflettività risolta nel tempo (*time-resolved reflectivity spectroscopy, TRRS*) con laser ad impulsi ultracorti (nel dominio delle centinaia di femtosecondi, 10^{-15} s).

La potenzialità offerta dalla spettroscopia Raman, come tecnica non invasiva e non distruttiva per il controllo dello stato di salute e qualità dei prodotti ortofrutticoli, è stata valutata nel corso di numerose sperimentazioni realizzate nel laboratorio di spettroscopia laser presso il Centro Ricerche Casaccia dell'ENEA. Poiché lo spettro

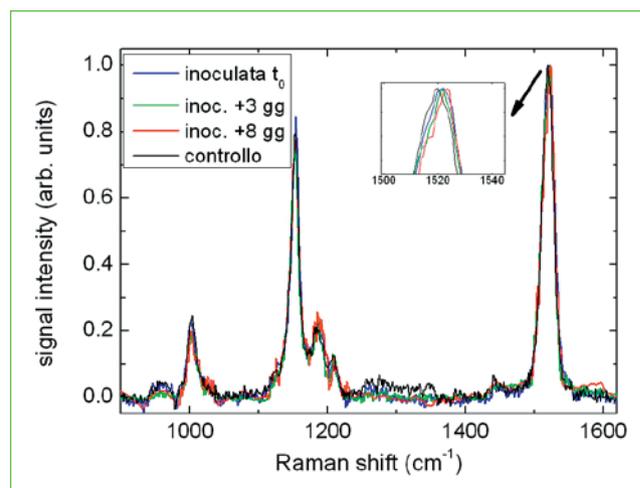


Figura 1
Le bande Raman relative al β -carotene misurate sulla buccia di un mandarino. Piccole ma significative differenze emergono col passare del tempo nel frutto inoculato con un ceppo fungino nella banda attorno a 1520 cm^{-1} , come mostrato nell'inserto

tro Raman è in grado di fornire informazioni sulle caratteristiche strutturali e sulla composizione chimica dei pigmenti (carotenoidi, clorofille e flavonoidi) presenti sulla superficie dei diversi campioni di frutta monitorati, esso può avere un ruolo diagnostico di molecole specifiche. In particolare, il β -carotene, ad esempio, sembra essere utilizzabile come *bio-marker* in frutti di mandarino in presenza di un attacco fungino (Figura 1). Negli ultimi due anni l'attività di ricerca sviluppata in ENEA, nell'ambito di alcuni progetti nazionali nel settore agroindustriale, è stata rivolta all'analisi delle proprietà ottiche di volume all'interno di materiali diffusi-

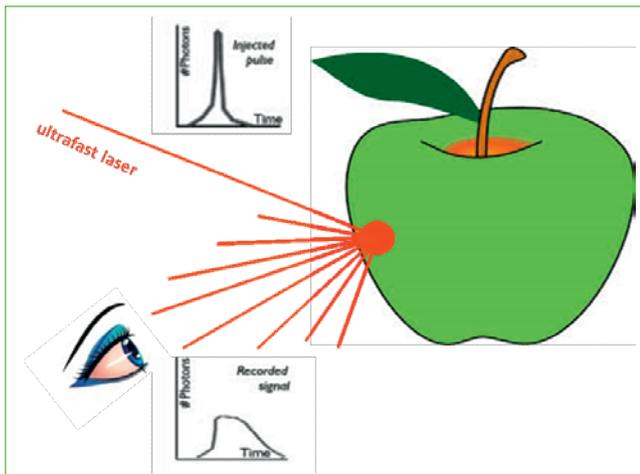


Figura 2
Analizzando l'allargamento che un impulso laser infrarosso ultracorto subisce viaggiando in un campione biologico, si possono ottenere informazioni sui coefficienti ottici di diffusione e assorbimento all'interno del campione

vi come i prodotti ortofrutticoli (Figura 2) mediante la TRRS, che fa uso di sorgenti laser ad impulsi ultracorti e di sistemi optoelettronici di acquisizione di segnali ottici veloci e debolissimi, con la tecnica del *time-correlated single-photon counting*.

L'utilità della TRRS è legata alla capacità di fornire una caratterizzazione non distruttiva della polpa del prodotto in termini del coefficiente di assorbimento, legato ai costituenti presenti nel tessuto vegetale (ad esempio l'acqua o gli zuccheri), e del coefficiente di diffusione, legato principalmente alla struttura del frutto (consistenza, durezza). Nel corso della sperimentazione, si è posta l'attenzione sull'analisi della cinetica di degradazione dei campioni di ortofrutta e sul contemporaneo monitoraggio dello sviluppo di composti prodotti nelle diverse condizioni di conservazione e confezionamento durante il trasporto.

Le prospettive di sviluppo di questa attività di ricerca sono quelle di ottimizzare l'integrazione delle informazioni ottenute con le tecniche ottiche e spettroscopiche con quelle derivanti dalle tecniche analitiche standard, e di correlare i risultati delle analisi distruttive e non distruttive con i parametri di qualità.

Gli autori ringraziano per il supporto fornito il dott. Stefano Canese (ENEA, Supporto Tecnico Strategico del Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali).

Per approfondimenti: mauro.falconieri@enea.it

Mauro Falconieri
ENEA, Divisione Tecnologie fisiche per la sicurezza e la salute

Maria Sighicelli
ENEA, Divisione Protezione e valorizzazione del territorio e del capitale naturale

Sviluppo di metodi per la "early detection" di funghi tossigeni in matrici alimentari

C. Nobili, A. Del Fiore, P. De Rossi, V. Tolaini

La qualità di un prodotto alimentare viene intesa, oltre che come idoneità al consumo per il possesso di requisiti igienici, anche per la presenza di caratteristiche di pregio e di eccellenza sul piano chimico, fisico e sensoriale, in un mercato sempre più attento alle richieste del moderno consumatore esigente ed informato.

Le contaminazioni fungine rappresentano una delle principali problematiche in campo alimentare; esse determinano, nelle materie prime e nei prodotti trasformati, alterazioni sensoriali e, in alcuni casi, anche la produzione di micotossine. Tutto ciò, oltre a comportare la perdita fino al 70% della produzione, costituisce anche una fonte di rischio per la salute umana ed animale. Diverse specie fungine contaminanti sintetizzano infatti, in particolari situazioni ambientali, alcuni metaboliti

secondari a basso peso molecolare ed elevata stabilità chimica, le micotossine, che possono determinare intossicazioni acute o croniche a seconda della loro tossicità. Le micotossicosi sono legate principalmente al consumo di alimenti contaminati da funghi tossigeni. La presenza di muffe su una matrice alimentare è indice di potenziale contaminazione da micotossine, tuttavia l'assenza del fungo non garantisce che nell'alimento non siano presenti le micotossine (Figura 1).

Lo sviluppo di muffe tossigene e la successiva possibile sintesi dei metaboliti tossici può avvenire in qualsiasi fase della filiera del ciclo produttivo dell'alimento, dalla coltivazione allo stoccaggio ed alla trasformazione, fino al consumo. Le micotossine, infatti, sono molto resistenti al calore e non vengono completamente distrutte

dalle normali operazioni di cottura, né dai diversi trattamenti a cui sono normalmente sottoposte le matrici durante i processi di preparazione degli alimenti. Tali molecole possono giungere alla nostra tavola sia attraverso il consumo di ingredienti di origine vegetale contaminati, sia per ingestione di prodotti di origine animale (latte vaccino, formaggi, uova, carni), derivanti da bestiame alimentato con mangime contaminato (fenomeno del "carry-over").

