

PROPOSTE DALLA BIOECONOMIA PER UNA ORTOFRUTTICOLTURA SOSTENIBILE





PROPOSTE DALLA BIOECONOMIA

PER UNA ORTOFRUTTICOLTURA SOSTENIBILE

Risultati del Focus innovazione sulla chimica verde



Questo volume è frutto dell'attività del *Focus innovazione sulla chimica verde*, condotto nell'ambito della Rete rurale nazionale (RRN) nel biennio 2018-2019. Coordinato dal CREA - Centro di Politiche e bioeconomia (CREA-PB), il Focus è stato condotto con la collaborazione dell'Associazione Chimica Verde Bionet e ha coinvolto ricercatori afferenti ad altre istituzioni di ricerca e Centri CREA per la costituzione di un Comitato scientifico che ha supportato le attività del Focus per l'intero periodo di riferimento. Al dibattito generato dal Focus hanno inoltre partecipato numerosi soggetti tra associazioni di settore, istituzioni pubbliche e imprese.

Del Comitato scientifico hanno fatto parte:

Carla Abitabile (CREA-PB, coordinatrice del Focus)

Katya Carbone (CREA - Centro di ricerca Olivicoltura, Frutticoltura e Agrumicoltura - OFA)

Nicola Colonna (ENEA)

Lorenzo D'Avino (CREA - Centro di ricerca Agricoltura e Ambiente - AA)

Luca Lazzeri (CREA - Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture industriali - CI)

Sofia Mannelli (Associazione Chimica Verde Bionet - CVB)

Matteo Monni (Italian Biomass Association - ITABIA)

Salvatore Antonino Raccuia (CNR-ISAFOM)

Anna Vagnozzi (CREA-PB, responsabile attività innovazione RRN-CREA)

La cura del volume si deve a: Carla Abitabile, Sofia Mannelli, Matteo Monni, Anna Vagnozzi

Alla sua redazione hanno contribuito:

Prima parte

Capitolo 1: Carla Abitabile e Anna Vagnozzi

Capitolo 2: Lorenzo D'Avino, Luca Lazzeri, Nicola Colonna, Salvatore Antonino Raccuia

Capitolo 3: Katya Carbone e Nicola Colonna

Capitolo 4: Carla Abitabile e Salvatore Antonino Raccuia

Capitolo 5: Annalisa Zezza (CREA - PB)

Capitolo 6: Alessandra Vaccaro (CREA - PB)

Capitolo 7: Sofia Mannelli e Matteo Monni

Capitolo 8: Carla Abitabile

Seconda parte

Schede 1, 1.a e 1.c: Luca Lazzeri e Roberto Matteo (CREA CI), Lorenzo D'Avino

Scheda 1.b: Luca Lazzeri, Sofia Mannelli e Beppe Croce (CVB), Matteo Monni

Schede 2 e 4: Sofia Mannelli, Beppe Croce, Matteo Monni, Lorenzo D'Avino

Scheda 3: Luisa Ugolini (CREA CI), Luca Lazzeri, Sofia Mannelli, Matteo Monni

Scheda 5: Marco Benedetti (GreenEvo), Sofia Mannelli, Beppe Croce, Matteo Monni, Lorenzo D'Avino

Si ringraziano inoltre Valerio Miceli, Chiara Nobili e Daniela Cuna di ENEA per il fattivo contributo alla revisione delle schede

Segreteria: Maria Giglio (CREA-PB); Simona Buonandi, Giulia Puppo e Francesca Scarpelli (CVB)

Progettazione e realizzazione grafica: Anna Lapoli, Roberta Ruberto (CREA-PB); Andrea Panci (CVB)

Rapporto concluso a dicembre 2019



INDICE

PARTE PRIMA: LA CHIMICA VERDE PER LA SOSTENIBILITÀ DELL'AGRICOLTURA	4
1. INTRODUZIONE	4
2. PRINCIPI, SOSTENIBILITÀ E OPPORTUNITÀ DELLA CHIMICA VERDE	7
3. FILIERE ORTOFRUTTICOLE CIRCOLARI: USO DI SCARTI E SOTTOPRODOTTI	10
4. LA BIORAFFINERIA: VALORIZZAZIONE INTEGRALE DELLA BIOMASSA AGRICOLA.....	13
5. BIOECONOMIA E AGRICOLTURA: ORIENTAMENTI COMUNITARI E STRATEGIA NAZIONALE	16
6. LA CHIMICA VERDE NEI PROGRAMMI DI SVILUPPO RURALE E TRA I GRUPPI OPERATIVI DEL PEI- AGRI	19
7. LIMITI E OPPORTUNITÀ PER LA CHIMICA VERDE DALLA NORMATIVA.....	27
8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E PROSPETTIVE	31
PARTE SECONDA: SOLUZIONI SOSTENIBILI AI PROBLEMI DELL'ORTOFRUTTA	37
INTRODUZIONE.....	37
1 CROPPING SYSTEM.....	39
2. SUPPORTI BIOBASED IN FASE DI CAMPO	75
3. POSTRACCOLTA.....	78
4. GESTIONE RESIDUI	84
5. PACKAGING.....	94
Appendice 1 – Glossario.....	103
Appendice 2 – Esempi di applicazione della bioeconomia	114



PARTE PRIMA: LA CHIMICA VERDE PER LA SOSTENIBILITÀ DELL'AGRICOLTURA

1. INTRODUZIONE

1.1 Il Focus innovazione della Rete rurale nazionale sulla Chimica verde

L'innovazione è considerata, insieme alla ricerca, una delle soluzioni ai problemi dell'agricoltura perché in grado di contribuire ad aumentarne la sostenibilità economica, ambientale e sociale. Inoltre, essa fornisce idee, *start up* e proposte utili a far sviluppare le numerose opportunità che i territori rurali italiani non hanno ancora valorizzato.

È convinzione ormai nota e condivisa sia a livello scientifico che di governance che l'innovazione venga più facilmente adottata, e si diffonda quindi con maggiore rapidità, se i soggetti che a vario titolo concorrono alla produzione di nuova conoscenza dialogano fra loro e concordano argomenti e percorsi di sviluppo dell'innovazione. Essa infatti può derivare sia dall'attività di studio sistematico del settore scientifico, ma anche dall'esperienza su campo di imprese e/o di tecnici consulenti che con le problematiche operative sono quotidianamente a contatto.

I recenti indirizzi della politica, europea innanzitutto, vanno in questo senso. Una delle iniziative più nuove ed interessanti del quinquennio 2014-2020, il Partenariato Europeo per l'Innovazione (PEI) per la produttività e sostenibilità in agricoltura, ha adottato il suddetto approccio e ha promosso la sua adozione presso gli Stati membri attraverso i Programmi di Sviluppo Rurale in attuazione. I PSR recano infatti le risorse finanziarie per costituire presso i territori rurali i cosiddetti Gruppi Operativi, partenariati in cui sono presenti tutti i soggetti della filiera dell'innovazione che hanno il compito di risolvere problemi e cogliere opportunità mediante la diffusione di conoscenze e novità.

Tale intervento in corso da circa un triennio può trovare impulso e giovamento da iniziative generali che portino a conoscenza degli addetti ai lavori le problematiche dei settori produttivi e le innovazioni disponibili.

In questo contesto si colloca il Focus d'innovazione "Chimica verde", una delle cinque iniziative analoghe che il CREA-Centro di ricerca Politiche e Bioeconomia (CREA-PB) promuove nell'ambito della Rete Rurale Nazionale, con l'obiettivo di individuare le soluzioni più opportune alle principali problematiche (tecniche, gestionali, organizzative, di mercato) presenti in alcune delle più importanti filiere agricole e agroalimentari italiane.

In questo contesto, il Focus Chimica verde ha inteso individuare soluzioni innovative e ad elevata sostenibilità per risolvere problemi delle fasi di produzione e trasformazione del settore ortofrutticolo e assicurarne la diffusione ai diversi portatori di interesse.

Condotto da un gruppo di coordinamento (Comitato scientifico)¹, costituito da ricercatori di diversa provenienza e coordinato dal CREA-PB, il Focus si è avvalso della collaborazione dell'Associazione Chimica Verde Bionet² per l'attuazione delle azioni programmate e ha fatto ricorso a un approccio partecipativo che ha garantito il coinvolgimento di portatori di interesse del comparto, di rappresentanti del mondo della ricerca e di quello delle istituzioni in un confronto costante nel corso di un anno circa di attività.

¹ La composizione del Comitato scientifico è riportata nel colophon del volume.

² Chimica Verde Bionet è un'associazione senza fini di lucro che ha lo scopo di promuovere e sviluppare la ricerca sulle materie prime di origine biologica nonché la relativa applicazione industriale.



La ricognizione delle problematiche del settore ha aperto i lavori attraverso incontri con i principali attori della filiera, assicurando lo scambio di informazioni e le interazioni utili a:

- circoscrivere i problemi del comparto che è possibile affrontare/risolvere con soluzioni sostenibili (fase di ricognizione);
- individuare le possibili soluzioni nell'ambito della bioeconomia (chimica verde), caratterizzarle, valutarne, laddove possibile, costi e benefici (fase di identificazione);
- diffondere le informazioni sulle soluzioni individuate e condivise ai portatori di interesse (aziende e loro rappresentanti, associazionismo ecc.) (fase di diffusione).

La fase di identificazione ha privilegiato soluzioni innovative già disponibili e la cui applicazione abbia dato risultati positivi, a livello di aziende, filiere o territorio in termini principalmente di sostenibilità ambientale ma con attenzione anche agli aspetti socioeconomici.

Per la divulgazione delle innovazioni sono stati utilizzati più strumenti: alcune produzioni editoriali (il presente rapporto e una brochure divulgativa), incontri seminariali ospitati da importanti eventi del settore (EIMA, Macfrut) e presso alcune realtà imprenditoriali di particolare interesse, video dimostrativi, pagine *web* presso siti di larga diffusione (Rete rurale nazionale, Associazione Chimica Verde Bionet). In particolare, l'evento presso la fiera Macfrut 2019 ha concluso il percorso di lavoro ed ha costituito l'occasione per presentare l'attività condotta, i suoi risultati e per aprire un confronto tra i diversi portatori di interesse (amministrazioni pubbliche, associazioni produttori, organizzazioni agricole, mondo della ricerca) sulle possibili azioni da avviare per stimolare e indirizzare lo sviluppo del settore. È opportuno evidenziare, tuttavia, che le attività in tema proseguiranno presso il CREA-PB nella conduzione di alcuni approfondimenti sull'impatto economico e sociale delle soluzioni da chimica verde e sulla relativa policy, attività che potranno beneficiare degli spunti di riflessione emersi e del dibattito avviato durante l'anno di impegno del Focus.

A conclusione di quest'ultimo, il rapporto qui presentato ha la duplice finalità di introdurre all'argomento trattato e di riportare i risultati del lavoro condotto. A tale scopo, il documento è articolato in due parti distinte. Nella prima viene presentato l'ambito di riferimento del Focus, introducendo la chimica verde e illustrandone, per un verso, le potenzialità per l'incremento della sostenibilità dei processi produttivi agricoli e, per altro verso, le possibilità di sviluppo nel più ampio contesto degli orientamenti comunitari e nazionali sulla bioeconomia. Il successivo approfondimento sul sostegno alla chimica verde che, a vario titolo e con forme diverse, è previsto nei piani di sviluppo rurale delle regioni italiane e una disamina delle questioni relative alla normativa contribuiscono a comprendere gli attuali indirizzi delle istituzioni e a tracciare alcune considerazioni relative ai limiti e alle opportunità che presenta la normativa.

Nella seconda parte sono introdotte le possibili soluzioni da chimica verde per i problemi dell'ortofrutta. A fini di sistematicità, le innovazioni proposte sono raggruppate funzionalmente in 5 segmenti operativi, di cui due fanno riferimento alle prime fasi del processo produttivo - il *cropping system*, che riguarda la fase in campo, e il post raccolta -; segue la gestione dei residui, a cui si aggiunge una rassegna del materiale utilizzato per agevolare la coltivazione (supporti *biobased*) e di quello per il *biopackaging*. Per ognuno di tali segmenti, sono state approntate una o più schede che riportano informazioni utili a orientare il lettore nelle innovazioni proposte (caratteristiche e contesti di applicazione, risultati ottenibili e limiti di applicabilità, reperibilità), insieme ad alcuni riferimenti documentali per i necessari approfondimenti.

1.2 L'agricoltura sostenibile tra chimica verde e bioeconomia

Identificare i possibili percorsi di sviluppo della chimica verde per l'agricoltura richiede innanzitutto di fare chiarezza sui termini della questione in modo da connotare gli elementi di cui si compone questo approccio, quantomeno nell'accezione qui utilizzata, e le relazioni tra questo e i settori agricolo e



agroindustriale. La definizione di tale quadro consente, per un verso, una più agevole identificazione dei vincoli che la normativa vigente pone sui vari fronti della ricerca e dell'innovazione nell'ambito specifico (produzione, promozione, diffusione, adozione) e, per altro verso, di delineare possibili soluzioni per la rimozione degli ostacoli e lo sviluppo di questo approccio.

Il primo punto da sottolineare riguarda l'ambito di riferimento dell'attività i cui risultati sono presentati in questo rapporto. Si tratta di un ambito che, sebbene si riferisca all'approccio di chimica verde come inteso originariamente, estende il proprio campo di osservazione sulla base delle caratteristiche specifiche del settore primario e dell'evoluzione che si registra nella definizione più generale di strategie e politiche conseguente al passaggio da un paradigma di sviluppo dipendente dalle risorse non rinnovabili a un percorso fondato sull'utilizzo di risorse biologiche (rinnovabili).

La chimica verde nasce come reazione dell'industria chimica ai crescenti timori per l'impatto del settore sulla salute e sull'ambiente e si propone pertanto di progettare, sviluppare e implementare prodotti e processi chimici che riducono o eliminano l'uso e la generazione di sostanze pericolose per la salute e l'ambiente (Clark et al., 2012) lungo un percorso indirizzato da una legislazione (chimica) sempre più attenta alle istanze della società. Si ritiene tuttavia che, anche al fine di preservare le risorse finite, sono necessari ulteriori progressi in termini di sostenibilità che consentano di operare prevedendo il riutilizzo e riciclo dei prodotti secondo un modello di 'chimica circolare' (Clark et al., 2016; Keijer et al., 2019), ricalcando in tal modo il processo più generale di definizione delle strategie di sviluppo economico che da ultimo vede l'affermazione del modello circolare. L'uso di materie prime rinnovabili è infatti uno degli elementi cardine della chimica verde ma non è sufficiente a sancirne la sostenibilità nelle sue tre componenti (ambientale, economica, sociale). L'introduzione del modello circolare promuove l'uso efficiente delle risorse e lo sviluppo di processi finalizzati al riutilizzo e riciclo delle sostanze chimiche, per favorire un'industria chimica a circuito chiuso e senza sprechi (Keijer et al., 2019) e contribuire così ad incrementare la sostenibilità del settore.

È noto che la chimica verde, rispetto alla chimica tradizionale, adotta un approccio diverso che applica principi innovativi in ogni stadio del processo chimico (progettazione, produzione, uso e smaltimento) finalizzati a prevenire e ridurre il proprio impatto ambientale, oltre che a perseguire obiettivi di salute, sicurezza ed economia. I dodici principi sui quali si fonda la chimica verde ne delimitano il dominio che vede, tra l'altro: l'uso di materiali e processi tali da produrre la minore quantità possibile di prodotti pericolosi per l'ambiente; l'utilizzo di materiale rinnovabile; la riduzione di materie prime utilizzate e la produzione di minime quantità di scarti (Anastas e Warner, 1998)³.

Lo sviluppo della chimica verde è richiamato espressamente nella versione rivisitata della strategia europea sulla bioeconomia (European Commission, 2018), anche in relazione allo sviluppo in chiave sostenibile dell'agricoltura (compresi i settori agroalimentare, le foreste, la pesca e l'acquacoltura, ecc.), a cui è collegata in una duplice prospettiva che vede il settore primario, per un verso, quale fornitore di biomassa (prodotti, sottoprodotti, scarti e residui agricoli) e, per altro verso, quale consumatore di mezzi tecnici *bio-based* e di tecnologie di risanamento. La bioeconomia, a cui si ascrivono sia l'agricoltura che la chimica verde, è d'altronde associata alla transizione verso un modello fondato sulle materie prime rinnovabili (OECD, 2019) e più recentemente rappresenta per molti paesi una strategia che include, integrandole, precedenti strategie e politiche per le quali tematiche come la protezione della biodiversità, la qualità e la quantità degli alimenti, la conservazione di biotopi rari e la mitigazione dei cambiamenti climatici erano considerate separatamente (Staffas et al., 2013).

Il raggiungimento degli obiettivi della strategia sulla bioeconomia viene perseguito anche attraverso una conoscenza più approfondita degli ecosistemi e dei relativi servizi, le cui applicazioni possono portare a una migliore produttività e resilienza dei sistemi. In questo ambito rientra l'agroecologia e

³ Cfr. il glossario in appendice al volume per una disamina completa dei principi fondanti della chimica verde.



tutte quelle pratiche agricole che contribuiscono alla sostenibilità dell'agricoltura salvaguardando lo stato delle risorse (fertilità dei terreni, biodiversità dei sistemi colturali, ecc.).

Questa breve introduzione sulle relazioni che intercorrono tra chimica verde e agricoltura consente di delineare il campo di osservazione del presente studio che considera processi e sostanze di origine naturale – queste ultime derivanti soprattutto da scarti e sottoprodotti agricoli –, attivi nei confronti delle patologie e dell'entomofauna dannosa in agricoltura (particolarmente in orticoltura e frutticoltura), nonché processi e sostanze di origine naturale utili a migliorare la fertilità del suolo. Con la stessa ottica si guarda inoltre alle altre fasi della filiera produttiva: anche per la trasformazione e la commercializzazione dei prodotti si richiede infatti l'adozione di tecnologie sostenibili e, al riguardo, la chimica verde può offrire alcune opportunità interessanti (es. materiale *bio-based* per il *packaging*).

2. PRINCIPI, SOSTENIBILITÀ E OPPORTUNITÀ DELLA CHIMICA VERDE⁴

La chimica verde rappresenta una sfida a un'economia basata esclusivamente sulla petrolchimica e centrata sull'uso di risorse non rinnovabili. Dalle agroenergie ai biolubrificanti, dai colori naturali ai solventi, dalle plastiche biodegradabili alle fibre vegetali e ai materiali compositi, dai prodotti nutraceutici ai biopesticidi, alle molecole fini, la chimica verde riguarda un vasto campo di ricerche e applicazioni tese a ridurre gli impatti negativi della chimica (petrolchimica) sulla società e può offrire numerose opportunità di sviluppo rappresentando un motore di innovazione e favorendo la competitività in chiave sostenibile delle imprese che producono o utilizzano sostanze chimiche.

Secondo l'Agenzia di protezione ambientale degli Stati Uniti⁵, la chimica verde persegue l'invenzione, la progettazione e lo sviluppo di processi e prodotti atti a ridurre la produzione e l'uso di sostanze pericolose per l'ambiente e la società. La medesima finalità viene d'altronde espressa mediante i 12 principi fondanti della chimica verde (Anastas e Warner, 1998), principi che ne individuano caratteri e modalità di approccio, in particolare attraverso: l'utilizzo di materie prime rinnovabili; la progettazione di processi e prodotti più sicuri; l'uso di materiali e solventi non dannosi; il miglioramento dell'efficienza energetica; la riduzione dei residui e, in più in generale, una chimica intrinsecamente più sicura.

Opinione diffusa all'interno della comunità scientifica è che, per poter raggiungere questo obiettivo, occorre utilizzare materie prime di origine biologica realizzando così i bioprodotti (*bio-based products*)⁶. L'utilizzo di materie prime di origine agricola o forestale per la produzione di intermedi e prodotti chimici può infatti: (a) ridurre la tossicità nei confronti dell'uomo e dell'ambiente, (b) aumentarne il tasso di rinnovabilità e quindi di sostenibilità ambientale, (c) innalzarne la biodegradabilità e la compostabilità una volta immessi nell'ambiente tal quali o smaltiti come rifiuti a fine vita.

I bioprodotti hanno migliori performance ambientali sia nella valutazione del ciclo di vita (LCA) sia nelle emissioni di gas climalteranti (*carbon footprint*) (D'Avino et al., 2015a, Razza et al., 2018). Per questi motivi il Ministero dell'agricoltura degli Stati Uniti (USDA) già nel febbraio 2011 ha presentato un'etichetta per i bioprodotti, definiti tali attraverso la valutazione della percentuale di carbonio

⁴ I contenuti sono parzialmente tratti e aggiornati da: D'Avino L., Lazzeri L. 2012. *La chimica verde*. In: Caccioni D. e Colombo L. (a cura di) *Il Manuale del Biologico, Edagricole-Edizioni Agricole de Il Sole 24 ORE, Milano ISBN 978-88-506-5393-5 pp159-170*.

⁵ <http://www.epa.gov/greenchemistry/>.

⁶ Definiti dallo statunitense "Food, Conservation and Energy Act of 2008" come "prodotti industriali o commerciali (diversi da cibo o mangimi) che sono composti totalmente o in parte significativa da prodotti di origine biologica (in senso lato), compresi materiali agricoli e forestali rinnovabili e nazionali, materie prime o costituenti intermedi di un processo".



rinnovabile nel bioprodotto⁷. Infatti, il contenuto minimo di materiali di origine naturale che permettono di classificare un bioprodotto è diverso per ciascuna delle 139 categorie (es. detersivi, moquette, lubrificanti, vernici) e può variare dal 7% al 95% del totale. Ad oggi i prodotti *bio-based* certificati volontariamente dai produttori hanno mostrato un incremento del 17% dal 2014 al 2016, anno in cui risultano 4,65 milioni di persone assunte dalle imprese *bio-based* negli Stati Uniti, compreso l'indotto, per un valore di 459 miliardi di dollari di valore aggiunto ed almeno 40.000 unità di prodotti *bio-based* presenti sul mercato americano, in grado di evitare il consumo di quasi 1.5 miliardi di litri di petrolio equivalente (Daystar et al., 2018).

Anche a livello europeo si è cercato di promuovere la standardizzazione e l'etichettatura⁸ dei bioprodotti; tale percorso è stato avviato già nel 2006 con il Regolamento Comunitario REACH⁹ che ha l'obiettivo di registrare e monitorare i composti chimici sul mercato europeo, al fine di definirne i livelli di tossicità e individuare e proporre, ove possibile, alternative a minor impatto ambientale. Così l'industria chimica è stata incentivata a sostituire parte del petrolio utilizzato nella filiera di produzione, determinando un crescente interesse verso l'approvvigionamento di materie prime naturali ad un costo accettabile, ma anche con specifiche proprietà tecnologiche idonee alle diverse utilizzazioni industriali.

Sembra quindi che la Commissione europea riconosca già da diversi anni i potenziali vantaggi offerti dai bioprodotti sia per la competitività industriale che per l'ambiente, attribuendo ai processi biotecnologici che li generano un minor consumo di energia, minori emissioni di anidride carbonica e di composti organici volatili e la riduzione di rifiuti tossici (European Commission, 2007).

Nonostante le favorevoli premesse e le aspettative sui bioprodotti, il dibattito sulla loro sostenibilità complessiva è tuttavia aperto: sono tuttora in fase di studio i possibili criteri di sostenibilità e le relative soglie utili a implementare un adeguato processo di certificazione che consenta di distinguere tra prodotti efficaci e sostenibili da mere azioni di *green-washing*. Al riguardo, il Comitato europeo ha definito i criteri di sostenibilità dei bioprodotti (EN 16751: 2016)¹⁰, avendo individuato possibili criteri relativamente ai tre pilastri della sostenibilità:

- ambientali (protezione del clima e conservazione della qualità dell'aria, dell'acqua, del suolo; aumento della biodiversità; efficienza nell'uso di energia e materiali; minimizzazione dei rifiuti);
- sociali (rispetto dei diritti dei lavoratori e delle loro condizioni di lavoro e di vita, dell'uso dei terreni e dell'uso di acqua, promozione dello sviluppo locale);
- economici (promuovere la produzione e il commercio di bioprodotti in modo economicamente e finanziariamente sostenibile).

Considerare una notevole varietà di criteri e promuovere la trasparenza delle misure adottate non è tuttavia sufficiente se non si considerano anche le soglie relative a ciascun criterio per stabilire la sostenibilità di un bioprodotto. L'individuazione dei criteri funzionali alla valutazione della sostenibilità non è stato un processo semplice e ha richiesto la partecipazione attiva di imprese, cittadini ed istituzioni per individuare congiuntamente le migliori risposte alle sfide attuali, che tuttavia sono in divenire. Sono risultati utili e saranno in futuro cruciali l'utilizzo di modelli partecipativi in grado di coinvolgere i diversi portatori di interesse, in modo da rafforzare il legame tra scienza e società e agevolare l'elaborazione di politiche efficaci. In tal senso, con riferimento

⁷ www.biopreferred.gov.

⁸ Si veda ad esempio la comunicazione della Commissione COM(2007) 860 del 21.12.2007 dal titolo "Mercati guida: un'iniziativa per l'Europa", dove sono definiti i bioprodotti ed il loro mercato come uno di quelli da promuovere.

⁹ Regolamento REACH (Registrazione, Valutazione, Autorizzazione e restrizione delle sostanze Chimiche), Reg. (CE) n. 1907 del 18/12/2006 e successive modifiche.

¹⁰ CEN(European Committee for Standardization), 2016. *Bio-based products - Sustainability criteria*, https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:110:0:::FSP_PROJECT:39302&cs=1DC36D7887F91C42B3425D03E0D471964.



specifico ai bioprodotti, risultano esemplificative dell'utilità di un approccio partecipativo: (i) il dialogo tra istituzioni pubbliche, imprese e associazioni di categoria le cui istanze avanzate relativamente ai bioprodotti riguardano l'elaborazione e l'aggiornamento della normativa, (ii) proporre una fiscalità agevolata per tali prodotti e (iii) l'applicazione della cosiddetta Carbon Tax alle risorse energetiche che emettono anidride carbonica, in modo tale che i prodotti *bio-based*, attualmente più costosi, possano divenire sempre più competitivi.

Ci troviamo quindi solo all'inizio di un percorso complesso in cui, riconoscendo che la chimica verde rappresenta un'opportunità rilevante per rendere il sistema agroalimentare più salubre e a minore impatto, la collaborazione tra ricerca, imprese e istituzioni può dare un grosso impulso all'identificazione delle migliori soluzioni, tenendo tuttavia sempre in considerazione anche i costi per produrre le certificazioni per tutti i criteri adottati e la percezione del mercato nel valutare positivamente questi sforzi.

Il mercato in effetti manda già segnali incoraggianti per quella che viene definita come la rivoluzione verde della chimica (Greenitaly, 2019)¹¹ generata dallo stretto collegamento tra la chimica e la filiera agricola e forestale. Basti rilevare che la crescita del volume dei bioprodotti a livello globale è dell'ordine del 16% entro il 2025, con un fatturato in aumento dai 6,4 miliardi di dollari del 2016 a 23,9 miliardi dell'anno successivo (Inkwood Research, 2017)¹². Inoltre, secondo le proiezioni di crescita stimate per la bioeconomia, entro il 2030 è prevedibile l'ingresso sul mercato di una nuova, ampia gamma di composti chimici rinnovabili ed ecocompatibili di nuova generazione, tra cui bioplastiche, biolubrificanti, solventi, detergenti, cosmetici, prodotti per la salute, vernici, imballaggi, fino a prodotti speciali come quelli per la componentistica e i fluidi speciali per l'industria. Tra queste categorie esistono importanti differenze poiché, ad esempio, mentre surfattanti e cosmetici contengono già una elevata componente *bio-based*, intermedi chimici e solventi ne contengono solo una percentuale limitata. E tra questi, mentre sembra che il mercato degli intermedi chimici abbia un veloce sviluppo, quello dei solventi appare meno dinamico (European Commission, 2018).

È opportuno sottolineare come, al fine di accrescerne l'interesse economico, la produzione della biomassa¹³, sia essa indifferenziata o da colture dedicate, dovrà essere non solo costante nel tempo ma anche caratterizzata da un'elevata qualità, considerato che oggi la scarsa disponibilità di biomasse di qualità rappresenta spesso un limite allo sviluppo di ulteriori prodotti innovativi. Tale carattere potrà influire positivamente sul prezzo della materia prima, determinato anche dal contenuto di molecole utili e dal grado di raffinazione della biomassa.

L'origine naturale dei bioprodotti e la loro intrinseca biodegradabilità può essere un vantaggio soprattutto nei casi in cui l'uso dei prodotti chimici ne può comportare la dispersione nell'ambiente. L'agricoltura è esemplificativa in tal senso e prodotti innovativi *bio-based* sono stati messi a punto quale alternativa ai mezzi tecnici di origine fossile, rappresentando una novità sia per l'agricoltura convenzionale sia per quella biologica. Sono tra questi i fertilizzanti e i fitofarmaci, naturalmente, ma anche i teli per la pacciamatura costituiscono un esempio di bioprodotto degno di nota.

Utilizzati in orticoltura per mantenere le condizioni termiche più favorevoli allo sviluppo delle colture, preservare il terreno dalla perdita di umidità e contenere lo sviluppo di infestanti tra e sulle file, i film plastici tradizionalmente utilizzati a tal fine sono realizzati in polietilene (in genere LDPE) o acetato

¹¹ <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.043>

¹² *Global Bio-Based Chemicals Market Forecast 2017-2025*, Inkwood Research 2017, <http://news.bio-based.eu/global-bio-based-chemicals-market-forecast-2017-2025/>

¹³ *Secondo la Direttiva Europea 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, le biomasse comprendono: la frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l'acquacoltura, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani. Per una disamina della produzione e dell'uso della biomassa in Unione europea, si veda il recente rapporto di JRC (Camia et al., 2018).*



(EVA). A fine vita, lo smaltimento di questo materiale implica costi così elevati che spesso portano a comportamenti fraudolenti, con l'abbandono illegale e/o la combustione incontrollata del materiale con conseguente emissione di sostanze nocive nell'atmosfera e nel suolo. Recenti studi affermano che l'uso di film per pacciamatura sono una pericolosa fonte di contaminazione degli ambienti terrestri, particolarmente in Cina (Huang et al., 2020).

Si stima che il consumo annuale di plastica in agricoltura sia passato da 4,4 milioni di tonnellate del 2012 a 7,4 milioni di tonnellate nel 2019 e che i teli per pacciamatura nel 2012 rappresentavano il 40% di questa quantità (Sintim e Flury, 2017). Secondo studi LCA di Novamont sui teli per pacciamatura (Razza et al., 2010; 2019), il lecito smaltimento dei teli convenzionali utilizzati per la pacciamatura di un ettaro di suolo comporta l'emissione di 890 kg di CO₂ equivalente, che diventano 1.680 kg se vengono bruciati in campo.

L'uso di teli pacciamanti biodegradabili determina l'emissione di soli 450 kg di CO₂ equivalente ad ettaro e, a fine vita, possono essere lasciati nel terreno dove sono rapidamente degradati svolgendo anche una funzione di fertilizzazione (per questo la normativa li classifica fra i fertilizzanti¹⁴). Si tratta pertanto non solo di un'innovazione di prodotto, ma di un'innovazione di sistema.

Relativamente ad una valutazione comparata dei costi e dei benefici tra prodotti *bio-based* e tradizionali, quest'ultimo esempio risulta particolarmente significativo perché rappresenta un tipo di utilizzazione in cui la riduzione dei costi (economici e ambientali) relativi al diverso smaltimento del bioprodotto riesce a compensare i maggiori costi necessari alla sua produzione e quindi presenta performances superiori all'omologo di origine fossile (D'Avino et al., 2015b).

Nel settore delle bioplastiche queste considerazioni possono essere estese anche alle pellicole per imballare, trasportare o smaltire frutta e verdura poiché, grazie alla maggiore permeabilità all'ossigeno e al vapore acqueo delle bioplastiche rispetto alle plastiche di origine fossile (Basha et al., 2011), risulta migliorata sia la conservabilità del prodotto fresco che la riduzione di peso e di odori¹⁵ emessi dai rifiuti durante lo smaltimento.

Molti altri esempi potrebbero essere citati, principalmente nel caso delle molecole bioattive e tra i cosiddetti biopesticidi, dove sono disponibili prodotti con diverse strategie che hanno condotto alla definizione di nuove classi merceologiche, quali ad esempio i biostimolanti ed i corroboranti, oltre che al rilancio di nuovi sovesci (cfr. scheda *cropping system* nella parte 2 di questo volume) che combinano la fase di fertilizzazione e di difesa.

Il settore è quindi in grande sviluppo, ma è ancora lunga la strada da compiere, a partire dalla definizione condivisa di criteri di sostenibilità che possano essere facilmente comprensibili ai consumatori in modo che gli sforzi dei sistemi agricoli ed industriali virtuosi, anche tramite certificazione, possano trovare dei riscontri positivi nel mercato (Majer et al., 2018; Morone e D'Amato, 2019).

3. FILIERE ORTOFRUTTICOLE CIRCOLARI: USO DI SCARTI E SOTTOPRODOTTI

Coniugare agricoltura e trasformazione sostenibile significa produrre e trasformare prodotti agricoli in modo remunerativo, competitivo ed efficiente, rispondendo al contempo al bisogno emergente circa la protezione dell'ambiente e delle risorse naturali.

Le filiere agroalimentari, oltre ai prodotti principali, generano sottoprodotti, residui di lavorazione e scarti che rappresentano una potenziale fonte di valore per le imprese e la società poiché

¹⁴ D.lgs. 217 del 29/04/2006 allegato 6, prodotti ad azione specifica.

¹⁵ In assenza di ossigeno si sviluppano batteri solforiduttori a respirazione anaerobica che emettono il classico odore di "uova marce" (acido solfidrico).



costituiscono una riserva di elementi e composti da utilizzare e valorizzare attraverso altri cicli produttivi. È noto che in Italia si scartano in media 149 kg/pro capite di cibo ogni anno e che il 50% è rappresentato da ortofrutta (scarti e sottoprodotti della trasformazione, eccedenze di frutti non idonei alla commercializzazione, ai quali si vanno ad aggiungere gli scarti di patatura)^{16,17,18}.

I numeri in gioco sono assai rilevanti e diverse stime hanno valutato la quantità di questo “gigante nascosto”¹⁹, un’espressione che evidenzia sia l’ampiezza del “problema”, in quanto parliamo di milioni di tonnellate solo nel nostro paese, sia il fatto che è disperso e diffuso in migliaia di imprese agricole ed agroindustriali, ma anche nei nostri supermercati e case, per cui non ne percepiamo la rilevanza e, sino a tempi recenti, neanche le potenzialità.

Numerosi studi hanno valutato, a livello nazionale, regionale e locale le quantità di residui che il settore agroalimentare produce e che sono suscettibili di altri impieghi, tra i quali, tipicamente, quello energetico²⁰. La generazione di energia tramite la combustione o la fermentazione di scarti e residui agricoli è una opzione che ha visto una grande crescita nel nostro paese nell’ultima decade e rimane una soluzione importante per molti sottoprodotti che non trovano, allo stato attuale, impieghi più remunerativi. D’altra parte, l’energia generata dai residui può essere impiegata per i processi di trasformazione del medesimo settore agroalimentare sostituendo così l’energia da fonte fossile e contribuendo ad aumentare la sostenibilità delle produzioni.

Molti residui e scarti agroalimentari però hanno un valore intrinseco molto più elevato del loro contenuto energetico (PCI) e potrebbero trovare usi ed impieghi più interessanti e remunerativi. Una delle tendenze recenti della ricerca nel settore agroindustriale, sia a livello nazionale che internazionale, è quella relativa alla valorizzazione dei sottoprodotti e scarti di lavorazione, la cosiddetta biomassa residuale, attraverso il recupero e la produzione di bioprodotto ad alto valore aggiunto nel tentativo di garantire una crescita sostenibile alle aziende, utilizzando le risorse a disposizione in un modo più intelligente e sostenibile, come raccomandato dalla Commissione Europea nel piano d’azione per l’economia circolare.

Poiché la composizione chimica della biomassa determina molte delle sue proprietà, particolare importanza rivestono i sottoprodotti ortofrutticoli per le enormi potenzialità intrinseche di valorizzazione. Questo è dovuto al fatto che negli alimenti di origine vegetale sono naturalmente presenti una pleora di composti quali, ad esempio, composti dotati di attività biologica che si manifesta attraverso un’azione protettiva sulla salute umana; composti che possono andare a sostituire gli intermedi chimici di derivazione fossile, gli additivi e i coloranti sintetici; fibre da impiegare nella produzione di bioplastiche, ecc. Un aspetto particolarmente interessante è legato al fatto che nella frutta queste sostanze sono localizzate maggiormente in quei tessuti che in fase di trasformazione andranno a costituire la biomassa vegetale residuale definendone il potenziale intrinseco in termini economici che sarà quindi altissimo.

Risulta quindi evidente come gli scarti e i sottoprodotti dell’industria di trasformazione della frutta costituiscano un’ingente quantità di materiale organico, ovvero di biomassa, che al momento è recuperata solo in parte o che talvolta non è correttamente utilizzata. In generale, si stima che dal 20% all’80% della produzione di frutta è destinata alla trasformazione²¹, i cui residui di lavorazione,

¹⁶ Dati Eurostat 2014.

¹⁷ Bio Intelligence Service DG Environment, European Commission, Final Report Preparatory Study on Food Waste. October 2010.

¹⁸ Segrè A., Falasconi L. (2011) *Il libro nero dello spreco in Italia: il cibo*, Edizioni Ambiente.

¹⁹ IEA Bioenergy (2010) *Annual Report 2009*. International Energy Agency, Vienna.

²⁰ Motola V., Colonna N., Alfano V., Gaeta M., Sasso S., De Luca V., De Angelis C., Soda A., Braccio G., (2009) *Censimento potenziale energetico*.

²¹ Dati Ismea 2008.



costituiti prevalentemente da bucce, residui di polpa e semi/noccioli, costituiscono dal 2 al 25% in media della materia prima lavorata, con punte fino al 50-60% nel caso di alcune produzioni, come agrumi o melograno. Per quanto riguarda la trasformazione della frutta, le specie maggiormente interessate risultano pere, mele e albicocche, le cui biomasse residuali sono costituite da noccioli, residui di pelatura e detorsolatura e scarti di passatrice (panelli) quando si producono puree e succhi di frutta.

Attualmente, laddove possibile, tali residui sono diretti prevalentemente alla distillazione, all'alimentazione animale o alla produzione di biogas, con alcune limitazioni d'impiego legate al contenuto d'umidità finale e alla presenza di sostanze fitotossiche per l'ambiente, come ad esempio i polifenoli, che possono inibire i processi fermentativi e quindi limitarne l'uso nei digestori anaerobici finalizzati alla produzione di biogas. Queste sostanze limitano anche l'impiego della biomassa come integratore per i mangimi, soprattutto per i ruminanti. In alternativa, questi residui vanno smaltiti in qualità di rifiuti speciali con oneri a carico del produttore.

Analogamente il settore orticolo, sia per i prodotti freschi che nel caso di prodotti trasformati, produce notevoli quantità di scarti ricchi di carboidrati, fibre e proteine suscettibili di altri impieghi: foglie, parti di fusto, brattee, infiorescenze, bucce sono tutti prodotti che le imprese devono smaltire e che trovano molteplici destini in virtù dei diversi contesti aziendali e territoriali nei quali vengono prodotti.

Al contrario, puntare sulla valorizzazione dei residui di lavorazione per produrre bio-prodotti ad alto valore aggiunto, permettendo di incrementare le opportunità di ricollocazione degli scarti e sottoprodotti sul mercato e migliorando al contempo le performance energetiche della biomassa residua (dal 10 al 40% di quella iniziale), favorisce la sostenibilità economica e ambientale delle produzioni, producendo nuovo reddito e accrescendo al contempo la competitività delle aziende stesse. Si può pertanto immaginare un processo a cascata di valorizzazione di ogni scarto o prodotto attraverso l'estrazione in passaggi successivi di molecole o elementi utili fino ad un residuo finale che, secondo le sue caratteristiche, può essere avviato ad uso energetico o al compostaggio.

Un ostacolo potenziale alla valorizzazione dei sottoprodotti è rappresentato dal fattore logistico poiché spesso i residui e gli scarti sono prodotti in tante realtà produttive medio piccole, in periodi diversi ed in luoghi distanti tra loro²². Questo rende onerosa la loro raccolta, concentrazione e gestione, specie se si tratta di sottoprodotti ad elevata deperibilità che necessitano di essere rapidamente sottoposti ai processi industriali per la produzione/estrazione di molecole di interesse. Il superamento di tali barriere è possibile attraverso sia soluzioni tecniche che gestionali che vedono una collaborazione stretta tra i diversi soggetti della filiera. Accordi tra produttori e trasformatori possono portare ad una valorizzazione delle materie di scarto e nello stesso tempo alla condivisione dei benefici, ma anche alla chiusura dei cicli, come ad esempio avviene nel caso della digestione anaerobica, dove le imprese fornitrici di sottoprodotti possono ricevere il digestato per spanderlo nei propri terreni. Il residuo o scarto deve quindi essere considerato un prodotto aziendale e, come tale, gestito in modo tale da assicurarne la qualità necessaria per gli usi secondari cui è destinato.

In questo contesto, in particolare, ci si attende che la ricerca scientifica permetta di valorizzare economicamente una gamma sempre più ampia di risorse rinnovabili, di rifiuti organici e di sottoprodotti grazie a processi nuovi ed efficienti sotto il profilo delle risorse. Tutto ciò porta a ridisegnare il concetto di produzione alimentare, che in base ad un approccio di tipo olistico interconnette un'elevata qualità e salubrità del prodotto, con la più elevata efficienza di produzione e la sostenibilità ambientale del prodotto e della produzione.

²² Colonna N. (2010), *Il potenziale energetico da biomasse. Rivista della FIRE Gestione Energia*, 2/2010, pp. 42-46, Fabiano editore.



4. LA BIORAFFINERIA: VALORIZZAZIONE INTEGRALE DELLA BIOMASSA AGRICOLA

L'Agenzia Internazionale per l'Energia (International Energy Agency, IEA) definisce la bioraffineria come un sistema produttivo che ha quale obiettivo la trasformazione sostenibile di biomasse²³ in energia e in una serie di prodotti commercializzabili²⁴. È una definizione ampia che fa riferimento a diverse tipologie di bioraffinerie (IEA Bioenergy, 2014), impianti che garantirebbero la sostenibilità tecnica e ambientale attraverso tecnologie e processi di varia natura (termochimica, biochimica, ecc.), opportunamente integrati anche grazie a studi preliminari, quali l'analisi del ciclo di vita e la definizione di bilanci di materia e di energia delle alternative disponibili (Poletti e Pomi, 2016).