In questo panorama, la necessità di garantire un sistema alimentare affidabile e rispondente alle aspettative dei consumatori e l'esigenza di adeguarsi alle norme europee (Regolamento (CE) n. 1881/2006 e Regolamento (CE) n. 1126/2007) danno impulso allo sviluppo di sistemi e dispositivi di indagine innovativi ed avanzati. Per realizzare un rilevamento tempestivo della presenza di funghi tossigeni, prima che questi possano danneggiare la matrice vegetale e produrre micotossine

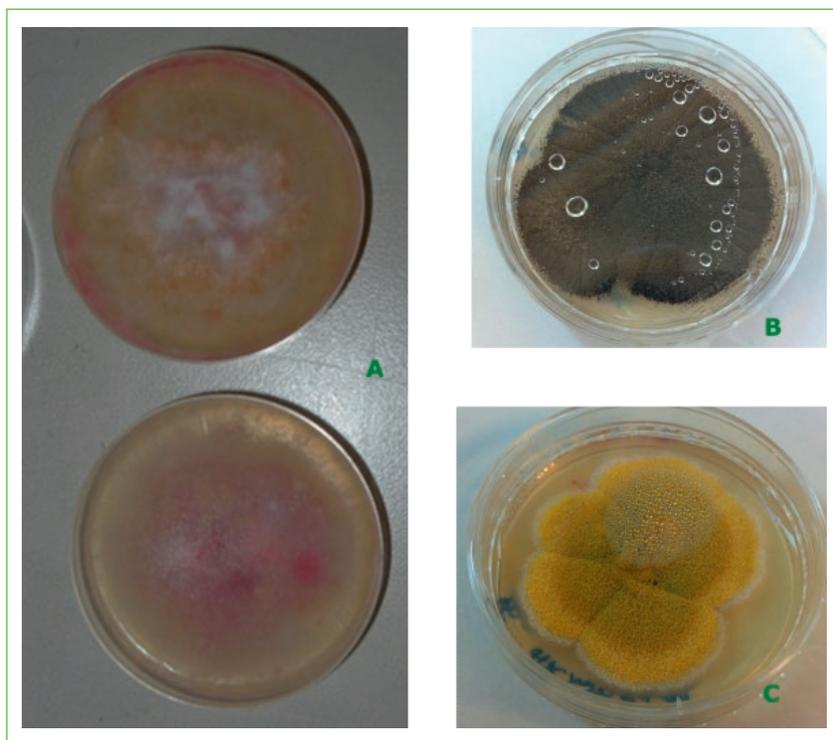


Figura 1
Funghi tossigeni. A: *Fusarium graminearum*; B: *Aspergillus carbonarius*;
C: *Aspergillus flavus*

è fondamentale poter disporre di test rapidi e affidabili, quali ad esempio le tecniche molecolari basate sulla determinazione e quantificazione del DNA fungino presente. Tra queste la più diffusa ed utilizzata è la “Polymerase Chain Reaction” (PCR), messa a punto da Kary Mullis nel 1980: un processo ciclico che consente di amplificare e moltiplicare una sequenza genica bersaglio, utilizzando apposti inneschi molecolari (“primers”) opportunamente individuati. I protocolli di amplificazione permettono di ottenere risultati accurati e di raggiungere elevati livelli di sensibilità. Tali metodiche rappresentano un’interessante alternativa ai sistemi classici di coltivazione ed osservazione dei caratteri morfologici (che richiedono tempi lunghi e

personale specializzato), non solo per l’elevata sensibilità, la specificità e la ripetibilità, ma anche per l’assenza di variabilità legata al ciclo di sviluppo dell’organismo da identificare ed all’ambiente circostante.

Le attività condotte nella Divisione Biotecnologie e agroindustria dell’ENEA inerenti allo sviluppo di metodologie diagnostiche avanzate (descritte nel rapporto tecnico dell’ENEA RT/2010/29), condotte anche nell’ambito di progetti scientifici, hanno consentito di sviluppare metodi molecolari per una rilevazione rapida e precoce della presenza dei funghi tossigeni su cereali e prodotti ortofrutticoli. In particolare, la loro determinazione precoce nella frutta è stata oggetto della sperimentazione nell’ambito del progetto “ORTOFRU-LOG - Piattaforma logistica innovativa per le produzioni ortofrutticole nazionali destinate ai mercati interni ed esteri”, finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico mediante il Programma Industria 2015, Bando Nuove Tecnologie per il *Made in Italy*. In questo progetto che ha coinvolto anche partner industriali, hanno tro-



Figura 2
Frutta contaminata

vato collocazione le attività del laboratorio riguardanti la ricerca, la progettazione e lo sviluppo sperimentale di protocolli analitici biomolecolari per il rilevamento di miceti patogeni (PCR, PCR Real-Time) e micotossine (HPLC) in prodotti ortofrutticoli quali mandarini, fragole e uva (Figura 2).

Le tecniche diagnostiche descritte, permettendo di individuare la presenza del fungo in tempi precoci, quando altri metodi ispettivi non lo consentono, possono dare un contributo concreto al controllo della contaminazione fungina ed alla prevenzione di eventuale sintesi di micotossine. Per questo motivo, tali tecniche potrebbero essere impiegate come routinarie per il rilevamento precoce (*early detection*) del fungo su scala commerciale in diverse fasi del ciclo produttivo, dalla raccolta del cereale, allo stoccaggio delle cariossidi, alla lavorazione delle farine, fino al controllo dei prodotti trasformati.

Per approfondimenti: chiara.nobili@enea.it

Chiara Nobili, Antonella Del Fiore, Patrizia De Rossi, Valentina Tolaini
ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria

A circular inset image at the top of the page shows various pieces of laboratory glassware, including test tubes and beakers, some containing liquids. The background of the page is a light green color.

Controllo della proliferazione microbiologica dei prodotti ortofrutticoli confezionati

A. Bevivino

I prodotti di IV gamma costituiscono, ad oggi, uno dei più promettenti ed innovativi comparti del settore ortofrutticolo. Si tratta di prodotti ortofrutticoli freschi, lavati, tagliati, confezionati e sigillati in vaschette o sacchetti e messi in vendita in banco frigo. Grazie all'elevato valore nutrizionale e ad una gradita immagine di freschezza e genuinità, questi prodotti hanno mostrato in questi ultimi dieci anni un trend di crescita di assoluto rilievo. Tra i prodotti di IV gamma, la lattuga rappresenta uno degli ortaggi più diffusi, ma anche quello più soggetto a variazioni di qualità durante la vita commerciale (*shelf life*), definita come l'intervallo di tempo in cui un alimento può essere tenuto in determinate condizioni di conservazione mantenendo ottimali la qualità e la sicurezza.

I prodotti vegetali freschi sono alimenti biologicamente dinamici per la loro attività metabolica e subiscono un decadimento qualitativo in parte dovuto all'attività microbica. La proliferazione microbica negli alimenti è influenzata da fattori intrinseci, correlati con l'alimento stesso, e da fattori estrinseci, legati all'ambiente in cui l'alimento è conservato. I microorganismi rappresentano fattori specifici che causano il deperimento degli alimenti, mentre diversi altri fattori (stress da manipolazione, umidità interna delle buste, processo di conservazione) contribuiscono a creare i presupposti per l'aumento della crescita microbica.

La microflora dei prodotti vegetali freschi, in genere costituita da microorganismi non patogeni per l'uomo, può contribuire ad affrettare il deperimento interagendo con il metabolismo dei vegetali. Il controllo della proliferazione microbica rappresenta, pertanto, un aspetto fondamentale per garantire la sicurezza alimentare dei prodotti vegetali freschi. Sebbene nella maggior parte dei casi lo sviluppo microbico non costituisca un vincolo per la *shelf life* dei prodotti di IV gamma, il mantenimento a livelli sotto le soglie di rischio [misurato sulla base del numero delle unità formanti colonia (ucf) pari a 10^6 - 10^8 ucf per grammo di peso fresco] ed il controllo della proliferazione microbica sono un aspetto fondamentale per garantire la *safety* alimentare.

Bisogna tener presente che gli alimenti colonizzati dai microorganismi rappresentano dei veri e propri ecosi-

stemi la cui complessità è determinata dalle interazioni tra i fattori ambientali intrinseci ed estrinseci dell'alimento stesso. I microorganismi sono in grado di colonizzare la matrice alimentare e di crescere, come microcolonie o biofilm, in un ambiente eterogeneo in cui si possono instaurare interazioni polimicrobiche. La composizione microbiologica degli alimenti non è, a tutt'oggi, completamente conosciuta. Le cellule microbiche presenti negli alimenti possono trovarsi in uno stato vitale ma non coltivabile. È quindi possibile che alcuni patogeni degli alimenti non siano stati ancora identificati, basti pensare ai patogeni emergenti il cui ruolo è stato riconosciuto soltanto recentemente. Ne consegue che il controllo della proliferazione microbiologica effettuato soltanto sulle popolazioni microbiche isolate in coltura pura non consente di ottenere una completa conoscenza dei microorganismi presenti negli ecosistemi alimentari e, quindi, misurare l'evoluzione della flora microbica durante la *shelf life*. Pertanto, l'utilizzo di un approccio polifasico, che prevede l'uso di metodi coltura-dipendenti e tecniche metodologiche che prescindono dalla coltivabilità di un microorganismo, è di fondamentale importanza per il controllo della qualità e sicurezza microbiologica degli alimenti.

L'attività di ricerca del Laboratorio sostenibilità, qualità e sicurezza delle produzioni agroalimentari presso il Centro Ricerche ENEA Casaccia, svolta nell'ambito del progetto Industria 2015 FoodFlavour "Metodologie avanzate per garantire l'origine dei prodotti alimentari Made in Italy e studio di nuove tecnologie per il miglioramento della durata e delle qualità sensoriali", finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico (MISE) e coordinato dall'ENEA, è stata finalizzata a valutare le variazioni dei parametri microbiologici durante la conservazione a 8 °C in funzione delle diverse tipologie di packaging e del processo di lavorazione del lattughino di IV gamma (*Lactuca sativa*, varietà Babybel, Batavia bionda) (Daddiego et al. Indicatori di qualità per la IV gamma. In: Ingredienti alimentari, 2015, pp: 6-15). L'analisi della comunità microbica - a differenti giorni dal confezionamento - è stata effettuata mediante l'approccio polifasico illustrato in Figura 1 che ha previsto l'utilizzo di tecniche classiche e tecniche molecolari.

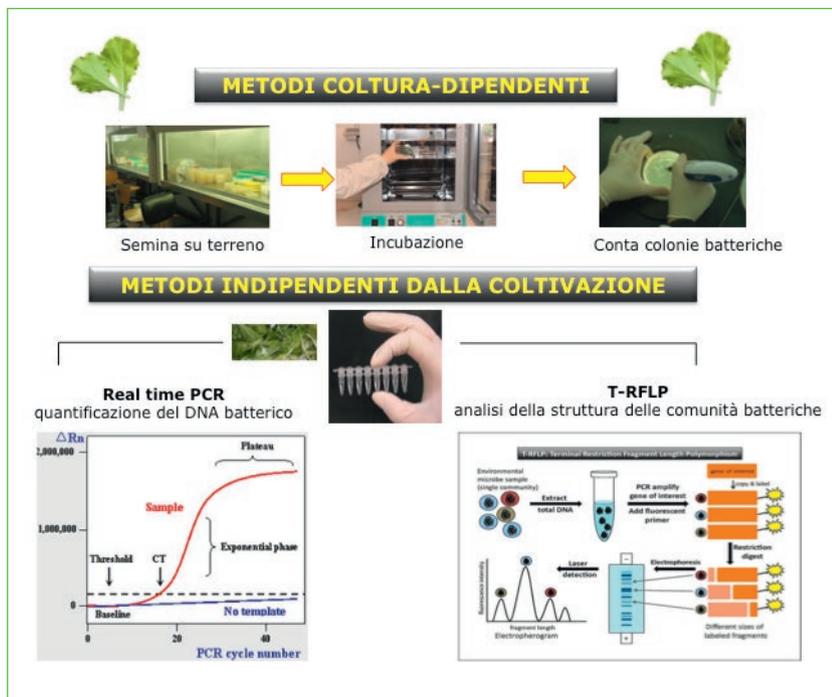


Figura 1
Approccio polifasico per l'analisi della comunità batterica

Le tecniche classiche sono basate sulla coltivabilità dei microorganismi (che consentono la caratterizzazione della frazione coltivabile presente in un campione), mentre quelle molecolari sono rappresentate da Real-Time PCR e T-RFLP. La prima è una metodica sensibile ed accurata, che permette l'identificazione, in tempo reale, di uno specifico target molecolare e la quantificazione della comunità batterica totale, mentre la T-RFLP (Terminal Restriction Fragment Length Polymorphism) è una tecnica rapida e sensibile che misura il polimorfismo di lunghezza dei frammenti terminali di restrizione di un marker genetico amplificato mediante PCR, permettendo di analizzare la struttura delle comunità microbiche indipendentemente dalla fase d'isolamento, allo scopo di caratterizzarle nel loro insieme e di seguire le dinamiche di popolazione delle comunità microbiche presenti.

I risultati ottenuti suggeriscono che lo studio dei microrganismi con i tradizionali metodi di coltivazione consente di ottenere solo una descrizione parziale della diver-

sità microbica degli alimenti. Infatti, se da una parte il metodo coltura-dipendente non ha permesso di evidenziare significative differenze nella carica batterica dei campioni di lattughino confezionati in diverse tipologie di packaging industriali (in film di propilene standard e innovativo), l'analisi molecolare ha evidenziato una diversa struttura della comunità batterica tra i packaging innovativi e il packaging di riferimento (Di Carli et al., manoscritto accettato per la pubblicazione dalla rivista *FEMS Microbiology Letters*).

L'innovazione introdotta nel processo di lavorazione del lattughino di IV gamma ha avuto un effetto migliorativo rispetto al processo tradizionale, deducibile dalla minore carica batterica iniziale rilevata dalla Real-Time PCR e dalle differenze rilevate nella struttura e composizione tassonomica della comunità microbica. Entrambi gli approcci molecolari di Real-Time PCR e T-RFLP si dimostrano validi per evidenziare variazioni, anche piccole, nella comunità microbica ed il loro utilizzo sembra quindi promettente nell'industria alimentare. L'applicazione dei principi dell'ecologia microbica in campo alimentare, mediante l'utilizzo di un approccio integrato, rappresenta quindi la chiave del controllo microbiologico della sicurezza igienica e della proliferazione microbica negli alimenti, fornendo un riferimento utile per la definizione della *shelf life*. L'applicazione di metodologie classiche e molecolari ha permesso di ottenere una visione più ampia e completa della struttura delle comunità microbiche, identificando e quantificando le classi di microorganismi che possono contribuire alla valorizzazione di prodotti alimentari, ma anche causarne la deperibilità o alterarne la sicurezza.

Per approfondimenti: annamaria.bevivino@enea.it

Annamaria Bevivino
ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria

Metodologie analitiche per la determinazione di nutraceutici negli alimenti

R. Gatti, D. Masci

Il termine *nutraceutical* è stato coniato quasi trenta anni fa (Stephen De Felice, 1989) dall'unione dei due termini *nutrition* e *pharmaceutical*. In base alla definizione, per "nutraceutico" si intende "ogni sostanza che può essere considerata un cibo (o parte di un cibo) e che fornisce benefici medici o salutistici, incluso la prevenzione e/o il trattamento di una malattia".

Le sostanze nutraceutiche sono presenti per la maggior parte in alimenti di origine vegetale (pomodori, agrumi, uva, frutta secca), ma si trovano anche in alimenti di origine animale (pesce e crostacei) e microbica (yogurt e latticini) (Tabella 1). Nel caso degli alimenti di origine vegetale, in relazione alla produzione primaria, il contenuto può variare a seconda delle cultivar, delle pratiche colturali e delle caratteristiche pedoclimatiche del sito di coltivazione; mentre, durante il processo produttivo, esso può essere modificato dalle modalità di raccolta, conservazione, trasformazione, stoccaggio, trasporto, cottura (industriale e domestica).