Di concezione analoga alle raffinerie convenzionali (European Commission, 2012) che trasformano il petrolio greggio in prodotti di vario tipo (carburante, elettricità, sostanze chimiche), la bioraffineria è un elemento centrale nella strategia per la bioeconomia e rappresenta una possibile soluzione ai problemi generati dagli impianti convenzionali, problemi divenuti particolarmente evidenti negli anni più recenti, con la volatilità dei prezzi delle materie prime, l'insicurezza dell'approvvigionamento, la concorrenza per la limitatezza delle risorse e la produzione di inquinamento atmosferico e di gas a effetto serra (IEA Bioenergy, 2009; 2014). Oltre al potenziale beneficio ambientale, inoltre, va considerato che un utilizzo più efficiente delle risorse, con la valorizzazione di residui e scarti di lavorazione attraverso il processo di bioraffinazione, può comportare vantaggi economici per le imprese con possibili impatti positivi anche sul piano sociale (occupazione) e sul territorio. Assume quindi particolare rilevanza la valutazione della sostenibilità delle bioraffinerie, da realizzarsi mediante un approccio di *life cycle thinking* applicato all'intera filiera produttiva e dando, ai nostri fini, particolare rilievo a tutti i (co)prodotti di possibile impiego nel - o realizzati specificatamente per - il settore primario, per lo sviluppo di un'economia circolare che comporti una riduzione complessiva dei rifiuti e porti valore aggiunto al settore.

La maggior parte dei biocarburanti e dei prodotti *bio-based* provengono da filiere monoprodotto, generando problemi di concorrenza per le risorse destinate ai prodotti a uso alimentare (Cherubini, 2010), ma risultano in crescita impianti avanzati di bioraffinazione, in cui è previsto l'utilizzo di risorse biologiche diversificate (tra cui risorse agricole e forestali e prodotti dell'acquacoltura, come le alghe) per produrre una vasta gamma di prodotti chimici che possono a loro volta essere trasformati in bioprodotto, bioplastiche, energia, alimenti e mangimi. A solo titolo di esempio, si consideri la barbabietola da zucchero, coltura di cui l'UE è il maggiore produttore mondiale, il cui processo di trasformazione genera, parallelamente allo zucchero, un residuo (melassa), oggi perlopiù utilizzato per l'alimentazione degli animali. In una bioraffineria avanzata, questo 'coprodotto' della barbabietola e gli altri residui di lavorazione possono invece essere trasformati per ottenere etanolo, enzimi, fibre e prodotti chimici vari. Di fatto, un interesse crescente si è manifestato più di recente verso l'utilizzo di matrici (biomasse) di seconda generazione, materiale che non comporta problemi di concorrenza con il settore alimentare e dei mangimi, tra cui legno, erba, residui di colture e rifiuti organici (De Schoenmakere et al., 2018), come la stessa Commissione europea evidenzia nel recente documento di aggiornamento della strategia europea sulla bioeconomia (European Commission, 2018).

Le bioraffinerie hanno caratteristiche anche molto diverse²⁵, ma viene ricordato (Ceapraz et al., 2016) come nel tempo ne siano emersi due modelli principali. Il primo (*port-biorefinery*), dai caratteri

²³ Per una definizione di biomassa, si veda la nota n. 13.

²⁴ Tra cui: combustibili liquidi e gassosi, bioplastiche, prodotti chimici di vario tipo, ingredienti e additivi per alimenti e mangimi, per la farmaceutica e la cosmesi, e altro ancora.

²⁵ Secondo Cherubini et al. (2019), le bioraffinerie sono classificate sulla base di quattro parametri: le piattaforme (o prodotti intermedi), i prodotti finali, le materie prime, i processi utilizzati.



‘globali’, fa riferimento ai flussi internazionali di biomassa e punta alla specializzazione e alle economie di scala, mentre il secondo modello (bioraffineria territoriale) è fortemente connesso al territorio e si riferisce a biomasse diversificate e locali, assumendo i caratteri di un modello economico di prossimità, con il pieno coinvolgimento degli attori della filiera.

Sebbene il dibattito relativo ai caratteri propri delle bioraffinerie territoriali sia ancora aperto - come ad esempio sulla scala più opportuna di tali impianti - (Ceapraz et al., 2016), da più parti (European Commission, 2012; De Schoenmakere et al., 2018) viene rilevato come tale modello sia caratterizzato da un’elevata sostenibilità ambientale e se ne evidenziano le possibili ricadute positive anche sul territorio in termini socioeconomici, soprattutto laddove tali impianti:

- facciano riferimento, per quanto possibile, a matrici vegetali locali diverse, limitando l’utilizzo di colture dedicate, prevedendo la possibilità di valorizzare scarti agricoli e agroindustriali prodotti sul territorio attraverso la bioraffinazione;
- nel caso di coltivazioni dedicate, facciano ricorso a sistemi produttivi a basso impatto ambientale (ad esempio l’aridocoltura, con particolare riferimento all’uso dell’acqua), adottando colture endemiche *no food* (come il cardo), e utilizzando, ove possibile, aree marginali al fine di non entrare in competizione con la produzione di alimenti e mangimi;
- destinino alla produzione di energia solo gli scarti non altrimenti utilizzabili;
- adottino tecnologie a basso impatto e integrate per avvalersi di matrici vegetali differenti;
- assicurino una costante collaborazione con le istituzioni presenti sul territorio e con gli agricoltori e/o loro associazioni, per una migliore gestione del sistema e per promuovere interventi condivisi finalizzati allo sviluppo sostenibile dell’intera filiera, dall’individuazione e diffusione di specifiche tecniche di produzione²⁶ e stoccaggio, alla concentrazione dell’offerta di biomasse, al monitoraggio delle ricadute dell’impianto sul territorio per favorire quelle positive per imprese, occupazione, economia.

È opportuno evidenziare come, di contro a una più ampia letteratura sulla valutazione della sostenibilità ambientale delle bioraffinerie territoriali, siano piuttosto carenti studi a carattere socioeconomico e, laddove presenti, questi siano orientati principalmente ai soli aspetti economici più che alla valutazione delle ricadute complessive sul territorio di tali impianti (Rakotovo et al., 2018). Tuttavia, seppure in linea teorica, la necessità di una gestione nel suo complesso sostenibile e ‘circolare’ della bioraffineria risulta del tutto condivisibile, a partire dalla scelta della sua localizzazione – che dovrebbe considerare la disponibilità di biomasse utili nel territorio circostante -, passando per le filiere di approvvigionamento e del valore - che dovrebbero garantire rifiuti ed emissioni ambientali minimi -, fino all’ultimo stadio della filiera, dove dovrebbe essere assicurato il consumo sostenibile dei prodotti. Ma, congiuntamente alla definizione di nuovi impianti, andrebbe altresì valutata l’opportunità di riconvertire impianti petrolchimici esistenti, anche solo parzialmente, riciclando capacità professionali e acquisendo nuove abilità (Bratec et al., 2019; Poletti e Pomi, 2016). D’altronde, tale opportunità viene evidenziata anche dalla nuova strategia italiana sulla bioeconomia (cfr. par. successivo).

Appare in ogni caso necessario orientare le scelte secondo principi che tengano conto delle principali sfide che si intende affrontare²⁷ e della relativa importanza. Processi a cascata, circolarità,

²⁶ Al riguardo vanno segnalati altri aspetti di una produzione primaria sostenibile che è auspicabile anche nel caso della bioraffinazione, come la selezione di nuovi genotipi dedicati alle coltivazioni *no food* in condizione di bassi input energetici (es. aridocoltura) e la realizzazione di nuovi sistemi colturali integrati che portano all’aumento della biodiversità colturale e al mantenimento della fertilità dei suoli nel lungo periodo.

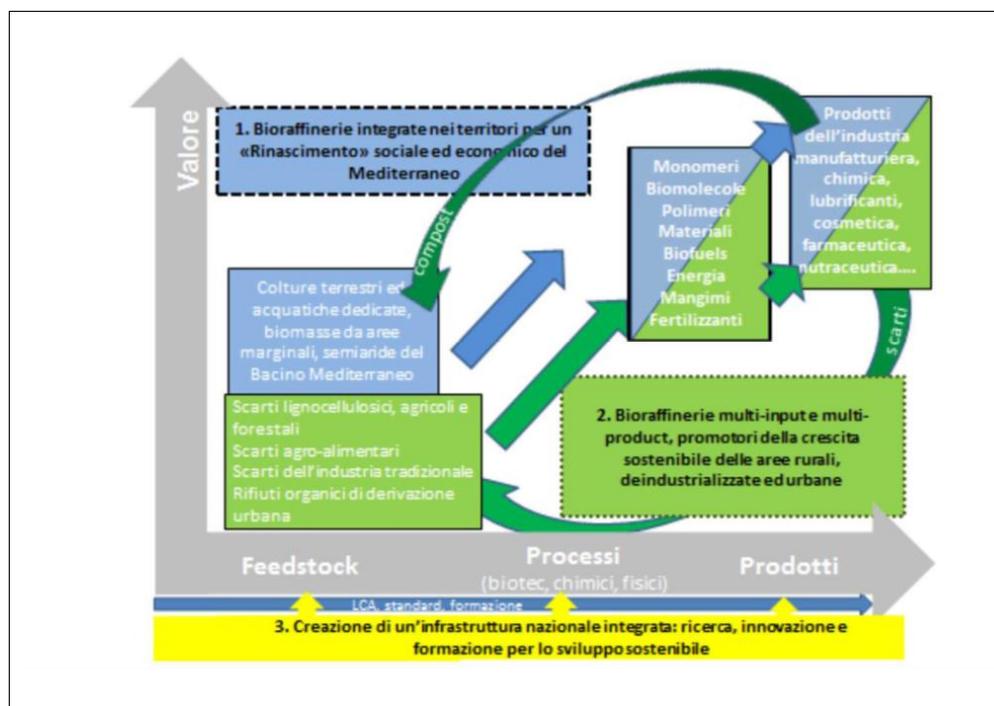
²⁷ Si tratta delle principali sfide sociali che la strategia sulla bioeconomia intende affrontare: sicurezza alimentare, gestione sostenibile delle risorse, riduzione della dipendenza da fonti non rinnovabili, cambiamenti climatici, occupazione e competitività, sviluppo sostenibile nell’area mediterranea.



trasformazione decentralizzata della biomassa (uso di risorse naturali e umane locali), coinvolgimento delle aziende agricole possono consentire: il riutilizzo/riciclo degli scarti biologici secondo gerarchie di valore; l'organizzazione dei processi produttivi e di trasformazione nel tempo e nello spazio per minimizzare perdite e costi e massimizzare il valore aggiunto della trasformazione; il mantenimento di occupazione e reddito locali; la conservazione della diversità biologica e culturale (Brunori e Bartolini, 2015).

In definitiva, il vantaggio che la bioraffineria può portare al settore primario è duplice. In primo luogo, va considerata la sua funzione di valorizzazione delle biomasse agricole: oli vegetali e biomasse prodotte dalle filiere agricole dedicate possono essere bioraffinati in una grande varietà di prodotti ad elevato valore aggiunto (*biochemicals*) - spesso in sostituzione di prodotti basati sulla chimica del petrolio - utilizzabili per la produzione di numerosi derivati (bioplastiche, bioinsetticidi, bioerbicidi, biolubrificanti prodotti per la cosmetica, prodotti farmaceutici, ecc.). La produzione di *biochemicals*, come accennato, può poi derivare anche dagli scarti agroindustriali, considerati spesso rifiuti e, in tale contesto, è opportuno evidenziare come la disponibilità di molteplici matrici da trattare stimoli lo sviluppo di nuove tecnologie e sistemi e protocolli di pretrattamento delle biomasse (ad esempio lo sviluppo di enzimi a maggior efficienza), mentre le economie di scala e i processi di pretrattamento delle biomasse possono portare alla produzione di energia anche da matrici di scarto a basso valore e a nuove metodologie per il suo stoccaggio (biocarburanti di seconda e terza generazione). In secondo luogo, l'agricoltura può beneficiare della bioraffineria anche direttamente attraverso i suoi prodotti, laddove si consideri l'utilità di questi per i processi produttivi agricoli ai vari livelli, come per le lavorazioni (biocombustibili e biolubrificanti), la fertilità del suolo e la nutrizione delle piante (biofumiganti, biostimolanti), la difesa delle colture e il controllo delle malerbe (bioinsetticidi, bioerbicidi), i processi di trasformazione e conservazione delle materie prime (materiali di imballaggio sostenibili).

Fig. 1 – Possibili traiettorie di sviluppo delle bioraffinerie



Fonte: Cluster SPRING, 2016²⁸



5. BIOECONOMIA E AGRICOLTURA: ORIENTAMENTI COMUNITARI E STRATEGIA NAZIONALE

Per bioeconomia si intende il sistema socio-economico che comprende e interconnette quelle attività che utilizzano biorisorse rinnovabili del suolo e del mare – come colture agricole, foreste, animali e micro-organismi terrestri e marini – per produrre cibo, materiali ed energia. Della bioeconomia, quindi, fanno parte i vari comparti della produzione primaria – agricoltura, foreste, pesca e acquacoltura – e i settori industriali che utilizzano o trasformano le biorisorse provenienti da detti comparti, come l'industria alimentare, quella della cellulosa e della carta unitamente a parte dell'industria chimica e dell'energia come a quella bio-tecnologica. Il comparto della bioeconomia, nella sua accezione allargata (che include agricoltura, silvicoltura e pesca) ha in Europa un peso economico valutato nel 2017 di oltre 2.300 miliardi di euro e circa 18 milioni di persone impiegate, pari al 9% del fatturato e dell'occupazione complessiva dell'UE (oltre 300 miliardi di euro e 1,5 milioni di addetti in Italia).

Il concetto di bioeconomia è complementare a quello di economia circolare che riguarda l'efficienza di uso delle risorse, organiche e non, e quindi la minimizzazione dei rifiuti. I due concetti, simili per alcuni aspetti, implicano una maggiore efficienza nell'uso delle risorse, una minore impronta carbonica, la riduzione della domanda di sostanze di origine fossile, il miglioramento del ciclo dei rifiuti. La bioeconomia non è una parte dell'economia circolare perché include altre funzioni, tra cui garantire la sicurezza alimentare, la gestione sostenibile delle risorse naturali, la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici ma può dare un grande contributo all'economia circolare.

Nel 2012 l'Unione europea ha varato la propria strategia sulla bioeconomia "*Innovating for sustainable growth: a Bioeconomy for Europe*", fortemente centrata sulla ricerca e sull'innovazione nonché su azioni volte a facilitare il dialogo tra le parti. La strategia presenta evidenti sinergie con altre azioni comunitarie, quali il Pacchetto sull'Economia Circolare adottato nel dicembre 2015 che, a sua volta, definisce obiettivi ambiziosi e la relativa tempistica per ridurre la pressione esercitata sulle risorse naturali e stimolare il mercato delle materie prime secondarie. Il Pacchetto sull'Economia Circolare ha introdotto strumenti economici specifici e incentivato anche altri meccanismi per ridurre la futura produzione di rifiuti (ad esempio: progettazione riciclaggio; imballaggio ridotto). In particolare, la Direttiva (UE) 2015/720 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 29 aprile 2015 modifica la Direttiva 94/62/CE per quanto riguarda la riduzione dell'utilizzo di borse di plastica in materiale leggero e impone agli Stati membri di adottare misure per ridurre il consumo delle borse di plastica monouso, riconoscendo il valore dei sacchi biodegradabili e compostabili e consentendo agli Stati l'adozione di misure ad hoc.

Recentemente la Commissione ha aggiornato la strategia del 2012 (European commission, 2018), consolidando gli obiettivi della precedente versione e mettendo a fuoco nuove priorità. In particolare, si evidenzia la necessità di realizzare una bioeconomia circolare e sostenibile:

- favorendo una rapida diffusione della bioeconomia in Europa mediante strumenti di sostegno per lo sviluppo di programmi nazionali/regionali in materia di bioeconomia nei paesi UE e l'avvio di azioni pilota per lo sviluppo delle bioeconomie nelle aree rurali, costiere e urbane, interconnettendo i settori;
- rafforzando e ampliando i settori a base biologica (*bio-based*) attraverso: la mobilitazione degli attori della ricerca pubblici e privati per la diffusione di soluzioni *bio-based*; una *Piattaforma di investimento tematica* dedicata alla bioeconomia circolare (*€ 100 million Circular Bioeconomy*)

²⁸ <http://www.clusterspring.it/wp-content/uploads/modules/Traiettorie-tecnologiche-prioritarie-2016-2022-1.pdf>, ultimo accesso novembre 2019.



Thematic Investment Platform) per facilitare la penetrazione delle bioinnovazioni nei mercati; il sostegno allo sviluppo di bioraffinerie sostenibili in Europa;

- facilitando lo sviluppo sostenibile e circolare della bioeconomia mediante: una migliore conoscenza sui limiti ecologici della bioeconomia (ricerca), la promozione di innovazioni e pratiche per favorire la sostenibilità dei sistemi alimentari e agricoli, della silvicoltura e dei bioprodotto attraverso un approccio sistemico e trasversale che colleghi attori, territori e catene del valore.

La strategia europea ha raccolto un certo successo, laddove si consideri che, sul fronte della ricerca, Horizon 2020 ha visto un raddoppio dei fondi dedicati alla bioeconomia e un aumento dei fondi è previsto anche nel nuovo programma quadro per la ricerca Horizon Europe. Essa ha avuto inoltre un certo riscontro anche a livello nazionale, visto che nove Stati membri hanno messo a punto le proprie strategie aumentando nel tempo le risorse stanziare a livello nazionale.

Seguendo il corso delle iniziative europee, l'Italia ha lavorato sulla strategia nazionale per la bioeconomia in due momenti. Nel 2017 ha presentato la prima versione della strategia²⁹, poi aggiornata nel 2019³⁰, dove si offre una visione analoga alla strategia europea sulle opportunità economiche, sociali ed ambientali e sulle sfide connesse all'attuazione della bioeconomia nel territorio nazionale. Essa è il frutto di un processo condiviso - promosso dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri - tra Ministero per lo Sviluppo Economico, Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Conferenza delle Regioni e Province autonome, Agenzia per la Coesione Territoriale e i Cluster tecnologici nazionali³¹ della chimica verde (SPRING), del settore agro-alimentare (CLAN) e della crescita blu (BIG).

La strategia italiana per la bioeconomia presenta forti sinergie con numerosi piani strategici nazionali e comunitari, nonché con norme e misure di finanziamento che potrebbero consentire di rafforzare le azioni e le misure specifiche per la Bioeconomia. Essa è parte del processo di attuazione della Strategia nazionale di Specializzazione intelligente (SNSI) che individua le priorità per gli investimenti in ricerca, sviluppo e innovazione per costruire vantaggi comparati e percorsi di crescita sostenibile nel medio e lungo termine. La SNSI è attuata attraverso specifiche iniziative dei Programmi Operativi Nazionali 2014-2020 che riguardano l'Obiettivo tematico 1, il PON ricerca e innovazione (PON R&I) e il PON imprese e competitività (PON I&C), attraverso piani strategici finanziati con risorse pubbliche della politica di coesione nazionale, fondi ordinari regionali e risorse private³².

Nella versione 2017, la strategia italiana contiene già alcuni elementi innovativi che hanno rappresentato altrettanti punti qualificanti nel processo di revisione della strategia europea, come una maggiore attenzione alla circolarità, all'economia del mare, alla sostenibilità e alla produzione di servizi ecosistemici. La strategia rappresenta un'opportunità importante per rafforzare la competitività dell'Italia e il suo ruolo nel promuovere la crescita sostenibile in Europa e nel bacino del Mediterraneo, attraverso azioni per:

1. migliorare la produzione sostenibile e di qualità dei prodotti in ciascuno dei settori (produzione primaria, trasformazione), sfruttando in modo più efficiente le interconnessioni fra gli stessi, con

²⁹ old2018.agenziacoesione.gov.it/opencms/export/sites/dps/it/documentazione/S3/Bioeconomy/BIT_v4_IT.PDF (ultimo accesso 20 novembre 2019).

³⁰ http://cnbbsv.palazzochigi.it/media/1785/bit_en_2019_02.pdf (ultimo accesso 20 novembre 2019).

³¹ I cluster tecnologici nazionali (<https://www.miur.gov.it/cluster>) sono reti di soggetti pubblici e privati che operano in settori diversi e che hanno tra l'altro lo scopo di favorire la crescita economica sostenibile dei territori e dell'intero sistema economico nazionale in linea con le agende strategiche comunitarie. Dei dodici cluster oggi operativi, quelli della Chimica Verde (SPRING), dell'AgriFood (CLAN) e della crescita blu (BIG) trattano temi coerenti con la Bioeconomia.

³² In Italia, tra le altre misure connesse, si richiamano: Piano Nazionale per il Green Public Procurement (2013), Programma nazionale di prevenzione dei Rifiuti (2016), Decreto presidenza Consiglio Ministri 7 marzo 2016 (compostaggio), Strategia Energetica, Strategia Nazionale Marina, Piano Nazionale della ricerca, Piano strategico per la ricerca e l'innovazione nel settore agricolo, Piano Industria 4.0: finanziamento investimenti innovativi.



una valorizzazione puntuale della biodiversità sia terrestre che marina, dei servizi ecosistemici e della circolarità, favorendo la creazione di nuove catene del valore, più lunghe e maggiormente radicate nel territorio, che possano consentire la rigenerazione di aree abbandonate, terre marginali e siti industriali;

2. creare maggiori investimenti in R&I, *spin off/start-up*, istruzione, formazione e comunicazione;
3. migliorare il coordinamento tra soggetti interessati e politiche a livello regionale, nazionale e comunitario;
4. favorire il coinvolgimento della società civile, e condurre azioni mirate per lo sviluppo del mercato.

In seguito all'aggiornamento della strategia europea, la rivisitazione di quella nazionale tiene conto della necessità di favorire una gestione più efficace delle criticità presenti nei settori della bioeconomia, come di una migliore valorizzazione delle opportunità. Ponendosi quale obiettivo generale l'incremento del fatturato della bioeconomia italiana e dei posti di lavoro del 15% entro il 2030, aumentando parallelamente il livello di circolarità dell'economia, la nuova strategia italiana prevede quindi azioni dirette a: mettere a sistema (interconnettere) attori, settori e istituzioni della bioeconomia; valorizzare biodiversità e circolarità a livello locale; favorire il passaggio dell'economia verso una bioeconomia sostenibile con, ad esempio, la decarbonizzazione dei sistemi agricoli e forestali; promuovere la bioeconomia nell'area mediterranea; rendere concreti gli obiettivi della strategia con, tra l'altro, un impegno politico mirato e il coordinamento delle relative iniziative, con investimenti specifici in R&I e azioni per lo sviluppo del mercato (standard e certificazioni).

In definitiva, la strategia revisionata intende fornire nuove conoscenze, tecnologie, servizi e capacità, ma vuole anche contribuire a colmare le lacune relative alla consapevolezza del pubblico su opportunità e benefici della bioeconomia e le carenze del quadro normativo, su cui si attendevano progressi proprio riguardo a coerenza e stabilità, agli aspetti legati alla commercializzazione, a una maggiore integrazione con le politiche energetiche e con la PAC.

Al fine di assicurare una regia efficace alla strategia nel corso della sua attuazione sul territorio nazionale, una task force composta dagli stessi soggetti che hanno contribuito alla sua preparazione ha il compito di promuoverla, facilitandone l'adozione e l'attuazione in tutto il Paese. Con riferimento alla normativa di ambito agricolo che può facilitare l'attuazione della strategia, già i documenti europei mettono in evidenza la rilevanza di una stretta integrazione tra le politiche settoriali dell'UE (principalmente industria, economia circolare, clima ed energia e agricoltura) e prevedono che nuove sinergie con gli attuali strumenti politici e le misure della PAC consentiranno lo sviluppo della bioeconomia nelle aree rurali, costiere e urbane. L'attuale fase di definizione del piano strategico nazionale (PAC post 2020) rappresenta pertanto una grande opportunità per dare nuovo impulso alle attività che fanno capo alla bioeconomia. Il secondo pilastro della PAC (sviluppo rurale) svolge già un ruolo esplicito nel collegare attività e servizi agricoli e non agricoli, spesso con un focus territoriale, che è particolarmente coerente con una prospettiva di sviluppo della bioeconomia. In particolare, nell'ambito dello sviluppo locale e della diversificazione possono essere individuate molte opportunità per le imprese agricole promuovendo in vari modi il riutilizzo di rifiuti e sottoprodotti per la produzione, ad esempio, di biofertilizzanti (fertilizzazione organica dei suoli attraverso digestato e compost) o di bioprodotto e biomateriali (chimica verde, edilizia, ecc.). Anche il sostegno all'innovazione nel sistema agricolo, effettuato soprattutto con l'iniziativa PEI AGRI, potrebbe essere di grande utilità per diffondere pratiche coerenti nella produzione agricola. La produzione di biomassa sostenibile disponibile potrebbe essere poi sostenuta attraverso il primo pilastro ed un maggior coordinamento tra primo e secondo pilastro. La fissazione di standard, così come certificazioni ed etichette, possono altresì facilitare lo sviluppo della bioeconomia e a livello europeo si sta già lavorando in tal senso, sia su tematiche trasversali alla bioeconomia (definizione di una terminologia coerente, di metodi per determinare il contenuto a base biologica in un prodotto, di protocolli per l'applicazione della Valutazione del ciclo di vita (LCA) e di indicazioni sull'uso di standard per le opzioni di fine vita) su specifici prodotti e applicazioni a base biologica (biotensioattivi, biolubrificanti, biopolimeri).



Anche le Regioni e Province autonome italiane si sono espresse in materia di bioeconomia, producendo a fine 2016 un documento di posizionamento, in attuazione della strategia nazionale di specializzazione intelligente, dove si evidenzia la rilevanza della dimensione regionale per lo sviluppo del settore e si individuano, per un folto campione di regioni, le traiettorie tecnologiche per i principali settori della bioeconomia, tra cui *agrifood* e chimica verde.

6. LA CHIMICA VERDE NEI PROGRAMMI DI SVILUPPO RURALE E TRA I GRUPPI OPERATIVI DEL PEI-AGRI

I Programmi di sviluppo rurale (PSR) del II Pilastro della PAC rappresentano il principale strumento di programmazione delle politiche agricole regionali, attuate attraverso una strategia territoriale e un sistema di interventi finalizzati, per il periodo di programmazione 2014-2020, al raggiungimento delle sei Priorità dell'Unione europea per lo sviluppo rurale³³.

La tematica della Chimica verde, nell'accezione data nella premessa (cfr. par. 1.2) è riconducibile alle priorità a vocazione ambientale - Priorità 4 e 5 - che concorrono al più generale obiettivo di "gestione sostenibile delle risorse naturali e azione comunitaria diretta a mitigare i cambiamenti climatici", priorità per le quali, in fase di programmazione, sono state destinate nei PSR non meno del 30% delle risorse finanziarie del FEASR (circa 3 milioni di euro).

Le politiche a sostegno dell'adozione di soluzioni di chimica verde contribuiscono quindi al passaggio a un'agricoltura più rispettosa dell'ambiente e delle risorse naturali, della salute dell'uomo e degli animali e si inseriscono nell'ambito degli interventi agro-ambientali, di investimento e di cooperazione intorno ai quali si sviluppa la strategia regionale per l'ambiente e la salute.

Nelle pagine successive si propone una panoramica dello stato dell'arte delle scelte operate dalle diverse Regioni e Province Autonome italiane attraverso i PSR per accompagnare il processo di sviluppo verso un'agricoltura sostenibile che predilige materie prime rinnovabili, facilmente biodegradabili e, in genere, a bassa tossicità per l'uomo e per l'ambiente, nonché tecniche e mezzi innovativi per il riuso degli scarti e dei sottoprodotti.

Per meglio focalizzare l'oggetto della ricerca, si è fatto prevalentemente riferimento alle soluzioni di chimica verde individuate e condivise dai portatori di interesse che hanno partecipato all'attività del "Focus di Chimica verde per l'ortofrutticoltura sostenibile" (cfr. l'introduzione al presente rapporto). L'indagine sui 21 PSR 2014-2020 è stata indirizzata in particolare a individuare interventi che prevedono un sostegno diretto all'adozione di soluzioni di chimica verde o che, attraverso il riconoscimento di una priorità in fase di selezione, ne premiano la scelta nell'ambito di programmi di investimento, buone pratiche o metodi di produzione.

³³ *Priorità 1 - Promuovere il trasferimento di conoscenze e l'innovazione nel settore agricolo e forestale e nelle zone rurali;*
Priorità 2 - Potenziare in tutte le regioni la redditività delle aziende agricole e la competitività dell'agricoltura in tutte le sue forme e promuovere tecnologie innovative per le aziende agricole e la gestione sostenibile delle foreste;
Priorità 3 - Promuovere l'organizzazione della filiera alimentare, comprese la trasformazione e la commercializzazione dei prodotti agricoli, il benessere degli animali e la gestione dei rischi nel settore agricolo;
Priorità 4 - Preservare, ripristinare e valorizzare gli ecosistemi connessi all'agricoltura e alla silvicoltura;
Priorità 5 - Incentivare l'uso efficiente delle risorse e il passaggio a un'economia a basse emissioni di carbonio e resiliente al clima nel settore agroalimentare e forestale;
Priorità 6 - Adoperarsi per l'inclusione sociale, la riduzione della povertà e lo sviluppo economico nelle zone rurali.



6.1 Agricoltura sostenibile e chimica verde

Con l'emanazione della Direttiva 2009/128/CE, l'Unione Europea ha stabilito l'obiettivo di tutela della salute umana e dell'ambiente contro i potenziali rischi connessi all'uso dei pesticidi e la promozione della difesa integrata avanzata³⁴.

Tale Direttiva, recepita in Italia con il Decreto legislativo n. 150 del 14 agosto 2012, trova attuazione tramite il Piano d'azione nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari³⁵ (Piano), che ha la funzione di assicurare lo sviluppo e la promozione di metodi di produzione agricola a basso apporto di prodotti fitosanitari e di promuovere i principi della difesa integrata e il ricorso ad approcci o tecniche alternative, quali il metodo dell'agricoltura biologica e le alternative ai prodotti fitosanitari di sintesi.

Le politiche di sviluppo rurale promuovono attivamente il suddetto Piano attraverso il sostegno all'agricoltura biologica e alla produzione integrata (difesa integrata volontaria). A differenza del metodo biologico che limita fortemente il ricorso a sostanze chimiche di sintesi, la "Produzione integrata" si basa su metodi e mezzi di coltivazione volti a ridurre e razionalizzare l'uso di sostanze chimiche di sintesi per la fertilizzazione e la difesa delle avversità fitosanitarie. In questo ambito, la chimica verde può offrire soluzioni basate su principi attivi non di sintesi e, in particolare, di origine biologica. La limitata disponibilità di sostanze attive e prodotti fitosanitari a basso rischio attualmente autorizzati³⁶ rende indispensabile la ricerca di nuove soluzioni tra le quali, ad esempio, i biopesticidi che, riproducendo per via chimica i prodotti naturali utili alla lotta integrata avanzata, possono essere usati in alternativa ai prodotti convenzionali. Si consideri infatti che su un totale di 487 sostanze attive approvate³⁷ e disponibili a settembre 2019 sul mercato dell'UE³⁸, soltanto 16 (3% delle sostanze attive approvate) sono classificate come sostanze attive a basso rischio³⁹, tra i quali rientrano microrganismi ed estratti vegetali, ovvero biopesticidi⁴⁰. Il sostegno a metodi e pratiche agricole ecosostenibili può quindi risultare vanificato dalla mancata disponibilità di prodotti fitosanitari a basso rischio.

³⁴ L'Unione europea si è fatta promotrice nel 2002 della Strategia tematica per l'uso sostenibile dei pesticidi (2002) e, nello stesso anno ha emanato il Regolamento (CE) n. 178/2002 che stabilisce i principi e i requisiti generali della legislazione alimentare, istituisce l'Autorità europea per la sicurezza alimentare e fissa le procedure in tale campo.

³⁵ Decreto Interministeriale del 22 gennaio 2014.

³⁶ Il rapporto del Comitato PEST del Parlamento europeo, adottato il 16 gennaio 2019, ha sottolineato la mancanza di disponibilità di prodotti fitosanitari a basso rischio "a causa del lungo processo di valutazione, autorizzazione e registrazione" come ostacolo all'attuazione e allo sviluppo della gestione integrata dei parassiti.

³⁷ Le sostanze attive sono classificate sulla base del Regolamento (CE) n. 1107/2009 in quattro gruppi: "a basso rischio", "convenzionali", "candidate alla sostituzione" e "non approvate".

³⁸ Banca dati UE sui pesticidi al 9 settembre 2019.

³⁹ Uso sostenibile dei prodotti fitosanitari: limitati progressi nella misurazione e nella riduzione dei rischi. Relazione speciale Corte dei Conti europea, 2020, pag. 25.

⁴⁰ Progress report on the implementation plan to increase the availability of low-risk plant protection products and accelerate implementation of integrated pest management in Member States - Note from the Commission 27 June 2019.



Tab. 1 – Colture ammissibili al sostegno per la produzione integrata nei PSR 2014-2020

Regione	Ortive	Fruttiferi	Agrumi	Olivo	Vite	Seminativi	Floricole	Tabacco	Piante officinali
Piemonte	•	•			•	•			
Valle d'Aosta	•	•			•				
Lombardia	•	•			•	•			
Liguria	•	•		•	•	•	•		
Friuli-Venezia Giulia	•	•		•	•	•			
Emilia-Romagna	•	•		•	•	•			
Toscana	•	•		•	•	•	•	•	•
Umbria	•	•		•	•	•		•	
Marche	•	•		•	•	•			
Abruzzo	•	•		•	•	•			
Campania	•	•			•	•	•		•
Puglia	•	•		•					
Basilicata	•	•	•	•	•	•			
Calabria	•	•	•	•	•	•			
Sicilia	•	•	•	•	•	•			
Sardegna	•	•	•	•	•	•			

Fonte: PSR 2014-2020 adottati dalla CE

Nella programmazione della PAC 2014-2020, una parte dei PSR (tab. 1) ha previsto uno specifico intervento “Produzione integrata”⁴¹, assicurando così un sostegno finanziario per coloro che si impegnano all’adozione di metodi di coltivazione e misure di difesa integrata nel rispetto dei Disciplinari regionali di produzione integrata (DRPI)⁴², con i quali si stabiliscono indicazioni vincolanti circa la scelta dei prodotti fitosanitari e il numero dei trattamenti consentiti per ciascuna coltura agraria.

Alcune Regioni nell’ambito di tale operazione hanno previsto la possibilità di associare agli impegni base obbligatori, ulteriori impegni aggiuntivi finalizzati a favorire la sostituzione dei mezzi tecnici convenzionalmente impiegati in agricoltura con prodotti innovativi a base naturale come: agenti di controllo biologico, preparati biologici, teli pacciamanti biodegradabili. In questo caso le Regioni hanno operato una scelta a favore di soluzioni di chimica verde prevedendo la compensazione dei maggiori costi sostenuti dall’operatore nell’ambito del sostegno al metodo di produzione integrata (tab. 2).

⁴¹ Con l’operazione a sostegno della produzione integrata, le aziende che scelgono di adottare tale metodo ricevono un pagamento annuo a superficie per tutta la durata degli impegni a compensazione dei maggiori costi e del mancato guadagno derivanti dagli impegni previsti nei DRPI nonché dei maggiori costi associati all’impegno obbligatorio di eseguire la taratura o la regolazione strumentale delle attrezzature per l’irrorazione dei prodotti fitosanitari e agli ulteriori impegni facoltativi, eventualmente stabiliti dalle Regioni, che vanno al di là di quanto contemplato in tali Disciplinari.

⁴² I Disciplinari regionali di Produzione integrata sono definiti in base al “Sistema di Qualità Nazionale di Produzione Integrata” di cui alla Legge n. 4 del 3 febbraio 2011.



Tab. 2 – Soluzioni di chimica verde come impegni aggiuntivi nel sostegno alla Produzione integrata

Soluzione di chimica verde	Settore	Regione
Metodi alternativi di lotta integrata	Tutti i settori	Valle d'Aosta
Divieto di diserbo chimico	Viticultura, frutticoltura	
Controllo delle infestanti con pacciamatura	Orticole, piccoli frutti, piante officinali e aromatiche	
Agenti di controllo biologico	Tutti i settori	Friuli-Venezia Giulia, Liguria
Impiego di preparati biologici	Tutti i settori	Emilia-Romagna
Teli pacciamanti biodegradabili	Tutti i settori	
Impiego pellets naturali o piante biocide	Tutti i settori	
Cover crop	Tutti i settori	
Precessione micotossine	Tutti i settori	
Agenti di bio-controllo e/o prodotti di origine naturale	Orticole, olivo	Puglia
Sovesci biofumiganti	Orticole	

Fonte: PSR 2014-2020 adottati dalla CE

Le strategie regionali, in alcuni casi, non si limitano a favorire l'innovazione di prodotto ma mirano all'innovazione di sistema (cropping system). Accanto all'obbligo di fare ricorso a prodotti a bassa tossicità, in dosi ridotte e con applicazioni mirate al bersaglio, il metodo di produzione integrata prevede l'adozione di specifiche pratiche colturali che assicurano una corretta gestione della sostanza organica del terreno attraverso sovesci, cover crop, fertilizzazione organica. Tali soluzioni, così come l'utilizzo di microrganismi utili, il ricorso a corroboranti e prodotti ad azione biostimolante, entrano a far parte delle soluzioni di chimica verde che alcune Regioni hanno proposto come impegni aggiuntivi volontari a fronte dei quali è stato previsto uno specifico pagamento che ne compensa i maggiori costi.

6.2 Altre tipologie di interventi agro-ambientali che favoriscono soluzioni di chimica verde

Le strategie di sviluppo rurale di alcune Regioni (15 PSR) hanno proposto soluzioni di chimica verde anche nell'ambito del sostegno per l'adozione di tecniche di lavorazione a basso disturbo del suolo (Agricoltura conservativa). Si tratta più precisamente di pratiche colturali che consentono di contrastare i principali effetti negativi legati alle lavorazioni profonde del terreno, tipiche dell'agricoltura convenzionale, favorendo così il naturale processo di fertilizzazione con il recupero delle sostanze nutritive del suolo.

Per migliorare l'efficacia di tali tecniche, la Regione Piemonte ha stabilito l'obbligo dell'apporto di matrici organiche in sostituzione di concimazione minerale, mentre le Regioni Friuli-Venezia Giulia e Campania hanno adottato un approccio diverso lasciando liberi gli operatori di aderire volontariamente all'impegno di concimazione con matrici organiche, a fronte del quale ricevere un pagamento aggiuntivo.

Riguardo agli altri interventi agro-climatico-ambientali (ACA) riconducibili alla sottomisura 10.1, le Regioni hanno operato scelte diverse per rispondere alle specifiche esigenze del territorio attivando degli interventi che, ai fini della protezione dell'ambiente in alcuni casi e per specifiche aree, prevedono il divieto al ricorso al diserbo chimico, all'utilizzo di fitofarmaci per la difesa e/o per la fertilizzazione. A fronte di tali divieti però solo per alcuni interventi viene associato l'obbligo di fare ricorso alla fertilizzazione organica (Valle d'Aosta) o di apportare di ammendanti organici (Emilia-Romagna, Lazio, Abruzzo, Puglia) (tab. 3).



Tab. 3 – Soluzioni di chimica verde previsti negli interventi ACA

Regioni	Interventi ACA	Soluzioni di chimica verde
Piemonte	10.1.5 Tecniche per la riduzione delle emissioni di ammoniaca e gas serra in atmo	Gestione degli effluenti zootecnici tramite adeguata meccanizzazione e tecniche di
	10.1.7 Gestione degli elementi naturaliformi dell'agroecosistema Az. 1 - Gestione formazioni vegetali e aree umide Az. 2 - Coltivazioni a perdere per la fauna selvatica	Divieto di utilizzo di concime di sintesi o trattamenti con fitofarmaci
Valle d'Aosta	10.1.1 Gestione tradizionale e agro-climatico-ambientale compatibile della foraggicoltura di fondovalle	Obbligo di fertilizzazione organica; divieto di fertilizzazioni chimiche
	10.1.2 Miglioramento del pascolo: gestione tradizionale e agro-climatico-ambientale compatibile degli alpeggi	Divieto di fertilizzazioni chimiche
Lombardia	10.1.02 – Avvicendamento con leguminose foraggere	Divieto di impiego di prodotti fitosanitari
Trento	10.1.10 – Tecniche di distribuzione degli effluenti di allevamento	Distribuzione degli effluenti zootecnici tal quali (non trattati), o con un processo di modifica delle caratteristiche quali: separazione, concentrazione, digestione anaerobica(trattati), tramite l'uso di macchine che permettono l'iniezione diretta, sia in presemina che in copertura.
Veneto	10.1.4 Gestione sostenibile di prati, prati seminaturali, pascoli e prati-pascoli	Divieto di utilizzazione di PF, diserbanti e fertilizzanti di sintesi chimica
Friuli-Venezia Giulia	10.1.4 Diversificazione culturale per la riduzione dell'impatto ambientale	Divieto di utilizzo di prodotti fitosanitari, diserbanti, disseccanti e concimi chimici di sintesi
	10.1.5 - Tutela della biodiversità dei prati e di prati stabili	
Emilia-Romagna	10.1.02 - Gestione degli effluenti	Interventi di distribuzione con tecniche a basso impatto in quanto riducono il rilascio dell'azoto ammoniacale in forma gassosa rispetto rispetto lo spandimento tradizionale
	10.1.03 - Incremento sostanza organica	Apporto ammendanti commerciali (letame, letame artificiale, amm. Vegetale semplice non compostato, amm. Compostato verde e misto, amm. Torboso misto) Impiego di concimi minerali (max 60% fabbisogno)
Toscana	10.1.3 Miglioramento di pascoli e prati-pascoli con finalità ambientale	Divieto di diserbo chimico; divieto di utilizzo di fitofarmaci per la difesa; divieto di fertilizzazione chimica.
Marche	10.1 - Operazione B) - FA 4C - Inerbimento permanente delle superfici agricole Azione 2 – Margini erbosi multifunzionali	Divieto di diserbo chimico e di utilizzo dei fanghi di depurazione.
Lazio	10.1.1 Inerbimento impianti arborei	Divieto di utilizzazione di diserbanti chimici nelle interfila e nella fila
	10.1.2 Adozione di vegetazione di colture di copertura annuale sulle superfici a seminativo	Nel periodo di copertura vegetale, divieto di utilizzazione di fertilizzanti e concimi di sintesi chimica, PF e diserbanti chimici
	10.1.3 Conversione dei seminativi in prati, prati-pascoli e pascoli	Divieto di utilizzazione fertilizzanti e concimi di sintesi chimica, PF e diserbanti.
	10.1.4 Conservazione della sostanza organica del suolo	Obbligo di fertilizzazione azotata organica (AVC, AVM)
Abruzzo	10.1.4 Incremento della sostanza organica	Apporto ammendanti commerciali (letame, letame artificiale, amm. Vegetale semplice non compostato, amm. Compostato verde e misto, amm. Torboso misto); Impiego di concimi minerali
Puglia	10.1.2. Incremento sostanza organica nei suoli	Apporto di ammendanti organici commerciali "Elenco dei fertilizzanti idonei all'uso in agricoltura biologica - Ammendanti" dell'Allegato 13 D.Lgs. 26 aprile 2010 n. 75 e ss.mm.ii: Letame (compreso letame acquistato direttamente da aziende zootecniche) Ammendante vegetale semplice non compostato, Ammendante compostato verde, Ammendante compostato misto, Ammendante torboso composto, Torba acida, Torba neutra, Torba umificata, Vermicompost da letame.
Calabria	10.01.02 Colture permanenti in aree ad elevata vulnerabilità ambientale	Divieto di utilizzo di diserbo chimico su tutta la superficie a colture arboree
Sicilia	10.1.b - Metodi di gestione delle aziende eco-sostenibili	Rinuncia alla pratica del diserbo effettuata con prodotti chimici; divieto di spargimento di liquami e/o fanghi; nei terreni con rocciosità > al 2%, in alternativa al sovescio si dovranno effettuare, almeno a file alterne, apporti al terreno di ammendanti organici naturali (compost).