Considerata la complessità delle matrici agroalimentari e l'ampia variabilità delle caratteristiche chimiche delle sostanze in esse contenute, da anni, nei labora-

tori di chimica analitica della Divisione Biotecnologie e agroindustria, presso il Centro Ricerche Casaccia dell'ENEA, vengono sviluppate e validate metodologie analitiche per l'individuazione e la quantificazione di sostanze nutraceutiche. Ciò al fine di valorizzare alcune cultivar in relazione al genotipo, all'area geografica di produzione, alle pratiche colturali, o allo scopo di valutarne il contenuto rispetto alle tecniche di conservazione o di trasporto delle materie prime e dei prodotti trasformati.

Nel caso delle brassicacee (broccolo, cavolo verza, cavolo nero, cavolino di Bruxelles), ad esempio, il contenuto di glucosinolati e dei loro metaboliti, gli isotiocianati, cui è attribuita un'azione chemioprotettiva, può variare sia in relazione al genotipo e alle pratiche colturali (ad esempio in base all'uso di fertilizzanti a base di azoto e zolfo), che alle condizioni climatiche. Al fine di determinare il contenuto del sulforafano, principale responsabile dell'azione antitumorale, è stata messa a punto una metodologia di estrazione e di analisi mediante cromatografia liquida ad alta pressione (HPLC) accoppiata a sistemi di rivelazione UV-visibile confermata, poi, da analisi in gascromatografia (GC)

accoppiata a spettrometria di massa (MS), per valutare la variabilità rispetto al genotipo di alcune cultivar di broccolo siciliano, cavolo nero e verza.

Un'altra importante classe di composti nutraceutici è rappresentata dai polifenoli, molecole con una potente attività antiossidante; tra essi, la vasta famiglia dei flavonoidi mostra anche un'attività anti-infiammatoria e vasoprotettiva. Il grano saraceno è tra quegli alimenti che costituisce una ricca fonte di flavonoidi, tra cui rutina, quercetina, orientina, isorientina; la rutina, la molecola più attiva, mostra effetti ipotensivi ed attività antiemorragica ed antiossidante. Tra le due cultivar maggior-

Allimenti	Sostanze o famiglia di sostanze nutraceutiche	Meccanismo di azione
Peperoncino	Capsaicinoidi (capsaicina)	Antidolorifico Antibatterico
Brassicacee (broccoli, cavoli)	Glucosinolati (glucoorafanina) Isotiocianati (sulforafano)	Anticancro
Uva, Vino rosso	Polifenoli (resveratrolo)	Antiossidanti Antinfiammatori Effetto protettivo malattie cardio-circolatorie
Semi di soia ed altri legumi	Isoflavoni (genesteina, daidzeina)	Anticancro
Pomodoro e derivati	Carotenoidi (licopene)	Antiossidante
Agrumi, carote, zucchine e zucche	Carotenoidi (β -carotene)	Antiossidante
Pesce, crostacei Mandorle, noci	Acidi grassi polinsaturi Omega-3 (o PUFA n-3)	Effetto positivo sul profilo lipidico ematico Effetto antitrombotico
Yogurt e latticini	Probiotici (Lattobacilli, bifidobatteri)	Anticancro

Tabella 1
Esempi di alimenti ad alto contenuto di nutraceutici e loro meccanismi di azione

mente coltivate, grano saraceno comune e tartarico, quest'ultimo presenta livelli di rutina superiore di oltre 100 volte a quello determinato nel grano saraceno comune.

Per la caratterizzazione di flavonoidi in alcune cultivar di grano saraceno tartarico, sono state impiegate differenti tecniche di estrazione con solvente [estrazione per macerazione, estrazione agli ultrasuoni (UA) ed estrazione con liquido pressurizzato (PLE)], ottimizzandone i parametri di influenza (solvente o miscela di solventi, temperatura, tempo e nel caso della PLE, pressione e numero di cicli di estrazione), per ottenere le migliori condizioni di resa estrattiva e riproducibilità degli analiti di interesse. La determinazione qualitativa e quantitativa dei flavonoidi presenti negli estratti del grano saraceno tartarico è stata poi condotta mediante cromatografia liquida accoppiata alla spettrometria di massa (LC-MS), con un sistema di cromatografia liquida ad ultra pressione (UHPLC) ed uno spettrometro di massa ibrido, quadrupolo-tempo-di-voles (Q-TOF), munito di una sorgente ionica elettrospray (ESI). Si è operato in modalità di ionizzazione sia positiva che negativa, ottimizzando i parametri del sistema ESI-Q-TOF (temperatura e velocità del dry gas, pressione del gas nebulizzante, voltaggio del capillare ecc.).

L'elevata risoluzione cromatografica ottenibile dal sistema UHPLC assieme all'elevata risoluzione ed accuratezza di massa dello spettrometro Q-TOF, unite alle informazioni strutturali fornite dagli esperimenti massa/massa MS/MS, hanno consentito di ottenere un accurato profilo polifenolico, anche in altre tipologie di matrici agroalimentari, come ad esempio nelle nocciole. Anche in questo caso, il fine è stato la valorizzazione di varie cultivar di nocciolo sulla base delle differenze quali-quantitative di alcuni polifenoli tra cui acido gallico, catechine, procianidine.

Analogamente, è stato sviluppato un metodo analitico mediante LC-MS per la determinazione di polifenoli (quali catechina, epicatechina, acido gallico, quercetina) nelle vinacce (buccia d'uva e vinaccioli). In questo caso, il fine era di valorizzare materiale di scarto del processo di vinificazione e di supportare analiticamente il processo di recupero di polifenoli, con tecniche separative di filtrazione tangenziale a membrana, sviluppato e messo a punto presso la Hall Tecnologica della Divisione biotecnologie e agroindustria.

Recentemente, presso i laboratori di chimica analitica, è stata presa in esame un'altra classe di sostanze nutraceutiche: i carotenoidi. Tra questi pigmenti naturali, già abbondantemente noti per le loro capacità antios-

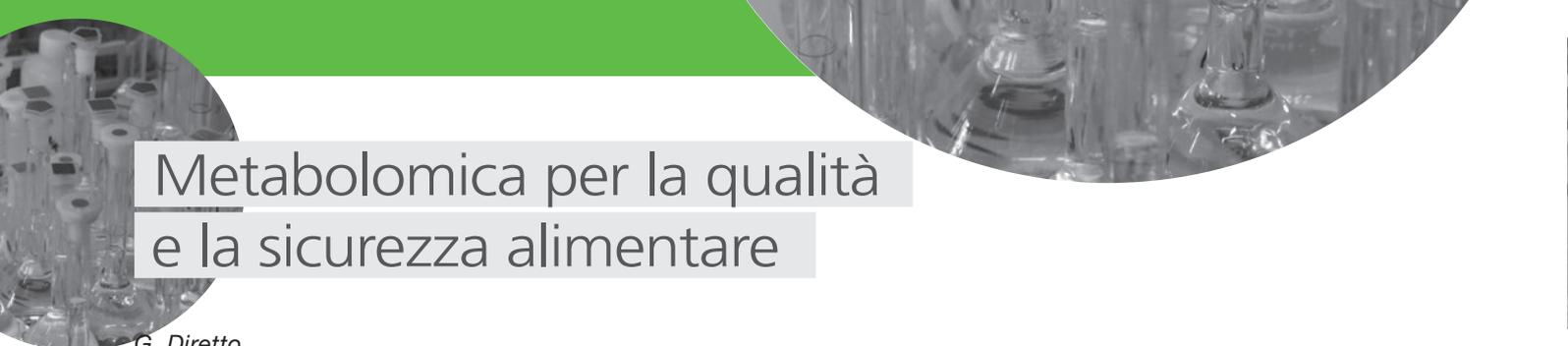


Figura 1
Principali strumentazioni analitiche impiegate per le analisi di nutraceutici:
a) estrattore PLE; b) gas-cromatografo (GC); c) cromatografo liquido (HPLC-UV/Visibile); d) cromatografo liquido-spettrometro di massa (UHPLC-MS)

sidanti, un particolare ruolo viene svolto dalla luteina (ed dal suo stereoisomero zeaxantina). Tale composto è l'unico carotenoide presente nella macula retinica e, grazie alla presenza di doppi legami coniugati, assorbe nella regione dello spettro del visibile intorno a 446 nm. In questo modo, protegge efficacemente dalla luce blu, che sembra essere 20 volte più dannosa per la retina rispetto alla luce rossa. Sono state effettuate analisi per HPLC-UV-Visibile di carotenoidi su estratti di uva di differenti cultivar e a diversi stadi di maturazione. Tali misure sono state fondamentali per la messa a punto di un metodo di analisi non distruttivo, basato sulla spettroscopia Raman, per la determinazione di *b*-carotene e luteina come marker del grado di maturazione. Lo studio ha dimostrato come sia possibile monitorare tali composti direttamente sugli acini di uva.

Per approfondimenti:
rosanna.gatti@enea.it, domenica.masci@enea.it

Rosanna Gatti, Domenica Masci
ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria



Metabolomica per la qualità e la sicurezza alimentare

G. Diretto

Con il termine “Metabolomica” si intende la disciplina che consente di determinare l’insieme delle piccole molecole (metaboliti) prodotte da un organismo in un determinato istante. Le analisi metabolomiche richiedono complesse piattaforme tecnologiche che consentono, in primo luogo, la separazione (cromatografia liquida o gassosa) delle diverse molecole e, successivamente, l’identificazione delle stesse sulla base del rapporto caratteristico tra la loro massa e carica (m/z). Nel corso degli ultimi 15 anni le analisi metabolomiche hanno assunto un ruolo ed una attenzione sempre crescente, sia grazie alla potenza della tecnologia, che permette, nell’ambito di una sola analisi, di determinare i livelli di centinaia di molecole differenti, che alla sua versatilità, che le ha consentito di trovare applicazioni in numerosi campi, dal medico-farmaceutico a quello agroalimentare, forense ecc...

A partire dal 2009, la Divisione Biotecnologie e agroindustria dell’ENEA, mediante l’acquisizione di una piattaforma accoppiata di cromatografia liquida e spettrometria di massa (LC-MS), ha sviluppato una notevole *expertise* nel campo della metabolomica di matrici vegetali, con la determinazione di circa 600 differenti molecole, che costituiscono un prezioso database *in-house*. Nel dettaglio, le attività della piattaforma si sono focalizzate su aspetti legati alla qualità e sicurezza alimentare, e a tutte quelle molecole a carattere pro-nutrizionale (vitamine, antiossidanti quali carotenoidi e flavonoidi) e anti-nutrizionale (alcaloidi, ammidi) che li determinano. Le matrici vegetali (*crop*) ad uso alimentare finora caratterizzate dalla piattaforma di metabolomica comprendono: il grano, il mais, la patata, il pomodoro, la melanzana, il peperone, lo zafferano, la vite, il pistacchio.

Le attività di metabolomica sono oggetto di una serie di progetti e collaborazioni nazionali ed internazionali, che testimoniano il prestigio conseguito nel settore in circa 7 anni di lavoro.

In merito alla qualità e alla sicurezza alimentare, le attività di metabolomica della Divisione biotecnologie e agroindustria riguardano, in primo luogo, la valorizzazione di prodotti tipici italiani: in tale ambito si inseriscono la determinazione delle componenti metaboliche di varietà di pregio di pomodoro (San Marzano e Vesuviano, in collaborazione con l’Università di Napoli; varietà tradiziona-

li nel progetto europeo H2020 “TRADITOM”), di grano, vite e pistacchio siciliani (progetto PON “IDENPREPT”), di vitigni campani (collaborazione con l’Università di Napoli) e spagnoli (collaborazione con le Università di Albacete e Valencia). Lo scopo di queste attività è quello di decodificare il patrimonio metabolico di materiali genetici di pregio, allevati in diverse condizioni pedoclimatiche. Sempre in tale contesto, la Divisione biotecnologie e agroindustria partecipa a due azioni europee COST, volte alla valorizzazione della qualità dei frutti di pomodoro e della vite (FA1106, “QUALITYFRUIT”) e dello zafferano (FA1101, “SAFFRONOMICS”).

Gli studi di metabolomica si occupano, inoltre, della caratterizzazione di nuovi materiali genetici di patata prodotti con miglioramento genetico classico o, attraverso approcci di ingegneria genetica (progetto Miipaf “ALLSAL”; progetto bilaterale Italia-Israele “NUTRISOL”), al fine di definire e comprendere le alterazioni metaboliche causate da modificazioni genetiche mediante metodi convenzionali o avanzati; auspicabilmente, il fine ultimo di un approccio sperimentale di questo tipo è quello di poter prevedere e indirizzare le variazioni metaboliche verso la massimizzazione e minimizzazione di accumulo di molecole, rispettivamente, pro- e anti-nutrizionali.

La piattaforma di metabolomica è, inoltre, impiegata nell’analisi delle componenti metaboliche in prodotti della trasformazione di matrici vegetali (mais e grano, Progetto Industria 2015 “PAQ”), per valutare i cambiamenti del valore nutrizionale di colture agrarie alimentari sottoposte a varie procedure di processamento.

Infine, la *facility* di metabolomica si è occupata dello studio della qualità, a livello metabolico, di carioidi di grano di varietà di pregio, allevate in condizioni di bassa e alta anidride carbonica (CO_2 ; Progetto Ager “DUCO”). Questo studio nasce dalle stime secondo le quali, tra i cambiamenti climatici previsti per i prossimi decenni, si verificherà anche un rapido aumento della concentrazione di CO_2 nell’atmosfera. In tale contesto, risulta fondamentale prevedere come tali modificazioni climatiche impatteranno sulla qualità di prodotti vegetali alla base della nostra alimentazione.

Per approfondimenti: gianfranco.diretto@enea.it

Gianfranco Diretto
ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria

Sensori laser IR per la rivelazione di adulterazioni alimentari

G. Giubileo

Il mantenimento di una elevata qualità dei prodotti alimentari comporta l'applicazione e il rispetto di processi industriali sottoposti a protocolli rigorosi. Questo richiede un controllo dei parametri significativi attraverso metodi analitici semplici e rapidi, utilizzabili con continuità durante l'intero processo industriale, logistico e distributivo. Allo stato attuale non sono disponibili strumenti di uso commerciale finalizzati a misure non distruttive, effettuate in tempo reale e *in loco*, per il monitoraggio di indici organolettici e qualità. Le metodologie analitiche per dimostrare la qualità e la sicurezza dei prodotti alimentari sono spesso complesse e costituite da varie fasi successive di elaborazione e richiedono, quindi, lunghi tempi, strumentazione costosa e personale specializzato.

La problematica inerente lo sviluppo di tecniche rapide e di semplice uso per la rivelazione in loco in tempo reale di adulterazioni in alimenti e bevande viene affrontata nell'ambito del Progetto Nazionale MI01_00183 - SAL@CQO, un progetto di ricerca, attualmente in corso, finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico e del quale l'ENEA detiene la

responsabilità scientifica. Obiettivo del progetto SAL@CQO è lo sviluppo di strumentazione ottica innovativa, basata su sensori laser, per il miglioramento del livello di sicurezza dei prodotti alimentari e per la rivelazione delle frodi alimentari. Strumenti automatizzabili, da affidare al personale delle Istituzioni preposte al controllo. Il Progetto si propone di dimostrare la fattibilità di controlli qualitativi, rapidi e semplici per il rilevamento di sostanze adulteranti che rendono i prodotti alimentari nocivi o tossici. Le metodologie diagnostiche sviluppate possono essere affiancate alle tecniche analitiche tradizionali che, pur rimanendo i metodi di riferimento, non consentono l'ottenimento di risultati in tempi altrettanto rapidi e senza il ricorso a costosi materiali di consumo e mano d'opera altamente specializzata.