Fonte: PSR 2014-2020 adottati dalla CE



6.3 Le misure a investimento del PSR 2014-2020 a supporto delle soluzioni di chimica verde

Il ricorso a metodi e/o pratiche agricole che favoriscono il passaggio a un'agricoltura sostenibile, alternativi a quelle convenzionali, richiedono spesso l'impiego di macchine e/o mezzi speciali. La maggior parte dei PSR, oltre ad attivare specifici interventi che compensano gli agricoltori dei maggiori costi e del minore guadagno derivanti dall'assunzione di impegni agro-ambientali, tra i criteri di selezione delle misure ad investimento finalizzati all'ammodernamento e alla ristrutturazione aziende, hanno stabilito nella maggior parte dei casi una priorità per le aziende che investono in macchine, attrezzature e impianti funzionali all'adozione di metodi e pratiche di lavorazione a basso impatto ambientale e al riuso di scarti e sottoprodotti aziendali (tab. 4).

Tab. 4 – Sottomisura 4.1 – Investimenti con soluzioni di chimica verde con priorità in fase di selezione

Regione	Tipologia investimento
Piemonte	Gestione degli effluenti
Lombardia	Acquisto macchine e attrezzature che riducono l'uso di PF (Reti, anti insetto, raccolta frutta, anti grandine, protezione raggi solari, etc biodegradabili o prodotti prevalentemente con sostanza di natura non chimica)
Liguria	Investimenti innovativi in biotecnologie
Trento	Macchina per diserbo sul filare con mezzi meccanici o con mezzi fisici (es. diserbo a vapore, a microonde, pirodiserbo), escluso sull'interfila (fruttiferi e vite)
	Sarchiatrice meccanica interfila (orticole)
	Spandiliquame di tipologie diverse o sarchiatrice interfilare per seminativi (zootecnia/foraggiere)
	Sarchiatrice meccanica/Macchina per diserbo con mezzi fisici (diserbo a vapore, a microonde, pirodiserbo) (vivaismo)
Veneto	Trattamento dei reflui in azienda con oltre 75% SAU in ZVN
	Clean energy (biocarburanti)
	Migliore gestione dell'azoto negli effluenti degli animali
Emilia-Romagna	Migliorare le condizioni di stoccaggio/utilizzo del digestato
	Attrezzature idonee agricoltura conservativa ("a. blu")
Marche	Macchie e attrezzature per: - pirodiserbo (vitivinicolo, ortofrutta); - distribuzione fitofarmaci a basso volume (olivicolo); - riduzione mezzi tecnici (ortofrutta, cereali); - irroratrici di fitofarmaci con dispositivi ad ultrasuoni, in grado di rilevare al presenza del bersaglio, con dispositivo elettrostatico (ortofrutta).
	Stoccaggio produzioni aziendali che evitano ricorso a sostanze chimiche (atmosfera controllata, sacconi, tecnologia del freddo) (cereali)
	Trattamento effluenti zootecnici e produzione mangimi aziendali (zootecnia)
Abruzzo	Trattamento acque di scarico
	Adesione al sostegno di produzione integrata
	Agricoltura di precisione a supporto della difesa colturale e uso razionale degli input
Molise	Innovazioni rispetto alle indicazioni di fitofarmaci
	Adesione a misura M10
Calabria	Riutilizzo della sostanza organica vegetale delle coltivazioni e degli allevamenti
	Riduzione quantità uso di PF
	Gestione degli effluenti
	Reimpiego sottoprodotti e reflui da processi di lavorazione
Sicilia	Recupero, trattamento e valorizzazione di reflui, residui, rifiuti vegetali e animali per uso agronomico

Fonte: PSR 2014-2020 adottati dalla CE



Un altro aspetto poco trattato nelle strategie a sostegno della chimica verde riguarda i prodotti industriali *bio-based*. Si tratta di materiali di supporto - come fascette, contenitori, vasetti, materiali da imballaggio - realizzati con materiali biodegradabili e/o riciclabili, da utilizzare in sostituzione di quelli in plastica nell'attività in campo, nella prima trasformazione o nell'imballaggio dei prodotti agricoli. Questo tipo di soluzione risulta di particolare importanza se si considera il costo dello smaltimento dei questi elementi come rifiuti per le aziende agricole. Inoltre, la presenza di materiale plastico tra gli scarti della lavorazione agricola ne ostacola il riuso come materia per la produzione di energia rinnovabile, precludendone così il recupero e la valorizzazione in impianti aziendali o di filiera. Solo il Friuli-Venezia Giulia, nell'ambito della sottomisura 4.2 ha previsto una priorità specifica per la realizzazione di impianti per la produzione di imballaggi biodegradabili (tab. 5).

Tab. 5 – Sottomisura 4.2 – Investimenti con soluzioni di chimica verde con priorità

Regione	Tipologia investimento
Piemonte	Prevenzione inquinamenti acque reflue
Liguria	Gestione rifiuti in termini di recupero, riduzione e riuso per riduzione consumi energetici, idrici ed emissioni
Lombardia	Migliore gestione dell'azoto negli effluenti degli animali
Trento	Gestione dei reflui di lavorazione
Veneto	Depurazione acque
Molise	Innovazioni per gestione dei reflui
Friuli-Venezia Giulia	Impianti per la produzione di imballaggi sostenibili (materiali innovativi, riutilizzabili, riciclabili, biodegradabili, ottenuti da processi di alta efficienza) necessari per la vendita dei prodotti aziendali, finalizzati alla riduzione dei rifiuti
Lazio	Imballaggi biodegradabili
Campania	Investimenti che derivano da studi di Life Cycle Assessment
Calabria	Gestione sostenibile acque reflue di lavorazione
	Recupero e riutilizzo materiale di scarto per la produzione di biomasse e/o concimi organici
	Concentrazione dell'offerta e stoccaggio con l'impiego di tecnologie che migliorano l'ottimale conservazione del prodotto
	Riduzione impatto ambientale reflui zootecnici
	Recupero e riutilizzo scarti da destinare alla produzione di concimi organici
Sicilia	Reimpiego del pastazzo (filiera agrumicola)
	Reimpiego sottoprodotti e recupero scarti (ortofruttilicolo, frutta secca, florovivaismo, piante officinali, olivicolo)

Fonte: PSR 2014-2020 adottati dalla CE

Tab. 6 – Investimenti con priorità finalizzati a investimenti aziendali e collettivi per la produzione di energia da fonti rinnovabili

Sottomisura	Tipologia investimento	Regione
4.1	Produzione energia da fonti rinnovabili	Valle d'Aosta, Emilia-Romagna, Calabria
	Produzione di energia da biogas nel caso si effettui il compostaggio del digestato (tutti i settori);	Marche
	Produzione di biogas (ortofrutta, agrumi, olivo, vite, florovivaismo).	Calabria
	Recupero, trattamento e valorizzazione di reflui, residui, rifiuti vegetali e animali per produzione di energia rinnovabile	Sicilia
4.2	Produzione energia da fonti rinnovabili	Piemonte, Trento, Molise
	Produzione energia da scarti e sottoprodotti di lavorazione	Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Calabria
6.4	Impianti fotovoltaici su copertura stoccaggio con abbinamento biofiltri	Lombardia
	Impianti fotovoltaici su copertura stoccaggio con abbinamento a processi di recupero elementi fertilizzanti o bioraffinerie	Lombardia
	Produzione di biogas che prevedono l'uso di reflui zootecnici, sottoprodotti produttivi agricoli e forestali	Friuli-Venezia Giulia, Sicilia
16.6	Approvvigionamento di biomasse per la produzione di energia e per l'industria	Piemonte, Valle d'Aosta, Veneto, Toscana, Umbria, Marche, Abruzzo, Campania, Puglia, Sicilia

Fonte: PSR 2014-2020 adottati dalla CE



Infine, nella tabella 6 si riportano gli interventi che assicurano una priorità per la realizzazione di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili, a servizio di una o più aziende, alimentati con gli scarti e i sottoprodotti dall'attività agricola e zootecnica.

6.4 La promozione della chimica verde nelle iniziative dei Gruppi Operativi del PEI

Tra le sottomisure attivate nei PSR, particolare rilevanza assumono le sottomisure 16.1 e 16.2 nel trasferimento delle innovazioni nel settore agricolo che, attraverso il finanziamento delle iniziative dei Gruppi Operativi (GO) del Partenariato europeo per l'innovazione "Produttività e sostenibilità dell'agricoltura" (PEI-AGRI), attuano soluzioni innovative già disponibili in risposta a precisi fabbisogni degli agricoltori.

I progetti previsti in Italia sono 626 distribuiti fra tutte le regioni, tranne la Valle d'Aosta, per una spesa totale di oltre 188 milioni di euro (Banca dati nazionale Gruppi Operativi – RRN, 2019). Essi assicurano il coinvolgimento diretto di agricoltori, ricercatori, consulenti insieme a gruppi ambientalisti, gruppi di consumatori o ONG nel processo di co-creazione, trasferimento e diffusione di soluzioni/opportunità nel settore agricolo.

In diverse regioni d'Italia, i GO del PEI AGRI stanno sperimentando presso le aziende agricole partners innovative soluzioni riconducibili (anche) a problemi tecnici e organizzativi riguardanti: la difesa delle colture, la nutrizione del suolo e delle piante, la valorizzazione dei sottoprodotti, l'utilizzazione degli scarti e altro. Tra le iniziative dei GO del PEI AGRI finalizzate al miglioramento delle tecniche di difesa integrata e delle pratiche colturali benefiche per l'ambiente, con il progetto MEPS si sta sperimentando in Trentino un prototipo di meleto pedonabile sostenibile che propone una tipologia di allevamento e di impianto che consente la riduzione dell'utilizzo di macchinari ed un minore impatto dei trattamenti fitosanitari migliorandone la sostenibilità ambientale e la biodiversità.

Sempre nel settore ortofrutticolo, in Veneto, con il progetto BIOFERTIMAT, si sta sperimentando un'iniziativa per mettere a disposizione dei coltivatori biologici nuove matrici organiche, che potrebbero essere adatte alla sostituzione di fertilizzanti chimici anche in aziende che adottano pratiche di coltivazione convenzionali. L'iniziativa, che punta all'utilizzazione di sottoprodotti derivati dall'attività agro-alimentare presente nella zona, prevede la riduzione del costo complessivo dell'unità fertilizzante, il miglioramento del carbon footprint delle aziende e la qualità organolettica e nutraceutica dei prodotti ortofrutticoli.

In Emilia Romagna, con il progetto SOS Frutta, vengono invece sperimentate soluzioni alternative con strategie di difesa innovative ecocompatibili in risposta al fabbisogno di prodotti della frutticoltura con bassi residui, oltre che alla necessità di ridurre l'impatto ambientale.

Le iniziative dei GO del PEI AGRI, prevedono talvolta soluzioni innovative di chimica verde ed elevata sostenibilità dei processi e dei prodotti anche per favorire il riutilizzo degli scarti. In Emilia Romagna, attraverso l'impiego di larve di insetti, gli scarti delle colture orticole vengono sottoposti ad un processo di digestione e successivamente, con la pirolisi dei residui della digestione larvale si ottiene syngas, *biochar* da usare come ammendante in agricoltura per migliorare la struttura e la qualità del suolo e *bio-oil* utilizzato per usi alimentari.

Nella regione Marche, il GO che ha promosso il progetto ABRIOPACK ha messo a servizio della filiera di carne avicola soluzioni di chimica verde per sostituire il packaging tradizionale con un packaging biodegradabile adatto alla carne bianca biologica. Nell'ambito della stessa iniziativa, per conservare e migliorare la qualità dei suoli, è stata prevista inoltre la sperimentazione dell'utilizzo di compost di qualità proveniente da output delle lavorazioni agroindustriali (pollina bio e biopack).



Un elemento che caratterizza sempre le iniziative dei GO del PEI è l'azione di divulgazione e diffusione dei risultati, spesso accompagnata anche da esperienze dirette in campo, che agevola il flusso informativo indirizzando le scelte imprenditoriali verso soluzioni innovative e sostenibili, e consente di dare consapevolezza delle opportunità che tali applicazioni possono rappresentare per gli operatori, dal punto di vista ambientale ed economico.

6.5 In sintesi

La disamina dei PSR sopra presentata non ha pretesa di esaustività, risentendo innanzitutto delle difficoltà collegate alla mancanza di una chiara e univoca identificazione delle relazioni tra chimica verde e agricoltura sostenibile e delle componenti ad essa ascrivibili. Cionondimeno, l'analisi ha messo in evidenza come il tema della chimica verde, per quanto trattato in modo poco strutturato e disomogeneo da Regione a Regione, accompagna, secondo approcci differenti, tutti i PSR, e in particolare, le strategie regionali per l'ambiente e l'innovazione.

Al fine di sintetizzare le diverse situazioni esaminate, si può affermare che gli interventi che favoriscono soluzioni di chimica verde sono sostanzialmente riconducibili a due approcci:

- favorire la sostituzione di mezzi tecnici e materie derivati dalla chimica di sintesi con prodotti di origine biologica a ciclo corto di carbonio e che trovano attuazione nei PSR attraverso il sostegno all'adozione di metodi e tecniche di produzione sostenibili (Produzione integrata, agricoltura conservativa) e alle buone pratiche ambientali (interventi agro-climatico-ambientali);
- incentivare investimenti in tecnologie riconducibili alla chimica verde che possono contribuire al recupero e al riuso di sottoprodotti e/o scarti di origine agricola e zootecnica promosse nell'ambito delle misure a investimenti e di cooperazione per la chiusura del ciclo produttivo.

Si tratta di due approcci quasi sempre presenti e complementari nelle strategie regionali che favoriscono il ricorso alle soluzioni di chimica verde in modo più o meno diretto e mirato verso alcuni comparti di attività o verso specifiche problematiche.

Nell'ambito delle strategie regionali per l'ambiente e la salute, le Regioni hanno favorito soluzioni di chimica verde facendo leva su priorità accordate agli interventi che privilegiano materiali biodegradabili, mezzi tecnici di origine organica o *bio-based*, soluzioni tecnologiche indirizzate al recupero e al riuso di sottoprodotti e scarti. Nell'ambito delle iniziative di cooperazione tali strategie hanno opportunamente previsto specifiche azioni di formazione e informazione e di supporto tecnico per gli operatori del settore, agevolando l'introduzione di soluzioni innovative già disponibili ma scarsamente conosciute dagli operatori del settore. Inoltre, le diverse iniziative di cooperazione messe in atto nell'ambito dei Gruppi Operativi del PEI AGRI, a cui si è fatto cenno precedentemente, dimostrano l'interesse a livello territoriale verso le soluzioni per un'agricoltura sostenibile tra le quali si inserisce la chimica verde.

La definizione del quadro degli interventi dei PSR a supporto delle soluzioni di chimica verde consente di comprendere il ruolo che questa riveste nell'attuale politica di sviluppo rurale e di avviare una riflessione sul suo potenziale nella PAC 2021-2027 per rispondere a sfide in tema di ambiente e di salute sempre più ambiziose. La chimica verde può infatti svolgere un'importante funzione per la riduzione dei rischi per la salute e per l'ambiente derivanti dall'uso di prodotti fitosanitari di sintesi fornendo prodotti fitosanitari con caratteristiche di bassa tossicità.

7. LIMITI E OPPORTUNITÀ PER LA CHIMICA VERDE DALLA NORMATIVA

È noto come l'innovazione tecnologica debba spesso essere accompagnata dall'innovazione normativa affinché l'ammodernamento delle imprese agricole sia percepito come un vantaggio e non



un rischio. Tuttavia, si deve riconoscere, in primo luogo, come la politica stenti a seguire il ritmo dei processi innovativi generati dal mondo della ricerca, dal tessuto produttivo o dalla stessa società civile e, secondariamente, come una legislazione non sempre agevole e coerente sia di ostacolo agli stimoli di sviluppo che derivano dalla ricerca scientifica e della intraprendenza delle imprese nazionali. I confronti con i portatori di interesse del settore hanno consentito di evidenziare alcuni dei principali limiti dell'attuale normativa che sono riportati di seguito, insieme ad alcune proposte di interventi finalizzati alla rimozione degli ostacoli e allo sviluppo del settore.

Sottoprodotti/rifiuti/end of waste

Il reimpiego di numerosi scarti agricoli e agroindustriali in nuovi cicli produttivi virtuosi è ostacolato da anni da una normativa che non discrimina chiaramente la differenza tra sottoprodotti e rifiuti, lasciando, di fatto, molte ambiguità. Tale situazione mostra una discrasia con i principi, sia dell'economia circolare per un uso più efficiente e sostenibile delle risorse, sia del Pacchetto Clima ed Energia⁴³ - che incentivano l'uso dei residui al pari delle materie prime dedicate -, sia della Direttiva 2008/98/CE che punta alla massima riduzione della produzione dei rifiuti.

In particolare, il recepimento di quest'ultima in Italia ha causato notevoli difformità interpretative, limitandone di fatto l'attuazione: molte aziende agricole in diverse regioni, ad esempio, hanno desistito dal realizzare impianti di compostaggio di propri sottoprodotti per evitare di incorrere in lunghi contenziosi con gli enti responsabili delle procedure di controllo (ASL, ARPA, Regioni/Province autonome, NAS, ecc.), di cui si lamenta la non sempre adeguata formazione in materia. L'intervento del Ministero dell'Ambiente sulla questione⁴⁴ ha rappresentato un passo in avanti, ma permangono ancora diversi problemi interpretativi e applicativi. Sembra infatti che persista l'idea che i sottoprodotti siano - più che delle risorse - dei "non rifiuti", imponendo pertanto una serie di prescrizioni restrittive che di fatto riconducono a quelle previste per i rifiuti.

In tale quadro, la nuova normativa europea sui rifiuti (Direttiva 2018/851/UE), approvata a maggio 2018 e ancora non recepita dall'Italia, può agevolare la situazione nazionale. La Direttiva ha infatti evidenziato che, per promuovere l'utilizzo sostenibile delle risorse e la simbiosi industriale, gli Stati membri dovranno adottare le misure opportune per un inquadramento univoco dei sottoprodotti laddove siano rispettate le condizioni armonizzate in ambito UE. Inoltre, si attribuiscono alla Commissione europea le competenze per definire i criteri con cui giungere alla qualifica di sottoprodotto, dando priorità alle pratiche replicabili di simbiosi industriale.

Una problematica ancora più complessa riguarda il cosiddetto *End of waste*, la disciplina che regola la cessazione della qualifica di rifiuto, per la quale cioè un rifiuto cessa di essere tale, diventando nuovamente una matrice che può essere inserita nel ciclo produttivo. Il contesto è quello della Direttiva 2008/98/CE, ancor oggi conosciuta come direttiva quadro in materia di rifiuti che pone al primo posto della scala di gerarchia delle modalità di gestione dei rifiuti la prevenzione, immediatamente seguita dalla preparazione per il riutilizzo. Il controllo da effettuare su un materiale qualificato come rifiuto per verificarne le caratteristiche affinché esso possa cessare di essere tale è un'operazione che deve essere autorizzata secondo le procedure previste dalla Parte Quarta del D.lgs. 152/2006. Tali procedure sono estremamente complesse perché, in mancanza di criteri comunitari, le autorizzazioni devono essere attuate caso per caso per specifiche tipologie di rifiuto, attraverso uno o più decreti del Ministro dell'ambiente. La lentezza dell'iter autorizzativo ostacola, di fatto, molte innovative e importanti realtà imprenditoriali.

⁴³ https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_it.

⁴⁴ Decreto n. 264/16, "Regolamento recante criteri indicativi per agevolare la dimostrazione della sussistenza dei requisiti per la qualifica dei residui di produzione come sottoprodotti e non come rifiuti".



La riforma prevista dalla citata Direttiva 2018/851/UE rileva l'opportunità di agevolare l'aggiornamento della regolamentazione inerente alle operazioni di recupero dei rifiuti. A tal fine la Commissione adotterà atti specifici per stabilire i criteri dettagliati sull'applicazione uniforme delle condizioni previste per la cessazione della qualifica del rifiuto.

A conferma della difficile empasse normativa, il Governo, nella nuova strategia nazionale italiana "Verso un modello di economia circolare per l'Italia"⁴⁵ ha inserito un intero paragrafo proprio per ripensare il concetto di rifiuto: "La sfida della transizione verso la bioeconomia circolare è considerare ciò che adesso è un rifiuto come un "mattoncino" per un nuovo ciclo produttivo. Di conseguenza una profonda revisione della normativa comunitaria appare, alla luce del concetto di economia circolare, sempre più ineludibile. Se già la green economy considerava il rifiuto una soluzione e non più un problema, ancora oggi il rifiuto stesso soggiace ad una regolamentazione minuziosa, che limita in maniera sensibile molte delle sue potenzialità intrinseche, in particolare attraverso norme che prevedono restrizioni in termini di gestione e movimentazione. Se in passato previsioni restrittive per la gestione dei rifiuti erano giustificate da quello che era considerato il vero problema dei rifiuti, ossia il loro abbandono, senza valutarne le potenzialità, oggi, paradossalmente, si potrebbe limitare il concetto di rifiuto solamente a ciò che "non ha un valore economico" per il mercato ..." (Strategia "Verso un modello di economia circolare per l'Italia", pag 39).

Assenza di riconoscimento della simbiosi industriale e della bioraffineria negli iter autorizzativi

La simbiosi industriale è una forma innovativa di collaborazione tra aziende, in cui gli scarti prodotti da una di esse sono valorizzati come materie prime da un'altra (vedi scheda 4 – Gestione di residui).

I principali sistemi con cui viene realizzata la simbiosi tra imprese sono la condivisione di utility e infrastrutture per l'utilizzo e la gestione di risorse - principalmente energetiche - e la fornitura congiunta di servizi per soddisfare bisogni accessori comuni alle imprese. Per agevolare tale dinamica, l'ENEA ha promosso la costituzione di un Network italiano, 'Symbiosis Users Network' (SUN), favorendo la collaborazione tra operatori pubblici e privati che a vario titolo intendono promuovere l'eco-innovazione e la transizione verso l'economia circolare⁴⁶. Nonostante la simbiosi industriale sia una strategia efficace per la chiusura del ciclo delle risorse (Chertow et al., 2008; La Monica et al., 2014) che mette a sistema industrie tradizionalmente separate, la normativa ancora non consente l'attivazione di un unico procedimento autorizzativo per un piano industriale integrato e richiede autorizzazioni ambientali per ogni singola attività. In questo modo si riproduce una situazione di stallo analoga a quella che si è generata per le bioraffinerie, dopo l'emanazione del decreto interministeriale nel 2013 (Decreto 9 ottobre 2013, n. 139) finalizzato a semplificare gli iter autorizzativi per le bioraffinerie di seconda e terza generazione, terminologia non più utilizzata e che differenziava le bioraffinerie in base ai processi tecnologici⁴⁷ (cfr. anche cap. 4 del presente rapporto).

⁴⁵ http://consultazione-economiacircolare.minambiente.it/sites/default/files/verso-un-nuovo-modello-di-economia-circolare_HR.pdf

⁴⁶ <http://www.enea.it/it/ateco/schede/simbiosi-industriale>.

⁴⁷ Nel decreto citato si definiscono: "bioraffinerie di prima generazione: sistemi con capacità di processo fissa e privi di flessibilità con una filiera di produzione a partire da biomassa e prodotti di origine agricola o forestale e anche della filiera agricola convenzionale; bioraffinerie di seconda generazione: sistemi che possono produrre diversi materiali per una pluralità di possibili utilizzazioni a partire da biomassa e prodotti di origine agricola o forestale, scarti dell'industria agroalimentare e alimentare (ad es. grassi animali), oli esausti; bioraffinerie di terza generazione: sistemi che possono produrre diversi materiali per una pluralità di possibili utilizzazioni a partire da biomasse ottenute mediante valorizzazioni di terreni marginali o non agricoli o in mare".



Limbo normativo fra agrofarmaci e concimi

I corroboranti (cfr. scheda 1c, Difesa e fertilizzazione delle piante) sono prodotti naturali in grado di potenziare la resistenza delle piante nei confronti degli organismi nocivi, attivando specifici meccanismi fisiologici, fisici e meccanici in grado di limitare o riparare gli eventuali danni provocati da condizioni di stress. Si tratta di sostanze comuni utilizzate storicamente anche in campo agricolo, quali ad esempio olio o propoli o aceto, ma sono anche “borderline” perché il confine tra l’azione fitosanitaria e fertilizzante non è tracciato in maniera chiara e univoca. Da tempo, ricercatori e associazioni di categoria chiedono di superare la carenza normativa che mantiene i prodotti biostimolanti, corroboranti e induttori di resistenza in un limbo compreso fra agrofarmaci e concimi, nonostante essi presentino le peculiarità per la registrazione. Questa mancanza di chiarezza non giova alla diffusione dei nuovi strumenti di controllo fisiologico capaci, in alcuni casi, di ridurre suscettibilità a patogeni e di controllare la crescita. Delle quattro tipologie di prodotti come biostimolanti, corroboranti, induttori di resistenza e micronutrienti, solo i microelementi rientrano fra i concimi in senso stretto, mentre biostimolanti, corroboranti, induttori di resistenza sono categorie decisamente nuove, con aspetti e meccanismi d’azione borderline con gli agrofarmaci e per questo la conoscenza approfondita da un punto di vista tecnico e scientifico è una condizione essenziale per un loro corretto utilizzo. Mentre per i fertilizzanti a base di microelementi vige sia la norma europea (Reg. CE 2003/2003), sia quella nazionale (D.Lgs. 75/2010), per biostimolanti, corroboranti e induttori di resistenza la situazione è molto meno chiara. Ad oggi, solo i biostimolanti sono considerati fertilizzanti inseriti nella legge nazionale nella categoria “Prodotti ad azione specifica”, “4. Prodotti ad azione su pianta”, “4.1 Biostimolanti” (All. 6, D.lgs. 75/2010), mentre per corroboranti e induttori di resistenza non vi sono riferimenti specifici nella legislazione. Lo stesso Reg. (CE) 2003/2003 relativo ai concimi non considera i biostimolanti ma solo i concimi minerali. Si presume che questa generale carenza normativa possa essere superata a breve, visto che a livello europeo si sta lavorando ad una revisione del citato Regolamento, dove si prevede di definire i “prodotti speciali”, tra cui i biostimolanti, con l’obiettivo di giungere ad una norma quadro per tutti i Paesi dell’Unione Europea, così come oggi avviene per i concimi minerali.

Altri aspetti normativi relativi al sistema fitosanitario

Per realizzare una reale prevenzione in campo fitosanitario, occorre una maggiore collaborazione tra autorità e operatori, oltre ad una maggiore consapevolezza dei rischi fitosanitari. L’incapacità di prevenire il diffondersi di fitopatologie e insetti dannosi ha spinto l’Unione europea a emanare il Regolamento (UE) 2031/2016, che riforma il regime fitosanitario a livello europeo. A tale Regolamento si aggiunge il Reg. (UE) 625/2017, che stabilisce le nuove norme sui controlli ufficiali e che entrerà in vigore contestualmente al primo.

Dal 14 dicembre 2019, quindi, in tutti gli Stati membri dell’Unione Europea è operativo il nuovo Regolamento (UE) 625/2017 sui controlli ufficiali (NRCU). Il Regolamento fa parte di un pacchetto normativo che revisiona le norme in tema di salute e sicurezza all’interno dell’intera filiera agro-alimentare apportando una notevole opera di semplificazione ed ha consentito di portare i circa 70 atti legislativi a cinque soli regolamenti, con notevoli vantaggi in termini di semplificazione burocratico-amministrativa delle procedure, con notevole vantaggio per tutti gli operatori della filiera. Il successivo Reg. (UE) 2072/2019 ha stabilito condizioni uniformi per quanto riguarda le misure di protezione contro gli organismi nocivi per le piante.

Il nuovo quadro normativo mira a creare un sistema in grado di minimizzare i rischi di introduzione e diffusione di organismi nocivi. Allo scopo, sono previsti obblighi per tutti gli attori della filiera, da chi importa a chi moltiplica e vende materiale vegetale, e sono introdotti strumenti di controllo a vari livelli, tra cui controlli all’importazione, passaporto delle piante e delle sementi, zone protette,



registro dei produttori e il certificato unico per l'esportazione, alcuni dei quali già presenti nel precedente regolamento. Sono stati invece introdotti nuovi obblighi, come la tracciabilità totale e l'obbligo di intervento. Inoltre, il Regolamento (UE) 625/2017 prevede che gli operatori professionali siano soggetti a controlli da parte delle autorità preposte ma in misura inferiore nel caso in cui l'azienda si doti di un Piano di gestione dei rischi connessi agli organismi nocivi, Piano da sottoporre all'approvazione dell'autorità competente. Al riguardo, si evidenzia il rischio di un peso burocratico aggiuntivo per molti operatori.

Problematiche riscontrate nella lotta alla Cimice asiatica e altri parassiti

La prima segnalazione in Italia della cimice asiatica (*Halyomorpha halys*) si è avuta nel 2012 in Emilia Romagna, da cui si è diffusa nelle altre regioni, arrecando danni alle colture, soprattutto nel Nord-est della penisola.

L'organismo nocivo al momento non era regolamentato dalla normativa fitosanitaria vigente fino al 14 dicembre 2014. In Italia si sono già registrati attacchi a carico di molti fruttiferi (albicocco, ciliegio, fico, kiwi, melo, melograno, nocciolo, noce, pero, pesco, susino e vite). Tra le ortive danneggiate, si registrano pomodoro, fagiolo, peperone e zucca. La normativa stabilisce che la lotta alla cimice asiatica può avvenire solo attraverso gli antagonisti autoctoni o mediante protezioni fisiche, come le reti anti-insetto, mentre proibisce i parassitoidi alloctoni. Questi ultimi, tuttavia, sono già utilizzati in altri paesi dell'Unione europea, dove sono stati realizzati specifici test che ne hanno dimostrato l'efficacia. Al riguardo, gli operatori richiedono uniformità nella normativa dell'Unione, anche tenendo conto della possibilità di diffusione nel nostro Paese dei parassitoidi alloctoni utilizzati in paesi confinanti che, di fatto, renderebbe vano il divieto.

Per quanto riguarda l'impiego delle reti anti-insetto, vanno evidenziati due possibili problemi che riguardano, per un verso, i costi molto elevati di questi prodotti (solo alcune Regioni garantiscono un contributo) e, per altro verso, il relativo impatto paesaggistico. Analogo problema si presenta per la *Drosophila suzukii*, il moscerino che attacca soprattutto i piccoli frutti.

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E PROSPETTIVE

La chimica verde, nell'accezione qui considerata e nel più ampio contesto della bioeconomia, propone numerose soluzioni per un'agricoltura a minor impatto ambientale e prospetta opportunità economiche interessanti per le imprese agricole e per i territori. La sua diffusione può pertanto rappresentare un passaggio di rilievo nel percorso verso la sostenibilità del settore primario e delle aree rurali ma, per garantirne la crescente adozione da parte degli operatori, è necessario rimuovere alcuni ostacoli e avviare azioni specifiche lungo direzioni che sono in parte già tracciate.

Riguardo agli ostacoli di carattere normativo e procedurale, si è sopra accennato ad alcune questioni cogenti che riguardano la legislazione agricola - ma non solo -, e la mancanza di un approccio organico e strutturato al sostegno. Vanno inoltre segnalati, oltre agli impedimenti burocratici relativi agli iter di registrazione dei bioprodotto, le ancora inadeguate competenze degli operatori, i costi aziendali elevati a causa di un mercato non sempre favorevole e di nicchia, la difformità di norme nei diversi paesi (Minarelli et al., 2015).

Sul fronte delle iniziative per favorire lo sviluppo del settore, il gruppo di lavoro europeo sulla bioeconomia rurale, evidenziando le potenzialità del settore per stimolare l'occupazione e per la crescita e l'inclusione nei territori rurali, ha individuato i possibili percorsi che ne garantiscono



un'efficace promozione nell'ambito dello sviluppo rurale (PSR)⁴⁸. Questi vanno dalle attività di sensibilizzazione di tutti i soggetti (amministratori, tecnici, imprese, ecc.) sulle opportunità della bioeconomia e sulle possibilità di fornire un sostegno al settore attraverso i PSR alla creazione di reti tra gli attori per scambi di conoscenza e trasferimento dell'innovazione garantendo anche la necessaria assistenza tecnica, all'adozione di un approccio territoriale dando "priorità alle attività che aggiungono e mantengono il valore all'interno dell'economia rurale locale attraverso catene di valore circolari e "reti di valore" sinergiche, promozione della domanda locale e miglioramento dell'occupazione locale, dei servizi e della base di conoscenze. Ciò include l'integrazione dei produttori in altre fasi della catena del valore" .

Altri elementi su cui concentrare l'attenzione riguardano la ricerca e, al riguardo, lo stesso Focus Chimica verde i cui risultati sono riportati in questo rapporto, oltre ai risultati più tangibili relativi alle proposte della chimica verde per i problemi dell'ortofrutta, ha messo in evidenza anche alcune questioni aperte su cui occorre riflettere per individuare possibili, opportune azioni.

Sembra rilevante e urgente innanzitutto intervenire sul fronte della conoscenza, a partire da una definizione univoca delle relazioni tra chimica verde e agricoltura: gli ambiti appaiono molto ampi e non sempre c'è sufficiente chiarezza al riguardo, anche considerando che il dibattito in materia, pur molto vivace, rimane ancora ad un livello istituzionale elevato. Tale esigenza è particolarmente sentita quando si consideri la necessità di convergenza e di messa a sistema delle numerose iniziative che si stanno avviando a livelli diversi (imprese, istituzioni pubbliche, enti di ricerca, terzo settore) che appaiono frammentarie e disconnesse: tale molteplicità di percorsi lascia intravedere la necessità di una strategia ampia e condivisa che accompagni e favorisca il corretto sviluppo del settore e un'adeguata diffusione di informazioni.

Andrebbe inoltre studiata la recettività del settore primario rispetto alle innovazioni proposte dalla chimica verde, recettività che dipende da molteplici fattori, sia individuali che di sistema. Appare essenziale la conoscenza delle tecniche e dei prodotti (caratteristiche, effetti, limiti, ecc.) da parte degli operatori, come anche il grado di consapevolezza delle opportunità che tali applicazioni possono rappresentare per l'impresa e occorre un adeguato *network* che agevoli il flusso informativo necessario così da indirizzare efficacemente le scelte imprenditoriali, una rete che consenta ai diversi soggetti di operare in maniera coordinata, intensificando le relazioni tra istituzioni e mondo produttivo e facendo convergere esperienze anche diversificate rispetto all'obiettivo comune di aumentare la sostenibilità di processi e prodotti. In tal senso, la direzione di lavoro tracciata dal Focus è quella giusta, anche se le difficoltà incontrate nel percorso hanno talvolta ostacolato la possibilità reale di integrazione. Ciò, in ogni caso, ha creato spazi di discussione per scambi di vedute e confronti stimolanti.

Oltre ad approfondire la sostenibilità economica delle soluzioni da chimica verde per le imprese, sarebbe utile una migliore conoscenza anche dei relativi impatti sull'ambiente e sulla società, valutandone più precisamente la sostenibilità a livello macro. Tale misurazione è d'altra parte funzionale al riconoscimento da parte del mercato e della società civile del valore che essa può apportare all'ambiente, all'economia e, più in generale, alla collettività. Ed è funzionale alla corretta implementazione di politiche a supporto del settore che, come suggerito anche dal dibattito generato dal Focus, può procedere su più fronti, agendo tra l'altro su ricerca, avanzamenti tecnologici, diffusione dell'innovazione, formazione, cooperazione (*networking*), per accelerare lo sviluppo di questo approccio ai problemi dell'agricoltura ancora non adeguatamente noto e diffuso.

⁴⁸ https://enrd.ec.europa.eu/enrd-thematic-work/greening-rural-economy/bioeconomy_it.



BIBLIOGRAFIA

Anastas P.T., Warner J.C. (1998), *Green Chemistry: Theory and Practice*, New York: Oxford Univ. Press.

Basha R.K., Konno K., Kani H., Kimura T. (2011), Water vapor transmission rate of biomass based film materials, *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 4(2), 37-42, <https://doi.org/10.11165/eaef.4.37>.

Bratec T., Marty P., Troussi N. (2019), Consideration of Environmental and Socio-economic Aspects of a Territory for Sustainable Production and Consumption in a Biorefinery Context, in: W. Leal, F. Ubiratã Tortato, F. Frankenberger (eds.), *Universities and Sustainable Communities: Meeting the Goals of the Agenda 2030*, Springer, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-30306-8>.

Brunori G., Bartolini F. (2015), I dilemmi della bioeconomia: una riflessione sulla Bioeconomy Strategy della Commissione Europea, *Agriregionieuropa*, 11, 41.

Camia A., Robert N., Jonsson R., Pilli R., García-Condado S., López-Lozano R., van der Velde M., Ronzon T., Gurría P., M'Barek R., Tamosiunas S., Fiore G., Araujo R., Hoepffner N., Marelli L., Giuntoli J. (2018), Biomass production, supply, uses and flows in the European Union. First results from an integrated assessment, EUR 28993 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-77237-5, doi:10.2760/539520, JRC109869.

Ceapraz I.L., Kotbi G., Sauvée L. (2016), The territorial biorefinery as a new business model, *Bio-based and Applied Economics* 5(1): 47-62, 2016, DOI: 10.13128/BAE-15379.

Chertow M.R., Ashton S.A., Espinosa J.C. (2008), Industrial symbiosis in Puerto Rico: Environmentally related agglomeration economies, *Regional Studies*, 42, 10, 1299-1312.

Clark J.H., Luque R., Matharu A.S. (2012), Green Chemistry, Biofuels, and Biorefinery, *Annu. Rev. Chem. Biomol. Eng.* 2012, 3:183–207.

Clark J.H., Farmer T.J., Herrero-Davila L., Sherwood J. (2016), Circular economy design considerations for research and process development in the chemical sciences, *Green Chemistry*, 3914-3934, ISSN 1463-9262.

Commissione europea (2017), Il futuro dell'alimentazione e dell'agricoltura, Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni, COM(2017) 713 final, Bruxelles.

D'Avino L., Dainelli R., Lazzeri L., Spugnoli P. (2015), The role of co-products in biorefinery sustainability: energy allocation versus substitution method in rapeseed and carinata biodiesel chains, *Journal of Cleaner Production*, 94, 108-115, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.088>.

D'Avino L., Rizzuto G., Guerrini S., Sciacaluga M., Pagnotta E., Lazzeri, L. (2015), Environmental implications of crude glycerin used in special products for the metalworking industry and in biodegradable mulching films, *Industrial Crops and Products*, 75, 29-35, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.043>.

Daystar J., Handfield R.B., Golden J.S., McConnell T.E. (2018), *An Economic Impact Analysis of the U.S. Biobased Products Industry: 2018 Update, Volume IV. A Joint Publication of the Supply Chain Resource Cooperative at North Carolina State University and the College of Engineering and Technology at East Carolina University*, 2018.

De Schoenmakere M., Hoogeveen Y., Gillabel J., Manshoven S. (2018), The circular economy and the bioeconomy. Partners in sustainability, EEA Report, n. 8/2018, European Environment Agency, Luxembourg,



<https://www.biopREFERRED.gov/BPResources/files/BiobasedProductsEconomicAnalysis2018.pdf>.

European Commission (2007), Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions—A lead market initiative for Europe, COM (2007), 860.

European Commission (2012), Innovating for Sustainable Growth: a Bioeconomy for Europe, <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0860:FIN:en:PDF>.

European Commission (2018), A sustainable Bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment. Updated Bioeconomy Strategy, European Union, Belgium, environment, https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/ec_bioeconomy_strategy_2018.pdf#view=fit&page mode=none.

de Jong E., Jungmeier G. (2015), Biorefinery Concepts in Comparison to Petrochemical Refineries, in: A. Pandey, R. Höfer, M. Taherzadeh, K. M. Nampoothiri, C. Larroche (eds.), Industrial Biorefineries and White Biotechnology, Elsevier.

Gurría P., M'Barek R., Tamosiunas S., Fiore G., Araujo R., Hoepffner N., Marelli L., Giuntoli J. (2018), Biomass production, supply, uses and flows in the European Union. First results from an integrated assessment, EUR 28993 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-77237-5, doi:10.2760/539520, JRC109869.

Huang Y., Liu Q., Jia W., Yan C., Wang, J. (2020), Agricultural plastic mulching as a source of microplastics in the terrestrial environment, Environmental Pollution, 114096, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114096>.

IEA Bioenergy (2009), Biorefineries: adding value to the sustainable utilisation of biomass, www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com.

IEA Bioenergy (2014), Sustainable and synergetic processing of biomass into marketable food & feed ingredients, products (chemicals, materials) and energy (fuels, power, heat), Wageningen, the Netherlands, August 2014, www.IEA-Bioenergy.Task42-Biorefineries.com.

La Monica M., Cutaia L., Franco S. (2014), La simbiosi industriale come applicazione dell'economia circolare in agricoltura, *Agriregionieuropa*, 10, 39.

Keijer T., Bakker V., Slootweg J.C. (2019), Circular chemistry to enable a circular economy, *Nature Chemistry*, 11, 2019, 190–195, www.nature.com/naturechemi.

Majer S., Wurster S., Moosmann D., Ladu L., Sumfleth B., Thrän D. (2018), Gaps and research demand for sustainability certification and standardisation in a sustainable bio-based economy in the EU, *Sustainability*, 10(7), 2455, <https://doi.org/10.3390/su10072455>.

Minarelli F., Raggi M., Viaggi D. (2015), Il mercato dei biopesticidi: stato dell'arte e prospettive di studio, *Agriregionieuropa*, 11, 42.

Morone P., D'Amato D. (2019), The role of sustainability standards in the uptake of bio-based chemicals. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2019.05.003>.

OECD (2019), Bio-economy and the Sustainability of the Agriculture and Food System: Opportunities and Policy Challenges, COM/TAD/CA/ENV/EPOC(2018)15/FINAL.

Polettini A., Pomi R. (2016), Rifiuti organici e bioraffinerie. Opportunità e limiti, *Ingegneria dell'Ambiente* Vol. 3 n. 4/2016.



Rakotovao M., Gobert J., Brullot S. (2018), Developing a socio-economic framework for the assessment of rural biorefinery projects, 26th European Biomass Conference and Exhibition, 2018, Copenhagen, Denmark.

Razza F., D'Avino L., L'Abate G., Lazzeri L. (2018), The role of compost in bio-waste management and circular economy. In *Designing Sustainable Technologies, Products and Policies* (pp. 133-143), Springer, Cham, https://doi.org/10.1007/978-3-319-66981-6_16.

Razza F., Farachi F., Degli Innocenti F. (2010), Assessing the environmental performance and ecotoxicity effects of biodegradable mulch film, published in the conference proceedings of: LCA FOOD 2010 VII International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-food Sector, Bari (Italy), *Proceedings*, 2, 378-383.

Razza F., Guerrini S., Impallari F.M. (2019), How sustainable biodegradable and renewable mulch films are? A quantitative approach in the light of sustainable development goals, *Acta Hortic.*, 1252, 77-84, DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1252.10, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1252.10>.

Sintim H. Y., Flury M. (2017), Is biodegradable plastic mulch the solution to agriculture's plastic problem?, *Environ. Sci. Technol.* 2017, 51, 1068–106, DOI:10.1021/acs.est.6b06042.

Staffas L., Gustavsson M., McCormick K. (2013), Strategies and Policies for the Bioeconomy and Bio-Based Economy: An Analysis of Official National Approaches, *Sustainability* 2013, 5, 2751-2769; doi:10.3390/su5062751.





PARTE SECONDA: SOLUZIONI SOSTENIBILI AI PROBLEMI DELL'ORTOFRUTTA

INTRODUZIONE

Le schede riportate di seguito sono il risultato di un'indagine svolta nel 2018 nell'ambito del Programma "Rete Rurale Nazionale 2014-2020". L'indagine è relativa al "Focus Chimica Verde" (cfr. introduzione al volume), che ha quale obiettivo principale l'individuazione di soluzioni innovative ad elevata sostenibilità e già disponibili per risolvere problemi delle fasi di produzione e trasformazione del settore ortofrutticolo, assicurando altresì la diffusione di tali soluzioni ai portatori di interesse.

L'indagine ha avuto avvio con un confronto aperto con i portatori di interesse del settore ortofrutticolo nell'ambito di un seminario nazionale organizzato nel marzo 2018 a cui hanno partecipato ricercatori di varia provenienza e operatori del settore. Successivamente, i principali operatori del settore a livello regionale (aziende, OP, Consorzi e distributori di mezzi tecnici) sono stati coinvolti in occasione di workshop organizzati tra giugno 2018 e gennaio 2019 in sei regioni ortofrutticole italiane: Campania, Lazio, Marche, Puglia, Sicilia, Trentino-Alto Adige. È soprattutto da questo confronto tra operatori e funzionari pubblici che sono emersi i principali punti critici del settore, in parte di natura tecnica - a partire dal diffondersi di nuovi parassiti e patogeni (es. Cimice asiatica) -, ma spesso problemi di tipo burocratico-normativo, che ostacolano le soluzioni alternative che già si potrebbero adottare, dalla più semplice, come il compostaggio dei residui aziendali, alla più delicata questione di impiego di insetti antagonisti alloctoni.

Le soluzioni individuate e presentate di seguito fanno riferimento alla chimica verde, cioè al corpo di conoscenze e di tecniche per l'utilizzo di materie prime derivate da organismi viventi: vegetali, animali, funghi, alghe, batteri, lieviti e altri microrganismi, ossia materie prime di origine biologica 'a ciclo corto di carbonio' (per distinguerle dalle materie prime biologiche di origine fossile, quali petrolio, carbone, gas naturale e così via).

La chimica verde si distingue in tal modo dalla petrolchimica e in generale dalla chimica di sintesi principalmente per due aspetti: opera con materiali, processi e prodotti più sostenibili, grazie all'impiego di materie prime rinnovabili, rapidamente biodegradabili e in genere a ridotta tossicità per l'uomo e per l'ambiente. Inoltre, dispone potenzialmente di un corredo di molecole più ricco e complesso di quello della petrolchimica e richiede l'impiego di conoscenze, metodologie e processi altamente innovativi, derivati dalla genetica, dalla biologia molecolare e dalle scienze della vita in generale.

Ma c'è anche un terzo aspetto fondamentale implicito nella chimica verde, ed è la rottura col paradigma che ha dominato la chimica industriale del Novecento. In agricoltura, come in altri settori, questa ragionava sostanzialmente in termini di processi lineari input-output. Questo suolo è carente di un nutriente? È infestato da un fungo patogeno? La chimica offre il mezzo tecnico specifico che apporta quel nutriente o che debella il fungo. Anche la chimica verde ha definito una serie di prodotti specifici, ma, nella nostra accezione, non si limita a proporre la sostituzione di un prodotto con un altro più sostenibile. Proprio per evitare l'elevata interferenza sugli ecosistemi che caratterizza i prodotti convenzionali, la chimica verde punta sulla combinazione sinergica di una pluralità di azioni, finalizzata innanzitutto a 'prevenire', più che a curare. Per cui, a fianco di prodotti specifici quali biopesticidi o biofumiganti, in queste schede trattiamo anche di successioni colturali, sovesci, compostaggio, insetti antagonisti e così via.

Le tematiche delle schede che presentiamo di seguito sono il risultato di questa ricognizione: delle valutazioni, ma anche delle proposte e delle esperienze innovative emerse dai tavoli di ascolto; sono inoltre frutto dell'analisi delle soluzioni disponibili condotta dal Comitato Scientifico del Focus.



Le informazioni contenute in ciascuna scheda sono articolate in maniera analoga secondo il seguente schema generale:

- una breve premessa per introdurre tematica e problema,
- le principali soluzioni individuate,
- i contesti o le condizioni specifiche in cui si applicano queste soluzioni,
- i prodotti già disponibili sul mercato,
- i limiti delle applicazioni disponibili,
- una sintetica bibliografia sull'argomento.

È opportuno precisare che si tratta di schede divulgative, senza pretesa di completezza ed esaustività. Ma riteniamo che aiutino a capire le concrete potenzialità della chimica verde a supporto di un'agricoltura più sostenibile e anche la sua diversità di approccio ai problemi.

Per questa ragione abbiamo cercato, per quanto possibile, di trattare i diversi temi evitando una netta discontinuità tra argomenti. Tale approccio si evince anche dall'indice "circolare" delle schede riportato di seguito (fig. 1) che mette in evidenza i temi trattati, indicando simbolicamente anche la necessità di un approccio sostenibile (circolare) ai problemi dell'ortofrutta italiana.

Fig. 1 – Le schede del Focus chimica verde: ambiti di applicazione



1 CROPPING SYSTEM

Sistemi integrati di gestione sostenibile delle colture agrarie

1. Premessa

La definizione di nuove tecniche di coltivazione sostenibili è ormai una necessità sempre più sentita dagli agricoltori sia biologici che convenzionali e richiesta sempre più anche dai consumatori per la difesa dell'ambiente e della salute dell'uomo.

È opportuno evidenziare che tali tecniche, se adeguatamente applicate, oltre a favorire il ripristino della fertilità dei terreni e il controllo di patogeni e parassiti, apportano anche una serie di importanti benefici secondari, quali l'incremento della biodiversità intrinseca dei sistemi colturali, il mantenimento degli equilibri dell'agroecosistema, l'incremento della resilienza del sistema stesso in presenza di fattori di stress. Inoltre, gli attacchi di patogeni o parassiti, in assenza dei "vuoti biologici" tipici dei sistemi convenzionali, si riducono per una loro minore capacità di diffusione nell'ambiente. La maggiore biodiversità attiva infatti un circolo virtuoso naturale in grado di consentire un uso sempre minore di agrofarmaci.

Tuttavia, un approccio di sistema per la definizione di tecniche di coltivazione sostenibili è insufficientemente sviluppato sul territorio e raramente le strategie naturali sono proposte in un'ottica di uso sinergico dei prodotti.



Plantule di colture da sovescio (Foto: Luca Lazzeri)



2. I sistemi colturali del secolo scorso

Il sistema di coltivazione nello scorso secolo è stato contraddistinto dall'applicazione della chimica di sintesi ed è, a tutt'oggi, ancora utilizzato sulla maggior parte dei terreni agrari italiani ed europei. Le tecniche di coltivazione applicate a partire dagli anni '50 prevedevano un'attenta preparazione dei terreni, generalmente attraverso arature svolte a cadenza annuale, spesso a crescenti profondità. L'aratura era generalmente accompagnata dall'applicazione, in preimpianto o in post semina, di concimi chimici di sintesi di diversa origine, in grado di fornire, in modo pratico ed economico, sufficienti quantità di elementi per la nutrizione delle piante. Erano gli anni della chimica imperante e la difesa delle colture era spesso attuata con prodotti di sintesi e trattamenti pianificati a calendario, in cui la strategia di base era di accompagnare continuamente l'intera coltivazione con miscele di presidi fitosanitari, indipendentemente dalla presenza o meno di attacchi patogeni.

Questo tipo di agricoltura ha sicuramente contribuito al rilancio del settore agro-alimentare post-bellico, garantendo la produzione di sufficienti derrate alimentari per la crescente popolazione anche attraverso l'utilizzo di nuovi fitofarmaci licenziati dalla ricerca chimica nazionale e da tutte le maggiori multinazionali.

Molti di questi prodotti dimostrarono inizialmente un'ottima capacità di controllo dei patogeni, ma nello stesso tempo provocarono anche un impatto crescente sull'ambiente, a partire dal DDT (para-diclorodifeniltricloroetano) fino all'uso dei prodotti ad azione fumigante, gas con potentissimo effetto sterilizzante e privi di selettività, come il Bromuro di metile e la Cloropicrina. Questi e altri principi attivi di sintesi hanno imperversato dalla metà del '900 fino agli anni '70, quando il sistema agroambientale iniziò a manifestare problemi di efficienza, soprattutto a causa dello sviluppo di nuove resistenze a numerose patologie. Inoltre, anche la procedura per la registrazione dei fitofarmaci diventò più rigida e, ad esempio, il Bromuro di metile, gas ampiamente utilizzato nel settore ortofrutticolo per l'effetto sterilizzante dei patogeni tellurici, fu inserito nella lista delle sostanze responsabili della distruzione della fascia stratosferica dell'ozono, sancendo quindi la sua progressiva messa al bando (phase out) a livello mondiale.

Dagli anni Novanta sono poi state evidenziate altre criticità, quali la continua riduzione della fertilità dei suoli unita a problemi di tossicità per gli operatori del settore (e per i consumatori), che indussero le istituzioni comunitarie a sancire il phase out di diverse molecole chimiche, privando spesso l'agricoltore di pesticidi ritenuti indispensabili. La fine dell'epoca dei gas fumiganti ha rappresentato per l'agricoltura comunitaria un importante momento di passaggio, soprattutto nel settore dell'ortofrutta e nell'agricoltura ad alto reddito.

3. Il sistema colturale del nuovo millennio

Il sistema agricolo descritto, che per semplicità chiameremo vecchia agricoltura intensiva, era quindi caratterizzato spesso dall'abuso di prodotti di sintesi e ha condotto all'accumulo nel suolo di residui a ridotta biodegradabilità, insieme ai gravi e crescenti fenomeni di resistenza ai fitofarmaci maggiormente utilizzati. Duncan Cameron, biologo dell'università di Sheffield (UK) osservò, ad esempio, come "il tasso di erosione dei campi lavorati fosse da dieci a cento volte superiore al tasso di formazione", confermando la ridotta sostenibilità dei sistemi fondati esclusivamente su basi chimici. L'uso massiccio dei fertilizzanti di sintesi ha contribuito nel medio-lungo periodo al degrado del suolo anziché al suo arricchimento. Negli ultimi anni l'Unione europea ha recepito tali problematiche e ha varato numerosi provvedimenti, a partire dalla Direttiva 128/09 sull'uso sostenibile degli agrofarmaci, volte a rilanciare il ruolo dell'agricoltura biologica e della sostenibilità dei sistemi agrari, nonché a favorire lo sviluppo di tecniche cosiddette non chimiche per la difesa e la nutrizione delle colture. Il passaggio ad una gestione innovativa e sostenibile delle coltivazioni agrarie non potrà in nessun modo prescindere da un approccio strategico completamente diverso rispetto al



passato e basato sull'applicazione di tecniche e prodotti innovativi a base naturale. Questi prodotti vanno applicati prevedendo l'integrazione di varie tecniche in funzione delle condizioni pedoclimatiche sito-specifiche dei campi con l'obiettivo, a partire dall'esperienza dell'agricoltura biologica, di una gestione a crescente sostenibilità.

Uno dei principi cardine della chimica verde sostiene, infatti, che se un sistema produttivo cambia la materia prima da cui produce i mezzi tecnici, sostituendo la chimica di sintesi con biomasse naturali, tutte le fasi successive del processo dovranno diversificarsi, definendo a loro volta nuove strategie colturali idonee.

Questo comporta che, per un reale cambiamento nella gestione agricola, non è più sufficiente cercare innovazioni di prodotto, ma soprattutto dovremo definire innovazioni di sistema.

L'obiettivo dunque è definire non solo nuovi prodotti specifici, ma soprattutto nuovi sistemi di coltivazione che non potranno avere una valenza universale (come accaduto nell'agricoltura chimica intensiva), ma al contrario, dovranno prevedere una strategia declinata a livello locale, o ancora meglio a livello aziendale. Così, ad esempio, la mancata disponibilità di fertilizzanti di sintesi ad elevato titolo dovrà essere compensata da strategie sinergiche per una fertilizzazione sostenibile e di qualità. Analogamente, l'agricoltura sostenibile non potrà più utilizzare fitofarmaci di sintesi ad elevato potere abbattente dei patogeni, e dovrà definire e sviluppare il concetto di cropping system (sistema colturale) sul territorio, riconoscendo le principali problematiche e individuando fin dalle prime fasi le eventuali fitopatie in modo da poter intervenire a livello preventivo per limitarne i danni.

In particolare, la definizione di una nuova tecnica sostenibile in grado di fornire un'alternativa di sistema all'approccio chimico non può, secondo questo paradigma, prescindere dall'azione sinergica di alcune delle scelte riportate di seguito a puro titolo di esempio.

Incremento della fertilità di base dei terreni

Il rilancio della fertilità dei suoli attraverso una corretta gestione della sostanza organica deve essere considerato il primo e fondamentale intervento per migliorare la salute e la resilienza degli agroecosistemi nei confronti dei comuni patogeni tellurici, a partire dal rilancio delle cosiddette buone pratiche agricole, quali i sovesci convenzionali e innovativi, le cover crop da inserire come colture intercalari nelle rotazioni agrarie, prevedendo anche l'utilizzo sinergico di microrganismi utili ad incrementare l'autoimmunità del sistema o antagonisti di organismi patogeni. Tali azioni, se applicate anno dopo anno nelle normali gestioni colturali, saranno in grado di incrementare la salubrità complessiva del sistema, minimizzando o eradicando patologie ad oggi considerate endemiche, quali quelle determinate dai nematodi galligeni.

In aggiunta a sovesci e cover crops, dovrà rendersi disponibile una fertilizzazione organica esogena in fase di preimpianto a base di residui colturali, con applicazione di compost di qualità e fertilizzazioni liquide o solide a base interamente naturale (cfr. scheda 1a). L'obiettivo sarà quindi quello di incrementare le risposte quali-quantitative della pianta alle strategie di nutrizione e difesa naturale che saranno adottate. In questo percorso ci saranno difficoltà e limiti, uno fra tutti il ridotto titolo in azoto, fosforo e potassio che caratterizza in generale i fertilizzanti organici.

Durante la fase di coltivazione potranno essere utilizzate anche altre sostanze di recente introduzione, quali i corroboranti (cfr. scheda 1c), sostanze di origine naturale in grado di incrementare la resistenza delle piante nei confronti degli organismi nocivi e anche di proteggere le piante da stress abiotici (acidità del suolo, gelate, ecc.). I corroboranti incrementano la resistenza a fattori biotici e abiotici, sono privi di effetti diretti nei confronti di patogeni e parassiti, e allo stesso tempo differiscono dai fertilizzanti malgrado siano in grado di svolgere anche una funzione nutrizionale. A questi si aggiungono i numerosi prodotti derivati da biomasse (scarti agricoli e agroindustriali, residui colturali) che possono dare un importante supporto alle attività di coltivazione



(cfr. scheda 2). Tali prodotti possono essere utilizzati anche in sinergia con microrganismi utili in grado di insediarsi e moltiplicarsi in un suolo arricchito in sostanza organica. Un'altra interessante opzione può essere l'applicazione di prodotti ad azione biostimolante che consentano una migliore produzione sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo (cfr. scheda 1c).

Difesa biologica

Anche se la gestione e la difesa in fase di presemina sono ben condotte, la coltura può comunque essere oggetto di attacchi di patogeni di varia natura, sia nel terreno che sull'apparato fogliare, patogeni che possono essere contenuti attraverso la difesa integrata con mezzi biologici, tecnica ormai ampiamente applicata con prodotti disponibili sul mercato.

Questo tipo di lotta può essere condotta con biopesticidi, che generalmente riproducono per via chimica prodotti naturali (quali l'allicina, la capsicina, la diurrina, gli isotiocianati). Questi prodotti sono soggetti alle registrazioni di legge, al pari di altri prodotti ammessi in biologico (es. il Laser a base di Spinosad) ma possono vantare una elevata biodegradabilità nei suoli. Un altro esempio interessante è ancora una volta quello dei corroboranti. Infatti, tra queste sostanze troviamo oltre 12 oli vegetali ammessi che, applicati in forma di emulsioni olio-acqua, presentano un'elevata efficacia nel contenimento sia di insetti di medio-piccolo calibro e/o con limitata mobilità, sia di funghi patogeni. A queste soluzioni si aggiunge un settore in forte sviluppo, quello degli organismi antagonisti: oltre ai classici insetti antagonisti, alcune proposte interessanti comprendono i nematodi entomopatogeni, che rappresentano una efficace risposta anche e soprattutto nei confronti dei patogeni da quarantena (cfr. scheda 1c).

4. Un esempio di sinergia tra tecniche non convenzionali: la biofumigazione

Alcune esperienze significative di approccio di sistema integrato sono descritte e presentate singolarmente (v. scheda 1.c). A titolo di esempio si riporta qui una proposta di *cropping system* già sperimentato e applicato in pieno campo, la biofumigazione naturale, che si basa sull'utilizzo di piante e biomasse della famiglia delle Brassicaceae per la loro capacità di rilasciare molecole bioattive ad azione allelopatica. In particolare, "Col termine biofumigazione ci si riferisce all'effetto soppressivo di alcune biomasse delle Brassicaceae nei confronti di alcuni insetti e parassiti del terreno, in seguito al rilascio di composti della famiglia degli isotiocianati derivati dall'idrolisi dei glucosinolati" (1). Il processo chimico che è alla base di tale tecnica (sistema glucosinolati-mirosinasi) è infatti in grado di rilasciare molecole naturali bioattive, in seguito a un'idrolisi enzimatica endogena.

La biofumigazione, per le sue ricadute ecologiche, non deve essere ricollegata al concetto d'uso degli agrofarmaci, ma piuttosto a un sistema naturale che rientra pienamente tra le buone pratiche agricole, a partire da una corretta gestione della sostanza organica del terreno e dei cicli colturali, con l'obiettivo di migliorare significativamente nel tempo la fertilità dei suoli e di creare le condizioni adatte allo sviluppo di specie utili e/o saprofitarie, limitando contestualmente i danni dalle avversità telluriche delle colture. Questo sistema si adatta particolarmente bene alle aree costiere per il contenimento dei nematodi cisticoli e soprattutto galligeni, endemici su terreni sabbiosi (2).

Inoltre, vengono definiti sistemi per implementare la competitività tra organismi patogeni e antagonisti da usare anche in sinergia con sovesci biologicamente attivi che, oltre all'apporto di sostanza organica verde, sono in grado di rilasciare molecole bioattive che rappresentano una novità nella gestione e difesa delle colture.

Il sistema prevede l'utilizzo di sovesci con piante biofumiganti (es. *Brassica juncea*), colture con effetto trappola del patogeno (es. *Eruca sativa*), pellet derivati dal pannello proteico (derivato ad es da *Brassica carinata*) o diversi prodotti ad azione biofumigante utilizzabili come concimi fogliari,



prodotti per fertirrigazione o prodotti utilizzabili dopo la raccolta per aumentare la *shelf-life* di prodotto (3; 4).

A seconda del sistema colturale di riferimento e degli obiettivi che si vogliono ottenere, si può definire un sistema integrato di gestione che comprenda uno o più di queste tecniche o prodotti ad azione biofumigante, limitando o eliminando l'uso di prodotti chimici di sintesi (5; 6).



Fioritura di sovesci ad azione trappola dei nematodi

Foto di Luca Lazzeri



Fase di interrimento dei sovesci ad azione biofumigante

Foto di Luca Lazzeri

Bibliografia

- 1) ***Kirkegaard and Matthiessen "Developing and refining the biofumigation concept" Proceeding of the First International Symposium "Biofumigation: a possible alternative to methylbromide?" Firenze 29 marzo-1 aprile 2004 - Agroindustria, 2004, 3 (3),233-239***
- 2) ***<https://agronotizie.imaginenetwork.com/difesa-e-diserbo/2017/09/22/biofumigazione-un-aiuto-nel-contrasto-ai-nematodi/55632>***
- 3) ***<http://www.ambienteterritorio.coldiretti.it/tematiche/Agricoltura-Biologica/Pagine/ArrivalaBiofumigazionepercontenereinematodiinagricolturabiologicaeproduzioneintegrata.aspx>***
- 4) ***<http://www.ilgiornaledelcibo.it/rucola-proprieta-controindicazioni/>***



- 5) ***<http://www.ambienteterritorio.coldiretti.it/tematiche/Etica-Ambiente-Sostenibilita/Pagine/Larucola%C3%A8untoccasanaperlasalutetuttiibeneficiinunostudioelCREA.aspx>***
- 6) ***Parisi B., Furlan L., Matteo R., Casadei N., Benvegnù I., Lazzeri L., (2017). Biofumigazione della patata per contenere gli elateridi. L'Informatore Agrario, 21/2017, 53-57.***



1.a FERTILITÀ DEL SUOLO

Sistemi integrati di gestione sostenibile delle colture agrarie

1. Premessa

Secondo la normativa italiana (7) sono definiti «ammendanti» i materiali da aggiungere al suolo in situ principalmente per conservarne o migliorarne le caratteristiche fisiche, chimiche o biologiche, disgiuntamente o unitamente tra loro. I «concimi o fertilizzanti» sono invece prodotti la cui funzione principale è fornire elementi nutritivi alle piante.

In questa scheda ci occupiamo di compost, digestato e biochar, prodotti normalmente classificati come ammendanti, che costituiscono una soluzione ecocompatibile per:

- la gestione dei residui delle coltivazioni agricole, spesso considerate più un problema che una risorsa;
- migliorare le proprietà del suolo, agendo positivamente su struttura e tessitura. Aumenta quindi anche la capacità idrica del terreno, limitando la lisciviazione degli elementi nutritivi;
- incrementare la fertilità del suolo e ridurre l'impiego di concimi di sintesi, con minori spese per gli agricoltori, minor impatto sull'ambiente, minor consumo di risorse ed energia;
- immobilizzare carbonio nel suolo per lunghi periodi, sottraendolo dall'atmosfera. Il suolo rappresenta infatti, un serbatoio (sink) fondamentale per lo stoccaggio del carbonio atmosferico.

Il potenziale vantaggio di questi mezzi tecnici risiede nella possibilità per l'azienda agricola di utilizzare matrici residuali delle produzioni vegetali destinandole alla produzione di ammendanti.

2. Caratteristiche e origine degli ammendanti ecocompatibili

2.1. Compost

Il compost è un materiale organico risultante dalla decomposizione ossidativa e dall'umificazione di scarti organici da raccolta differenziata, che vanno trattati secondo norme di igiene e di sicurezza, nel rispetto della normativa italiana in materia di fertilizzanti. È caratterizzato da un buon contenuto medio di carbonio organico (25-27% su sostanza secca) e può quindi dare un sensibile contributo al recupero di sostanza organica nel suolo. Il compost si distingue in:

- Ammendante compostato verde (ACV): prodotto a partire da rifiuti organici attraverso un processo di trasformazione e stabilizzazione controllato che possono essere costituiti da residui della manutenzione del verde ornamentale, delle colture e altri coprodotti di origine vegetale, con esclusione di alghe e piante marine. Solitamente è sottoposto a processi di maturazione lunghi (almeno 6 mesi), possiede una buona dotazione di sostanza organica, ha un contenuto relativamente basso in elementi nutritivi (titolo NPK 1-0,5-0,5) e anche una ridotta salinità. Il compost verde impiegato direttamente in agricoltura (pieno campo) ha il compito esclusivo di apportare sostanza organica umificata (azione ammendante in senso stretto) in grado di migliorare le proprietà fisiche, strutturali e biologiche di terreni poveri di sostanza organica.



- Ammendante compostato misto (ACM): prodotto dalla trasformazione e stabilizzazione controllata di rifiuti organici, come la frazione organica dei RSU, i rifiuti di origine animale, compresi liquami zootecnici, i rifiuti agro-industriali, della lavorazione del legno e del tessile naturale, reflui e fanghi, nonché altre matrici previste per l'ammendante compostato verde (8). Possiede un buon contenuto di elementi fertilizzanti (titolo 2-1,5-1,5), una buona dotazione in sostanza organica e una salinità più spiccata. Questo prodotto è indicato per integrare i significativi consumi di sostanza organica, nell'orticoltura e in colture da rinnovo come il mais, il girasole e nei reimpianti in viticoltura e frutticoltura che si avvalgono fortemente del potere fitonutritivo dell'ACM.

2.2. Digestato

Il digestato è il risultato finale di un processo di digestione anaerobica che può derivare essenzialmente da 5 fonti: effluenti zootecnici, biomasse vegetali, sottoprodotti di origine animale, fanghi di depurazione, frazione organica dei RSU.

Caratterizzato da un tenore di sostanza secca che, a seconda delle matrici in ingresso, può variare tra il 2 e il 10%, con un tenore di azoto che può arrivare fino a 5-7 kg/ton con discreti valori di fosforo (1-2 kg/ton P₂O₅) e potassio (2,5-8 kg/ton K₂O), il digestato è considerato un "fertilizzante rinnovabile" organico ad elevato valore ambientale, a pronto effetto, completo, ed equilibrato.

Come per lo spandimento delle deiezioni, una maggiore efficienza fertilizzante del digestato si ottiene con l'utilizzo di una meccanizzazione adeguata e l'adozione di efficienti tecniche di spandimento. È quindi fondamentale la conoscenza analitica del titolo fertilizzante (NPK) ai fini dell'applicazione di volumi rispondenti alle esigenze nutrizionali della coltura nel rispetto dei vincoli imposti dalla normativa nitrati recepita dalla normativa italiana attraverso il Decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152 e il decreto ministeriale 7 aprile 2006 e le numerose variazioni e integrazioni.

Inoltre, in relazione alla natura organica del digestato stesso, la quantificazione dei volumi di spandimento deve essere supportata da un costante monitoraggio della fertilità dei terreni affinché possa essere valutato il migliore piano di concimazione aziendale e l'effetto globale che il digestato produce sui principali parametri di fertilità. Questo permette, con una piena valorizzazione agronomica del digestato, di azzerare la necessità di concimazioni minerali, limitare i rischi di salinizzazione del suolo per accumulo di microelementi e preservare gli equilibri chimici e microbiologici del terreno con notevoli benefici ambientali ed economici, senza alterare le rese produttive delle colture (9).

Da qualche tempo il digestato è utilizzabile come ammendante anche nelle produzioni biologiche e biodinamiche sulla base del Regolamento di esecuzione (UE) N. 354/2014, - che ha introdotto modifiche al regolamento CE n. 889/2008 relativo alla produzione biologica. Nello specifico, il Reg. 354 permette l'utilizzo di concimi ed ammendanti, del digestato da biogas, di proteine idrolizzate da sottoprodotti di origine animale, leonardite, chitina e sapropel. Infine nell'aprile 2016 è stata sancita la possibilità di "utilizzo agronomico del digestato" attraverso il Decreto Interministeriale n. 5046 del 25 Febbraio 2016, "Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento e delle acque reflue di cui all'art. 113 del Decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152, nonché per la produzione e l'utilizzazione agronomica del digestato di cui all'art. 52, comma 2-bis del decreto legge 22 giugno 2012, n. 83, convertito in legge 7 agosto 2012 n. 134. Tale norma ha tuttora molti limiti, il Ministero delle Politiche agricole, alimentari e forestali sta lavorando sul tema.



2.3. Biochar

Il biochar è un carbone vegetale che si ottiene a seguito della conversione termochimica in assenza di ossigeno di diversi tipi di biomassa vegetale mediante due tecnologie principali: i) la pirolisi lenta e ii) la carbonizzazione idrotermica (HTC, HydroThermal Carbonization).

I principali sistemi tecnologico-industriali per produrre biochar si basano sulla pirolisi lenta. La pirolisi permette di ottenere: un gas (syngas) caratterizzato da un potere calorifico pari al GPL che può essere utilizzato in processi produttivi che necessitino di calore (es: essiccazione per la produzione di energia elettrica) e biochar o carbone vegetale. È un materiale a elevata porosità, che consente quindi l'assorbimento di acqua e sostanze minerali. L'impiego del biochar è ammesso in agricoltura dal DLgs. 75/2010 pubblicato nella Gazzetta ufficiale, Serie generale n° 186 del 12-8-2015. È utilizzabile in agricoltura convenzionale e integrata, ma non in agricoltura biologica (10). L'interesse dell'utilizzo del biochar in agricoltura è nato poco più di 10 anni fa dalla riscoperta delle antiche tradizioni contadine che usavano il carbone e la cenere per aumentare la fertilità dei suoli. Nel 2006 si iniziò infatti a verificare che il biochar aggiunto al suolo produceva effetti positivi sulla fertilità con un incremento del contenuto del carbonio organico in modo stabile. In un'ottica di economia circolare, di particolare interesse risulta la produzione e l'utilizzo di biochar a partire da residui/sottoprodotti agricoli quali patate, stoppie di mais o grano, lolla di riso, mallo di mandorla, foglie seccate, ecc.

3. Contesto di applicazione e impatto socio-economico e ambientale

3.1. Compost

L'utilizzo dei residui delle attività agricole per la produzione di compost, anche e soprattutto in impianti di compostaggio aziendali, ha il doppio beneficio di evitare il loro trattamento come rifiuti e allo stesso tempo di fornire a questi materiali una valorizzazione economica ed ambientale (11). Il compost, oltre alla funzione ammendante, determina la promozione dell'attività microbiologica nel terreno, la riduzione delle perdite causate dall'erosione, la diminuzione della densità, il miglioramento della stabilità strutturale, la disponibilità di elementi nutritivi, l'assorbimento da parte delle piante, nonché l'aumento della ritenzione idrica.

I dosaggi normalmente suggeriti di compost nel suolo possono variare da 5.000 a 20.000 kg/ha, a seconda delle condizioni del suolo e agli asporti colturali. L'applicazione viene fatta alla preparazione del terreno dopo l'aratura e prima dell'interramento con una fresatura, con l'obiettivo di miscelare i materiali entro i primi 20 cm di strato del suolo.

A differenza del letame, è possibile piantare subito dopo la sua applicazione e può essere integrato durante il ciclo colturale. La resa in ammendante di un impianto di compostaggio è fortemente influenzata dalla tipologia di materiale in ingresso e dal contenuto in sostanza secca. In relazione a tale aspetto si distinguono due gruppi di prodotti che chiameremo "compost pesante" e "compost leggero". Il primo gruppo è ottenuto con l'uso di matrici ad elevato contenuto in sostanza secca (es. piante di pomodoro, peperone, mallo di noce, carciofo, ecc.) e quindi ad elevata resa in compost. Il "compost leggero" invece è ottenuto da matrici a basso contenuto di sostanza secca (es. lattughe, rucola, finocchi, ecc.) le quali determinano basse rese in prodotto finale (circa 7 t di compost per 40 t di materiale in ingresso). Di conseguenza anche i tempi e quindi i costi di gestione risultano essere estremamente influenzati dai materiali trattati. Nell'ambito di un progetto LIFE realizzato nell'area di Caserta, è emerso che occorrono 0,18 € per produrre 1 kg di compost leggero contro gli 0,11 €/kg per il compost pesante (11).

Inoltre, compost e biochar possono offrire un'alternativa sostenibile all'uso della torba, aspetto di particolare interesse in questi ultimi anni, visto il progressivo danneggiamento degli habitat naturali



delle torbiere da parte del settore ortoflorofrutticolo che ha portato alla necessità di individuare substrati alternativi rinnovabili.

3.2. Digestato

Il digestato agricolo, ovvero quello ottenuto in impianti di biogas da digestione anaerobica di biomasse non classificate come “rifiuto” (ai sensi della Parte Quarta del D.Lgs. 152/06), quali effluenti zootecnici, residui colturali e sottoprodotti agroindustriali, è un materiale semisolido, contenente quantità variabili di sostanza secca, con caratteristiche simili ad un fertilizzante organico per le proprietà ammendanti e i contenuti di NPK.

Per questi aspetti viene comunemente distribuito sui suoli agricoli, secondo appositi piani di spandimento. Il digestato, rispetto alle biomasse in ingresso all’impianto di digestione anaerobica, si presenta omogeneo, con un tenore di umidità più elevato e più stabile in quanto parte della sostanza secca è già stata degradata biologicamente dai batteri produttori di biogas.

Sottoponendo il digestato a separazione solido/liquido si possono ottenere due frazioni:

1. LIQUIDA (chiarificata) – buon effetto fertilizzante (fertirrigazione). Contiene un’elevata percentuale di azoto ammoniacale su quello totale, rapporto N/P piuttosto elevato. Alcuni studi dimostrano che la frazione liquida può sostituire integralmente l’urea in un piano di concimazione, in questo caso il digestato è quindi un concime ammoniacale a pronto effetto, con efficienza pari all’urea e bassa dispersione nell’ambiente (10).
2. SOLIDA - buone proprietà ammendanti (palabile). Concentra in sé la sostanza organica del digestato e contiene un’elevata percentuale di azoto organico sull’azoto totale e buona parte del fosforo (12). La frazione solida è trasportabile per la distribuzione autunnale in terreni a basso carico di nutrienti. Il fosforo contenuto nel compost solido può quindi essere trasferito da zone ad elevato carico a zone con minore presenza; aspetto rilevante visto le rocce fosfatiche da cui sono prodotti i fertilizzanti, sono risorse non rinnovabili e purtroppo in via di esaurimento. Il fosforo rinnovabile presente in forma organica nel digestato separato solido è particolarmente efficiente per le produzioni ad elevato valore, come per esempio il melone Igp nel Mantovano e il settore ortofrutta biologico. Quindi, il recupero di fertilizzanti rinnovabili riduce l’impatto ambientale delle produzioni e per questo deve essere adeguatamente valorizzato nella comunicazione al consumatore (10).

La frazione solida del digestato può essere ulteriormente sottoposta a una fase di finissaggio, tramite compostaggio aerobico, prevedendo una miscelazione con materiale lignocellulosico. Questo trattamento consente di igienizzare e stabilizzare ulteriormente il digestato e di organizzare una parte dell’azoto ammoniacale. Un test di utilizzo del digestato solido tal quale e compostato rispetto ai fertilizzanti minerali tradizionali è stato fatto nell’azienda orticola Grandi Luigi di Grugliasco (TO) su colture di lattuga, nell’ambito del progetto LIFE DISAFA-AGROSELVIT. Soprattutto dal secondo anno di applicazione si è registrato un sensibile aumento di intensità di colore e di produttività con l’impiego dei fertilizzanti organici. Le rese agronomiche tra digestato solido tal quale e compostato sono risultate analoghe, ma il compostato ha offerto il vantaggio ambientale di ridurre le emissioni in atmosfera di ammoniaca e soprattutto di protossido di azoto.

Numerosi studi svolti sulle ricadute generate dall’uso del digestato, dimostrano indubbi vantaggi anche dal punto di vista prettamente economico (13). Sperimentazioni svolte in Italia rendono interessante la torrefazione del digestato agricolo e lo spandimento in miscela con il compost (14).



3.3. Biochar

Come per il compost, l'aggiunta al suolo di biochar favorisce l'attività microbiologica, la riduzione delle perdite causate dall'erosione, la diminuzione della densità, il miglioramento della stabilità strutturale, la disponibilità di elementi nutritivi e l'assorbimento da parte delle piante, l'aumento della ritenzione idrica. In relazione alle condizioni del suolo e agli asporti colturali, l'apporto di biochar nel suolo varia da 100 a 2.000 kg/ha; in molti lavori scientifici si trovano valori molto più alti, fino a circa 10 ton/ha. L'applicazione viene fatta alla preparazione del suolo, dopo l'aratura e prima della fresatura, con l'obiettivo di miscelare i materiali entro i primi 20 cm di strato del suolo. A differenza dei letami, è possibile piantare subito dopo la loro applicazione e possono inoltre essere utilizzati durante il ciclo colturale.

Recentemente due distinti gruppi di lavoro sul biochar in Toscana in Calabria - hanno raggiunto analoghi risultati circa criteri d'impiego e benefici. Risulta a entrambi che la combinazione sinergica del biochar e il compost aumenti notevolmente l'efficacia e ne riduca il costo (minore quantità di biochar da acquistare e spandere in campo).

4. Prodotti disponibili sul mercato

4.1. Compost

I prezzi medi dell'ammendante compostato misto e con fanghi vanno dai 20 ai 30 €/t. I prodotti solitamente vengono forniti sfusi, in quanto le loro caratteristiche agronomiche li rendono adatti all'utilizzo sia in orticoltura che in cerealicoltura, applicandoli direttamente in campo (15). L'Acv invece è utilizzato misto ad altri ammendanti in proporzioni che vanno dal 35 al 60%, solitamente per giardinaggio e florovivaismo, quindi viene venduto al dettaglio in sacchi, a prezzi che vanno da 0,11 a 0,15 euro/litro. L'Acv per uso professionale vivaistico si fornisce in sacchi da mille litri, a prezzi compresi fra 40 e 60 euro (15).

4.2. Digestato

Il digestato non è abitualmente in commercio; l'acquisto avviene attraverso un contratto tra produttore e utilizzatore, sotto tre forme:

1. TAL QUALE, ovvero come esce dal digestore, con una sostanza secca di circa 8-10%, a causa della grande presenza di acqua. Il suo acquisto è conveniente se utilizzato in un ambito territoriale di circa 20-25 km dall'impianto (effetto dei costi di trasporto e dell'impatto ambientale delle emissioni di gasolio per il trasporto). In Centro Italia è venduto a 2 €/t. Un carico da 20 tonnellate in autobotte costa circa 50-70 euro per distanze di consegna ridotte. Viene impiegato normalmente in presemina o in fase di crescita della pianta.
2. SOLIDO, si tratta della frazione separata del digestato con una sostanza secca di circa 30-35%, lo si può trasportare anche a distanza di 40-50 km dall'impianto di produzione. Il prezzo a listino è sui 10 euro/ton. in genere un carico da 15 ton viene venduto con il trasporto a 200-250 € entro la distanza di cui sopra; il digestato solido è a "lento rilascio" e viene utilizzato anche come strutturante dei terreni.
3. LIQUIDO, ovvero il complemento del "digestato separato solido", ha una sostanza secca del 3-4%. Non si hanno riferimenti certi di prezzo o prestazioni, ma sembra mostrare un buon potenziale per fertirrigazione con impianti a goccia, manichette, specialmente sotto serra.

Il Progetto Agrochar (finanziato dal MIPAAF), nel 2016, ha affrontato in modo innovativo la tematica della valorizzazione del digestato da impianti di digestione anaerobica, al fine di convertire lo stesso



in un prodotto collocabile sul mercato agricolo, realizzando così le condizioni per un modello economico circolare e sostenibile in ambito agricolo. L'obiettivo del progetto è studiare la conversione del digestato in prodotto attraverso la carbonizzazione convenzionale (pirolisi lenta, PL) e/o la carbonizzazione idroterma (HydroThermal Carbonisation, HTC) e la produzione di biochar. Nel corso del progetto è stato valutato il costo del biochar da digestato solido, nel caso in cui il processo di pirolisi sia inserito nello stesso sito industriale di produzione di biogas (quindi senza necessità di trasporti e altri costi di stabilimento), sulla base delle seguenti ipotesi:

- resa in pirolisi del digestato del 25%
- potenza elettrica assorbita di 6-8 kWe
- capacità di impianto di 250 kg/h di biomassa in ingresso
- presenza di operai (su 24 h) in 3 turni da 2 ore
- costo manodopera 12 €/h.

In base a questi parametri, il costo del biochar da digestato risultava di poco superiore a 150 €/t. Un prezzo altamente competitivo già nell'attuale contesto di mercato. Tale costo, ripetiamo, è raggiungibile a condizione che il processo di digestione anaerobica, la separazione secco/umido e la pirolisi siano inseriti nel medesimo sito industriale (16).

4.3. Biochar

Il biochar può derivare da matrici eterogenee e da diverse condizioni di processo, col risultato di un'ampia differenza qualitativa dei prodotti sul mercato. Inoltre, la quota maggiore del mercato mondiale attualmente è rappresentata dal settore *retail* per il giardinaggio. Queste condizioni generano un'estrema variabilità di prezzi. Una recente analisi condotta da IBI (*International Biochar Initiative*) ha mostrato che il prezzo di mercato del biochar in purezza, nello scenario internazionale, può variare da 90 a 5.000 Us\$/t, con un valore medio di 2.650 Us\$/t (17).

I dati sulle dimensioni del mercato mondiale del biochar sono molto lacunosi, con stime notevolmente divergenti, come di solito accade nell'analisi di un mercato nascente. Le indicazioni più attendibili ci sembrano quelle di IBI, l'ente di certificazione americano del biochar, che nel 2016 censiva 326 imprese attive nel settore biochar, quasi il doppio di quelle censite due anni prima, malgrado un notevole *turnover*. Le attività delle imprese censite da IBI sono ripartite tra: costruttori di macchinari (50% circa), produttori e venditori di biochar (1/3 circa) e il restante imprese dell'indotto. È presumibile che le dimensioni del mercato globale siano attualmente ben più ampie di quelle indicate dal campione IBI e che nel 2016 abbiano raggiunto le 100.000 ton, come dichiara già per il 2014 un'altra società di ricerche di mercato che produce rapporti a prezzi stratosferici (5.500\$) (18).

Un altro studio stima addirittura un volume globale di un milione di ton. Il tasso di crescita in volume del mercato globale fino al 2020 è valutato tra il 17 e il 20% annuo. Il biochar spesso viene venduto mescolato con additivi o altri ingredienti, tra cui i principali risultano nell'ordine: compost, micorrize, microrganismi del suolo, alghe, argilla o altri minerali, effluenti zootecnici, vermicasting e torba. In generale, secondo il campione IBI, due terzi delle società vendono biochar in purezza e un terzo *blended*.