Nella Figura 1 si vede il primo prototipo sviluppato dal Progetto per esperimenti dimostrativi. Si tratta di un apparato ottico che fa uso di una tecnica di spettroscopia laser ad alta risoluzione nel medio infrarosso realizzato allo scopo di rivelare la presenza di un adulterante specifico in un campione di un dato alimento.

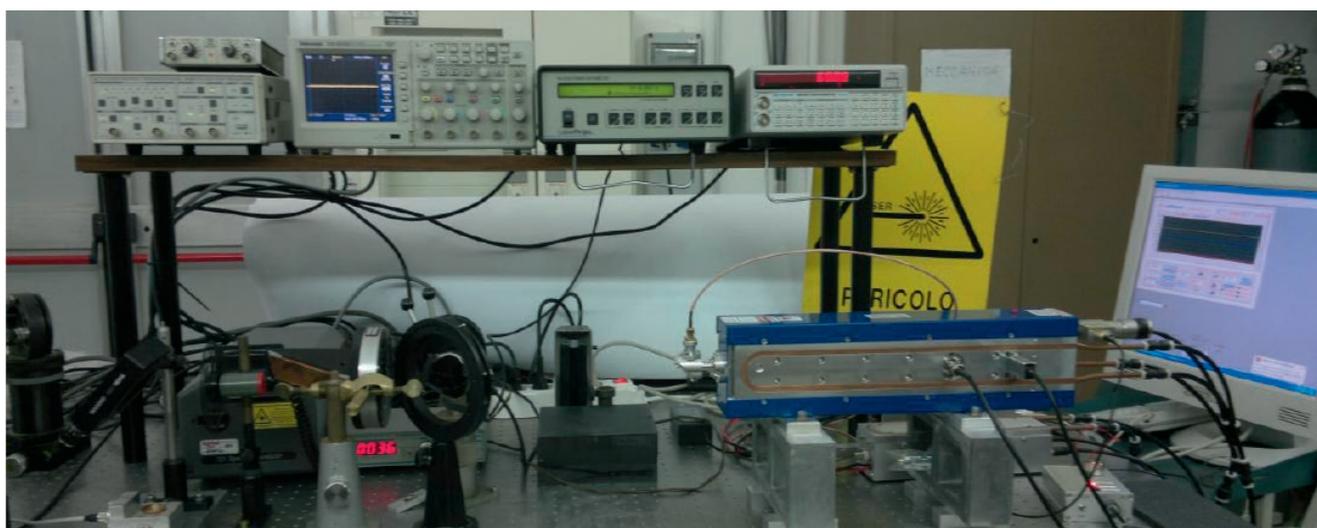


Figura 1
Primo prototipo dimostrativo



Figura 2
Logo del Progetto SAL@CQO

A che cosa serve? Innanzitutto è stato lo strumento di riferimento per la rivelazione di vari adulteranti richiesti dal progetto. Inoltre, rappresenta la base di partenza per lo sviluppo di un secondo prototipo compatto e trasportabile. Per motivi pratici, SAL@CQO ha concretizzato la ricerca su alcuni temi specifici,

quali la freschezza di prodotti ittici, la percentuale di metanolo in bevande alcoliche, la adulterazione di sostanze dolcificanti, ottenendo risultati pubblicati su riviste scientifiche e congressi scientifici internazionali. Ma si possono elencare molti esempi di parametri sottoponibili a controllo continuo tramite metodi ottici: infezioni da patogeno negli agrumi, presenza di melammina nel latte in polvere, presenza di urea nel latte e latticini, presenza di oli vegetali a basso costo nell'olio extravergine di oliva, frazione di metanolo, solfiti, glicole etilenico presenti nel vino, rapporto tra dolcificanti e zuccheri in alimenti dietetici, e altri.

Attraverso i prototipi sviluppati, il progetto intende fornire da una parte un mezzo di screening rapido, automatizzato, e di uso semplificato per facilitare il lavoro delle Istituzioni di controllo preposte al controllo e repressione delle frodi alimentari. D'altra parte intende fornire alle catene di produzione un metodo pratico di monitoraggio per il mantenimento di uno standard di qualità del prodotto finale. La Figura 2 è il logo del Progetto SAL@CQO.

Per approfondimenti: gianfranco.giubileo@enea.it

Gianfranco Giubileo
ENEA, Divisione Tecnologie Fisiche per la Sicurezza e la Salute,
Laboratorio Diagnostiche e Metrologia

Anticorpi “verdi” contro le aflatossine per la tutela dei consumatori

C. Capodicasa, M. Catellani

Fra le tossine naturali che possono contaminare prodotti alimentari o mangimi destinati all'alimentazione animale, una particolare preoccupazione è destata dalle micotossine. Esse sono sostanze tossiche prodotte come metaboliti secondari, in opportune condizioni microclimatiche, da funghi appartenenti principalmente ai generi *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*. L'attenzione rivolta verso questi contaminanti è giustificata dai gravi effetti (teratogeni, cancerogeni, estrogeni, neurotossici e di immunosoppressione) sulla salute dell'uomo e degli animali conseguenti alla loro assunzione attraverso il cibo.

In particolare le aflatossine, che comprendono diverse molecole molto simili tra loro (B1, B2, G1, G2) e che sono prodotte da due specie del fungo *Aspergillus*, (Figura 1) sono fra le tossine più diffuse nei prodotti alimentari (<http://www.efsa.europa.eu/it/topics/topic/aflatoxins.htm>). Basti pensare che, ogni anno, circa un quarto delle notifiche emesse a livello comunitario dal RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed) riguarda contaminazioni da micotossine, che in

più del 90% dei casi appartengono al gruppo delle aflatossine (http://ec.europa.eu/food/safety/rasff/index_en.htm). Queste tossine, infatti, possono contaminare, non solo una vasta gamma di prodotti, quali cereali in genere, frutta secca e a guscio, sui quali i funghi crescono direttamente, ma possono anche compromettere l'intera filiera del latte e dei suoi derivati in maniera indiretta, dal momento che l'aflatossina M1 è un metabolita della B1 che può essere presente nel latte di animali nutriti con mangimi contaminati.

Migliori pratiche agricole ed una corretta conservazione dei prodotti vegetali possono aiutare a limitare le contaminazioni da micotossine, ma non ad eliminarle completamente dalla filiera agroalimentare. Inoltre, in un contesto produttivo sempre più globalizzato, l'approvvigionamento delle materie prime spesso coinvolge Paesi terzi con standard qualitativi e di controllo non sempre rispondenti alle normative comunitarie.

Al fine di tutelare la salute del consumatore, l'Unione Europea ha, pertanto, stabilito dei limiti massimi per la contaminazione ammessa e regolamentato i metodi di campionamento e di analisi per il controllo ufficiale delle aflatossine (regolamento (CE) n. 1881/2006 e n. 401/2006 http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/aflatoxins_en.htm).

La diagnostica, quindi, rappresenta uno strumento di controllo fondamentale e strategico per la minimizzazione del rischio correlato alla potenziale assunzione di queste tossine attraverso il cibo. Le tecniche diagnostiche più affidabili e ufficialmente validate per la rivelazione delle contaminazioni di aflatossina sono quelle basate su metodi analitici (*HPLC*, *High-performance liquid chromatography*) e saggi immunoenzimatici (*ELISA*, *enzyme-linked immunosorbent assay*). Oltre a queste, sono state messe a punto e si stanno ancora sviluppando tecniche più rapide, economiche e che non richiedano sofisticate strumentazioni da laboratorio, quali, ad esempio, i test basati su sensori ottici o “lateral flow” (tipo test di gravidanza) (Figura 2). Ad eccezione dell'analisi HPLC, tutte le altre sono tecniche immunodiagnostiche, ovvero che si basano sull'uso di anticorpi in grado di riconoscere con alta

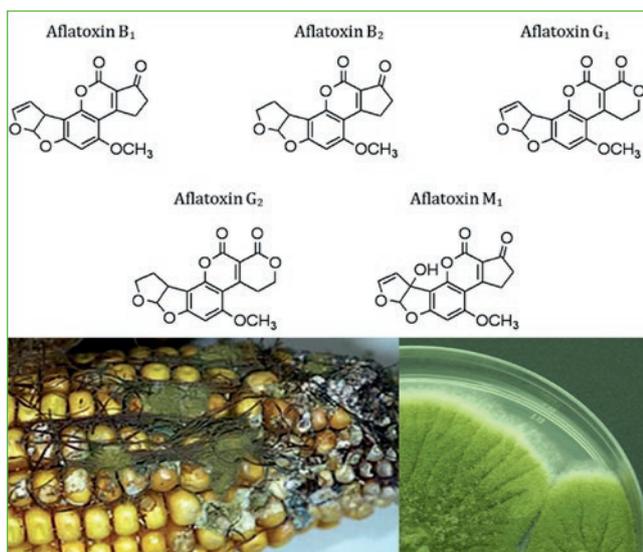


Figura 1
Struttura chimica delle aflatossine (in alto). Coltura in vitro di *Aspergillus flavus* (in basso a destra) e mais infettato dal fungo (in basso a sinistra)

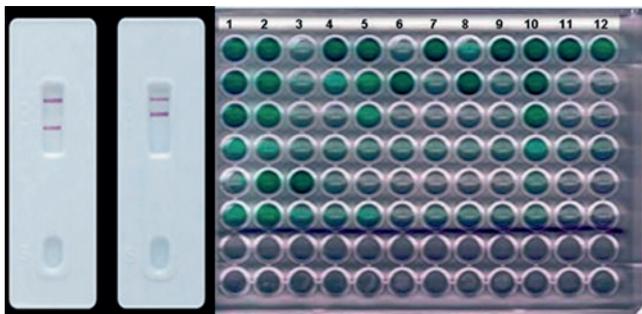


Figura 2
Dispositivi di immunodiagnostica: dispositivo *lateral flow* (a sinistra) e piastra ELISA (a destra)

efficienza le aflatossine. Gli anticorpi sono proteine complesse prodotte da cellule del sistema immunitario degli animali e deputate al riconoscimento di molecole estranee e pericolose per l'organismo, per neutralizzarle direttamente o facilitare la loro eliminazione. Da sempre gli anticorpi sono sfruttati nella diagnostica per la loro capacità di riconoscere e legare con alta affinità molecole di ogni natura: proteine, zuccheri e molecole organiche di piccole dimensioni (quali sono le aflatossine).

Il Laboratorio di Biotecnologie della Divisione Biotecnologie e agroindustria, presso il Centro Ricerche Casaccia dell'ENEA, è impegnato da anni nella produzione di anticorpi in sistemi alternativi alle cellule animali, quali le piante per diverse applicazioni, dal campo biomedico a quello agroalimentare. Nell'ambito del progetto Me.Di.T.A. (Metodologie Diagnostiche e Tecnologie Avanzate per la qualità e la sicurezza di prodotti alimentari del Mezzogiorno d'Italia), in particolare, sono stati isolati degli anticorpi per sviluppare un saggio diagnostico per la quantificazione delle aflatossine in matrici alimentari. Per isolare gli anticorpi è stato necessario sfruttare il sistema immunitario animale, ovvero somministrare l'aflatossina B1 a topi di laboratorio e, attraverso la tecnologia dell'ibridoma, selezionare le cellule che producevano l'anticorpo specifico e con alta affinità per la tossina. In questo modo è stato possibile ottenere due anticorpi, detti monoclonali, di cui uno più specifico per l'aflatossina B1 ed uno a più ampio spettro, in grado di riconoscere tutte le aflatossine (B1, B2, G1, G2). Entrambi gli anticorpi hanno mostrato una elevata affinità per la tossina necessaria per il loro utilizzo in diagnostica, considerando che, in base alla normativa CE, bisogna poter rilevare contaminazioni di aflatossina nel range di 2-10 µg/kg. Questi anticorpi sono stati prodotti in

pianta, sfruttando un batterio del suolo, e impiegati per lo sviluppo di un saggio ELISA e di un dispositivo per la rilevazione simultanea di più tossine (*protein chip*) in matrici alimentari, uno degli obiettivi principali del progetto. Entrambi i sistemi si basano sull'immobilizzazione degli anticorpi su un supporto e l'incubazione del campione in presenza di quantità note di aflatossina coniugata ad un tracciante (un enzima che permette una reazione colorimetrica o una molecola fluorescente); sulla base dei segnali rilevati dopo l'incubazione, si deduce se e quanta tossina è presente nel campione. Con questi saggi sono state quantificate delle farine "naturalmente" contaminate con più micotossine, ottenendo risultati perfettamente in linea con le analisi chimiche mediante HPLC degli stessi campioni.

Più recentemente, in collaborazione con Euroclone, uno dei partner ENEA nel progetto "SAFE&SMART-Nuove tecnologie abilitanti per la *food safety* e l'integrità delle filiere agroalimentari in uno scenario globale" stiamo mettendo a punto dei saggi per la rivelazione dell'aflatossina M1 che, come già detto, può contaminare il latte e tutta la sua filiera. Questa è una sfida ancora più ambiziosa, dal momento che la normativa è più stringente per questa tossina: il limite massimo di contaminazione è di 50 ng/kg. In questo caso, per ottenere anticorpi contro l'aflatossina M1, si è tentato di utilizzare una tecnologia più avanzata, quale la selezione da librerie di anticorpi sintetici ricombinanti, ottenuti mediante modificazioni casuali dell'anticorpo monoclonale anti-B1. Tuttavia, mediante questa tecnica, non è stato possibile isolare anticorpi con un'affinità sufficiente e si è passati nuovamente per la tecnologia dell'ibridoma. Con gli anticorpi anti-M1 isolati si stanno sviluppando dei kit diagnostici basati sia sul saggio ELISA che sul saggio rapido *lateral flow*. Uno dei vantaggi di questi kit è l'utilizzo di anticorpi monoclonali che garantiscono performance costanti e un'estrema ripetibilità dei saggi, ma il vero valore aggiunto è la produzione degli anticorpi in pianta, che consente di svincolarsi da costosi impianti a contenimento atti a garantire la necessaria sterilità per la crescita delle colture cellulari animali. Si spera così di poter ottenere dei kit "verdi" per la diagnostica agroalimentare, utilizzando la pianta come biofabbrica e valida alternativa ai classici sistemi di produzione di anticorpi monoclonali, garantendo elevate rese, costi ridotti e uno scale-up produttivo rapido e flessibile.

Per approfondimenti: cristina.capodicasa@enea.it

Cristina Capodicasa, Marcello Catellani
ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria



Lo studio delle piante geneticamente modificate

S. Arpaia

Assicurare le produzioni agricole, fonti di cibo e di energia per l'attuale e per le prossime generazioni, è il fondamento di una razionale strategia di sviluppo per ogni società al fine di salvaguardare il proprio futuro e quello del pianeta. Un compito accolto in maniera integrale dalla Carta di Milano del 2015 (http://carta.milano.it/wp-content/uploads/2015/04/Italian_version_Milan_Charter.pdf). In un'epoca caratterizzata da forti cambiamenti climatici, dalla diminuzione delle risorse naturali e da una crescita asimmetrica della popolazione e delle risorse economiche a livello mondiale, questo obiettivo propone, al mondo della ricerca, una serie di sfide da affrontare con grande decisione.

Una di queste è la piena valorizzazione dei *servizi ecologici* (Tabella 1) che vengono prodotti negli agroecosistemi e che contribuiscono in maniera sostanziale al loro funzionamento grazie a un elevato numero di organismi coinvolti in tutti i processi biologici fondamentali.

Il Partenariato europeo per l'innovazione "Produttività e sostenibilità dell'agricoltura" (PEI-AGRI), lanciato nel 2012 per contribuire alla strategia dell'Unione "Europa 2020" identifica nel potenziamento della ricerca e dell'innovazione uno dei suoi cinque obiettivi principali. La strada da percorrere è quella di "ottenere di più e meglio con meno" per poter contribuire a garantire un regolare approvvigionamento di prodotti alimentari, mangimi, biomateriali, nel rispetto delle risorse naturali da cui dipende l'agricoltura.