Essendo stato normato a livello nazionale, (Gazzetta Ufficiale, Serie Generale n° 186 del 12-8-2015), i produttori italiani di Biochar, se rispondenti alle specifiche di legge, sono ora autorizzati a commercializzare il prodotto che è ormai comunemente in vendita anche online. Questo materiale tuttavia presenta molte difformità, dipendendo dall'eterogeneità della materia prima utilizzata e dal processo produttivo. I prezzi sono pertanto diversi e orientarsi non è sempre agevole. Secondo il Consorzio Re_Cord che da anni approfondisce la tematica, nel caso di biomasse residuali lignocellulosiche (a valore zero, salvo trasporto), il costo del biochar è di circa 200 €/t ma, a parere



dell'Associazione Ichar (www.ichar.org) il prodotto può avere quotazioni molto più alte in relazione alla formulazione disponibile in commercio.

5. Limiti dell'applicazione

Un limite per l'applicazione del digestato deriva dalla direttiva Nitrati per le quantità spandibili in campo della frazione di digestato derivata da effluenti zootecnici (170 kg/ha/anno per zone vulnerabili). Ostacoli sono presenti anche per la costruzione e la conduzione di impianti sia di compostaggio che di biogas, per i quali l'iter autorizzativo è molto complesso, i tempi non sono certi e il fenomeno Nimby, spesso dovuto alla carenza di informazione sul territorio, è quasi sempre presente. La definizione di un percorso democratico di partecipazione pubblica alle iniziative territoriali sul modello in atto in regione Toscana, con la Legge 46/2013: "Dibattito pubblico regionale e promozione della partecipazione alla elaborazione delle politiche regionali e locali" (Bollettino Ufficiale n. 39, parte prima, del 7 agosto 2013) così come una campagna nazionale di informazione e sensibilizzazione, oltre che una semplificazione delle regole autorizzative, sarebbe auspicabile.

Bibliografia

- 7) **DECRETO LEGISLATIVO 29 aprile 2010, n. 75. Riordino e revisione della disciplina in materia di fertilizzanti, a norma dell'articolo 13 della legge 7 luglio 2009, n. 88**
- 8) **Compost per chi vuol bene alla terra Manuale per conoscere, scegliere, impiegare il compost di qualità. Consorzio Italiano Compostatori, CIC III edizione – 2010. https://www.compost.it/attachments/article/784/AEC_compost_per_chi_vuole_bene_alla_terra_2010.pdf**
- 9) **Caratteristiche fertilizzanti e tecniche di spandimento efficienti nelle aziende associate CIB Digestato: Guido Bezzi e Carlo Pieroni. Biogas Informa, anno 9, numero 14. https://www.consorziobiogas.it/wp-content/uploads/2016/12/Biogas-Inforna_09.pdf**
- 10) **Digestato e agricoltura biologica, una sinergia per l'ambiente. Di Giuliana D'Imporzano et al. –Terra e Vita. <https://terraevita.edagricole.it/energie-rinnovabili/digestato-e-agricoltura-biologica-una-sinergia-per-lambiente/>**
- 11) **La produzione di compost nell'azienda agricola Life+ Environment Policy and Governance LIFE CarbOnFarm progetto LIFE12 ENV/IT/000719 Il Sogno. Progetto Life . Ministero dell'Ambiente, la difesa del territorio e del mare. http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/life/Life_CarbOnFarm_La_produzione_Compost_azienza_agricola.pdf**
- 12) **IL DIGESTATO. Caratteristiche e norme per l'uso agronomico Lorella Rossi Centro Ricerche Produzioni Animali, Reggio Emilia. <http://www.ilbiogas.it/biogas-ricerche-e-studi/il-digestato.pdf>**
- 13) **QUALE VALORE ECONOMICO AL DIGESTATO Alessandro Ragazzoni Dipartimento di Scienze Agrarie - Alma Mater Studiorum - Università degli Studi di Bologna. Biogas Informa, anno 9, numero 14. https://www.consorziobiogas.it/wp-content/uploads/2016/12/Biogas-Inforna_09.pdf**



- 14) ***Biochar: Production, Characterization and Applications. Edited by Dr. David Chiaramonti, Dr. Franco Berruti, Professor Ondrej Masek, Professor Raffaella Ocone - Biomass and Bioenergy - 2019***
- 15) ***Compost: consigli pratici per l'acquisto e l'utilizzo Poca differenza fra compost e digestato compostato, l'importante è la certificazione di qualità. A cura di Mario A. Rosato.***
- 16) ***<http://www.chimicaverde.it/progetto-agrochar/>***
- 17) ***2015 State of the Biochar Industry - A Survey of Commercial Activity in the Biochar Field - International Biochar Initiative, 2016***
- 18) ***Transparency Market Research, 2014***



1.b CONTROLLO DELLE INFESTANTI

Strigliatura – Sarchiatura – Pirodiserbo

1. Premessa

In agricoltura le piante spontanee entrano in competizione con quelle coltivate con ripercussioni negative sulla quantità e sulla qualità delle produzioni a seconda delle specie infestanti e del loro grado di propagazione. Normalmente, quindi, gli agricoltori adottano varie tecniche (meccaniche e chimiche) per il loro controllo, specialmente nel caso di colture più vulnerabili, come molte orticole.

Nella gestione “industriale” delle attività agricole il ricorso agli erbicidi è molto diffuso, al punto da costituire all’incirca il 70% dei prodotti fitosanitari complessivamente impiegati e producendo seri problemi di sostenibilità del sistema.

In alternativa ai prodotti chimici convenzionali è possibile intervenire con tecniche meccaniche o facendo ricorso a bioprodotto da chimica verde. In questa scheda tratteremo del contributo che può fornire la meccanizzazione innovativa nella gestione delle “malerbe” attraverso mezzi fisici maggiormente sostenibili e vantaggiosi rispetto all’approccio chimico tradizionale.

2. Mezzi sostenibili per il controllo delle infestanti

Nel tempo è stata messa a punto un’ampia gamma di macchine (anche di piccole dimensioni e poco costose) che svolgono azioni di tipo meccanico (mediante lame, denti, spazzole, etc.) e/o termico (mediante fiamma libera, vapore, infrarossi, etc.) raggiungendo ottime prestazioni nel controllo delle infestanti.

La gestione chimica delle “erbacce”, pur essendo efficace ed economicamente vantaggiosa, come dimostrano i risultati ottenuti in più di venti anni, lascia irrisolto il problema ambientale, soprattutto laddove i diserbanti vengono impiegati nel tempo senza soluzione di continuità (19). Per un’ortofrutta a ridotto impatto ambientale, il controllo della flora spontanea deve limitare quanto più possibile il numero di semi vitali nel terreno e ridurre così il proliferare di erbe avventizie durante il ciclo colturale. In quest’ottica, sono importanti una serie di buone pratiche (metodi preventivi e indiretti) come l’avvicendamento colturale, la lavorazione del terreno, l’impiego di cover crops, la consociazione o l’uso di varietà competitive. Tali strategie sono fondamentali e in molti casi sinergiche con le opportunità che la chimica verde può offrire. Un esempio ci viene da alcune tecniche che fanno ricorso a metodi indiretti operando con mezzi meccanici per la sarchiatura, la strigliatura o il pirodiserbo (con fuoco o vapore) di seguito brevemente descritti.

2.1. Sarchiatura e Strigliatura

Oggi è possibile utilizzare nuove attrezzature, nate per la semina diretta, in post-emergenza o post-trapianto, in tutta la superficie su colture tolleranti, come ad esempio l’erpice strigliatore. Attualmente sono disponibili sul mercato macchine operatrici in grado di effettuare un efficace controllo fisico delle erbe infestanti nell’interfila della coltura, come multifrese o spazzolatrici



rotative, i coltivatori rotativi e altri. Anche l'erpice a dischi attivi può essere utilizzato come sarchiatrice, magari distribuendo in banda vapore attivato con calce viva.

Tutte queste attrezzature sono equipaggiabili con sistemi di precisione, manuali o elettronici, che permettono di operare con maggiore velocità e accuratezza in tempi minori senza creare danni alla coltura. Sono, inoltre, presenti sul mercato anche macchine equipaggiate con spazzole rotanti su asse orizzontale o verticale, dotate di setole realizzate in vetroresina o in metallo caratterizzate da un effetto particolarmente abrasivo.

Di seguito alcuni esempi di macchinari per la gestione fisica della flora spontanea (foto prof. Andrea Peruzzi - Università di Pisa).



Fig. 1 - Sarchiatura di radicchio bio con erpice a dischi attivi (Università di Pisa)



Fig. 2 - Macchina per la distribuzione in banda di vapore attivato con calce viva, come tecnica preventiva di controllo dei semi di piante infestanti, prima della semina di carota

2.2. Pirodiserbo (20)

Si tratta di una valida alternativa all'uso di diserbanti chimici, risultando un metodo non solo più economico, ma anche a ridotto impatto ambientale e privo di danni per la salute degli operatori e dei consumatori dei prodotti finali. I primi sistemi di pirodiserbo furono messi a punto negli Stati Uniti nell'800, per contrastare il giacinto d'acqua, al tempo insensibile a tutti i trattamenti disponibili. Solo attraverso lo stress termico fu possibile indebolirne il rizoma, permettendo un sufficiente controllo di questa specie particolarmente vigorosa.

Il sistema, messo a punto con moderne tecnologie, si basa fondamentalmente sull'utilizzo di specifici bruciatori alimentati a GPL. Durante il trattamento le aree investite dalla fiamma libera, raggiungono elevate temperature, dai 1.000 ai 2.000 °C, per un tempo variabile da 0,1 a 0,7 secondi. In queste condizioni i tessuti vegetali subiscono un vero e proprio 'shock termico', i cui esiti appaiono evidenti successivamente (in media 5-10 giorni).

I costi dell'operazione, dovuti a consumi di GPL e impiego di manodopera, sono ovviamente proporzionali alla copertura e soprattutto alla biomassa delle specie spontanee presenti (21; 22).



Fig. 3 - Intervento selettivo di pirodiserbo su aglio bio a Vessalico (IM)

2.3. Pacciamatura

Per specie orticole e floricole di alto valore aggiunto, coltivate in pieno campo o in ambiente protetto, sono utilizzabili altri metodi preventivi, come la pacciamatura, la solarizzazione e/o il ricorso a film plastici biodegradabili a base di amido vegetale.

I teli per la pacciamatura sono molto utilizzati in agricoltura principalmente per le colture orticole. Riducono le infestanti, creano un microclima più adeguato per la pianta e conservano l'umidità, evitando sprechi di acqua. Trattiene inoltre il calore nel suolo, evitando così il pericoloso congelamento delle radici delle piante, utile soprattutto per le colture precoci (23; 24). Normalmente sono in polietilene o poliesteri e, a fine vita, devono essere smaltiti con costi notevoli.

Oggi sono fruibili sul mercato prodotti pacciamanti certificati biodegradabili, a base di amido complessato con poliesteri, che si degradano in pochi mesi, consentendo quindi una protezione sufficiente nella prima fase di coltivazione delle colture ortive a breve-medio ciclo. A fine coltura si possono incorporare nel terreno con una semplice trinciatura e non hanno costi di lavaggio, rimozione e smaltimento.

Per la pacciamatura, i criteri che vengono utilizzati per la definizione di bioplastica sono definiti dalla norma UNI 11495:2013: Materiali termoplastici biodegradabili per uso in agricoltura e orticoltura - Film per pacciamatura,

Tale norma, entrata in vigore il 20 giugno 2013, definisce alcuni obblighi che sono:

- test di biodegradazione (mineralizzazione in suolo): maggiore del 90% rispetto alla cellulosa in 24 mesi;
- test di ecotossicità: test di crescita sulle piante (OECD 208), effetti su lombrichi e pulci d'acqua;
- contenuto di metalli pesanti inferiore a valori soglia definiti (per evitare accumuli).



Le colture per le quali i bioteli così definiti possono essere utilizzati sono quelle a ciclo breve, come ad esempio asparago e lattuga, Nel 2014 sono stati messi in commercio nuovi teli pacciamanti anche per colture di lungo ciclo come la fragola.



Fig. 4 e 5 - Esempi di utilizzo di telo biodegradabile

Si tratta di un'importante innovazione, considerato che questi nuovi materiali sono in grado di garantire una funzione pacciamante per l'intera durata del ciclo colturale (25).



Fig. 6 - Esempi di utilizzo di telo biodegradabile

Anche questi ultimi possono essere trinciati e incorporati direttamente nel terreno al termine del ciclo colturale, riducendo l'impatto ambientale e risparmiando sulle operazioni di rimozione e smaltimento in discarica, necessarie per i classici film in polietilene, soprattutto se in presenza di residui di fitofarmaci (26).



3. Contesto di applicazione

3.1. Sarchiatura e Strigliatura

Tecniche molto utilizzate in orticoltura biologica, scontano ancora la scarsa meccanizzazione industriale. In tutti i lavori esaminati i risultati sono stati molto soddisfacenti (27; 28; 29).

3.2. Pirodiserbo

Secondo un progetto realizzato in Toscana, nel comune di Livorno sul pirodiserbo come '*Contrasto con mezzi non-chimici alle piante infestanti in ambito urbano*', il gruppo di lavoro coordinato dall'Università di Pisa ha messo a punto macchine operatrici di diverse dimensioni e capacità di lavoro: dalle attrezzature spalleggiate alle macchine semoventi (con operatore al seguito o a bordo) e portate, comunque adatte ai nostri ambienti. Il sistema ha una struttura modulare ad ampia flessibilità, ad esempio è possibile applicarlo anche ad un piccolo motocarro, tipo "Ape – Piaggio".

Al metodo è stato assegnato il premio *Toscana ecoefficiente 2007-2008*, per la capacità di coniugare sviluppo, innovazione e rispetto dell'ambiente. La sperimentazione, iniziata nel 2004, è stata portata avanti su differenti tipologie di pavimentazione e substrati in zone urbane e periurbane di Pisa e Livorno. Il pirodiserbo è stato confrontato con le tradizionali strategie di lotta: diserbo chimico, asportazione manuale e sfalcio.

Gli elevati consumi e costi registrati nel primo anno di pirodiserbo calano sensibilmente già a partire dal secondo anno di impiego grazie all'effetto di contenimento della flora spontanea. Per questo si parla di "effetto autocatalitico" conseguente ad una applicazione prolungata dei trattamenti termici. Grazie al bassissimo impatto ambientale, gli interventi possono essere eseguiti in qualsiasi momento.

Altro vantaggio di non poco conto consiste nella possibilità di operare senza conseguenze negative, sia in prossimità degli alberi, sia direttamente su tutti i manufatti normalmente presenti in area urbana o in coltura protetta (21). Un'interessante esperienza è quella della Az. Agr. *La Coccinella* che nell'Aretino produce mele di qualità utilizzando tecniche a basso impatto ambientale, come le reti e il pirodiserbo, riducendo in modo importante i costi di gestione e producendo frutti che spuntano prezzi elevati sul mercato (30).

3.3. Teli pacciamanti

Le materie plastiche sono ampiamente usate in agricoltura, tanto da essere diventate un elemento distintivo e caratteristico di alcuni paesaggi. Teli per coperture delle serre, pacciamature, reti, manichette per irrigazione, vasetti per florovivaistica, teli per copertura di insilati sono solo alcuni degli esempi della grande versatilità che rende le materie plastiche da più di 50 anni preziosi alleati dell'agricoltore. Le plastiche consentono di ottenere produzioni più elevate e di migliore qualità, di ridurre l'utilizzo di mezzi chimici e acqua per irrigazione e di modificare il ciclo delle colture per rispondere alle maggiori richieste di produzione di cibo della popolazione.



coltura	periodo	tecnica agronomica	area	durata (mesi)
Orticole varie (solanacee, cucurbitacee)	Primavera - estate	Pieno campo/tunnel	Italia, Grecia, Spagna, Germania, USA, Australia	3 - 8
Zucchini	Primavera - estate	Pieno campo	Italia	3 - 5
Zucca	Primavera - estate	Pieno campo	Italia, Germania	4
Lattuga	Primavera - autunno	Pieno campo/tunnel	Italia, Francia, Germania	2 - 3
Solanacee (pomodoro, peperone, melanzana)	Primavera - estate	Pieno campo/tunnel	Italia, Spagna, Francia, Australia, USA, Canada	4 - 6
Melone	Primavera - estate	In tunnel/piccolo tunnel	Francia, Italia, Grecia	3 - 4
Melone, cocomero	Primavera - estate	Pieno campo	Italia, Grecia	3 - 4
Barbatelle	Primavera - estate	Pieno campo	Italia	6
Basilico, prezzemolo	Primavera - estate	Pieno campo	Italia, Francia	4
Patata	Primavera - estate	Pieno campo	Italia	4
Verza, cavolo	Autunno - inverno	Pieno campo	Italia, Spagna, Germania	4 - 5
Cipolla, aglio	Primavera - estate	Pieno campo	Italia, Francia	6 - 8
Cetriolini	Primavera - estate	Pieno campo/con TNT	Germania	6
Mais	Primavera - estate	Pieno campo	Italia, Canada	4 - 6
Pomodoro da industria	Primavera - estate	Pieno campo	Italia, Spagna	5
Fragola	Estate - primavera	Pieno campo con piccolo tunnel/in tunnel	Italia, Spagna, Belgio, Germania	6 - 12
Vite	Da Primavera/Autunno	Pieno campo	Italia (Nord e Sud)	12 - 18
Piccoli frutti (lamponi, mirtilli)	Autunno/primavera	Pieno campo	Italia (Nord e Sud)	6 - 12

Tab. 1 – Durata dei teli pacciamanti in bioplastica per coltura | Fonte; Manuale pacciamatura - MATER-BI

Tuttavia, esiste un “rovescio della medaglia”, sia per gli operatori che per l’ambiente: le plastiche devono essere, a fine del loro uso, raccolte e smaltite correttamente. Per alcune tipologie di manufatti questi passaggi possono essere poco convenienti e difficoltosi, tanto che ancora oggi non tutta la plastica che entra nel sistema agricoltura viene recuperata alla fine dell’uso, dando vita a frequenti fenomeni di dispersione incontrollata nell’ambiente. Per tutte quelle applicazioni di plastiche in agricoltura “a rapida rotazione” in campo (pacciamature) o “a perdere” (supporti per feromoni, pacciamature per colture pluriennali), i materiali biodegradabili costituiscono un’alternativa efficace, rispettosa per l’ambiente e soprattutto a produzione zero di rifiuto a fine uso (31). Nella tabella 1 viene riportata la durata dei teli pacciamanti in bioplastica quando applicati alle diverse colture. I dati si riferiscono a prove di campo condotte in oltre 10 anni di sperimentazione ed ottimizzazione (22).

4. Prodotti disponibili sul mercato



Figg. 7,8 - Pacciamatura su orticole (fonte Novamont)



Le seguenti aziende producono bioteli pacciamanti facilmente reperibili sul mercato nazionale.

- Novamont S.p.A., https://agro.novamont.com/page.php?id_page=89
- Basf SE
https://www.plasticsportal.net/wa/plasticsEU~it_IT/portal/show/content/products/bio-degradable-plastics/ecovio_applications_mulch_films
- FKUR Kunststoff GmbH, <https://fkur.com/it/>

5. Limiti dell'applicazione

I macchinari idonei alle pratiche descritte non sono ancora ben conosciuti, servirebbe pertanto maggiore informazione al settore. Alcune tecniche, come quella dei teli pacciamanti in bioplastica, sono più costose rispetto alle tecniche e ai prodotti convenzionali. Un incentivo al loro utilizzo potrebbe derivare dalla politica di sviluppo rurale, ma ad oggi sono poche le Regioni che ne prevedono il sostegno attraverso la misura 10 (Pagamenti agro climatico ambientali) dei PSR, in particolare.

Rimane comunque ancora aperto un problema per il pirodiserbo, ovvero l'effetto generato dalle elevate temperature prodotte, sia per le emissioni di CO₂, sia per l'elevato riscaldamento del terreno con perdite di sostanza organica. Un interessante spunto per progetti di ricerca scientifica.

Bibliografia

- 19) ***Il controllo della flora spontanea con mezzi fisici anziché chimici è possibile e vantaggioso! Andrea Peruzzi, (Dipartimento Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-Ambientali – Università di Pisa) <http://www.salviamoilpaesaggio.it>***
- 20) ***www.avanzi.unipi.it***
- 21) ***Pirodiserbo, ottima alternativa in città, Rosalba Risaliti, Centro Interdipartimentale di ricerche agro-ambientali "Enrico Avanzi".***
- 22) ***<https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agrotecnologie/2009/03/03/pirodiserbo-ottima-alternativa-in-citta/7127>***
- 23) ***<http://materbi.com/solutions/agricoltura/telo-per-la-pacciamatura/manuale-pacciamatura/>***
- 24) ***http://materbi.com/wp-content/uploads/2015/12/scheda-pacciamatura_ITA_LR_TUV.pdf***
- 25) ***Risultati del progetto di sostituzione delle pacciamature in polietilene con quelle biodegradabili in Mater-Bi per colture orticole e frutticole sotto serra: valutazioni agronomiche ed economiche Programma di Sviluppo Rurale PSR CAMPANIA 2007/2013 - ASSE I Miglioramento della competitività del settore agricolo e forestale. L. Morra, D. Cerrato e E. Cozzolino***
- 26) ***ORTICOLTURA SPECIALE MECCANIZZAZIONE IN ORTICOLTURA-- INFESTANTI, COME CONTROLLARLE Giuseppe Francesco Sportelli 24 Colture Protette / n.11 - novembre 2013***
- 27) ***Reportage sul Pirodiserbo – Informatore Agrario - <http://www.pirodiserbo.it/wp-content/uploads/2011/10/36035.pdf>***



- 28) ***https://www.agroingegno.it/materiale_pdf/ricerca%20prove%20in%20campo%20erpice%20strigliatore.pdf***
- 29) ***<https://www.mondomacchina.it/it/lavorazioni-importanza-della-sarchiatura-c1690>***
- 30) ***<http://www.crpv.it/doc/5148/MacchineDiserboBiologico.pdf>***
- 31) ***Le macchine per il diserbo in agricoltura biologica. LAMBERTO DAL RE, Azienda Agraria Sperimentale "M. Marani", Ravenna.***
<http://www.crpv.it/doc/5148/MacchineDiserboBiologico.pdf>



1.c DIFESA DELLE PIANTE

Biopesticidi – Corroboranti – Biostimolanti – Microrganismi utili Attivatori biologici – Insetti antagonisti

1. Premessa

Nei terreni coltivati con turni intensivi, come nel caso dell'ortofrutticoltura, spesso si assiste ad una riduzione della biodiversità e delle condizioni di fertilità o "stanchezza del terreno" per l'insorgere di uno squilibrio nel sistema suolo-pianta. Questo determina, da un lato una maggiore esposizione agli attacchi di patogeni e dall'altro una minore disponibilità di nutrienti, per un conseguente lento declino della produzione vegetale.

Per fronteggiare tali fenomeni, è prassi comune il ricorso massiccio agli input chimici che tamponano - senza risolvere - il problema minando la sostenibilità del sistema.

La preoccupazione di un accumulo dei residui chimici negli alimenti, sentita molto anche dai consumatori, ha fatto sì che la stessa GDO abbia imposto al riguardo limiti sempre più stringenti a tutela della salute dell'uomo e dell'ambiente.

2. Molecole vegetali e organismi utili

Un approccio alternativo ed efficace per la difesa delle piante è dato dall'applicazione di molecole vegetali a elevata attività biologica, soprattutto se associata ad apporti significativi di sostanza organica. Di seguito alcune soluzioni individuate tra i mezzi tecnici più innovativi oggi disponibili (32; 33).

2.1. Biopesticidi

I prodotti fitosanitari sono pesticidi che vengono utilizzati principalmente per mantenere in buona salute le colture e impedire loro di essere distrutte da malattie e infestazioni. Comprendono erbicidi, fungicidi, insetticidi, acaricidi, fitoregolatori e repellenti. I prodotti fitosanitari contengono almeno una sostanza attiva. Tali sostanze possono essere sostanze chimiche oppure microrganismi, inclusi i virus, che permettono al prodotto di svolgere la sua azione.

I pesticidi a base biologica o biopesticidi sono fitofarmaci definiti dall'EPA (Environmental Protection Agency - USA) come composti di sintesi derivati - o ispirati - da molecole naturali (vegetali, animali, batteri e alcuni minerali) e hanno una classificazione analoga a quella dei prodotti convenzionali. Sono prodotti generalmente biodegradabili, con tempi di carenza nulli o ridotti e con un ridotto impatto ambientale. Sono pertanto impiegati nella lotta integrata e alcuni di essi sono ammessi in agricoltura biologica. Nella maggior parte degli Stati membri dell'Ocse, la definizione di biopesticida non comprende l'utilizzo di organismi derivati da tecnologie transgeniche, come avviene negli Usa. L'EPA infatti riconosce tre classi di biopesticidi: biochimici, *plant-incorporated protectants* (derivati da tecnologia transgenica) e microbici (es. tossine Bt - *Bacillus thuringiensis*).



Nonostante la definizione di biopesticida sia piuttosto ampia, facendo così riferimento ad un alto numero di prodotti/ingredienti con caratteristiche anche molto diverse, i biopesticidi sono accomunati dai seguenti vantaggi:

- ridotta tossicità nei confronti degli organismi che non rappresentano il *target* di azione (elevata selettività);
- ridotta persistenza nell'ambiente;
- tossicità bassa o nulla per i mammiferi (assente in molti casi);
- minori rischi per gli operatori legati al loro utilizzo;
- minor rischio di sviluppo di resistenze (34).

2.2. Corroboranti

I corroboranti sono prodotti naturali in grado di attivare o potenziare la naturale resistenza delle piante nei confronti degli organismi nocivi, attivando specifici meccanismi fisiologici, fisici e meccanici con cui limitare o riparare, se presenti, i danni provocati dai menzionati fattori di stress. Dal punto di vista normativo sono inquadrati dal D.P.R. n. 55 del 28/02/2012 - Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 23 aprile 2001, n. 290, per la semplificazione dei procedimenti di autorizzazione alla produzione, alla immissione in commercio e alla vendita di prodotti fitosanitari e relativi coadiuvanti.

I corroboranti si intendono, ai sensi del decreto del Ministro delle politiche agricole alimentari e forestali 27 novembre 2009, n. 18354, e successive modificazioni, "potenziatori delle difese delle piante" sostanze di origine naturale, diverse dai fertilizzanti, che: 1) migliorano la resistenza delle piante nei confronti degli organismi nocivi; 2) proteggono le piante da danni non provocati da parassiti.

Le sostanze, che includono anche quelle agenti per via fisica o meccanica, non sono immesse sul mercato come prodotti fitosanitari e non sono utilizzate per scopi fitosanitari, ma sono nondimeno utili in funzione delle proprietà di cui ai punti soprariportati.

L'attività dei corroboranti avviene sia per attivazione di geni, i cui prodotti inibiscono lo sviluppo di parassiti, sia per attivazione di specifici metaboliti volatili attrattivi per i nemici naturali del fitofago. Inoltre proteggono le piante da danni abiotici, innescando meccanismi a livello molecolare finalizzati alla resistenza e all'adattamento agli stress abiotici (35).

Si tratta di sostanze comuni utilizzate storicamente anche in campo agricolo quali ad esempio olio, propoli, aceto, ecc. I corroboranti differiscono quindi dai prodotti fitosanitari in quanto agiscono solamente sulla risposta della pianta senza esplicare effetti diretti nei confronti di patogeni e parassiti e differiscono dai fertilizzanti perché non svolgono principalmente funzione nutrizionale (36). Sono compatibili e ammessi nei disciplinari di agricoltura biologica ed in tutti quei metodi di gestione colturale che non prevedano alcuna sintesi chimica né la presenza di OGM. Non possono essere commercializzati con nomi di fantasia, come specificato nel DM ministeriale n. 4416 del 22 aprile 2013 (37) che istituisce la Commissione tecnica, con l'incarico di garantire l'aggiornamento dell'elenco dei "Prodotti impiegati come corroboranti, potenziatori delle difese naturali dei vegetali" di cui all'Allegato 1 del Decreto del Ministro delle politiche agricole alimentari e forestali n. 18354 del 27 novembre 2009.

Il Ministero si avvale della stessa Commissione per questioni di particolare rilevanza a livello nazionale ed europeo attinenti ai "Prodotti impiegati come corroboranti, potenziatori delle difese delle piante" e ad altri mezzi tecnici per i quali occorra valutare, sotto il profilo tecnico e normativo, caratteristiche ed ammissibilità in agricoltura biologica.



2.3. Biostimolanti

Con il termine biostimolante si definiscono i “materiali diversi dai fertilizzanti che promuovono la crescita applicati a basse dosi”. L'introduzione della categoria dei biostimolanti tra i fertilizzanti Ue è una delle maggiori novità della normativa che modifica, il regolamento comunitario sui fitosanitari escludendo, appunto, i biostimolanti dai prodotti per la protezione delle piante.

Il regolamento, approvato il 27 marzo 2019, non è stato ancora pubblicato sulla gazzetta Europea, alla data in cui viene scritto questo lavoro. La definizione di biostimolante dovrebbe essere: "Biostimolante delle piante: qualunque prodotto che contiene qualsiasi sostanza o microrganismo destinato a stimolare i processi nutrizionali delle piante indipendentemente dal suo tenore di nutrienti, o qualsiasi combinazione di tali sostanze e/o microrganismi, con l'unica finalità di migliorare una o più delle seguenti caratteristiche della pianta o della rizosfera della pianta: efficienza dell'uso dei nutrienti; tolleranza allo stress abiotico; qualità delle colture; disponibilità di nutrienti confinati nel suolo o nella rizosfera; degradazione dei composti organici nel suolo; umificazione".

Attualmente, prima dell'approvazione del regolamento sopracitato, una prima classificazione dei biostimolanti li divide in tre gruppi:

- acidi umici;
- prodotti contenenti ormoni (es. estratti di alghe);
- prodotti contenenti amminoacidi.

La legge italiana definisce “Prodotti ad azione specifica sulla pianta – Biostimolanti”, come prodotti che apportano un altro fertilizzante o al suolo o alla pianta, sostanze che favoriscono o regolano l'assorbimento degli elementi nutritivi o correggono determinate anomalie di tipo fisiologico (38).

I biostimolanti in agricoltura includono svariate formulazioni di materiali organici quali sostanze umiche, proteine idrolizzate, estratti di alghe, microrganismi che, applicati alle piante o al terreno, sono in grado di regolare e/o incrementare i processi fisiologici delle colture, migliorando l'efficienza del sistema nel suo insieme.

2.4. Microrganismi

I microrganismi del suolo sono componenti chiave di ogni sistema agricolo esercitando molteplici funzioni che spaziano da quelle dannose (agenti patogeni) a quelle benefiche (ad esempio *Plant Growth Promoting Rhizobacteria*, PGPR, e antagonisti di patogeni), con un impatto sensibile sulla resa e sulla qualità delle produzioni. Si tratta di microrganismi che vivono nella rizosfera, ossia in quella porzione di suolo che subisce gli effetti della radice della pianta. L'impiego di tali microrganismi in agricoltura comporta, considerando l'azione che svolgono nel terreno, un netto miglioramento in favore della salute del consumatore e dell'ambiente (39).

L'impiego dei microrganismi utili per migliorare l'attività microbica del terreno può giocare un ruolo importante nei processi di produzione, anche per le colture in fuori suolo, e permettere una buona interazione tra tutti i fattori coinvolti nella produzione (40).

2.5. Attivatori biologici

Si tratta di prodotti in grado di proteggere le piante attivandone i meccanismi naturali di difesa che non sono Corroboranti. Usualmente innescano i processi naturali di autodifesa delle piante promuovendo al loro interno le modificazioni biochimiche tipiche dell'attivazione biologica naturale. Solitamente si tratta di miscele complesse di microrganismi selezionati in natura, enzimi e speciali biocatalizzatori che, una volta rilasciati nell'ecosistema, svolgono il duplice ruolo di inoculi di



microrganismi utili e modulatori dell'attività microbiologica del substrato. Si differenziano dai semplici inoculi di microrganismi perché, oltre ad apportare flora microbica utile, svolgono un'efficacissima attività di stimolo e modulazione di tutta la popolazione microbica utile.

Altri attivatori biologici sono i microrganismi utili del suolo, come i già citati *Plant Growth Promoting Rhizobacteria*, (PGPR) che sono promotori dello sviluppo e della crescita delle piante, vivono e si sviluppano attorno alle radici delle piante colonizzandole, e rilasciano sostanze utili come i fitormoni responsabili della divisione e distensione cellulare che stimolano la crescita delle radici e quindi dell'apparato aereo.

Le micorrize infine forniscono alla pianta un importante aiuto nell'assorbimento di acqua e di alcuni elementi nutritivi altrimenti difficilmente utilizzabili, che prelevano dal terreno con il loro micelio. Nel complesso questi microrganismi promuovono il rilascio di fitormoni nella rizosfera, e stimolano la moltiplicazione, la distensione cellulare e lo sviluppo radicale.

Inoltre aumentano la disponibilità di nutrienti nel terreno, in particolare di fosforo e microelementi (ferro, manganese, zinco, ecc.). Dagli studi di Campanella et al. (41) su uno degli attivatori biologici è emerso che il prodotto testato (AXS M31) agisce non attraverso un meccanismo chimico diretto, ma a seguito di interazione biologica, fungendo da attivatore del sistema microbico naturalmente presente nel terreno trattato.

2.6. Insetti antagonisti

Con lo sviluppo di resistenze da parte di insetti fitofagi ai tradizionali insetticidi e con la diffusione di specie invasive aliene, negli ultimi anni è tornata l'attenzione ai metodi di lotta biologica, già sviluppati nei secoli passati e in particolare nella prima metà del Novecento.

Il metodo di controllo biologico si basa sul principio che ogni organismo vivente instaura rapporti di antagonismo con altri, quali la predazione, il parassitismo o la competizione interspecifica. Di norma in un ecosistema naturale questo tipo di relazioni genera un andamento ciclico delle popolazioni col recupero nel tempo di una situazione complessivamente di equilibrio (capacità di reazione omeostatica).

Ma soprattutto con l'ingresso di specie aliene dannose, i fattori di squilibrio nell'ecosistema tendono a produrre effetti devastanti per le colture e spesso assai prolungati negli anni. Si cerca pertanto con la lotta biologica di individuare gli antagonisti naturali di tali specie e di diffonderne la presenza nell'agroecosistema target.

Di norma, a differenza dei mezzi chimici convenzionali, la lotta biologica non abbatte la popolazione di un organismo dannoso, ma aiuta a contenerla entro livelli tali da non costituire un danno. In vari casi, senza altri ausili, la lotta biologica non è di per sé sufficiente a contrastare il danno, ma in alcune esperienze recenti (es. Cinipide del Castagno) si è rivelata il rimedio più efficace.

3. Contesto di applicazione per tipologia

3.1. Biopesticidi

In questo paragrafo consideriamo unicamente prodotti di sintesi derivati da sostanze naturali, per via biochimica o per via biotecnologica, distinguendo le 3 categorie che seguono.

- **Prodotti derivati da principi attivi estratti da piante**

È stato dimostrato come la combinazione di coltivazione di piante da sovescio intercalari e l'uso di bioprodotto solidi e liquidi derivanti da filiere di chimica verde sia in grado di contenere lo sviluppo di numerosi patogeni tellurici, quali funghi patogeni e nematodi galligeni o cisticoli.



La tecnica della biofumigazione è un sistema di coltivazione finalizzato alla gestione e alla difesa naturale delle colture agrarie attraverso l'uso di sovesci innovativi e di bioproducti da chimica verde ad azione biofumigante. L'apporto singolo o sinergico delle diverse opzioni consente, oltre al contenimento di patologie ipo ed epigee, un significativo miglioramento nel tempo della fertilità chimica e biologica del terreno. È noto da tempo che le piante della famiglia delle brassicaceae contengono un tipico sistema endogeno di difesa, il sistema glucosinolati-mirosinasi in grado di rilasciare, in seguito ad un'idrolisi enzimatica, composti naturali ad azione allelopatica caratterizzati da elevate concentrazioni di composti biologicamente attivi. L'applicazione sinergica di questi prodotti a partire dalla coltivazione di alcuni sovesci innovativi e da bioproducti solidi e liquidi ad azione biofumigante, ammendante e fertilizzante consente una corretta gestione della coltivazione. Non sono noti limiti all'applicazione della biofumigazione che può essere adottata in molteplici contesti produttivi e territoriali dell'agricoltura di numerosi paesi europei ed internazionali senza mostrare particolari difficoltà agronomiche. Si sconsigliano tuttavia ritorni della stessa coltura da sovescio sugli stessi appezzamenti prima di un anno (42; 43; 44; 45; 46; 47).

L'olio di neem è un esempio di insetticida a base vegetale estratto dalla pianta asiatica *Azadirachta indica*. Gli esiti della ricerca su tale prodotto (48) dimostrano che i prodotti a base di neem hanno efficacia nei confronti di più di 100 specie di artropodi nocivi, con meccanismi multipli di azione insetticida che rendono improbabile l'insorgenza di resistenza nelle specie trattate. Sono inoltre a basso costo e presentano caratteristiche di ridotta tossicità verso i mammiferi.

L'acido pelargonico è un esempio di erbicida a base vegetale derivabile da oli vegetali o grassi animali, che dissolve rapidamente la cera protettiva sulle foglie di molte specie.

In tabella 1 presentiamo un elenco di alcuni principi attivi utilizzabili e della loro relativa funzione.

Tab.1 - Esempi di principi attivi di origine vegetale

CLASSE	PRINCIPI ATTIVI	EFFETTO	EFFICACIA (min 1-max 5)
Alcaloidi	Caffeina Piperina Solanina Chinino	Molecole complesse a ridotta volatilità ad azione fagoinibente con effetti secondari anche nei confronti dei funghi. Inibitore delle proteine	3
Terpeni e terpenoidi	Geraniolo Mentolo Limonene Squalene Oli essenziali	Idrocarburi a lunga catena e ad azione nematocida e battericida su Gram-positivi. Antisettici.	2



Glucosidi	Sulfossidi Glucosilonati Diurrina Linamarina Saponine Capsicina	Molecole composte da un glucide e un aglicone, genericamente dotate di proprietà biologiche di elevato interesse applicativo in quanto presenti in abbondanti quantità nelle cellule. Volatili. Agiscono per Contatto e per Ingestione	4
Tannini	Acido clorogenico Acido gallico	Fagoinibente	2

- **Prodotti derivati da microrganismi**

L'esempio più noto è l'impiego del *Bacillus Thuringiensis*, già noto dal 1901 per le proprietà insetticide nei confronti dei lepidotteri. Il progetto europeo INNOVA (*Innovative bio-based pesticides to minimise chemical residue risk on food*, 2013-2016) coordinato dalla Fondazione Edmund Mach, ha consentito l'individuazione e l'approvazione della sostanza attiva *Trichoderma atroviride SC1*, che si è dimostrato efficace come fungicida su uva, pomodori e fragole. Di seguito si riportano alcuni esempi di microrganismi impiegati come fitofarmaci:

- Insetticidi: *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Baculoviruses*.
- Fungicidi: *Ampelomyces quisqualis*, *Trichoderma harzianum*, *T. atroviride*, *Trichoderma spp.*, *Bacillus subtilis*, *B. pumilus*, *Aureobasidium pullulans*, *Streptomyces griseoviridis*, *Gliocladium virens*, *Agrobacterium radiobacter*, *Coniothyrium minitans*, ecc.

- **Mediatori chimici (es. feromoni)**

I mediatori chimici sono delle molecole (neurotrasmettitori, ormoni ecc) contenute in vescicole sinaptiche e rilasciate in seguito a un opportuno stimolo.

I feromoni degli insetti hanno rivoluzionato da circa quarant'anni l'approccio al monitoraggio, grazie alla specificità di attrazione e all'elevata attività biologica e sono stati studiati per poter essere applicati con successo anche come mezzo diretto di difesa (49).

Sono nate così le trappole entomologiche o trappole a feromoni che sono specifici dispositivi in grado di attirare e catturare gli insetti adulti. La cattura avviene con una barriera che impedisce l'allontanamento dell'insetto oppure, più frequentemente, con l'impiego di sostanze che lo trattengono oppure lo uccidono.

3.2. Corroboranti

I prodotti attualmente riconosciuti come corroboranti e utilizzabili in agricoltura biologica, convenzionale e biodinamica sono indicati nell'Elenco di Tipologie di "Corroboranti potenziatori delle difese delle piante" di cui al Decreto del Presidente della Repubblica n. 290/01 e s.m.i. e del relativo Decreto Ministeriale n. 4416 del 22 aprile 2013. Il singolo prodotto commerciale non può contenere alcun componente non esplicitamente autorizzato per la tipologia cui appartiene. Un recente decreto del Mipaaf (6 settembre 2018) introduce alcune semplificazioni dei procedimenti inerenti all'esame delle istanze di inserimento di nuove tipologie di corroboranti (36; 50).

La tabella seguente riporta l'elenco 14 tipologie di corroboranti e le rispettive composizioni e funzioni.



Tab. 2 – Corroboranti - Denominazioni, formulazione commerciale e meccanismo d’azione

Denominazione della tipologia di prodotto	Descrizione, composizione quali-quantitativa e/o formulazione commerciale	Meccanismo di azione
1. Propoli	È il prodotto costituito dalla raccolta, elaborazione e modificazione, da parte delle api, di sostanze prodotte dalle piante. Si prevede l’estrazione in soluzione acquosa od idroalcolica od oleosa (in tal caso emulsionata esclusivamente con prodotti presenti in questa tabella). L’etichetta deve indicare il contenuto in flavonoidi, espressi in galangine, al momento del confezionamento.	Le componenti di natura fenolica (flavoni, flavonoidi e flavononi) esplicano proprietà fitostimolanti, favoriscono l’autodifesa della pianta e potenziano l’azione di alcuni antiparassitari.
2. Polvere di Pietra o di Roccia	Prodotto ottenuto tal quale dalla macinazione meccanica di vari tipi di rocce, la cui composizione originaria deve essere specificata.	L’acido silicico favorisce l’irrobustimento delle foglie e degli steli, inoltre la sua composizione, comprendente elementi minerali e microelementi, contribuisce a rinforzare la pianta. La polvere di roccia esplica, inoltre, azione meccanica (barriera fisica) e, grazie alle sue caratteristiche igroscopiche, può agire come disidratante asciugando la parte esterna dei vegetali e riducendo, in tal modo, i rischi di proliferazione e sviluppo dei parassiti.
3. Bicarbonato di Sodio	Il prodotto deve presentare un titolo minimo del 99,5% di principio attivo.	Il meccanismo di azione non è del tutto chiaro, ma sembra che i sali di bicarbonato modifichino il pH della superficie fogliare sfavorendo lo sviluppo dei patogeni.
4. Gel di Silice	Prodotto ottenuto dal trattamento di silicati amorfi, sabbia di quarzo, terre diatomacee e similari.	Attività disidratante e adsorbente.
5. Preparati Biodinamici	Preparazioni previste dal Reg. (CE) n. 834/07, art. 12 lettera c.	Stimolano e migliorano l’attività biologica del suolo e delle piante
6. Oli Vegetali Alimentari (Arachide, Cartamo, Cotone, Girasole, Lino, Mais, Olivo, Palma da cocco, Senape, Sesamo, Soia, Vinacciolo, Argan, Avocado, semi di Canapa (1), Borragine, Cumino nero, Enotera, Mandorlo, Macadamia, Nocciolo, Papavero, Noce, Riso, Zucca.)	<p>Prodotti ottenuti per spremitura meccanica e successiva filtrazione e diluizione in acqua con eventuale aggiunta di co-formulante alimentare di origine naturale. Nel processo produttivo non intervengono processi di sintesi chimica e non devono essere utilizzati OGM. L’etichetta deve indicare la percentuale di olio in acqua.</p> <p>È ammesso l’impiego del Polisorbato 80 (Tween 80) come emulsionante.</p> <p>(1) L’olio di canapa deve derivare esclusivamente dai semi e rispettare quanto stabilito dal Reg. (CE) 1122/2009 e dalla Circolare del Ministero della Salute n 15314 del 22/05/2009.</p>	Gli oli vegetali risultano interferire sulla fisiologia delle interazioni patogeno-pianta
7. Lecitina	Il prodotto commerciale per uso agricolo deve presentare un contenuto in fosfolipidi totali non	I fosfolipidi esplicano un effetto positivo sulla salute della pianta in



	inferiore al 95% ed in fosfatidilcolina non inferiore al 15%.	quanto potenziano i meccanismi di difesa dei tessuti vegetali.
8. Aceto	Di vino e frutta.	Esplcia azione caustica.
9. Sapone Molle e/o di Marsiglia	Utilizzabile unicamente tal quale.	Esplcia azione indiretta nei confronti delle fumaggini, poiché favorisce lo scioglimento della melata prodotta dagli insetti.
10. Calce Viva	Utilizzabile unicamente tal quale.	Svolge azione caustica [11]
11. Estratto integrale di castagno a base di tannino	Prodotto derivante da estrazione acquosa di legno di castagno ottenuto esclusivamente con procedimenti fisici. L'etichetta deve indicare il contenuto percentuale in tannini.	I tannini favoriscono l'aumento della resistenza della pianta a stress biotici e abiotici, poiché repellenti nei confronti di predatori, parassiti e contrastano marciumi di origine fungina.
12. Soluzione acquosa di acido ascorbico	Prodotto derivante da idrolisi enzimatica di amidi vegetali e successiva fermentazione. Il processo produttivo non prevede processi di sintesi chimica e nella fermentazione non devono essere utilizzati OGM. Il prodotto deve presentare un contenuto di acido ascorbico non inferiore al 2%.	Il prodotto è impiegato esclusivamente in post-raccolta su frutta e ortaggi per ridurre e ritardare l'imbrunimento dovuto ai danni meccanici.
13. Olio vegetale trattato con ozono	Prodotto derivato dal trattamento per insufflazione con ozono di olio alimentare (olio di oliva e/o olio di girasole).	Potenziatore delle difese delle piante verso attacchi fungini e batterici e con azione protettiva e cicatrizzante. Trattamento ammesso sulla coltura in campo.
14. Estratto glicolico a base di Flavonoidi	Prodotto derivato dalla estrazione di legname non trattato chimicamente con acqua e glicerina di origine naturale. Il prodotto può contenere lecitina (max 3%) non derivata da OGM quale emulsionante.	Potenziatore delle difese delle piante verso attacchi fungini e batterici e con azione protettiva e cicatrizzante. Trattamento ammesso sulla coltura in campo.

3.3. Biostimolanti

Estratti di alghe. Agiscono come biostimolanti migliorando la velocità di germinazione, la crescita, l'allegagione, la produzione, la qualità del prodotto e la resistenza a stress ambientali. Inoltre, incrementano l'assorbimento dei macro e micronutrienti in diverse colture. Da un punto di vista applicativo, gli effetti positivi degli estratti di alghe sono più marcati in colture su suoli poco fertili e con applicazioni ripetute durante il ciclo colturale. Applicazioni fogliari sono in genere preferite per i ridotti dosaggi richiesti e la rapidità di azione.

Sostanze umiche. Sono macromolecole complesse che provengono dalla decomposizione della sostanza organica e dall'attività metabolica dei microrganismi. Le sostanze umiche esplicano un'azione di stimolo della crescita delle piante per via diretta e indiretta. L'effetto diretto sulla pianta stimola la rizogenesi mentre l'azione indiretta si esplica nel suolo attraverso un miglioramento della fertilità. Da un punto di vista applicativo, gli effetti benefici delle sostanze umiche sulle colture sono più evidenti nei suoli poco fertili caratterizzati da un basso contenuto di sostanza organica e con applicazioni radicali ripetute durante il ciclo colturale.



Idrolizzati proteici. Derivano da residui della lavorazione del cuoio (es. collagene), dell'industria ittica, della lavorazione della carne o da biomasse vegetali. Gli idrolizzati proteici presentano proprietà biostimolanti, migliorando l'assorbimento e l'assimilazione dei nutrienti (es. azoto nitrico e ferro), la tolleranza a stress ambientali (salinità, siccità, temperature estreme) e la qualità del prodotto. È stato anche evidenziato che gli idrolizzati proteici possono stimolare le risposte di difesa della pianta agli stress. Da un punto di vista applicativo, l'effetto biostimolante degli idrolizzati proteici si evidenzia soprattutto in colture coltivate in suoli poco fertili e con applicazioni ripetute durante il ciclo colturale. Applicazioni radicali sono utili per stimolare la rizogenesi e la microflora tellurica, mentre trattamenti fogliari sostengono la crescita soprattutto in condizioni di intenso sforzo metabolico (es. elevati ritmi di crescita, elevata allegagione) e migliorano la tolleranza a stress ambientali (38; 51; 52).

3.4. Microrganismi utili

I microrganismi utili in agricoltura trovano applicazione sul campo come:

- biofertilizzanti (prodotti contenenti microrganismi vivi che, quando applicati a sementi, superfici vegetali o suolo, colonizzano la rizosfera o i tessuti vegetali e ne promuovono la crescita e la radicazione nel terreno aumentando la disponibilità e l'assorbimento dei nutrienti da parte della pianta);
- biostimolanti;
- nella bioprotezione (per stress biotici e abiotici);
- nel compostaggio.

Questi prodotti devono essere distribuiti direttamente vicino al seme o alla radice della piantina alla messa a dimora, oppure tramite confettatura o impolveratura del seme o, ancora, distribuiti alla semina con microgranulatori (seminativi) (53).

3.5. Attivatori biologici

Per quanto riguarda le caratteristiche che vengono conferite al terreno dal trattamento con gli attivatori biologici, sono emersi i seguenti dati:

- incremento dell'attività respiratoria,
- incremento dello stato di salute del terreno, delle sue proprietà metaboliche e dell'attività biologica;
- incremento del contenuto di carbonio organico totale nel terreno e del potenziale di ossido riduzione;
- riduzione del coefficiente di ossidabilità con maggiore resistenza agli attacchi chimici;
- allungamento del ciclo delle colture con conseguenti maggiori rese e incremento della conservabilità dei prodotti;
- il contenuto in acqua del terreno trattato si conserva per tempi maggiori con specifiche prospettive per le colture in zone desertiche, minore dispersione idrica e maggiori rese produttive;
- la presenza di eventuali inquinanti è meno persistente nel caso di terreni trattati;
- nel caso dell'erba da terreno trattato si osserva una ripresa della capacità di respirazione a seguito di trattamento.



L'impiego dell'antagonista naturale sarebbe la soluzione più semplice ed efficace sul piano tecnico, ma nel caso di specie aliene, questa soluzione si scontra col divieto di impiego di specie alloctone. È successo col Cinipide del Castagno (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu), che dopo anni di devastazione dei castagneti italiani era stato contenuto con successo dall'inserimento del suo parassitoide naturale (*Totymus sinensis*) prima che venisse proibito il suo uso, in quanto specie alloctona. Lo stesso problema si configura oggi anche per misure di confusione sessuale, ad esempio per combattere la mosca della frutta attraverso l'introduzione di maschi sterili, rimedio molto utilizzato in Spagna (biofabbrica di Valencia) e incentivato dalle norme europee, ma proibito nel nostro paese per disposizioni stringenti.

Un problema particolarmente grave per l'ortofrutta italiana è quello della cimice asiatica o marmorata (*Halyomorpha halys*), insetto polifago che da alcuni anni sta provocando gravi danni a molte colture frutticole e orticole soprattutto nel Nord Italia. L'antagonista naturale, noto da tempo, è un imenottero (*Ooencyrtus telenomicida*) parassita delle uova della cimice marmorata e facilmente allevabile in biofabbrica, il cui impiego in campo è però oggi impedito in quanto specie alloctona. Esistono tuttavia altre specie antagoniste autoctone della cimice marmorata, sebbene giudicate finora di minore efficacia. In particolare, sembra siano stati ottenuti risultati molto soddisfacenti con un parassitoide autoctono, *Anastatus bifasciatus*, il cui impiego potrebbe già essere autorizzato nel corso del 2019 (54).

Oltre gli insetti, da tempo si usano anche altri organismi antagonisti, come acari predatori (fitoseidi) o nematodi entomopatogeni. Nella lotta contro gli insetti, il *Phytoseiulus persimilis* (55) è un acaro fitoseide predatore del ragnetto rosso *Tetranychus urticae* e viene utilizzato in tutto il mondo per combattere il fitofago su diverse colture orticole e ornamentali. È maggiormente impiegato sulle colture ortive in serra e in pieno campo (cetriolo, cocomero, fragola, melanzana, melone, peperone, zucca, zucchini). Il *P. persimilis* è commercializzato in flaconi contenenti gli stadi mobili, soprattutto gli adulti, mescolati a materiale disperdente per una migliore distribuzione in campo. I quantitativi totali di lancio possono variare da un minimo di 5-6 individui fino anche a 20-25 per m² a seconda delle diverse situazioni. È opportuno instaurare un rapporto preda-predatore tra 15:1 e 30:1 a seconda del periodo vegetativo e della coltura. La scelta del dosaggio deve tener conto dei seguenti parametri:

- intensità dell'attacco: numero medio di acari/foglia e focolai di infestazione;
- sensibilità della coltura: le cucurbitacee, ad esempio, sono più danneggiate a parità di numero di ragnetti per foglia;
- condizioni ambientali: nel periodo caldo è necessario intervenire con quantitativi più elevati e a livelli di attacco più bassi perché il ragnetto è favorito dalle temperature più elevate e dalla bassa umidità;
- stadio vegetativo della coltura: se le piante non si toccano lungo la fila e tra le file è necessaria una distribuzione su tutte le piante;
- è consigliabile suddividere il numero di predatori da lanciare: andrebbero ripartiti in più introduzioni, a distanza almeno di una settimana l'una dall'altra.

L'*Amblyseius andersoni* (56) è un acaro fitoseide molto comune sui fruttiferi e sulla vite, anche se si trova facilmente sia su piante erbacee che arbustive. Il suo regime dietetico è di tipo generalista: è in grado di sopravvivere e riprodursi su substrati di origine diversa (acari tetranichidi, eriofidi, piccoli insetti, polline, funghi, melata, essudati vegetali).

In Italia settentrionale *A. andersoni* è la specie antagonista più diffusa su melo ed è in grado di controllare efficacemente le popolazioni di *Panonychus ulmi*. Più in generale, gli organismi bersaglio sono acari tetranichidi ed eriofidi (*Tetranychus urticae*, *Panonychus ulmi*, *Aculops lycopersici*) e il settore di impiego è rappresentato dalle colture ortive in serra (melanzana, peperone, pomodoro, zucchini), dalle frutticole e vite e dalle colture floricole. Grazie alla sua capacità di sopravvivere anche in assenza di preda, *A. andersoni* può essere impiegato anche in lanci preventivi. In linea di



massima per i trattamenti preventivi si considerano sufficienti 6 individui/m². In presenza di prede vengono consigliati da un minimo di 20 ad oltre 100 individui/pianta.

I nematodi sono piccoli vermi cilindrici non visibili a occhio nudo (hanno dimensioni di circa 880 µm); quelli entomopatogeni sono utilizzati per la lotta agli insetti. Alcune specie appartenenti ai generi *Steinernema* ed *Heterorhabditis*, in particolare *Steinernema feltiae*, *S. carpocapsae*, *S. kraussei*, *Heterorhabditis bacteriophora* e *H. megidis*, sono utilizzate in lotta biologica: si tratta di parassiti obbligati di larve di coleotteri, lepidotteri, ditteri e imenotteri, che vivono nel terreno o in luoghi ad alto contenuto di umidità (gallerie o ripari nel legno, lamina fogliare, radici).

La loro azione si esplica in seguito alla simbiosi mutualistica con batteri dei generi *Xenorhabdus* e *Photorhabdus* provocando in pochi giorni la morte dell'insetto.

I nematodi entomopatogeni sono macrorganismi endemici e pertanto i prodotti in commercio in Italia non necessitano di registrazione.

Nel comparto ortofrutticolo il settore di riferimento è rappresentato da:

- vivai di piante ornamentali e in allevamenti di funghi: ditteri sciaridi;
- pomodoro: *Tuta absoluta*;
- coltura protetta: *Frankliniella occidentalis*;
- carciofi: larve di lepidotteri nottuidi.

L'attività insetticida viene svolta perché sono essenzialmente larvicidi; le crisalidi di lepidotteri e gli adulti non vengono in genere significativamente parassitizzati. L'unico stadio del nematode libero nel terreno è la larva di terza età, detta larva infettiva, che ospita i batteri simbiotici nel proprio intestino. La larva penetra nell'insetto ospite attraverso le aperture naturali (cuticola, ano, bocca, spiracoli), dove rilascia i batteri che rapidamente si moltiplicano e uccidono l'ospite; a sua volta il nematode continua il suo ciclo di sviluppo alimentandosi di cellule batteriche e dei tessuti dell'ospite, dove completa 1-3 generazioni a seconda delle dimensioni dell'insetto. La morte dell'insetto avviene entro 24-72 ore dalla penetrazione, per l'azione congiunta di nematodi e batteri. Per quanto riguarda la modalità di applicazione possono essere distribuiti direttamente al terreno, dove possono:

- raggiungere le larve di insetti che passano qualche stadio del loro sviluppo libere nel terreno oppure a contatto con le radici;
- penetrare negli organi sotterranei della pianta attraverso gallerie scavate da larve di insetti appartenenti soprattutto all'ordine dei coleotteri;
- penetrare nei frutti caduti sul terreno per raggiungere le eventuali larve nel loro interno.

Possono anche essere distribuiti sul tronco di alberi da frutta, dove raggiungono le larve di lepidotteri (*Carpocapsa*, *Cydia molesta*, *Sesia*, *Euzofera* ecc.) svernanti nelle screpolature della corteccia. Infine, possono essere iniettati nei fori di penetrazione di insetti xilofagi: raggiungono le larve nelle gallerie (*Saperda* del pioppo, *Cossus*, *Zeuzera*, *Paysandisia* e *Rincoforo* delle palme, ecc.) o distribuiti sulla parte aerea di piante ortive dalle quali, attraverso la cuticola delle foglie, raggiungono gli insetti minatori (es: *Frankliniella*) oppure penetrano nelle gallerie scavate nei fusti e nei frutti da *Tuta* del pomodoro, nottue fogliari, ecc.

4. Prodotti disponibili sul mercato

4.1. Biopesticidi

Il mercato dei biopesticidi è in forte e costante crescita secondo uno studio recente della *Global Industry Analysts* (57) "Biopesticides: A Global Strategic Business Report". A livello nazionale, non sono disponibili molti dati. È noto tuttavia che, per il solo settore degli agrofarmaci per sementi, nel



2013 i biopesticidi rappresentavano in Italia il 14% di un fatturato mondiale stimato sui 1.800 milioni di dollari (stime *MicroMarket Monitor*) e si prevede una crescita di oltre 600 milioni di dollari entro il 2019 (57).

Tra i protagonisti principali a livello internazionale, troviamo: *AG Biotech Australia, Pty Ltd, AgraQuest, Bion Tech, Certis USA, Greeneem, Isagro Biochem, Syngenta International, Troy Bioscience* e *Valent Biosciences*, mentre sul territorio nazionale opera la *Nutrien Ltd.*, che ha una sede di produzione a Livorno.

4.2. Biostimolanti

Il valore del mercato dei biostimolanti in Europa è stimato fra i 200 e i 400 milioni di euro, in Italia di 40 milioni di euro, con una crescita annua superiore al 10% e investimenti annui in ricerca e sviluppo fra il 3 e il 10% del fatturato (58). Molte sono le aziende in Europa produttrici di biostimolanti. Al link di seguito è possibile individuare le aziende associate alla *European Biostimulants Industry Council* (EBIC): <http://www.biostimulants.eu/about/members/>.

4.3. Microrganismi utili

Le aziende nazionali ed internazionali che producono questi microrganismi sono moltissime. In commercio sono disponibili prodotti a base di:

- microrganismi utili (batteri PGPR), di solito miscelati in concimi organico-minerali;
- ectomicorrize, per la produzione di piantine di essenze forestali o ornamentali e di corpi fruttiferi (Tuber, Boletus...);
- endomicorrize per ortive, fruttiferi, seminativi, nonché per applicazioni agronomiche/ambientali (colonizzazione suoli aridi; fitorisanamento (*phytoremediation*), ecc.).

4.4. Organismi antagonisti

Diverse aziende commercializzano organismi antagonisti. Tra queste segnaliamo:

- L'azienda *Koppert* (www.koppert.com);
- BIOGARD®, Divisione di *CBC (Europe) S.r.l.*, si occupa dello sviluppo e della commercializzazione di prodotti fitosanitari biologici per tutta l'agricoltura (www.biogard.it);
- *Bioplanet* - <https://bioplanet.eu/it/>

5. Limiti dell'applicazione

Uno dei principali rischi nell'uso di microrganismi è una minore o nulla efficacia connessa all'ancor insufficiente utilizzazione in campo; maggiori studi sono necessari per valutarne l'efficacia e gli impatti.

Per i corroboranti, c'è il problema della definizione dell'aliquota fiscale da applicare (Iva). Attualmente tali prodotti vengono venduti con l'Iva al 22%, tuttavia più volte è stato rimarcato presso le sedi competenti che essi trovano applicazione in agricoltura e che pertanto, in analogia con altri mezzi tecnici, dovrebbero beneficiare di un'aliquota più favorevole. I prodotti fitosanitari ad esempio godono di un'Iva al 10% e i fertilizzanti al 4%. Purtroppo, ad oggi, nonostante un'interpellanza all'Agenzia delle Entrate, un quesito posto all'Ufficio delle Dogane e, da ultimo, un'interrogazione parlamentare, non si è giunti ad alcuna definizione della questione (42).



Bibliografia

- 32) *Stanchezza del terreno e malattie da reimpianto, dalle cause ai rimedi. A cura di Cosimo Chiantese. agronotizie.imagelinenetwork.com/difesa-e-diserbo/*
- 33) **DISCIPLINARE PER LA PRODUZIONE INTEGRATA Settore ortofrutticolo. FRAGOLA - PARTE AGRONOMICA. Edizione 2018**
- 34) **Minarelli F., Raggi M., Viaggi D. (2015), Il mercato dei biopesticidi: stato dell'arte e prospettive di studio, Agriregionieuropa, anno 11, 42.**
- 35) **<https://agronotizie.imagelinenetwork.com/fertilizzanti/2016/09/15/corroboranti-la-situazione-in-italia/50126>**
- 36) **10.2 Prodotti corroboranti, potenziatori della resistenza delle piante. Anna La Torre (Centro di ricerca per la patologia vegetale – Roma), Rossana Rossi e Floriano Mazzini (Servizio Fitosanitario Regione Emilia-Romagna)**
- 37) **<https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/6474>**
- 38) **<http://www.fritegotto.it/FERTIRRIGO-FACILE-Biostimolanti-in-agricoltura-cosa-sono-e-come-agiscono/>**
- 39) CARATTERIZZAZIONE DEL MICROBIOTA DI ALCUNI SUOLI DELL'ALTOPIANO DEL FUCINO IN RELAZIONE AL TIPO DI COLTURA E ALLA STAGIONALITÀ. Domenico Fantozzi, Federica Matteucci, Emanuela Di Salvatore, Marisa Terreri, Emanuela Servo, Daniela Spera, Maddalena Del Gallo. Soc Italiana della Scienza del suolo - 40° Congresso. Roma dic 2015 - Libro dei riassunti
- 40) **Corso di formazione sui microrganismi utili in agricoltura. 27 settembre 2016: una giornata formativa sui microrganismi utili per contenere fitopatogeni e nematode; <http://www.fritegotto.it/>**
- 41) Amperometric Enzyme Sensor to Check the Total Antioxidant Capacity of Several Mixed Berries. Comparison with Two Other Spectrophotometric and Fluorimetric Methods Mauro Tomassetti*, Maruschka Serone, Riccardo Angeloni*, Luigi Campanella and Elisa Mazzone Department of Chemistry, "Sapienza" University of Rome, p.le A. Moro 5, 00185 Rome, Italy; E-Mails: m.serone@live.it (M.S.); luigi.campanella@uniroma1.it (L.C.); mazzone.elisa@libero.it (E.M.)
- 42) **<https://agronotizie.imagelinenetwork.com/fertilizzanti/2016/09/15/corroboranti-la-situazione-in-italia/50126>**
- 43) **Lazzeri L. (2013). Dalle piante per le piante, l'uso della biofumigazione. Terra e Vita, 29-30, luglio 2013, 53-55.**
- 44) **G. Curto, Lazzeri L., Dallavalle E., Santi R.. 2009 Nematodi galligeni sotto controllo anche in agricoltura biologica. L'Inf. Agr. n° 4 23/29 gennaio 2009, 65-67.**
- 45) **Lazzeri L., Errani M., Leoni O., Venturi G. (2004). Eruca sativa spp. Oleifera: a new non food crop. Ind crops and prod, 20, 67-73. IF 2,47.**
- 46) **Curto G., Dallavalle E., Santi R., Casadei N., D'Avino L., Lazzeri L. (2015). The potential of *Crotalaria juncea* L. as a summer green manure crop in comparison to**



- Brassicaceae catch crops for management of Meloidogyne incognita in the Mediterranean area. Eur J Plant Pathol, 42, pp. 829-841, IF1, 490.*
- 47) *Lazzeri L., Leoni O., Manici L.M., Palmieri S., Patalano G. (2010). Use of Seed Flour as Soil Pesticide. Patent n° US 7, 749,549, July 6, 2010.*
- 48) *<https://www.intoscana.it/it/articolo/insetticidi-naturali-dalluniversita-di-pisa-arriva-lolio-di-neem/>*
- 49) *I FEROMONI NELLA DIFESA INTEGRATA DELLE COLTURE IN ITALIA (PICCOLA STORIA E ATTUALITÀ) F. MOLINARI 1, A. SCHIAPARELLI 2 1 Istituto di Entomologia e Patologia Vegetale - Facoltà di Agraria Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza - fabio.molinari@unicatt.it 2 Dottore Agronomo, Torino - alberto.schiaparelli@alice.it Giornate Fitopatologiche. Milano Marittima - maggio 2012.*
- 50) *Disposizioni per l'attuazione dei regolamenti (CE) n. 834/2007 e n. 889/2008 e loro successive modifiche e integrazioni, relativi alla produzione biologica e all'etichettatura dei prodotti biologici. Abrogazione e sostituzione del decreto n. 18354 del 27 novembre 2009. (Decreto n. 6793). GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA Serie generale - n. 206 del 5/9/2018*
- 51) *<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.11.026>*
- 52) *Production of an enzymatic protein hydrolyzate from defatted sunflower seed meal for potential application as a plant biostimulant Author links open overlay panel. Industrial Crops and Products - Volume 75, Part A, 30 November 2015, Pages 15-23. Luisa Ugolini Susanna Cintia Laura Righettia Alessandra Stefan Roberto Matteo Lorenzo D'Avino Luca Lazzeri*
- 53) *I microrganismi e il suolo. .Seminario Dott.sa Anna Benedetti (CRA). <http://www.scienzaegoverno.org/content/i-3-3-applicazioni-dei-microrganismi-agricoltura>*
- 54) *<https://www.nocciolare.it/difesa/anastatus-bifasciatus-potenziabile-agente-di-controllo-biologico-della-cimice-asiatica-in-europa>*
- 55) *13.2.3 Phytoseiulus persimilis Tiso Rocchina (Servizio Fitosanitario Regione Emilia-Romagna) https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/fitosanitario/doc/prodotti-fitosanitari/Manuale-basso-impatto/documenti/parte-3/13-insetti-acari-e-nematodi-utili-in-commercio/13-2-3-phytoseiulus-persimilis/at_download/file/13.2.3%20Phytoseiulus%20persimilis.pdf*
- 56) *13.2.4 Amblyseius andersoni Tiso Rocchina (Servizio Fitosanitario Regione Emilia-Romagna) https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/fitosanitario/doc/prodotti-fitosanitari/Manuale-basso-impatto/documenti/parte-3/13-insetti-acari-e-nematodi-utili-in-commercio/13-2-4-amblyseiusandersoni/at_download/file/13.2.4%20AmblyseiusAndersoni.pdf*
- 57) *https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-biopesticides-market-industry?gclid=CjwKCAjwzPXIBRAjEiwAj_XTEVxNx_b9hF1MiLcPE8G6HsK3iVU5-V1Z7iVL7_I4JVdFYJZtTVaboBoCOGEQAvD_BwE*
- 58) *Comunicazione Convegno Ortofrutta: le opportunità della Chimica verde. Luca Lazzeri. Bologna Fiera EIMA International 2018.*



2. SUPPORTI BIOBASED IN FASE DI CAMPO

Mezzi tecnici biobased

1. Premessa

Lo stretto legame tra agricoltura e chimica verde è una chiara espressione dei flussi di materie prime e prodotti tipici dell'economia circolare, schematizzabili con le due seguenti fasi:

- 1) La valorizzazione della risorsa biomassa (colture dedicate, sottoprodotti e coprodotti) che le filiere agricole possono fornire alle bioraffinerie per essere utilizzata come matrice di origine per i prodotti *bio-based*, analizzati principalmente nella scheda relativa alla gestione dei residui.
- 2) L'impiego di prodotti realizzati dall'industria *bio-based*, che possono tornare ai campi per essere utilizzati nelle varie fasi della filiera agricola e agroindustriale.

Molti mezzi tecnici della chimica verde per l'ortofrutta (corroboranti, ammendanti, biofumiganti, molecole attive, disseccanti, ecc.) sono analizzati in altre schede, in questa si analizzano in particolare i supporti (fascette, contenitori, vasetti, ecc.) di origine *bio-based* che possono sostituire quelli a base di plastica convenzionale.

2. Mezzi tecnici biobased di supporto

I materiali utilizzabili in agricoltura generati dall'industria *bio-based* sono molteplici. Tratteremo qui dei prodotti realizzati in bioplastiche biodegradabili e compostabili con funzioni speciali, come quelle che permettono di realizzare articoli rigido-morbidi per la produzione di clips, filo taglia erba, legacci per piante, reti protettive, fitocelle, tubi, raccordi, guarnizioni, biolubrificanti, vasi o supporti per le trappole a feromoni. Questi prodotti, in alternativa a quelli di origine petrolchimica, sono potenzialmente in grado di ridurre l'impronta di carbonio della filiera, ovvero l'indice che esprime la quantità totale di gas serra emessi durante il processo produttivo, quindi di rendere maggiormente sostenibile il settore.

Tra i materiali *bio-based* ve ne sono alcuni che potrebbero apparire di scarsa importanza ma che – viste le grandi quantità utilizzate – possono fare la differenza nel rendere la filiera sostenibile: si pensi ad esempio a tutti gli strumenti (reti, fili, gancetti) che vengono utilizzati per colture che hanno bisogno di supporti (pomodori, piselli, fave, ecc.). Normalmente sono realizzati in plastica (in genere polietilene di origine fossile), ma sono sostituibili da quelli realizzati in bioplastica, rinnovabile e compostabile. Il cambiamento produce un duplice vantaggio, dato dalla sostituzione di materiale fossile con quello rinnovabile e dalla possibilità – a fine ciclo – di avviare alla digestione aerobica o anaerobica i residui colturali insieme al materiale di supporto evitando il suo smaltimento come rifiuto indifferenziato.

Analogamente, con materiali compostabili certificati possono essere realizzati i supporti per trappole a feromoni e fitocelle, seminiere alveolari, vasetti per piantine da orto o da frutteto. Tutti manufatti che, dopo l'utilizzo, sono destinabili alla produzione di biogas o compost.



Un'altra categoria di prodotti *bio-based* importante per la sostenibilità della filiera è rappresentata dai biolubrificanti che possono essere utilizzati già oggi in molte applicazioni industriali (industria tessile, conciaria, cartaria, metallurgica, estrattiva e di escavazione, agroalimentare, farmaceutica e in agricoltura) come alternativa ecocompatibile ai lubrificanti derivati dal petrolio, generalmente senza richiedere particolari modifiche di processo o di impianto. Per i lubrificanti esiste l'etichetta ECOLABEL UE, recentemente rivista dalla Comunicazione della Commissione Europea con la Decisione n° 1702 del 8 novembre 2018 che stabilisce i criteri per l'assegnazione del marchio di qualità ecologica dell'Unione (Ecolabel UE) ai lubrificanti (59).

La progressiva sostituzione - totale o parziale - di materiali di origine petrolchimica a dispersione nell'ambiente con materiali *bio-based* biodegradabili può consentire di incrementare l'utilizzo di scarti di campo dell'ortofrutta, e allo stesso tempo ridurre il rischio della cosiddetta *white pollution* ("l'inquinamento bianco" si riferisce ai rifiuti solidi che derivano dall'uso di vari tipi di prodotti in plastica).

In quest'ottica, il rapido sviluppo di tecnologie innovative nel settore chimica verde può consentire di ampliare progressivamente i materiali ausiliari sostituiti, con benefici per i produttori, che riducono i costi (di smaltimento) e l'inquinamento del terreno.

3. Prodotti disponibili sul mercato

- Gancetti: l'olandese *Bato* (60)
- Fili: *Lankhorst Yarns* produttore olandese di fili in PLA (3) ed il filo *Ecodian* di *Isagro* che ha anche il rilascio di feromoni. In coltura protetta il filo viene assicurato ai pali di sostegno della struttura e in pieno campo a pali già presenti o da installare. Ne occorrono 600 m/ha a distanza di 20 metri per un dosaggio per ettaro di 15-25 g. Per superfici inferiori all'ettaro con 100 m si proteggono 1.000 mq (4).
- Supporto per feromoni: *Isagro*. Sotto forma di gancetti e fili per il rilascio di feromoni per il controllo dei lepidotteri su castagno (5).
- Reti: Reti estruse in bioplastica per imballaggi flessibili, hanno diversi impieghi sia come rete alimentare per il confezionamento di frutta, frutti di mare e insaccati; sia reti industriali per agricoltura e giardinaggio. Vi sono pochi produttori in Italia: *Advanced Polymer Materials Srl* con *BioNet* (6) e *Tenax* (7).
- Vasetti, sia per colture annuali che per permanenti che si degradano nel terreno: l'olandese *Bato Plastics B.V* produce vasi in plastica biodegradabile (8); la norvegese *Jiffy Products International B.V.* produce vasi in polpa di legno per gli usi in cui si prevede che il vaso possa resistere per un lungo periodo di tempo (9) sempre in fibra di legno sia vasi che seminiere, la francese *Fertil* (10).
- Teli pacciamanti compostabili (argomento trattato nella scheda 1.b).
- Biolubrificanti: sono utilizzati in tutti i motori ed apparecchiature che sono a contatto con l'acqua, i cibi, le persone o con il terreno agricolo. Possono essere utilizzati già oggi in molte applicazioni industriali (industria tessile, conciaria, cartaria, metallurgica, estrattiva e di escavazione, agroalimentare, farmaceutica e in agricoltura) come alternativa ecocompatibile ai lubrificanti derivati dal petrolio, generalmente senza richiedere particolari modifiche di processo o di impianto. Garantiscono le funzionalità e l'integrità di tutte le apparecchiature che utilizzano la linea di biolubrificanti e grassi, con vantaggi non solo dal punto di vista prestazionale, ma anche ambientale e per la sicurezza. In caso di dispersione accidentale nell'ambiente, il biolubrificante si biodegrada in pochi giorni non lasciando tracce (11). Sono utilizzabili per tutti quei macchinari che operano in aree ecologicamente sensibili quali quelle agricole e forestali. vi sono molti produttori in Italia, tra cui: *Novamont spa* (12) *Foundry Chem* (13) e *Nachmann S.r.l.* (14).



4. Limiti dell'applicazione

Gli ausiliari in bioplastica non presentano problemi tecnici di applicazione, salvo casi di scarsa resistenza (es: uso di gancetti nella coltivazione in serra di pomodori), connessa alla maggiore biodegradabilità del materiale: suo ispessimento potrebbe infatti pregiudicarne la compostabilità nei tempi richiesti dal processo di digestione.

Un ulteriore elemento che può scoraggiarne l'impiego è relativo ai prezzi più elevati rispetto agli omologhi convenzionali, dovuti anche a una distribuzione che risente della dimensione contenuta dell'offerta. Nella valutazione del prezzo, tuttavia, va considerato il risparmio conseguente al mancato smaltimento del materiale a fine ciclo.

Bibliografia

- 59) **DECISIONE (UE) 2018/1702 DELLA COMMISSIONE dell'8 novembre 2018 che stabilisce i criteri per l'assegnazione del marchio di qualità ecologica dell'Unione (Ecolabel UE) ai lubrificanti [notificata con il numero C(2018) 7125]**
- 60) <http://materbi.com/solutions/agricoltura/clip-compostabili/>
- 61) www.lankhorstyarns.com/bio-twine-is-the-twine-the-future/
- 62) <https://terraevita.edagricole.it/notizie-dalle-aziende/disorientamento-sessuale-spodoptera-littoralis/>
- 63) <http://materbi.com/solutions/agricoltura/feromoni-per-il-disorientamento-sessuale/>
- 64) www.apmlab.com/
- 65) www.tenax.net/it/industry/prodotti-soluzioni/reti-tubolari-compostabili/
- 66) www.bato.nl/en/square-pot-3.2-liter
- 67) www.jiffygroup.com/jiffy-product/jiffypot-r2/
- 68) www.fertil.fr
- 69) **D'Avino L., Rizzuto G. , Guerrini S., Sciaccaluga M., Pagnotta E., Lazzeri L. (2015), Environmental implications of crude glycerin used in special products for the metalworking industry and in biodegradable mulching films, Industrial Crops and Products (IF 3.2), 75: 29-35, DOI:10.1016/j.indcrop.2015.02.043.**
- 70) www.novamont.com
- 71) www.foundrychem.it
- 72) www.nachmann.it/product/bio-lubrificanti/



3. POSTRACCOLTA

Difesa in fase di post-raccolta

1. Premessa

“La qualità sensoriale e nutrizionale di un frutto è il risultato della combinazione di numerosi fattori, non sempre riconducibili alla sola fase di produzione in campo, ma anzi relativi in forma rilevante alla corretta gestione del post-raccolta, dal campo fino alla tavola del consumatore. La conoscenza delle relazioni esistenti fra l'evoluzione dal processo di maturazione del frutto, dalla raccolta al consumatore finale prevedendo un successivo gradimento dello stesso, è quindi di fondamentale importanza per il successo commerciale del prodotto frutta” (73).

2. La conservazione dei prodotti ortofrutticoli

Durante la conservazione, i prodotti ortofrutticoli freschi possono subire l'attacco di numerosi microrganismi patogeni in grado di avviare processi di marcescenza, provocando ingenti perdite di prodotto con danni economici anche di rilievo. Le perdite in questa fase, infatti, oscillano da un minimo del 10-15%, nei paesi a tecnologia avanzata, ad oltre il 50% nei paesi in via di sviluppo. In Italia si aggirano mediamente intorno al 10% (73).

I fenomeni di maturazione/senescenza possono essere talvolta repentini, come nel caso dei lamponi o delle fragole, la cui shelf-life si valuta in ore (24-48), ma anche piuttosto lenti, come nel caso delle mele o delle arance, la cui durata è valutata nell'ordine delle settimane.

La tecnologia di conservazione refrigerata (definita nei suoi rapporti di durata, di temperatura, di tipo di atmosfera) riveste quindi un ruolo fondamentale per modulare i fenomeni di maturazione in post-raccolta e mantenere nel tempo un'elevata durabilità (shelf-life) delle produzioni, migliorandone la qualità merceologica ed organolettica nella fase di consumo.

Il controllo chimico delle derrate alimentari in fase di post raccolta è importante nella prevenzione del decadimento della qualità dei prodotti agricoli. In agricoltura convenzionale, fino a qualche anno fa, infatti, erano disponibili prodotti di sintesi (quali ad esempio l'anilinopyrimidine, il cyprodinil, il phenylpyrrole e fludioxonil), che venivano applicati principalmente per il contenimento della muffa grigia nei prodotti ortofrutticoli. Questi prodotti generalmente svolgevano un'attività di inibitori sito specifici ma il continuo uso di queste molecole ha determinato crescenti fenomeni di resistenza (74) e la conseguente necessità di definire alternative sostenibili, in particolare nel settore dell'agricoltura biologica, dove i trattamenti fungicidi con prodotti di sintesi non sono ammessi.

Recentemente sono stati definiti alcuni metodi non convenzionali che hanno permesso di ottenere interessanti risultati, come ad esempio l'uso di composti naturali, induttori di resistenza - quali il chitosano (75), agenti microbici di biocontrollo (76) e metodi fisici, come ad esempio il pre-stoccaggio ipobarico (76) o il trattamento di bagnatura delle derrate con acqua a 45 °C per 15 minuti (ad esempio, per la frutta fresca porzionata), anche se questa opzione è stata ad oggi ancora poco studiata ed applicata e solo alcuni studi hanno mostrato una limitata efficacia degli attuali prodotti naturali, ad esempio nel contenimento di Botritis cinerea (responsabile della muffa grigia), su fragola.



In questa categoria rientrano anche composti volatili con interessanti attività fungicide, tra i quali i composti bioattivi derivati dalle brassicacee (77).

In quest'ambito, molte sono le opportunità offerte dalla ricerca scientifica, in Italia molto attiva in questo settore, con risultati che vanno dalla definizione di nuovi additivi alimentari, già utilizzati nell'industria per la conservazione dei prodotti, ai trattamenti termici, alle radiazioni ultraviolette (UV), agli antagonisti microbici, ai prodotti antimicrobici naturali.

3. Prodotti, processi e contesto di applicazione

Additivi Alimentari

Tra i prodotti alternativi ai mezzi chimici, sono da ricordare le sostanze definite come *Generally Regarded as Safe* (GRAS) dalla *US Food and Drug Administration* (FDA), comunemente utilizzate nell'industria alimentare: comprendono sia additivi per modificare colore, sapore, odore dei cibi, ma anche sostanze conservanti, per migliorare la conservabilità e la sicurezza igienica dei cibi, in quanto alcuni prodotti manifestano una significativa attività antimicrobica. La funzione di queste sostanze GRAS è principalmente di ritardare la germinazione delle spore dei patogeni soprattutto se in presenza di lesioni del tessuto vegetale, anche se non si può escludere un effetto di induzione di resistenza sull'ospite. Tra queste, i carbonati e bicarbonati di sodio e di potassio, i bicarbonati di ammonio e il sorbato di potassio hanno mostrato una buona attività nel contenimento di marciumi post-raccolta nei confronti di diverse specie ortofrutticole. In particolare, i bicarbonati di sodio e di potassio sono risultati efficaci nel ridurre i danni causati dai patogeni in agrumi, meloni, carote e peperone.

Trattamenti Termici

I trattamenti post-raccolta con il calore su frutta e ortaggi al fine di controllare, non solo le alterazioni microbiologiche, ma anche le infestazioni dovute a larve di insetti sono stati utilizzati per molti anni, anche se solo recentemente sono tornati di interesse. L'approccio con il calore non lascia residui, è ben tollerato e può prevenire l'insorgenza anche di alterazioni di ordine fisiologico; per questo la tecnica della termoterapia è stata sviluppata per lavare e disinfettare simultaneamente prodotti freschi appena raccolti attraverso una veloce spazzolatura in acqua calda. Questo tipo di trattamento risulta particolarmente efficace nel contenimento dei funghi patogeni, in quanto le spore e/o il micelio che rimangono latenti negli strati cellulari più superficiali dei frutti si riattivano dopo un certo periodo di conservazione. Normalmente l'immersione ha breve durata e avviene a temperature relativamente elevate. Un ulteriore aspetto particolare della termoterapia è rappresentato dal condizionamento termico pre-conservazione, detto "curing", applicato a vari ortofrutticoli freschi, allo scopo di ridurre le infezioni da *Botrytis cinerea* (65-78). Tale pratica consiste essenzialmente nel far sostare per un tempo specifico i frutti in aree ventilate a temperatura ambiente, che varierà in relazione alla temperatura esterna.

Il *curing*, oltre che a temperatura ambiente, può essere effettuato anche all'interno delle celle di conservazione a temperatura progressivamente decrescente.

La tecnologia prevede:

- a) lo stivaggio completo della cella con frutti anche appena sgocciolati dopo l'eventuale trattamento antibotritico,
- b) la gestione della temperatura per circa dieci giorni dalla raccolta come sotto specificato:
 1. 0 - 2° giorno: raccolta, trasporto, trattamento antibotritico (se previsto), stivaggio in cella con temperatura prefissata a 10°C e ventilazione continua, umidificatori (se presenti) fermi;

- 
2. 2° - 8° giorno: riduzione progressiva e graduale della temperatura da 8° a -0,5°C, ventilazione continua e umidificatori fermi.

Impiego delle radiazioni ultraviolette (UV)

Da alcuni anni sono in corso ricerche sulla possibilità di utilizzare lampade ad emissione di UV-C come mezzo non invasivo di lotta ai patogeni post-raccolta dei prodotti ortofrutticoli. È noto infatti che i microrganismi sono sensibili alle radiazioni ultraviolette, senza rilascio di residui a seguito della loro applicazione.

Atmosfera controllata

Tra i fattori che possono influenzare il processo respiratorio del prodotto raccolto, particolare importanza assume la composizione atmosferica del luogo di conservazione. La sua modificazione permette di applicare un'atmosfera definita come controllata, generalmente con ridotti livelli di ossigeno e di anidride carbonica, in grado di consentire un significativo prolungamento della vita commerciale di un prodotto ortofrutticolo fresco, pur se con un costo più oneroso. Meno costoso e più semplice risulta l'utilizzo di un'atmosfera modificata al solo prodotto porzionato (79).

Antagonisti microbici

Un'ulteriore alternativa all'uso dei prodotti di sintesi è rappresentata dagli antagonisti microbici (BCA, *Bio Control Agents*). Tra i BCA, in avanzata fase di studio sono alcuni lieviti e funghi lieviformi molto promettenti nel contenimento dei patogeni post-raccolta; infatti, presentano elevata azione antagonista, esplicita attraverso diversi meccanismi d'azione (produzione di molecole biologicamente attive, enzimi litici, competizione per spazio e nutrienti) e il loro impiego ha dato risultati positivi su più specie ortofrutticole (79).

La ricerca in questo settore vanta un numero considerevole di esperienze, sia su piccola scala che su scala più ampia, ed è giunta alla registrazione di prodotti commerciali definiti come biofungicidi (76).