Tra le innovazioni recenti, che hanno la potenzialità di fornire importanti risultati in quest'ottica, ci sono le piante geneticamente modificate (GM), una delle tecnologie che in agricoltura ha conosciuto il più rapido tasso di adozione di sempre, in aree come l'America e l'Asia ma, al contrario, è stata accolta con scetticismo in Europa, e particolarmente in Italia. Una delle ragioni di questo limitato impiego delle piante GM in Europa va ricercato nella preoccupazione in merito a possibili effetti ambientali negativi da parte di queste colture. In particolare, alcuni Stati membri dell'Unione Europea, che ne vietano attualmente l'uso in campo, temono i possibili effetti sulla biodiversità a causa di impatti sugli organismi *non-bersaglio*.

Il Centro Ricerche Trisaia dell'ENEA ha acquisito una consolidata esperienza in questi settori ed ha collaborato alla stesura delle linee guida dell'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA), che forniscono le basi scientifiche a supporto della preparazione dei dossier necessari per l'uso in Europa delle piante GM e dei loro prodotti (<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/1879.htm>). La Divisione Bioenergia, Bioraffineria e Chimica verde (ex laboratorio di Sviluppo Sostenibile della Produzione Primaria) ha il coordinamento di due progetti finanziati dalla Commissione Europea che hanno affrontato l'argomento dell'uso in sicurezza delle piante GM.

Il progetto europeo AMIGA "Assessing and Monito-

Tipologia	Processi ecologici
Servizi di supporto	Riciclo dei nutrienti, Formazione del suolo, Produzione primaria ecc.
Servizi di approvvigionamento	Cibo, acque dolci, legno e fibre, carburanti ecc.
Servizi di regolazione	Regolazione del clima, mitigazione delle inondazioni, regolazione delle malattie, purificazione delle acque ecc.
Servizi culturali	Estetici, spirituali, educativi, ricreativi ecc.

Tabella 1
I servizi ecologici forniti all'uomo dagli organismi presenti negli ecosistemi
Fonte: *Millennium Ecosystem, Assessment, 2005*



Figura 1
Campo sperimentale di mais del progetto AMIGA in Spagna

ring the Impacts of Genetically Modified Plants on Agro-ecosystems” (www.amigaproject.eu), in cui l’ENEA coordina 22 istituzioni scientifiche internazionali di grande prestigio, sta valutando l’applicabilità pratica dei principi e dei protocolli sperimentali che l’EFSA ha proposto nel 2010 per garantire che la valutazione del rischio ambientale possa essere condotta con i più elevati standard scientifici, tenendo in particolare considerazione la peculiarità degli ambienti riceventi in Europa.

Il consorzio AMIGA sta svolgendo prove sperimentali in laboratorio o in campo (Figura 1) sulle colture di mais e patata in 13 Stati diversi, rappresentativi delle diverse condizioni agro-climatiche del nostro continente. Ciò ha consentito di mettere a punto una mappa della biodiversità funzionale in questi due agroecosistemi, molto rilevanti sia per le produzioni energetiche che alimentari. Questi dati, con l’aiuto dei protocolli validati dai ricercatori dell’ENEA e degli altri partner di AMIGA, forniscono le informazioni biologiche di base su cui sono stati costruiti modelli e procedure per supportare una valutazione del rischio ambientale imperniata sui principi più rilevanti dell’ecologia e della sostenibilità delle produzioni agricole.

Un particolare aspetto della biosicurezza delle piante GM, quello della compatibilità di tali produzioni con la presenza di aree protette di rilevante importanza naturalistica (Siti di Interesse Comunitario, SIC), è stato affrontato poi dal progetto MAN-GMP-ITA “Validation of risk management tools for genetically modified plants in protected and sensitive areas in Italy” (<http://www.man-gmp-ita.sinanet.isprambiente.it/progetto>) che ha avuto come obiettivo principale quello di implementare una metodologia utilizzabile



Figura 2
Campo sperimentale per lo studio dell’emissione di polline da colza

nell’analisi dei rischi derivanti dal rilascio di piante GM sugli agroecosistemi e sulle aree adiacenti.

Il progetto, condotto da 5 partner italiani coordinati dall’ENEA, ha consentito di valutare dei percorsi di possibile esposizione ambientale per specie protette (Lepidotteri) presenti in queste aree o per specie predatrici (coccinellidi) che vivono in tali aree, ma producono anche un servizio ecologico di grande importanza per i campi coltivati che sono molto frequenti all’interno dei SIC italiani.

La presenza di partner dislocati su tutto il territorio nazionale ha consentito di effettuare dei casi studio dislocati al Nord (Emilia Romagna), al Centro (Lazio), al Sud (Basilicata) e nelle isole (Sicilia) con la valutazione della biodiversità di questi gruppi di specie in ognuna delle aree, stimandone similarità e peculiarità. Tutto il progetto è stato svolto senza alcuna emissione deliberata nell’ambiente di piante GM, ma studiando solo le caratteristiche biologiche rilevanti per effettuare una stima dell’esposizione ambientale (dispersione del polline - come da Figura 2 - biodiversità, cicli fenologici ecc.), che consentono la determinazione di indicatori biologici rilevanti per ciascun area e che potranno essere utilizzati in futuro per la valutazione d’impatto ambientale, anche di altra natura.

Le informazioni raccolte durante 2 anni di campionamenti sono state organizzate in un database che, oltre a contribuire alla caratterizzazione della fauna dei siti studiati, consente anche la definizione di scenari di esposizione ambientale basati sulla presenza-assenza delle varie specie nei singoli habitat nel corso

dell'anno. Nell'elaborare, ad esempio, una ipotesi di esposizione ambientale a polline di mais transgenico per i lepidotteri presenti nelle aree protette si nota che, sovrapponendo i dati relativi ai periodi di volo con l'emissione di polline nelle diverse aree, i possibili scenari di rischio sono molto diversi. Ad esempio, la produzione di polline di mais in Val Padana si sovrappone esattamente con la presenza delle larve di *Inachis io* L. che si alimentano su ortica nei pressi dei margini dei campi. Al contrario, in un SIC situato in Basilicata, i picchi di fioritura della coltura avvengono in luglio-agosto, quando molte specie di Lepidotteri sospendono la loro attività a causa delle alte temperature e della forte aridità.

La grande esperienza accumulata dai nostri laboratori in quest'ambito, ha messo in luce l'importanza delle conoscenze di base degli agroecosistemi e degli habitat adiacenti per poter impostare dei programmi necessari alla realizzazione delle attività agricole fondamentali in maniera sostenibile. Tali ricerche rimangono al momento limitate da una carenza, ormai annosa, di fondi nazionali dedicati alla ricerca.

Inoltre, nel caso specifico dello studio delle piante GM, l'Italia ha ritenuto che, contestualmente ai divieti nazionali di coltivazione di piante GM sul proprio territorio, si dovessero sospendere anche le ricerche in merito alla valutazione di impatto ambientale su queste piante. La ricerca italiana sta subendo pesantemente questo stop, essendo stato quasi completamente arrestato un filone di studi sulla biosicurezza che, ovviamente, rende le conoscenze legate ai nostri ambienti e ai nostri sistemi produttivi solo sporadiche e, spesso, non più in linea con gli standard raggiunti in altri Paesi. Proprio per quanto riguarda la sicurezza ambientale infatti, è necessario fare delle valutazioni oggettive, che non possono prescindere dalle peculiarità dell'ambiente ricevente. Per non rischiare di importare ed utilizzare dei prodotti e delle tecnologie che sono state ottenute e valutate solo in aree del mondo diverse dalla nostra.

Per approfondimenti: salvatore.arpaia@enea.it

Salvatore Arpaia
ENEA, Divisione Bioenergia, bioraffineria e chimica verde



ENEA per **EXPO**
2015

**energia
ambiente
e innovazione**

speciale III - 2015

Bimestrale dell'ENEA
anno 61