Antimicrobici vegetali

L'attività antifungina di alcuni composti presenti nelle componenti aromatiche dei prodotti vegetali o negli oli essenziali di spezie ed erbe comunemente usate per l'alimentazione umana sono considerati estremamente interessanti per la loro ridotta tossicità alle basse concentrazioni utilizzate. Inoltre, l'elevata volatilità unita alla scarsa solubilità in acqua rendono alcuni di questi composti particolarmente adatti a un'applicazione in fase di vapore (80).

Le piante sono infatti in grado di produrre diverse molecole bioattive ad azione antimicrobica, quali composti organici volatili, oli essenziali, prodotti di idrolisi dei glucosinolati, molecole ad azione antifungina, come quelle prodotte da *Chenopodium procerum*, *Citrus paradisi*, *Acacia nilotica* (81), *Pithecellobium dulce* (82), ecc..

Gli estratti vegetali contenenti molecole bioattive, quali la propoli, i jasmonati, i glucosinolati, gli oli essenziali, i composti fenolici e i composti volatili, rappresentano i prodotti ad azione antimicrobica maggiormente studiati.

Tra le sostanze antimicrobiche presenti nelle piante, gli isotiocianati, principali prodotti di idrolisi endogena dei metaboliti secondari glucosinolati, evidenziano interessanti prospettive di applicazione in post-raccolta. Questo gruppo di sostanze fitochimiche comprende una miscela di più di 130



differenti composti largamente presenti soprattutto nella famiglia delle Brassicacee (cavolfiori, cavoletti di Bruxelles, broccoli, ecc.) ma anche in quelle delle Capparaceae e delle Caricaceae (80).

L'attività antimicrobica dell'allil-isotiocianato (AITC) nei confronti dei patogeni delle piante è ben nota ed è già stata dimostrata su fragola, sull'infezione da *Botrytis cinerea*, usando la tecnica della biofumigazione post-raccolta (84; 85).

Gli oli essenziali comprendono principalmente terpeni, aldeidi, chetoni, acidi grassi, fenoli, esteri e alcoli, molecole presenti in molte famiglie botaniche (Lamiales, Asterales, Rutales e altre). Tali composti vegetali possono essere estratti da fiori, foglie, radici, legno, rizomi, frutti, corteccia, semi in quantità generalmente inferiore all'1% e mediamente dallo 0,01% al 2%. Le proprietà antimicrobiche sono generalmente correlate alla tossicità per contatto e per fumigazione con molecole bioattive.

L'attività biologica degli oli essenziali e dei loro costituenti può essere ad azione fungistatica e/o fungicida, a seconda della concentrazione impiegata e del tipo di patogeno. La minima concentrazione inibente (MIC) viene definita come la concentrazione della molecola bioattiva che determina un'azione fungistatica. Tale valore dipende da: specie microbiche, prodotti ortofrutticoli, specie/chemiotipo da cui viene estratto l'olio essenziale (diversa composizione chimica), solvente impiegato in fase di estrazione (86).

4. Presenza di prodotti già disponibili sul mercato

Additivi Alimentari

Additivi alimentari a base vegetale sono già disponibili sul mercato. La gommalacca (E904), ad esempio, è un polimero naturale caratterizzato da una composizione chimica simile a quella dei polimeri sintetici (è considerata quindi una bioplastica). Viene ottenuta dalla secrezione di un insetto, la *Kerria lacca*, che cresce nelle foreste thailandesi. Questo additivo alimentare (in passato era utilizzato per produrre i dischi per il grammofono), usato come agente lucidante per pillole e caramelle, viene anche applicata come rivestimento della frutta per limitare il deperimento in fase di post-raccolta.

L'acido sorbico (E200), un noto conservante di origine naturale, prodotto anche per via sintetica, presenta una ridotta tossicità ed è quindi considerato un conservante sicuro utilizzato in dosi ridotte (0,2 mg/kg). L'acido sorbico è infatti noto come inibitore di lieviti e muffe, utilizzato anche in pasticceria e, più in generale, in gastronomia, oltre che nei trattamenti post-raccolta (86), dove in particolare il sorbato di potassio e il benzoato di sodio sono risultati gli additivi maggiormente efficaci nel controllo del marciume bruno sulle nettarine.

Ampiamente utilizzato è anche l'acido ascorbico (prodotto presente anche nella lista dei corroboranti, cfr. scheda 1.c), prodotto commerciabile in Italia sotto forma di "Cover foglia verde" della *Decco Natur*, composto da una miscela acido citrico e di additivi alimentari ([/www.deccoitalia.it/portfolio/ortive/](http://www.deccoitalia.it/portfolio/ortive/)).

Vi sono anche altri corroboranti ad azione antifungina da utilizzare in post-raccolta, come Protege della *Decco Natur*. Protege è a base di sale monosodico dell'acido carbonico e biossido di silicio, ed è indicato nei processi di lavorazione della frutta (www.deccoitalia.it/portfolio/protege/).

Microrganismi antagonisti

A questa categoria si ascrivono molti prodotti commerciali e, tra questi, lo Shemer® (*AgroGreen*, Asgdod, Israele), a base del lievito *Metschnikovia fructicola*, commercializzato contro le malattie delle patate dolci e delle carote. In Canada, la *Neova Technologies* (Abbotsford, British Columbia) sta sviluppando un prodotto a base di *Candida saitoana*, le pomacee sono infatti altamente suscettibili



alla decomposizione post-raccolta da parte di vari funghi. I decadimenti più comuni, risultanti in importanti perdite economiche, sono causati dal *Penicillium expansum*, dalla *Botrytis cinerea*, dalla *Monilinia fructicola*, dal *Colletotrichum spp.*, *Mucor piriformis* e *Rhizopus spp.* Inoltre, alcuni agenti patogeni responsabili del decadimento (ad es. *P. expansum*) producono metaboliti secondari tossici che hanno effetti nocivi sulla salute umana. Fungicidi sintetici sono stati utilizzati per proteggere i frutti dagli agenti patogeni post-raccolta. Gli agenti di biocontrollo (BCA) sono un'alternativa promettente ai fungicidi chimici. Diversi batteri, lieviti e muffe tra cui membri del *Bacillus*, *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Candida*, *Cryptococcus*, *Filobasidium*, *Kloeckera*, *Metchnikowia*, *Pichia*, *Rhodotorula*, *Sporobolomyces*, *Aureobasidium* e i generi *Trichoderma* hanno dimostrato di possedere attività di biocontrollo contro vari agenti patogeni post-raccolta. Combinazioni di BCA e l'applicazione di un BCA in seguito ad un altro trattamento hanno prodotto un aumento degli effetti protettivi contro gli agenti patogeni. In Italia esistono diversi formulati commerciali autorizzati e disponibili sul mercato, quali ad esempio: AQ10® (*Biogard*), a base del fungo *Ampelomyces quisqualis*, utilizzato per il contenimento dell'oidio della vite; Trianum-P® (*Koppert*) a base del fungo *Trichoderma harzianum* T-22, utilizzato su diversi prodotti ortofrutticoli contro parassiti quali *Pythium spp.*, *Rhizoctonia spp.*, *Fusarium spp.*, *Cylindrocladium spp.*, *Thielaviopsis spp.*; Botector® (*Manica*), a base di *Aureobasidium pullulans*, contro la botrite di vite, fragola, piccoli frutti e pomodoro; Amylo-x® (*Biogard*) fungicida e battericida microbiologico a base di *Bacillus amyloliquefaciens* utilizzato su uva, fragola, pero e melo.

5. Limiti dell'applicazione

I limiti di applicazione dipendono largamente dal tipo di tecnica adottata, dal prodotto su cui viene applicato e dal patogeno target della tecnica. Le maggiori problematiche riguardano la possibile insorgenza di effetti fitotossici e l'alterazione delle proprietà organolettiche del prodotto trattato. Si rende quindi necessario porre particolare attenzione nell'ottimizzazione delle dosi dei composti bioattivi considerati, dei tempi di trattamento e della modalità di applicazione. Un approccio di tipo olistico e un programma di gestione integrato permettono di ottenere i risultati migliori in termini di riduzione delle perdite in post-raccolta e nello stesso tempo limitano gli effetti collaterali sui prodotti agricoli e la comparsa di fenomeni di resistenza da parte dei patogeni target.

Bibliografia

- 73) ***Metodi innovativi di gestione dei frutti nella fase post-raccolta - rete interregionale per la ricerca Agraria, forestale, acquacoltura e pesca. Progetto Regione Emilia Romagna, Il progetto "Frutticoltura Post-raccolta" Paolo Bertolini - CRIOF, Università degli Studi di Bologna Daniele Missere - Centro Ricerche Produzioni Vegetali.***
- 74) ***Resistance to Cyprodinil and Lack of Fludioxonil Resistance in Botrytis cinerea Isolates from Strawberry in North and South Carolina - Dolores Fernández-Ortuño, Fengping Chen, Guido Schnabel -Fecha de publicación 2013/1***
- 75) ***Romanazzi G., Feliziani E., Santini M., Landi L., 2013. Effectiveness of postharvest treatment with chitosan and other resistance inducers in the control of storage decay of strawberry. Postharvest Biology and Technology 75, 24-27***
- 76) ***Effect of chitosan and its derivatives as antifungal and preservative agents on postharvest green asparagus –Miao Qiu; Chu Wu; Gerui Ren; Xinle Liang; Xiangyang Wang and Jianying Huang - Food Chemistry Volume 155, 15 July 2014, Pages 105-111***



- 77) ***Control of postharvest grey mould (Botrytis cinerea Per.: Fr.) on strawberries by glucosinolate-derived allyl-isothiocyanate treatments. Luisa Ugolini – Luca Lazzeri - Lorenzo D’Avino - Marta Mari Camilla Martini - Postharvest Biology and Technology - Volume 90, April 2014, Pages 34-39***
- 78) ***Delaquis, Pascal & Mazza, G. (1995). Antimicrobial properties of isothiocyanates in food preservation. Food Technology. 49. 73-84.***
- 79) ***Postaraccolta dei prodotti ortofrutticoli freschi – Università di Bari. <http://www.agr.uniba.it/pdf/ortofrutticoli.pdf>***
- 80) ***Accademia dei Georgofili. Marta Mari*, Antonio Ippolito** Malattie degli ortofrutticoli in post-raccolta. <http://www.georgofili.net/File/Get?c=25918261-0697-4eb2-a3b6-7ecb533707f6>.***
- 81) ***Tripathi G, et al. (2002) Gcn4 co-ordinates morphogenetic and metabolic responses to amino acid starvation in Candida albicans. EMBO J 21(20):5448-56;***
- 82) ***Bautista-Baños, Silvia & Hernández-López, Mónica & Bosquez-Molina, E. (2003). Growth Inhibition of Selected Fungi by Chitosan and Plant Extracts. Mex. J. Phytopathol. 22.***
- 83) ***Postharvest application of brassica meal-derived allyl-isothiocyanate to kiwifruit: effect on fruit quality, nutraceutical parameters and physiological response. Luisa Ugolini1 • Laura Righetti1 • Katya Carbone2 • Roberta Paris1 • Lorena Malaguti1 • Alessandra Di Francesco3 • Laura Micheli4 • Mariano Paliotta2 • Marta Mari3 • Luca Lazzeri***
- 84) ***Brassica meal-derived allyl-isothiocyanate postharvest application: influence on strawberry nutraceutical and biochemical parameters - Running title: Allyl-isothiocyanate influence on strawberry nutraceutical and biochemical parameters Luisa Ugolini, Eleonora Pagnotta, Roberto Matteo, Lorena Malaguti, Alessandra Di Francesco, Luca Lazzeri.***
- 85) ***Gli oli essenziali nella difesa in post-raccolta dei prodotti frutticoli Davide Spadaro, Jorge Giovanni Lopez-Reyes, Maria Lodovica Gullino, Angelo Garibaldi. <http://www.aipp.it/UserFiles/File/Incontri%20Fitoiatrici%202012/Incontri-fitoiatrici-2012-Spadaro-LopezReyes-Garibaldi-Gullino.pdf>***
- 86) ***www.gasbo.it/content/le-sostanze-usate-nei-trattamenti-post-raccolto.***



4. GESTIONE RESIDUI

Utilizzo dei sottoprodotti

1. Premessa

La scarsa disponibilità di risorse e l'elevata produzione di rifiuti pone il tema della valorizzazione dei sottoprodotti agricoli e agroindustriali al centro del dibattito sull'economia circolare. Il settore primario può infatti fornire un contributo strategico come bacino di risorse residuali che ogni anno è possibile rigenerare nei campi e nei distretti di trasformazione agroindustriale. Nonostante il corretto reimpiego dei sottoprodotti nei cicli produttivi (agricoli ed industriali) sia un orientamento ampiamente condiviso a tutti i livelli, l'ambigua e complessa normativa europea e italiana che ne regola le dinamiche non ha certo facilitato l'attivarsi di pratiche virtuose. Nella scheda relativa, l'argomento verrà trattato dal punto di vista sia normativo che legale, a partire dalla corretta definizione merceologica che distingue un sottoprodotto da un rifiuto. In questa scheda, invece, la tematica sarà affrontata come opportunità per le aziende agricole e agroalimentari.

2. Gli scarti ortofrutticoli in Italia

In Italia il comparto della frutta e verdura ha un valore superiore a 13,7 miliardi di euro nel 2016 (+1,4% sul 2015), a fronte di prezzi stabili nell'ultimo triennio (dati GfK, elaborati da Cso Italy per Macfrut Consumers' Trend).

Il progetto Save dell'Università di Messina, finanziato dal MIUR nell'ambito del programma Smart Cities (87), ha verificato che in Italia gli scarti nel settore alimentare ammontano annualmente a circa 180 kg/procapite di cibo (circa 11 milioni di t/anno), di cui il 60% è rappresentato da ortofrutta.

Da un punto di vista economico, Confagricoltura stima che in Italia vengono dissipati quasi 13 miliardi di euro ogni anno in derrate alimentari che non vengono consumate e che spesso terminano il loro ciclo in discarica.

Secondo un'analisi di Federalimentare (88), nel 2017 la dimensione economica della gestione dei sottoprodotti derivanti dall'industria agroalimentare è rilevante, costituendo, in media, il 2-3% dell'intero volume dei prodotti "secchi" ed il 7-10% dei prodotti "umidi". Il valore commerciale, diretto e indiretto, dei materiali derivanti dal circuito produttivo e commerciale e destinati a successivo utilizzo - principalmente all'alimentazione zootecnica e al settore energetico (biogas, pirolisi ecc.) - è stimabile intorno ai 300 milioni di euro l'anno. Della produzione complessiva di scarti, si stima che la frazione già destinata al reimpiego corrisponda a un ammontare che va dal 26% al 43%, per le colture erbacee, e che sia pari al 5% per quelle arboree. Nel complesso si tratta quindi di una mole di scarti considerevole, anche non considerando la quota che già viene destinata al riutilizzo aziendale.

Nell'ambito del progetto europeo ENABLING, finalizzato a promuovere lo sviluppo dell'industria *bio-based*, è stata stimata per l'Italia una disponibilità potenziale di sottoprodotti agricoli ed agroindustriali che si aggira intorno ai 25 milioni di tonnellate annue per il 2018 (tab. 1). I sottoprodotti considerati comprendono i residui delle operazioni di campo (paglie, potature, stocchi,



ecc.) e gli scarti dell'industria agroalimentare derivanti dalla trasformazione di materie prime agricole (sanse, vinacce, pastazzo, borlande, lolla, ecc.).

Tab. 1 – Stime dei residui annui nel settore agricolo e agroindustriale nazionale

AREE	RESIDUI			
	Agricoli t/anno	Agroindustria t/anno	Totali t/anno	%
Nord Italia	13.132.966	1.228.249	14.361.215	57,5
Centro Italia	3.316.313	317.929	3.634.242	14,6
Sud e Isole	5.445.309	1.531.198	6.976.508	27,9
ITALIA	21.894.588	3.077.377	24.971.965	

Fonte: elaborazioni ITABIA su dati Istat 2017

3. Possibilità di utilizzo dei sottoprodotti ortofrutticoli

I sottoprodotti (ortofrutticoli), generati a livello sia di aziende agricole, sia di imprese agroindustriali, comportano costi significativi per le aziende quando sono trattati come rifiuto, mentre, al contrario, possono essere un'opportunità per produrre nuove fonti di reddito se destinati a nuove filiere di produzione. Le possibilità di utilizzo dei sottoprodotti agricoli (detti di seguito anche biomasse) sono d'altronde ampie e variegata e riguardano diversi settori, come la stessa agricoltura, dove possono essere usati:

nella mangimistica. Possono infatti essere utilizzati per la produzione di mangimi per animali da allevamento e da compagnia (polpa di barbabietola da zucchero, glutine di mais, cereali impiegati per la produzione della birra, siero del latte, sottoprodotti della trasformazione delle carni, pannelli dell'industria olearia, ecc.);

per l'ottenimento di prodotti innovativi da utilizzare come mezzi tecnici per il settore agricolo (biofertilizzanti, compost, biomasse in grado di rilasciare molecole attive da utilizzare come fitofarmaci o corroboranti);

nell'industria, dove possono avere un ruolo rilevante per l'ottenimento di componenti utili nelle industrie farmaceutica e cosmeceutica e in quelle alimentare e nutraceutica (in particolare per additivi e integratori quali glutine, germe, fibre, ecc.) o, ancora, nelle cartiere, per la produzione di particolari tipi di carta.

Infine, i sottoprodotti possono costituire materia prima per la produzione di:

- Bio-Prodotti (*Bio-Based-Products*) che comprendono una vasta gamma di filiere di produzione, dalle bio-plastiche ai biopolimeri, dai prodotti per la bioedilizia alle fibre naturali, alle vernici naturali, fino all'*active packaging*;
- biocombustibili e biocarburanti.

L'approccio alla valorizzazione dei sottoprodotti può essere di tipo diverso e interessare la stessa azienda che li ha generati oppure unità produttive distinte. Può inoltre prevedere la definizione di uno o più prodotti. La possibilità di integrare processi di conversione della biomassa di natura chimica, fisica o microbiologica al fine di ottenere un ampio spettro di prodotti ad alto valore aggiunto⁴⁹ si ha nelle cosiddette **bioraffinerie** (89; 90; 91) che utilizzano il valore del grande mercato

⁴⁹ Prodotti chimici, cosmetici o nutraceutici, nuovi materiali, alimenti, mangimi o prodotti energetici come biometano e biodiesel, energia elettrica e calore



dei biomateriali e rispondono alla necessità di un corretto smaltimento dei residui agricoli e agro-industriali (92). In particolare, nelle bioraffinerie integrate sul territorio, le biomasse vengono separate nelle loro diverse componenti e indirizzate verso specifiche filiere produttive che alimentano settori di mercato innovativi. Inoltre, per ridurre la dipendenza dai combustibili fossili, il processo di produzione garantisce l'integrazione tra le diverse fasi, riducendo al minimo le spese di trasporto e lo sfruttamento delle risorse locali (93).

Un approccio diverso al problema della gestione degli scarti agricoli e agroalimentari si ha nella **simbiosi industriale** (94), una forma di intermediazione che facilita la collaborazione tra aziende, in modo che i rifiuti prodotti da una di esse possano essere utilizzati come materie prime per un'altra, ottenendone un mutuo vantaggio. Si tratta di una strategia per la chiusura dei cicli delle risorse e per l'ottimizzazione del loro uso all'interno di uno specifico ambito economico territoriale che si realizza attraverso la collaborazione tra diverse imprese facilitata dalla loro prossimità geografica/economica/tecnologica.

I principali elementi su cui puntare per attivare una simbiosi tra imprese sono:

- la condivisione di *utility* e infrastrutture per l'utilizzo e la gestione di risorse principalmente energetiche, come il vapore, l'energia, l'acqua e i reflui;
- la fornitura congiunta di servizi per soddisfare bisogni accessori comuni alle imprese connessi alla sicurezza, all'igiene, ai trasporti e alla gestione degli scarti e dei rifiuti.

In analogia a quanto avviene negli ecosistemi, attraverso la riduzione dei rifiuti alla fonte e la creazione di legami di chiusura dei cicli, la simbiosi industriale è in grado di disegnare un sistema industriale caratterizzato da rapporti di interdipendenza funzionale, in cui i prodotti di scarto di una linea di lavoro diventano un prezioso input per le altre linee. In questo modo, si può arrivare a configurare un sistema produttivo circolare, nel quale scompare il tradizionale concetto di rifiuto, poiché "i materiali oggetto di scambi ... non sono mai rifiuti in nessun momento della loro esistenza, ma sempre beni economici" (Di Fidio, 1995, p. 13) (95).

3.1 Filiere innovative basate sull'uso di sottoprodotti dell'ortofrutta

Sottoprodotti da frutta

Cartamela e Appleskin. Il Trentino Alto Adige è la regione produce oltre la metà delle mele del territorio nazionale, e dove gli scarti generati dalla filiera delle mele sono ogni anno pari a circa 500.000 tonnellate, (96).

Per l'utilizzo dei sottoprodotti della lavorazione delle mele sono stati realizzati due importanti brevetti nel 2009 dall'azienda Frumat: (informazione diretta):

- la Cartamela, prodotto *bio-based* ottenuto attraverso l'unione tra cellulosa e fibre di mela, con cui si realizza prodotti diversi, come carta destinata a utilizzi vari, sacchetti biodegradabili, *packaging* (<http://www.rotocart.it/cartamela/>);
- Appleskin, materiale ecosostenibile e biodegradabile in grado di sostituire pelle e cuoio nel settore della moda e dell'arredamento. Appleskin contiene il 76 % di farina di mele, estratta da bucce e torsoli essiccati, miscelata con acqua e collante naturale. Il materiale è stato sviluppato e realizzato a Prato da un'azienda del distretto ed è già commercializzato in tutto il mondo.



Poltrone rivestite in appleskin, az. Life Style di Taiwan (Foto Sofia Mannelli)

Wineleather, pelle vegetale. In Italia si producono ogni anno 53 milioni di quintali di uva, pari a 45 milioni di ettolitri di vino e mosto di cui, approssimativamente, il 20% è composto dai residui solidi della vinificazione (OIV, Office International de la Vigne et du Vine). Ciò significa che la quantità di scarti dell'industria enologica italiana è di circa 8 milioni di quintali di vinacce (di cui il 15% vinaccioli, pari a 1,2 milioni di quintali) e 2 milioni di ettolitri di fecce (92).

Questi scarti possono essere recuperati ed utilizzati per ottenere numerosi prodotti⁵⁰, tra cui la pelle vegetale Wineleather. Grazie a uno speciale trattamento delle fibre e degli oli contenuti nella vinaccia, (7 milioni di tonnellate di vinaccia) si possono produrre circa 3 miliardi di m²/anno di pelle Wineleather, con tra l'altro un impiego di acqua praticamente nullo (contro i 240 litri di acqua necessari per un metro quadro di pelle animale) e senza gli impatti negativi sugli ecosistemi creati dalle industrie produttrici di pelle animale tradizionale (97).

A certificare la qualità della pelle vegetale Wineleather è stato il premio del colosso della moda H&M (Hennes & Mauritz), il 'Global change award', considerato il premio internazionale più importante dell'economia circolare e dell'innovazione nel *fashion business*.

Fruit leather. Il progetto è stato ideato da un team di giovani designer di Rotterdam che hanno deciso di ridurre gli sprechi di frutta e verdura e abbattere i costi per il loro smaltimento, dando loro una nuova vita. Il risultato di un processo di produzione piuttosto semplice (sminuzzamento parti solide, bollitura e asciugatura in piano) fornisce la Fruit Leather, un materiale molto simile alla pelle, da utilizzare nella moda e nell'arredamento.

Piñatex. Si tratta di un tessuto similpelle ottenuto dalla lavorazione delle fibre ricavate dalle foglie di ananas attraverso un processo di decorticazione. È utilizzato per produrre accessori per abbigliamento - ma anche per smartphone - ed elementi d'arredo. Si tratta di un tessuto piuttosto resistente, biodegradabile e ottenuto da un processo ecologico. Inoltre, le fibre utilizzate rappresentano solo il 5% della foglia, per cui i residui della decorticazione possono essere convertiti

⁵⁰ Come: fertilizzanti, compost, mangimi, materiale adsorbente, composti antiossidanti, agenti antimicrobici, integratori alimentari, farina e olio per uso alimentare e cosmetico, coloranti, tartrato di calcio, acido tartarico naturale



in fertilizzante organico o biogas. Sono sufficienti circa 500 foglie di ananas per produrre 1 m² di tessuto, che costa il 30% in meno della pelle, pesa 4 volte di meno e viene lavorato senza tessitura. Il suo costo è di circa 23 €/m². Piñatex può essere tinto, stampato e a seconda della lavorazione si ottengono diversi tipi di consistenza. Il materiale è traspirante, leggero ed elastico e testato secondo gli standard ISO internazionali per la resistenza alla luce e la tenuta dei colori.

Diverse aziende, Puma e Camper fra quelle più note, hanno dimostrato interesse per il materiale e già lo utilizzano per alcune produzioni di nicchia.

Oltre alla sostenibilità ambientale, il valore del progetto è anche sociale, in quanto la raccolta e la vendita delle foglie di ananas (normalmente lasciate marcire in campo come fertilizzante) costituisce una fonte di guadagno ulteriore per le aziende agricole.

Carta. Un'azienda veneta, la Cartotecnica Favini ha attivato un processo di produzione della carta che permette di utilizzare i sottoprodotti di lavorazioni agro-industriali, sostituendo fino al 15% di cellulosa da alberi. Le materie prime utilizzate in una delle linee di produzione (CRUSCH) sono i residui della lavorazione di agrumi, uva, ciliegie, lavanda, mais, olive, caffè, kiwi, nocciole e mandorle, mentre nella linea Shiro Alga Carta impiega le alghe della laguna di Venezia destinate alla discarica.

Sottoprodotti da orticole

Mangimi di qualità. Il progetto della Start Up Save è stato realizzato attraverso un accordo con la catena di supermercati Despar in Sicilia. L'obiettivo di Save è trasformare gli scarti del cibo di scarto (in particolare frutta e verdura) per poi disidratarlo trattarlo, e trasformarlo in mangime di qualità per gli animali. Gli scarti di frutta e verdura vengono mescolati alla paglia creando un insilato di ortofrutta, che viene lasciato riposare in apposite trincee per 40 giorni fino alla sua fermentazione totale. A quel punto si ottiene un prodotto sano, nutriente (con il 18% di proteine, ben sei punti percentuali in più rispetto ai mangimi tradizionali) e gustoso per gli animali (analisi condotte sui vitelli hanno dato riscontri superiori alle medie (98).

Coloranti per la bioedilizia. La Startup Naturalmente Colore S.r.l.s., spin-off accademico dell'Università degli Studi di Salerno, opera nel settore dell'economia circolare, in particolare della bioedilizia, per la messa a punto di prodotti quali pitture, tonachini, marmorini a base di calce, colorati esclusivamente con piante spontanee e/o residui di coltivazione caratteristici di un territorio. Per la ristrutturazione del Museo del Suolo, sono state riutilizzate le brattee del carciofo bianco di Pertosa - presidio Slow Food (SA) - la cui lavorazione prevede l'utilizzo di una elevata quantità di biomassa. Tra le attività dello spin-off segnaliamo anche la collaborazione con l'azienda Gaia GB Agricola (Montoro, AV) sui residui (tuniche esterne) di lavorazione della cipolla ramata di Montoro, anch'essa presidio Slow Food ed eccellenza del territorio campano, per la preparazione di rivestimenti colorati (colorazione di pitture ecologiche, a base di calce). Naturalmente Colore ha ricevuto il premio Campione dell'economia circolare, Treno Verde, Legambiente 2017.

Foodscares è un progetto che, a partire da scarti di carote, arachidi e amido di patate biologiche, realizza ciotole che dopo l'utilizzo possono essere disciolte in acqua fungendo da concime.

Vipot utilizza le bucce del riso scartate durante il processo di raffinazione per realizzare piatti certificati ad uso alimentare, lavabili in lavastoviglie e biodegradabili.

Sottoprodotti da pomodoro

Il pomodoro è una delle specie orticole più coltivate al mondo, grazie alla facilità di trasformazione e conservazione che lo rende disponibile per quasi tutto l'anno. L'Italia è il principale produttore europeo, con oltre 5 milioni di tonnellate (www.wptc.to).

L'industria di trasformazione del pomodoro produce considerevoli quantità di sottoprodotti, corrispondenti a circa il 2-5% della massa in ingresso all'industria di trasformazione; la parte



predominante è costituita dalle buccette e dai semi, che attualmente vengono utilizzati nell'insilato per alimentazione bovina (animali da ingrasso o da rimonta) o suina (99).

Questi sottoprodotti rappresentano un'eccellente fonte di sostanze nutrizionali e nutraceutiche potenzialmente utili all'uomo e interessanti per l'industria agroalimentare per il contenuto in carotenoidi, proteine, zuccheri, fibre, cere e oli. Inoltre, una componente particolarmente interessante del pomodoro è rappresentata dagli antiossidanti: vitamina C, provitamina A, vitamina E e composti fenolici, tra i quali flavonoidi e acidi fenolici (99).

Nella buccia, in particolare, sono contenuti due composti ad attività antiossidante, appartenenti alla classe dei carotenoidi: il licopene e il β carotene. In essa è inoltre presente anche la fibra.

Dai semi del pomodoro è possibile estrarre un olio ricco di acidi grassi insaturi, presenti in una frazione di circa l'80% sul totale della materia grassa (variabile tra 15-30%). Nella porzione insatura, troviamo principalmente l'acido linoleico, oleico e palmitico, che hanno mostrato un effetto inibitore nei confronti della fosfolipasi responsabili dell'avanzamento dell'aterogenesi.

L'utilizzo dei sottoprodotti del pomodoro ha inoltre consentito di ottenere i seguenti prodotti:

Bioresina. Nell'ambito del progetto europeo BiocopacPlus (BIO-based COating for PACkaging) (ideato dalla Stazione sperimentale per l'industria delle conserve alimentari di Parma), dalla cutina estratta dalle bucce di pomodoro, è stata ottenuta una bioresina da utilizzare per il rivestimento delle lattine a uso alimentare in alternativa alle vernici chimiche. Tale bioresina, già brevettata, è nell'attuale fase sottoposta ai test previsti per poter passare alla successiva fase di produzione industriale che si prevede operativa fra circa due anni.

Plastiche biodegradabili. Dalle bucce di pomodoro avanzate dalla lavorazione delle industrie conserviere, possono essere estratti i polisaccaridi per produrre materiale plastico biodegradabile per la creazione di teli per la copertura delle serre o dei campi, imballaggi, contenitori, film bioplastici (www.openfields.it). Le caratteristiche chimico-fisiche dei polisaccaridi estratti sono molto interessanti, in quanto presentano un alto peso molecolare, buona resistenza alla temperatura, elasticità e viscosità (100).

Pneumatici rinforzati con polvere di bucce di pomodoro. La polvere ottenuta dall'essiccazione e la macinazione del guscio delle uova e della buccia del pomodoro è stata utilizzata, dai ricercatori della Ohio State University, come rinforzo nella miscela degli pneumatici. Attualmente si utilizza a questo scopo il nero di carbonio, prodotto derivato dal petrolio che costituisce circa il 30% delle gomme per auto, con un impatto ambientale significativo.

Il mix di nero di carbonio e bucce di pomodoro realizzato aumenta la resistenza dello pneumatico, mantenendolo allo stesso tempo estremamente elastico. In futuro si spera di sostituire interamente il nero di carbonio con una miscela di scarti alimentari.

Prodotti per la bioedilizia. Mogu (in giapponese, fungo) è una start up specializzata nell'utilizzo di sostanze naturali per la produzione di materiali sostenibili per la bioedilizia (101; 102). In particolare, Mogu usa scarti agricoli e alimentari (paglia di riso, fondi del caffè e buccia di pomodori e patate), per nutrire particolari tipi di funghi, ottenendo un biomateriale leggero come il polistirolo e biodegradabile, impermeabile e resistente alla fiamma, sostitutivo delle terracotte.

Sottoprodotti da agrumi

Tessuti. OrangeFiber (103) è un'azienda italiana costituita nel 2014 che ha brevettato e produce tessuti sostenibili per la moda a partire dal pastazzo, sottoprodotto della spremitura industriale delle arance. Annualmente vengono prodotte 600.000 t di pastazzo destinato allo smaltimento (104), che rappresentano il 40% degli agrumi raccolti in Sicilia.



Un rifiuto ingombrante, difficile da smaltire e costoso (30 €/t a carico dei produttori) e che si pone come un problema per l'intera filiera agrumicola. Per l'ottenimento della fibra, la prima parte della trasformazione avviene in Sicilia, dove la cellulosa atta alla filatura viene separata, per essere poi inviata in Spagna, dove un'azienda partner la trasforma in filato. Quest'ultimo, infine, rientra in Italia, dove viene trasformato nel prodotto finito presso una tessitura comasca (105).

Grazie all'utilizzo delle nanotecnologie si è ottenuto un filato cosmetico ed "intelligente", in quanto nelle fibre del tessuto sono state inserite delle microcapsule contenenti oli essenziali di agrumi e vitamina A e C a lento rilascio. Da qui è nata una stretta collaborazione con Ferragamo, che ha dato luogo alla Ferragamo Orange Fiber Collection, un tessuto innovativo e sostenibile simile all'acetato di cellulosa.

La start up è stata insignita del Premio Gaetano Marzotto come migliore startup italiana. Ha inoltre ottenuto la menzione speciale Working Capital e ormai è quotata in borsa a Wall Street.

Cosmetici. Sono prodotti dalla GOEL Bio Cosmethical, un laboratorio che opera nel settore della biodetergenza, a partire dagli agrumi e dall'olio di oliva bio. EcoBio Dermocosmesi frutto della ricerca cosmetica di GOEL è affidato per la gestione produttiva alla cooperativa sociale I.D.E.A. di Polistena, che inserisce a lavoro giovani provenienti da percorsi di disagio.

In quest'ambito citiamo anche la Fi.li.cos (Filiera del Limone Costa d'Amalfi, azienda che opera nel settore della cosmesi utilizzando foglie e frutti (non commercializzabili) del limone IGP Costa d'Amalfi. A tal fine ha realizzato la caratterizzazione chimica delle frazioni volatili e l'ottimizzazione dei metodi estrattivi relativi alla frazione flavonoidica, di grande rilevanza in cosmesi. L'idea è nata dalla necessità di risolvere un problema – molto sentito dalle aziende agricole di produzione di limoni per l'industria dolciaria e liquoristica – legato ai costi di smaltimento dei sottoprodotti (foglie e limoni "imperfetti"). L'innovazione apportata all'intero sistema produttivo, oltre ai risparmi attesi, ha esteso la nicchia di mercato a prodotti di importante valore aggiunto (106).

Sottoprodotti da frutta in guscio

In Italia l'impiego dei gusci di nocciole, noci e mandorle per scopo energetico è quello attualmente prevalente, mentre il loro utilizzo come pacciamante dei terreni è un'interessante alternativa sperimentata con ottimi risultati negli Stati Uniti.

Tale successo è connesso ad alcune caratteristiche di questi sottoprodotti: i gusci delle nocciole, ad esempio, si degradano più facilmente di altri materiali pacciamanti, non determinano cambiamenti di acidità o di composizione del terreno e – per la loro forma – trattengono meglio l'acqua mantenendo il suolo umido per tempi più lunghi. Altri utilizzi degli scarti della lavorazione delle nocciole riguardano il perisperma tostato, attualmente utilizzato come lettiera nell'allevamento dei cavalli, ma destinabile anche a scopo farmaceutico e per l'estrazione di sostanze antiossidanti (studi in corso).

Infine, nel caso in cui il frutto venga destinato alla produzione di olio (mercato in crescita), si ottiene come sottoprodotto una farina disoleata, con peculiari caratteristiche (aromaticità, ridotta percentuale di olio residuo, basso costo), richiesta dall'industria alimentare (107). Infine, il Politecnico di Torino ha studiato la possibilità di utilizzare il guscio di mandorla come aggregato naturale nel termointonaco per l'incremento dell'efficienza energetica dell'edificio e del comfort indoor (108).

Sottoprodotti dal fico d'India

I residui della potatura dei fichi d'India (*Opuntia ficus indica*) sono costituiti dalle pale (cladodi) che possono arrivare fino a 600 quintali/ha per anno. Da questi si possono ottenere numerosi prodotti ad elevato valore aggiunto nei settori: novel food, nutraceutica, cosmetica, fitoterapia, bioedilizia, bio-



remediation. L'azienda Bioinagro Licata (AG), dopo molte sperimentazioni e ricerche condotte sul fico d'india in Sicilia, ha ricavato le seguenti tre frazioni d'interesse nella sfera "salute e benessere":

- Succo intero di cladodi
- FibreNopal bio Estratto concentrato / secco di Fibra NI
- MuciNopal bio Estratto concentrato / secco di Mucillagine

La filiera attivata è in forte espansione. Infatti, nell'ultimo anno i conferimenti di cladodi alla Bioinagro - provenienti in gran parte dai circa 2.000 ettari di fico d'India coltivati a San Cono (Catania) -, sono passati da 50 tonnellate annue nel 2017 alle 350 attuali.

Viene ricavata dalle pale del fico d'India, inoltre, la fibra Sikilandi® che, lavorata prevalentemente a mano, produce una similpelle porosa, irregolare, leggera e resistente utilizzata per rivestire superfici di elementi di arredo (tavoli, sedie e cornici).

3.2 Active packaging

Al fine di garantire le caratteristiche qualitative richieste dai consumatori, sono stati introdotti di recente gli imballaggi funzionali, che permettono cioè una protezione attiva del prodotto: il cosiddetto *active packaging* consente l'interazione tra prodotto e ambiente al fine di prolungare la vita commerciale dell'alimento, migliorare la sicurezza e le proprietà sensoriali del prodotto, non modificando le sue caratteristiche intrinseche e la sua qualità.

L'imballaggio attivo ha la capacità di regolare la concentrazione delle sostanze contenute e rilasciate dagli alimenti (ossigeno, umidità, etilene, ecc.) e, più in generale, di migliorare la qualità degli alimenti anche mediante il rilascio di antimicrobici, antiossidanti o altre sostanze utili (109).

Diverse prove applicative sull'efficacia di estratti da residui ortofrutticoli sulla funzionalità di imballaggi innovativi hanno dato buone risposte (110).

Sono stati studiati, per esempio, gli effetti dell'uso di tannini ricavati dagli steli scartati dalla lavorazione della frutta, oppure il recupero di acido tannico dai semi di mango: il contenuto fenolico di questi sottoprodotti ha dimostrato di essere un ottimo antimicrobico e antiossidante, utile per estendere la *shelf life* (ovvero la vita commerciale) del pesce (Widsten et al., 2014).

Anche la frazione polifenolica della buccia di mela congelata o essiccata ha mostrato di salvaguardare il contenuto degli acidi grassi polinsaturi nell'olio di pesce, mentre i polifenoli estratti dalle acque di vegetazione prodotte nei frantoi hanno dimostrato un'attività antimicrobica.

3.3 Biogas e Biometano

In Italia il biogas (e in prospettiva il biometano) ottenuto da sottoprodotti agricoli e rifiuti organici, costituisce ormai una realtà solida sotto i profili tecnologico, normativo e culturale. Il nostro Paese – con oltre 1.500 impianti agricoli di digestione anaerobica – è secondo in Europa, dopo la Germania (oltre 8.000 impianti) Fonti Consorzio Italiano Biogas. La filiera del biogas nazionale è un'eccellenza, oltre che per numero delle realizzazioni, per livello di sostenibilità raggiunto. In Italia, esiste la possibilità di ottenere la certificazione volontaria "biogas-fatto-bene"; questa viene rilasciata a impianti di digestione anaerobica, perfettamente integrati all'azienda agricola, alimentati con colture di integrazione e sottoprodotti agricoli. Sono così migliorate le competenze in ambito biotecnologico nella gestione dei digestori, è aumentato l'utilizzo di effluenti zootecnici e sottoprodotti agricoli e agroalimentari, riducendo il ricorso a colture alimentari (es. mais). Il digestore oltre a produrre energia rinnovabile programmabile produce il digestato un fertilizzante organico da restituire al suolo (111).



3.4 Compostaggio

Come per il biogas da digestione anaerobica, il compostaggio è un'opportunità di utilizzo dei residui delle attività agricole, in particolare dei sottoprodotti della filiera orticola. La produzione di compost in ambito agricolo andrebbe quindi incentivata facilitando la creazione di impianti di compostaggio aziendali.

In tale ambito, il progetto Life CarbOnFarm, realizzato in Campania, ha lavorato su una tecnologia innovativa per incrementare la stabilità del compost e ridurre le perdite di sostanza organica. Questa si basa sull'uso di prodotti della chimica verde eco-compatibili e che presentano una maggiore versatilità e persistenza rispetto ai sistemi enzimatici naturali (112).

4. Limiti dell'applicazione

Sulla gestione dei residui, vi sono molte opportunità di sviluppo relativamente alla grande disponibilità delle matrici, alle politiche europea e nazionale, alla possibilità di creare simbiosi industriali. Di contro, i limiti sono rappresentati da una certa ambiguità normativa, dalle ridotte dimensioni dell'offerta che non permette un aumento di scala degli impianti, la difficoltà d'accesso al finanziamento, il basso livello di trasferimento tecnologico delle innovazioni. Vi sono poi dei limiti tecnici all'uso dei residui come: la stagionalità della loro disponibilità, l'alta deperibilità dei sottoprodotti liquidi e/o solidi (freschi e insilati), la possibilità di trovare nei residui tracce di fitofarmaci e metalli pesanti del suolo. Infine vi sono scarse conoscenze sul valore nutrizionale ed energetico di molti sottoprodotti utilizzabili nelle filiere, a causa della grande variabilità dei componenti in funzione dei materiali di partenza e del tipo di processo.

Bibliografia

- 87) https://www.smau.it/napoli15/success_stories/messina-la-seconda-vita-dei-rifiuti-dellortofrutta/
- 88) *I sottoprodotti dell'Industria alimentare* - <http://www.federalimentare.it/Documenti/Sottoprodottidell'IndustriaAlimentare.pdf>
- 89) *Clark J.H. and Deswarte F.E.I. (2008). The biorefinery concept– an integrated approach. p. 1–20. In J.H. Clark and F.E.I. Deswarte (ed.) Introduction to chemicals from biomass. Wiley series in renewable resources. Wiley, Padstow, UKD'Avino et al., 2010*
- 90) *IEA (2008). IEA (International Energy Agency) Bioenergy Task 42 on Biorefineries. http://www.biorefinery.nl/ieabioenergy-task42/ 17/10/2012.Fahd et al., 2011*
- 91) *Fahd S., Fiorentino G., Mellino S., Ripa M. and Ulgiati S.(2011). Biorefinery implementation in marginal land a focus on the multifunctional use of regional agriculture. Proceedings of the Conference "Trends and Future of Sustainable Development" 9-10 June 2011, Tampere, Finland Guimarães et al., 2010.*



- 92) **Novello V. 2015. Filiera vitivinicola: valorizzare residui e sottoprodotti. L'Informatore Agrario. 33/2015.**
- 93) **www.wptc.to**
- 94) **La simbiosi industriale come applicazione dell'economia circolare in agricoltura. Marco La Monica, Laura Cutaia, Silvio Franco - Agriregionieuropa anno 10 n°39, Dic 2014 - <https://agriregionieuropa.univpm.it/it/content/article/31/39/la-simbiosi-industriale-come-applicazione-delleconomia-circolare-agricoltura>**
- 95) **<https://agriregionieuropa.univpm.it/it/content/article/31/39/la-simbiosi-industriale-come-applicazione-delleconomia-circolare-agricoltura>**
- 96) **<https://www.pressreader.com/italy/corriere-dellalto-adige/20180825/281479277273693>**
- 97) **<https://www.treedom.net/it/blog/post/wineleather-la-pelle-vegetale-creata-dal-vino-2093>**
- 98) **<https://www.greenplanetnews.it/frutta-e-verdura-diventano-mangime/>**
- 99) **Cuna D., Pallara P., Miceli V. (2018), Sottoprodotti dell'industria di trasformazione del pomodoro e tecnologie per la loro valorizzazione. RT-2018-07-ENEA.**
- 100) **Tommonaro G., Poli A., De Rosa S. and Nicolaus B. (2008), Tomato Derived Polysaccharides for Biotechnological. Molecules, 13: 1384-1398; DOI: 10.3390/molecules13061384 ISSN 1420-3049**
- 101) **<http://www.italiafruit.net/DettaglioNews/37002/in-evidenza/scarti-ortofrutticoli-al-centro-della-filiera-del-recupero>**
- 102) **<https://www.economyup.it/innovazione/economia-circolare-7-progetti-italiani-per-un-uso-intelligente-degli-scarti/>**
- 103) **<http://orangefiber.it/>**
- 104) **<http://sito.entecra.it/portale/public/documenti/Risultati/efd90fc3-9cc2-5352-e03c-5791d75da4b2.pdf>**
- 105) **<http://www.economicircolare.com/pfitemfinder/orange-fiber/>**
- 106) **http://www.agricoltura.regione.campania.it/pubblicazioni/pdf/Ortofrutticolo_print.pdf**
- 107) **GAL BASSO MONFERRATO ASTIGIANO. I.C. LEADER + AZIONE 1.1. PROGETTI DI FILIERA ED INTEGRAZIONE INTERSETTORIALE Intervento a)1 – Progetti di Filiera. La Filiera della Nocciola .VOLUME 2**
- 108) **https://webthesis.biblio.polito.it/5005/1/34894_it_abs.pdf**
- 109) **Park H. J., Young J.B., Young T.K., Whiteside W.S., Bae H.J. (2014), Processes and Applications for Edible Coating and Film Materials from Agropolymers. Innovations in Food Packaging, 2(10).**
- 110) **http://tesi.cab.unipd.it/48701/1/Bortoli,_Mara.pdf**
- 111) **<https://www.qualenergia.it/articoli/come-si-arrivati-al-biogas-fatto-bene-e-quanto-ce-ancora-da-fare/>**
- 112) **La produzione di compost nell'azienda agricola. Life+ Environment Policy and Governance LIFE CarbOnFarm progetto LIFE12 ENV/IT/000719**



5. PACKAGING

Bioplastiche per food-packaging compostabile

1. Premessa

Il *food-packaging* è un tema di grande importanza e attualità che interessa non solo il rapporto tra imprese e consumatori, per i quali il *packaging* costituisce uno strumento di comunicazione oltre che di protezione (sicurezza alimentare), ma riguarda anche la collettività quando si consideri l'impatto ambientale conseguente all'uso di materiale che svolge impropriamente le funzioni attribuitegli – generando spreco alimentare – e/o che può derivare dall'impiego di *packaging* non sostenibile.

Sotto il duplice profilo della qualità e della sostenibilità ambientale, il *packaging* dovrebbe almeno garantire⁵¹:

- il rispetto delle funzioni primarie di contenimento, protezione e conservazione del prodotto, garantendo la trasparenza riguardo al ciclo di vita del prodotto e del suo imballo;
- l'utilizzo della minor quantità possibile di materiale senza riduzione della funzionalità del prodotto;
- l'impiego di materie prime rinnovabili e di processi produttivi tali da garantire la compostabilità o quantomeno la riciclabilità del prodotto;
- il rispetto dei principali requisiti di qualità previsti dalla legislazione.

Tra i materiali di imballaggio sostenibili, la bioplastica può avere un ruolo rilevante nel contenere gli impatti ambientali sostituendo le plastiche tradizionali il cui uso è in costante crescita in risposta alle esigenze dei consumatori in termini di sicurezza alimentare e di servizi.

È utile evidenziare che l'European Bioplastic Association, EBA, definisce una bioplastica come “un tipo di plastica che deriva da materie prime rinnovabili oppure è biodegradabile o ha entrambe le proprietà, ed è inoltre riciclabile” (113).

Tuttavia, le bioplastiche possono non essere ottenute da biopolimeri (avere quindi una base organica come gli zuccheri) ma dalla categoria di polimeri sintetici (origine oligominerale-petrolio) che sono attaccabili da batteri e trasformati in altre sostanze organiche, come la classe dei poliesteri aromatici alifatici.

Esiste poi una categoria di bioplastiche o termoplastiche, noti al mercato come di derivazione sintetica, che invece possono avere origine vegetale, come il poliuretano (PU), il polietilene (PE), la poliammide (PA), che però non sono biodegradabili né compostabili.

Vi è infine la plastica oxo-degradabile, ovvero plastica convenzionale a cui vengono aggiunti additivi che dovrebbero accelerarne la frammentazione per effetto della radiazione ultravioletta o del calore e, successivamente, la degradazione ad opera di microrganismi.

Su tali prodotti, tuttavia, una relazione della Commissione europea del 2018 afferma che “non esiste alcuna prova definitiva che la plastica oxo-degradabile subisca, all'aria, in discarica o nell'ambiente

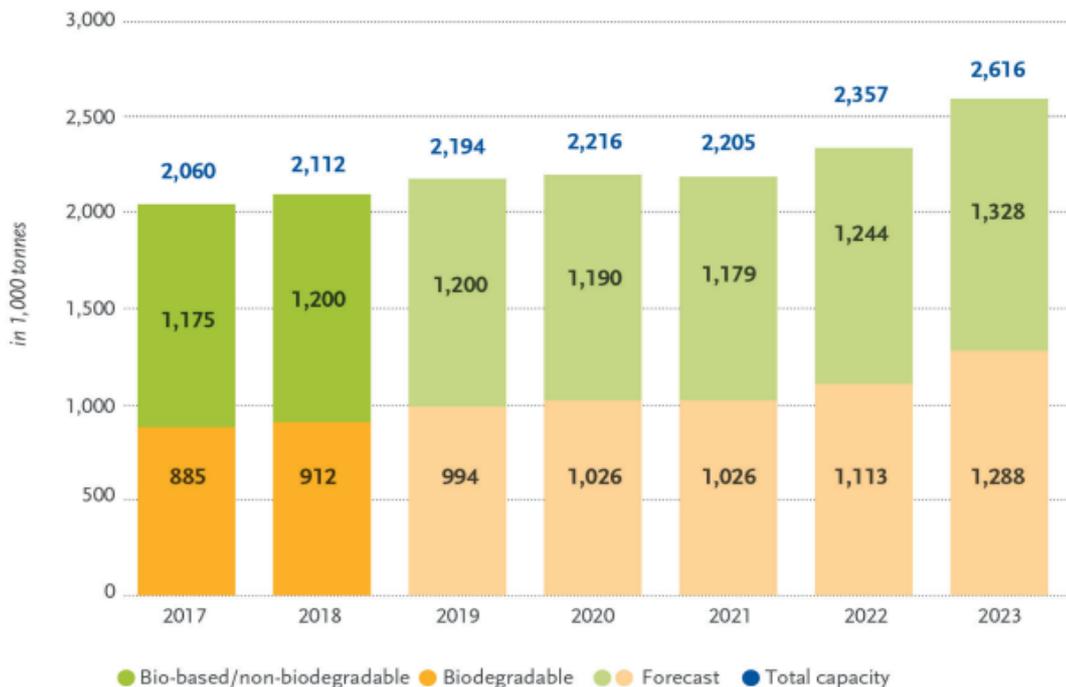
⁵¹Ripreso e adattato da (114).



marino, una biodegradazione completa in un arco di tempo ragionevole”. È inoltre in discussione una direttiva europea che ne vieterebbe l’utilizzo a partire dal 2020.

Di seguito, la figura 1 rappresenta la ripartizione, su scala mondiale, della produzione di bioplastiche (imballaggi e contenitori per i settori agroalimentare, cosmesi, detergenza e igienico-sanitari).

Global production capacities of bioplastics 2018-2023



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2018)
More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Fig. 1 - Capacità di produzione mondiale di bioplastica

2. Il packaging sostenibile: tipologie e utilizzi

Gli imballaggi assolvono primariamente alla funzione di proteggere, conservare, preservare, trasportare le merci e tra queste gli alimenti. Per uno stesso prodotto confezionato, si possono prevedere diversi livelli di imballaggio:

- Primario: è detto “imballaggio per la vendita” cioè concepito per costituire l’unità di vendita per il consumatore (es.: una scatola di caramelle, una confezione di sottilette, ecc.).
- Secondario: è un imballaggio che, nel punto di vendita (negoziato o supermercato), raggruppa un certo numero di unità di vendita e che può essere o non essere venduto insieme al prodotto (es: film di plastica che avvolge le bottiglie di acqua minerale).



- Terziario: è l'imballaggio che serve per il trasporto di un certo numero di unità di vendita favorendone la manipolazione e proteggendole durante le operazioni di carico e scarico (es; casse, cartoni e cartoncini).

La sostenibilità degli imballaggi dipende dalla quantità di materia utilizzata (riduzione dei rifiuti), dalla omogeneità del materiale utilizzato (facilità di gestione dei rifiuti), e dalla matrice utilizzata. Quest'ultima può essere costituita da materiale organico e inorganico, privo di additivi tossici e inibenti la biodegradazione, più o meno biodegradabili e compostabili (rif. schema di certificazione UNI EN 13432 "Requisiti per imballaggi recuperabili mediante compostaggio e biodegradazione").

L'utilizzo di questo tipo di imballaggi consente:

1. Una maggiore sostenibilità ambientale

I materiali compostabili si trasformano in terriccio ricco di sostanze organiche, il compost, un ottimo ammendante naturale. Il loro utilizzo pertanto risulta in linea con gli indirizzi di sviluppo dell'economia circolare tracciati dall'Europa fin dalla direttiva sugli imballaggi (1994/62/CE) e quindi con l'attuazione – anche in Italia – della nuova Direttiva europea sui rifiuti e di tutto il pacchetto sull'economia circolare entrati in vigore il 4 luglio 2018, che dovranno essere recepite dagli Stati membri entro il 5 luglio 2020.

2. Un minore spreco di risorse

Uno studio condotto da Friends of the Earth Europe e Zero Waste Europe (115) rileva il preoccupante fenomeno per cui, al crescere dello spreco di alimenti, si associa anche quello degli imballaggi. In particolare, lo studio ha rilevato che, tra il 2004 e il 2014, vi è stato un raddoppio dello spreco di cibo e di conseguenza anche delle confezioni di plastica il cui uso è aumentato del 40-50%.

Esistono molti tipi di imballaggi, classificabili in relazione alla composizione⁵² oppure alle caratteristiche (*active, intelligent*, per surgelazione e commestibile), o ancora all'utilizzo⁵³.

Sulla base del materiale di origine, il packaging può inoltre essere distinto tra quelli a base di:

– biopolimero

- Espansi in acido polilattico (PLA): cassette per il pesce, cassette per i latticini con e senza coperchio, vaschette per il gelato da asporto con coperchio, bicchieri monouso isotermitici per caffetteria, frutta umida.
- Mono-materiale flessibile (MATER-BI®, INGEO®, BIOPLAST®, etc.) sacchetti termo-sigillabili, shopper, sacchetti verdure.
- Semirigido in PLA e acetati: flaconi per i detersivi, vasetti per cosmetici.
- Semirigido in PLA o acetati (celluloide): scatoline, vaschette trasparenti regalo e alimenti.
- Multi-materiale flessibile, tecnologia di costruzione molto più complessa, come il laminato carta/PLA per salviette asciutte o per alimenti (pasta, pane), oppure il film semitrasparente PLA o MATER-BI®/tessuto non tessuto da scarti di riso.
- Reti per contenimento frutta in guscio, mitili, ecc.
- Filtri tessuto non tessuto /PLA (tecnologia spunbond⁵⁴ e thermobond⁵⁵).

⁵² Film flessibile mono e multi-materiale, mono e multistrato, film accoppiati PLA-carta, polimero espanso, poli-accoppiati multistrato, compositi, carta e affini, tnt utilizzato in varie tipologie accoppiato e non.

⁵³ Sacchetti e contenitori flessibili o semi-rigidi, cassette isotermitiche, strutture anti-shock, contenitori multistrato assorbenti liquidi dispersi, per conservazione e trasporto di prodotti freschi e conservati per alimentazione umana e animale.

⁵⁴ Lo Spunbond PP è un tessuto non tessuto commerciale composto interamente da polipropilene che trova molteplici applicazioni nel settore agricolo, igienico-sanitario, edile, dell'arredamento.

⁵⁵ Themobond è un collante commerciale rasante a base di resine in dispersione acquosa utilizzato nell'edilizia.



- Tessuto nontessuto, flessibili leggeri: sacchetti multiuso tipo portafrutta, sacchetti monouso tipo thermobond.
- Blisteraggio.

– cellulosa

- Cartacei: carta e multistrato carta/cartone e finestra film PLA (come quelle per il pane).
- Cartone: accoppiato con tessuto non tessuto non tessuto, air-laid assorbente, anti-umidità, con base PLA/cellulosa (poliacrilato di sodio 3-5%) lattice.

Di seguito sono presentati alcune tipologie di imballaggio innovativo e sostenibile oggi in uso.

Supporti per surgelazione:

Si tratta di cartoni rivestiti di bioplastiche, come il MATER-BI®, e il PLA (114).

Gli imballaggi funzionali

Gli imballaggi funzionali possono essere veicolo di accorgimenti, di sostanze in grado di spostare la generica protezione offerta dai materiali di imballaggio verso un intervento mirato e per questo più efficace, mediante il controllo di fenomeni chimici, microbiologici, enzimatici, chimico-fisici, meccanici” (116). Vi sono diverse tipologie di imballaggi funzionali, tra cui:

- L'active packaging

Recentemente la ricerca sta sperimentando un packaging in grado di aumentare la *shelf life* dei prodotti: l'*active packaging* prevede l'impiego di materiale in grado di svolgere una funzione attiva ed aggiuntiva rispetto a quelle tradizionali di contenimento e generica protezione del prodotto. L'obiettivo dell'imballaggio funzionale diventa quindi quello di adattare le prestazioni della confezione alle esigenze particolari di uno specifico prodotto alimentare: l'imballaggio e l'alimento non sono più visti come due entità separate, ma come elementi che possono interagire, perseguendo l'obiettivo di migliorare l'accettabilità del prodotto confezionato (117). La tabella 1 presenta alcuni esempi di *active packaging*.

Per la filiera ortofrutticola sono particolarmente interessanti gli assorbitori di etilene. L'adozione di materiali plastici modificati per aggiunta di composti assorbenti ed attivi nei confronti di etilene o l'inserimento di bustine e sacchetti contenenti i principi attivi, promuovono la rimozione dell'etilene bloccando tutti i fenomeni correlati alla maturazione: respirazione, traspirazione, idrolisi di pectine e di carboidrati. La rimozione dell'etilene avviene per via chimica⁵⁶ – e in tal caso è necessario l'uso di sacchetti di contenimento del materiale utilizzato (vista la sua pericolosità – o per adsorbimento fisico mediante l'impiego di materiali ceramici diversamente attivati e introdotti nella confezione in sacchetti oppure inglobati nella matrice polimerica del materiale di confezionamento.

Recentemente il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-alimentari (Distal) dell'Università di Bologna, ha messo a punto un esempio di *packaging* attivo per il consorzio Bestack che, grazie all'aggiunta nel cartone di oli essenziali naturali ad azione antimicrobica, permette di prolungare la *shelf life* della frutta rallentando i processi di maturazione e senescenza della frutta e riducendo in modo significativo gli sprechi di cibo (118).

⁵⁶ In particolare, per reazione dell'etilene con il permanganato di potassio immobilizzato su differenti minerali (perlite, vermiculite, gel di silice, carbone attivo o celite) nella misura del 4-6%.



Tab. 1 - Esempi di *active packaging*

FUNZIONE	PRINCIPIO ATTIVO	APPLICAZIONE
assorbitori di O ₂	composti ferrosi sali metallici organometallici catecolo catalisi Pd/Pt glucosio ossidasi etanolo ossidasi	Tutti i prodotti
assorbitori di umidità	glicerolo gel di silice argille	CARNI
regolatori di umidità	cloruro di potassio cloruro di sodio	VEGETALI
assorbitori di CO ₂	CaCl ₂ + NaOH CaCl ₂ + KOH	CAFFE'
assorbitori di etilene	ossido di alluminio + potassio permanganato cristobalite carboni attivi zeoliti	VEGETALI
emettitori di etanolo	Etanolo	PRODOTTI DA FORNO
emettitori di CO ₂	acido ascorbico Fe ₂ (CO ₃) ₃ + metallo	VEGETALI

Fonte: *L'imballaggio funzionale: "Active" & "Intelligent" packaging* D. Barbanti

○ L'intelligent packaging

L'imballaggio intelligente rileva e trasmette informazioni relative alle "condizioni del prodotto alimentare imballato o del suo ambiente" (Reg (CE) 1935/2004). Esso può quindi evidenziare lo stato di freschezza del prodotto alimentare o l'eventuale superamento della data di scadenza, può mostrare la temperatura del cibo usando inchiostri termocromatici e può visualizzare la cronologia della temperatura del cibo mediante gli indicatori di temperatura-tempo (TTI). Inoltre, il *packaging* intelligente può essere usato per verificare l'efficacia dei sistemi di imballaggio attivo.

Per quel che riguarda in particolare i TTI, differenti modelli d'indicatori adatti al monitoraggio dei prodotti refrigerati sono ormai disponibili e commercializzati anche nel nostro Paese (tab. 2). Oltre a quelli riportati in tabella, sono proposti dispositivi finalizzati anche alla sorveglianza dei prodotti surgelati, anche se il dibattito sulla relativa efficacia è ancora aperto.

I TTI hanno il duplice vantaggio di economicità e della possibilità di un posizionamento localizzato (sulla confezione di un prodotto, in un veicolo deputato al trasporto, nei display di esposizione) che consente un controllo esteso e ripetuto (117).



Tab. 2 – Esempi di *intelligent packaging* in commercio

NOME COMMERCIALE	PRODUTTORE	PAESE
Indicatori tempo – temperatura		
Fresh-check	Lifelines Technology Inc.	USA
Smartpak	Trigon Smartpak Ltd	UK
MonitorMark	3M Packaging System	USA
I-Point	I-Point Ab	Svezia
Indicatori di ossigeno		
Ageless-Eye	Mitsubishi Gas Chemical Co.	Giappone
...	Toppan Printing Co.	
...	Toagosei Chem. Industry Co.	
...	Finetec Co.	
Indicatori di anidride carbonica		
Tufflex	GS Sealed Air Ltd	UK

Fonte: Commissione europea (2004).

Il packaging commestibile

Tali involucri garantiscono l'assenza di spreco e in alcuni casi contribuiscono all'aspetto organolettico degli alimenti. Involucri commestibili fatti di frutta a guscio e semi sono stati messi a punto all'Università di Harvard per cibi solidi e liquidi (WikiCells e WikiPearls), mentre una tazza da caffè commestibile (Scoff-ee Cup) è stata ideata per la catena di ristorazione statunitense KFC. In particolare, Scoff-ee Cup è composta da un biscotto avvolto in un rivestimento di zucchero e uno strato di cioccolato bianco resistente al calore (non si scioglie al tatto). Le tazze sono aromatizzate con diverse essenze, come olio di cocco, erbe e fiori, allo scopo di emanare profumi piacevoli, associati all'estate (119).

3. Impatto socio-economico e ambientale

Diversi sono gli aspetti sociali ed ambientali legati alla tematica trattata. In questo paragrafo evidenzieremo l'importanza del ruolo del packaging sull'aumento della *shelf-life* dei prodotti e l'importanza, per i consumatori, del prodotto cosiddetto "*eco-friendly*".

L'aumento della shelf-life

La vita commerciale di un prodotto (*shelf-life*) è il periodo di tempo durante il quale un alimento può essere tenuto sullo scaffale, seguendo le corrette modalità di conservazione e utilizzo indicate dal produttore in etichetta, mantenendo le sue caratteristiche di qualità e sicurezza alimentare. Per la maggior parte degli alimenti, la normativa vigente impone di informare il consumatore, indicando in etichetta la data sino alla quale si ritiene che il prodotto mantenga le proprie caratteristiche igienico-sanitarie, qualitative e sensoriali prossime a quelle originarie. Scopo della *shelf-life* è quello di aiutare i consumatori ad utilizzare in modo informato e sicuro gli alimenti, da un lato per prevenire l'insorgenza di potenziali rischi per la salute e dall'altro per evitare sprechi inutili (120).

Il confezionamento è un intervento tecnologico finalizzato alla protezione dell'alimento dai molteplici processi di alterazione responsabili di una riduzione della qualità sensoriale, nutrizionale e igienico-sanitaria. Pertanto, le proprietà e le prestazioni dell'imballaggio svolgono un ruolo fondamentale nella definizione della *shelf-life* di un prodotto confezionato, poiché da esse dipende un possibile controllo dei fenomeni di permeazione tra il microambiente interno della confezione ed il



macroambiente esterno all'imballaggio. Un elevato numero di alterazioni è correlato a scambi gassosi tra alimento e ambiente, che possono ad esempio favorire i processi di ossidazione dei lipidi in presenza di ossigeno, i fenomeni di adsorbimento o desorbimento di umidità con conseguente modificazione della consistenza dell'alimento o lo sviluppo di microrganismi aerobi o anaerobi. Il mondo del confezionamento pone numerose problematiche connesse con la degradabilità dei prodotti. L'obiettivo di realizzare confezioni sempre più funzionali ed aumentare la *shelf-life* degli alimenti impone lo sviluppo di materiali sempre più innovativi. Parallelamente alla necessità di preservare il livello di qualità dei cibi sorge il problema di salvaguardare l'ambiente e quindi di progettare sistemi di *packaging* che riducano al minimo il volume dei rifiuti e che utilizzino materiali biodegradabili o riciclabili (121).

Una delle sfide più importanti per gli operatori del settore alimentare è rappresentata dalla conoscenza delle tecnologie alimentari disponibili finalizzate al prolungamento della *shelf-life*, al fine di garantirne la sicurezza e la qualità sensoriale con un approccio sostenibile e metodologico sotto il profilo tecnico-scientifico. Molte sono le strade intraprese per arrivare alla soluzione e molti risultati sono stati raggiunti: prodotti di IV e V gamma, con una *shelf-life* più lunga grazie all'utilizzazione di atmosfere modificate, prodotti UHT o microfiltrati e altro.

4. Prodotti innovativi già disponibili sul mercato

Oltre quelli già indicati al paragrafo 4, si segnalano:

1. Associazioni di categoria:
 - <https://www.european-bioplastics.org/>
 - <http://www.assobioplastiche.org/> sul sito il catalogo con tutti i produttori nazionali
2. Principali produttori di biopolimeri: (per consultazione - <https://bioplasticsnews.com/top-bioplastics-producers/>): Novamont (Italia brand: mater-bi™) - Natureworks -US (brand : ingeo™) - per espansi: Corbion (Olanda - brand: Luminy™ e per espansi co-brand: Biofoam™);- Bio-on (Italia brand: bio-on™)- Biotech (Germania) - olibased basf (Germania brand: ecovio™) - Mitsubishi chemicals (Giappone);
3. Principali produttori di compound: brand 100% da biopolimero o in mista con polimeri origine sintetica o sintetici da rigenerato: Europa: braskem, taghleef ind, vegeplast, bandera, bio-on, floreon - Asia: hong-ming tech, wingram (brand: ecoplants).
4. Produttori di film composti per alimenti: lineapack
5. Film estensibile non 100% bio-based ma compostabile: Cortec (brand ecowrap™)
6. Etichette adesive biobased e non biobased ma compostabili: GPT (gruppo poligrafico Tiberino), Gruppo Aro
7. Eco-Pallet bioplastica: biofiba™
8. Altri Polimeri polimeri biodegradabili promettenti:

importanti e in rapido sviluppo polimeri come il PHA/PHB (poliidrossialcanoati).

Il PHB è il poliidrossialcanoato più studiato nonché uno dei pochi PHA prodotti ad oggi a livello industriale. Ha proprietà fisiche simili al polipropilene:

- ✓ È insolubile in acqua ma prontamente biodegradabile sia in acqua che in suolo;
- ✓ Ha una buona permeabilità all'ossigeno;
- ✓ Ha una buona resistenza agli ultravioletti;
- ✓ È biocompatibile, cioè non provoca nessun effetto dannoso alle funzioni vitali degli organismi con cui entra in contatto.



Produttori sul mercato:

- Nome del Prodotto Tipo di PHA Azienda Prezzo Produzione (t/y) - Biomer P(3HB)a Biotechnoly Co., Germania
- Biocycle P(3HB) PHB Industrial / 60 S/A company, Brasile
- Biogreen P(3HB) Mitsubishi GAS Chemical, Giappone
- Biopol P(3HB-co3HV)b Metabolix, USA
- ENMAT P(3HB-co-3HV) Tianan / 10.000 Biologic Material, Cina
- Nodax P(3HB-co3HHx)c Procter & Gamble, USA

5. Prospettive di utilizzo

Il settore del packaging sostenibile ha notevoli margini di sviluppo sotto l'impulso, sia della politica regolatoria europea (*plastic strategy*, valorizzazione delle biomasse residuali, tassazione dei rifiuti indifferenziati, ecc.), sia della recentissima direttiva sull'uso della plastica monouso - Direttiva SUP approvata il 28 marzo 2019, (122) - sia dei consumatori sempre più orientati a scegliere prodotti a basso impatto ambientale.

Dal punto di vista economico il maggior costo delle bioplastiche sarà gradualmente ridotto da nuove tecnologie per l'estrazione di biopolimeri da scarti agricoli, agroindustriali e materie prime rinnovabili, dall'aumento della massa critica e da un'auspicabile forma di fiscalità ambientale. Tutte queste risorse, ampiamente disponibili in ambito locale, sono caratterizzate da una maggiore stabilità del prezzo di acquisto rispetto alla variabilità del petrolio e suoi derivati. Nuovi materiali *bio-based* presentano notevoli vantaggi tecnologici per l'assenza di contaminanti "chimici" di sintesi, la traspirabilità - quando richiesta - dei film flessibili in biopolimero, il basso numero di varianti di bioplastiche che ne facilita il riciclo, la facilità di conversione di impianti di lavorazione delle plastiche a bioplastiche. Infine, in ambito prettamente alimentare, un aspetto rilevante sta nella capacità di incrementare la durata della conservazione e/o contrastare la fermentazione rapida di cibi freschi soprattutto ortaggi, frutta, formaggi, ecc.

6. Limiti all'applicazione

Il principale limite allo sviluppo degli imballaggi sostenibili è forse dovuto alla mancanza di norme che ne regolino l'uso e il fine vita. Sicuramente un notevole supporto alla crescita del settore potrebbe venire da efficaci campagne di comunicazione circa il valore tecnico ed etico dell'imballo rivolte al consumatore. Inoltre, riguardo al prezzo di tali prodotti, normalmente più elevato di quelli convenzionali, occorre considerare che questo esprime, oltre ai costi della materia prima e del processo produttivo, anche i vantaggi ambientali e sociali che tali prodotti comportano.

In tale contesto, tuttavia, le imprese del settore mostrano una scarsa 'sensibilità' all'innovazione, presentando tra l'altro carenze organizzative e/o di risorse da destinare alla ricerca. Infine, il numero limitato di produttori di biopolimeri è anche dovuto ai tempi lunghi (3-5 anni) per la realizzazione di impianti.

Per i futuri orientamenti della ricerca, è opportuno evidenziare che le richieste provenienti dagli operatori sono relativi a questi prodotti:

- film flessibili 100% barriera aria-acqua mono o bi-strato,
- film flessibili 100% PLA a bassa cristallinità,
- contenitori per liquidi gassati al 100% di PLA,
- imballaggi per precotti con temperature riscaldamento superiore a 110-140°C,



- iermoretraibili 100% *bio-based*,
- espansi isotermici alternativi al polipropilene espanso da rotolo (come per le vaschette),
- film compositi per uso nel microonde.

Bibliografia

- 113) www.european-bioplastics.org
- 114) <http://www.cittadellascienza.it/centrostudi/2016/05/contenuti-e-contenitori-le-nuove-frontiere-del-packaging/>
- 115) <https://news.sky.com/story/plastic-doesnt-reduce-food-waste-study-finds-11324558>
- 116) *D. Barbanti - L'imballaggio funzionale: "Active" & "Intelligent" packaging*
- 117) *L'imballaggio funzionale: "Active" & "Intelligent" packaging D. Barbanti, Corso Integrato d'Area - Gestione e controllo qualità ind. Alimentari.*
<http://agraria.unipr.it/didattica/att/f88e.file.pdf>
- 118) https://www.adnkronos.com/sostenibilita/world-in-progress/2018/08/28/packaging-attivo-shelf-life-piu-lunga-per-lamponi-ciliegie_9IklfMZqoaudpJDUz7MZn.html?refresh_ce
- 119) <http://www.menorifiuti.org/2017/01/02/packaging-sostenibile-ecco-le-idee-piu-innovative-e-smart/>
- 120) <https://www.giubilesiassociati.com/shelf-life/>
- 121) *Tesi di laurea magistrale SCUTARU, CORINA Strategie di active packaging per migliorare la shelf-life della carne fresca.*
<https://morethesis.unimore.it/theses/available/etd-09042014-171737/>
- 122) <https://www.plasticseurope.org/it/newsroom/news/plasticseurope-auspica-un-recepimento-coerente-da-parte-dei-vari-stati>



Appendice 1: Glossario

Acetati:	Denominazione data talora agli esteri dell'acido acetico; per es., <i>a. di etile</i> (v. etilacetato), <i>a. di cellulosa</i> (v. acetilcellulosa).
Agrobiodiversità	L'insieme di tutte le componenti della diversità biologica rilevanti per l'agricoltura e l'agroecosistema, tra le quali le varietà delle specie vegetali coltivate, le razze delle specie animali di interesse zootecnico, le specie di insetti (per es., api, baco da seta) e microrganismi (per es., lieviti, batteri, micorrize) utili.
Allelopatica	Produzione di composti chimici tossici da parte di una specie per ostacolare un'altra specie (detta anche competizione chimica). Molte piante terrestri liberano sostanze allelopatiche che inibiscono l'attecchimento o l'accrescimento di piante di altre specie intorno a loro: per es. noci e pini, la salvia che libera terpeni volatili e gli eucalipti australiani i cui oli favoriscono gli incendi della lettiera. Alcuni parassiti attraverso l'a. stimolano specificamente il sistema immunitario dell'ospite per escludere altri parassiti, possibili competitori.
Ammendanti	Da "Emendare, riparare, correggere". Anche, migliorare, sanare un terreno (v. ammendamento). Materiale che serve all'ammendamento del terreno. Gli ammendanti sono quei fertilizzanti che migliorano le caratteristiche fisiche del suolo.
Attivatori Biologici	Prodotti in grado di proteggere le piante attivandone i meccanismi naturali di difesa. Usualmente innescano i processi naturali di autodifesa delle piante promuovendo al loro interno le modificazioni biochimiche tipiche dell'attivazione biologica naturale.
BBP - Biobased Products	Il Comitato Europeo per la Standardizzazione (CEN) definisce i prodotti biobased come: prodotti interamente o parzialmente derivanti da biomasse come piante, alberi o animali (le biomasse possono essere sottoposte anche a trattamenti fisici, chimici o biologici).
Biochar	Si tratta di carbone vegetale, un materiale poroso prodotto dalla combustione di materiale vegetale in assenza di ossigeno. La definizione BIOCHAR è stata scelta dall'IBI (International Biochar Initiative) specificando che si tratta di materiale che trova applicazioni nell'agricoltura e nella protezione dell'ambiente.
Bioeconomia	Teoria economica fondata sul concetto di limite biofisico della crescita, applicato nel contesto di un sistema termodinamicamente chiuso quale la Terra. Formulata negli anni 1960 dall'economista e matematico N. Georgescu Roegen, comporta un ripensamento radicale dei fondamenti dell'economia neoclassica, basandosi sul linguaggio delle scienze fisiche e naturali. Mentre nell'impostazione neoclassica la valutazione dello sfruttamento delle risorse ambientali avviene nell'ambito di un quadro funzionale a rilevarne la capacità di soddisfacimento dell'utilità dei consumatori, nella b., la questione ecologica è affrontata partendo dalla



termodinamica per giungere ad uno studio di un'economia ecologicamente e socialmente sostenibile. Oggi si intende come l'insieme di attività di produzione di cibo, bio-energia e bio-materiali, ovvero tutte le attività che trasformano risorse biologiche. In molti casi, come nel settore forestale e in molti ambiti di attività di produzione di biomateriali, non sono implicati processi biotecnologici ma biofisici o biochimici.

Biofumigazione	La biofumigazione consiste nell'utilizzo di biomasse provenienti dalla coltivazione di piante selezionate appartenenti alla famiglia delle brassicaceae ma anche di altre, per il controllo dei nematodi e di piccoli insetti terricoli.
Biogas	Gas combustibile ricco di metano, ricavato dalla fermentazione anaerobica di rifiuti agricoli o urbani.
Biomassa	Il materiale di origine biologico ad esclusione del materiale incorporato in formazioni geologiche e/o fossilizzato (definizione EN 16751). La frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l'acquacoltura, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani (Definizione della Dir. 28/2009/CE)
Biometano	Il termine Biometano si riferisce a un biogas che ha subito un processo di raffinazione per arrivare ad una concentrazione di metano del 95% ed è utilizzato come biocombustibile per veicoli a motore al pari del gas naturale (o metano fossile). Il biogas è prodotto attraverso la decomposizione biologica della sostanza organica in assenza di ossigeno in un processo conosciuto come Digestione Anaerobica (DA).
Biopesticidi	I biopesticidi sono fitofarmaci definiti dall'EPA (Environmental Protection Agency - USA) come composti di sintesi derivati - o ispirati - da molecole naturali (vegetali, animali, batteri e alcuni minerali). Comprendono erbicidi, fungicidi, insetticidi, acaricidi, fitoregolatori e repellenti, classi di prodotti tipici dei trattamenti convenzionali. Sono prodotti impiegabili nella lotta integrata, generalmente biodegradabili, con tempi di carenza nulli o molto ridotti, e con un ridotto impatto ambientale.
Bioplastica	L'European Bioplastic Association, EBA, definisce una bioplastica come "un tipo di plastica che deriva da materie prime rinnovabili oppure è biodegradabile o ha entrambe le proprietà, ed è inoltre riciclabile".
Bioraffineria	Impianto in cui le biomasse (v.) sono trasformate per ottenere energia, combustibili, prodotti chimici e materiali. Lo sviluppo delle b. trova motivazioni politico-strategiche che consistono soprattutto nel miglioramento della qualità dell'ambiente a livello locale (diminuire lo smog), regionale (ridurre le piogge acide) e globale (attenuare il cambiamento del clima per l'eccesso di CO2 introdotto nell'ambiente); nello smaltimento delle eccedenze agricole; nello sviluppo dell'economia rurale. Allo scopo di promuovere con successo le tecnologie industriali delle b. e dei prodotti di derivazione biologica



occorre aumentare la produzione di materie prime rinnovabili; realizzare impianti dimostrativi sempre più integrati ed efficienti; incrementare la ricerca interdisciplinare (chimica, biotecnologia, ingegneria) con la finalità di migliorare i processi di conversione rinnovabili; sviluppare, infine, un approccio sistematico alle nuove sintesi e tecnologie di interesse. Si possono identificare concettualmente b. di generazione prima (per es., quelle adibite alla produzione di etanolo per fermentazione), seconda (più duttili nella produzione e adattabili alle esigenze del mercato, sono in grado anche di fornire, per es., amido, sciroppi di fruttosio, olio di mais, glutine e farina) e terza generazione (non ancora realizzate, dovrebbero essere quelle più somiglianti alle raffinerie di petrolio per complessità e flessibilità, e utilizzare in modo indifferenziato biomasse agricole, forestali o rifiuti organici).

Biostimolanti	Con il termine biostimolante si definiscono i “materiali diversi dai fertilizzanti che promuovono la crescita applicati a basse dosi”. Una prima classificazione dei biostimolanti li divide in tre gruppi: Acidi umici; Prodotti contenenti ormoni (es. estratti di alghe) e Prodotti contenenti amminoacidi.
Bioteli	Film per la pacciamatura biodegradabile certificati UNI 11495 -2013, Materiali termoplastici biodegradabili per uso in agricoltura e orticoltura, che si applica a film prodotti con polimeri termoplastici biodegradabili trasformati in film additivati con concentrato di colore, destinati all'utilizzo come film di pacciamatura in agricoltura e orticoltura. Un film risulta biodegradabile quando biodegrada in condizioni che riproducono il suolo e durante la biodegradazione (>90% rispetto a un campione di cellulosa di riferimento) non rilascia nell'ambiente sostanze pericolose.
Blister	confezione costituita da un fondo rigido di cartone, di plastica o d'alluminio su cui sono incollati degli involucri trasparenti contenenti le unità del prodotto; è usata specialmente per prodotti farmaceutici (comprese, capsule, fiale ecc.)
Brassicaceae	Le Brassicaceae o Cruciferae (note in italiano come crocifere [1]) sono una grande famiglia di piante erbacee distribuite in tutti i continenti e in tutti i climi (senza escludere le regioni polari). Il nome della famiglia (Brassicaceae) è stato proposto dal botanico italiano Teodoro Caruel (1830-1898), traendolo dal celtico bresic ("cavolo"), da cui derivano probabilmente anche il berza e verza di spagnoli e portoghesi e il varza romeno. Il massimo centro di biodiversità per questa famiglia, in termini di numero di specie, è il bacino del Mediterraneo.
Carotenoidi	Sostanze variamente colorate dal giallo al violetto, solubili nei grassi, molto diffuse nel regno vegetale e animale. I primi c. furono isolati dalle carote, da cui il nome. Quelli vegetali (fitocarotenoidi) si trovano sempre dentro i plastidi, che ne risultano colorati in giallo limone, giallo aranciato o rosso. Sono presenti nelle foglie eziolate (per es., xantofilla), nelle diverse parti dei fiori, ai quali impartiscono le varie colorazioni gialle e gialle aranciate, nei frutti (agrumi, pomodoro ecc.), negli arilli e, insieme con la clorofilla, nei plastidi verdi, dove si trovano xantofille e caroteni; di rado il plastidio contiene un solo c., come il carotene nelle



radici della carota. Tra quelli più noti vi sono i caroteni delle carote, il licopene del pomodoro, la xantofilla o luteina diffusa in tutte le piante verdi.

Chimica Verde

Denominazione di un nuovo approccio alla ricerca in campo chimico (spesso indicato con l'espressione inglese *green chemistry*), definitosi come tale a partire dagli anni Novanta del sec. 20°, che si occupa della progettazione e dello sviluppo di materiali, tecnologie e processi chimici aventi un minore impatto sull'ambiente rispetto a quelli tradizionali. È anche detta chimica sostenibile. L'elemento chiave che caratterizza la disciplina, distinguendola dalla normale attività di ricerca genericamente mirante alla riduzione della produzione di sostanze nocive o al loro smaltimento, è l'ambizione di rappresentare una sorta di nuovo paradigma generale (culturale, scientifico e tecnologico) che dovrebbe pervadere tutte le attività coinvolte nella progettazione e nella realizzazione di processi chimici, non solamente sulla scala industriale. In questo senso, la definizione di c. v. come branca o settore della chimica appare riduttiva. L'espressione *green chemistry* fu introdotta nel 1991 da Paul T. Anastas (docente presso la Yale University e, dal 2009, direttore dell'Office of research and development della Environmental protection agency), il quale, insieme a John C. Warner, sintetizzò in 12 principi basilari l'impostazione della chimica verde: 1) è preferibile evitare la produzione di rifiuti piuttosto che trattarli dopo che sono stati prodotti; 2) i metodi di sintesi devono essere progettati per massimizzare l'incorporazione nel prodotto finale di tutti i materiali usati nel processo; 3) le metodologie sintetiche devono essere il più possibile progettate per usare e generare sostanze che possiedono scarsa o nulla tossicità per la salute umana e per l'ambiente; 4) i prodotti chimici devono essere progettati preservando l'efficacia della loro funzione e riducendo al contempo la tossicità; 5) l'uso di sostanze ausiliarie (per es. solventi, agenti di separazione ecc.) deve essere reso il più possibile superfluo e queste sostanze, se usate, devono essere innocue; 6) i fabbisogni energetici devono essere riconosciuti per il loro impatto ambientale ed economico, e devono essere minimizzati; i metodi sintetici devono essere progettati per essere realizzati a temperatura e a pressione ambiente; 7) le materie prime devono essere rinnovabili piuttosto che esauribili ogni volta che questo sia tecnicamente ed economicamente praticabile; 8) bisogna ridurre l'uso di derivati; la produzione di derivati non necessari (gruppi bloccanti, processi di protezione/deprotezione, modifiche temporanee della struttura) deve essere evitata il più possibile; 9) i reagenti catalitici (il più possibile selettivi) sono da preferire ai reagenti stechiometrici; 10) i prodotti chimici devono essere progettati in modo tale che alla fine del loro ciclo di funzionamento non permangano nell'ambiente, ma si degradino fornendo prodotti innocui; 11) le metodologie analitiche necessitano di ulteriori sviluppi per consentire il monitoraggio e il controllo in tempo reale durante il processo, prima che abbia luogo la formazione di sostanze nocive; 12) le sostanze usate in un processo chimico e la forma in cui sono usate devono essere scelte in modo da minimizzare il rischio potenziale di incidenti chimici, compresi il rilascio di sostanza, le esplosioni e gli incendi.



Compost	<p>Il compost è un materiale organico risultante dalla decomposizione ossidativa e dall'umificazione di scarti organici raccolti in modo selettivo, che vanno trattati secondo norme di igiene e di sicurezza nel rispetto delle normative italiane in materia di fertilizzanti. È caratterizzato da un buon contenuto medio di carbonio organico (25-27% su sostanza secca) e quindi può dare un sensibile contributo al recupero di sostanza organica nel suolo.</p>
Corroboranti	<p>I corroboranti sono prodotti naturali in grado di attivare o potenziare la naturale resistenza delle piante nei confronti degli organismi nocivi, attivando specifici meccanismi fisiologici, fisici e meccanici con cui limitare o riparare, se presenti, i danni provocati dai menzionati fattori di stress.</p>
Curing	<p>È un condizionamento termico pre-conservazione applicato a vari ortofruttili freschi quali ad esempio ai frutti di actinidia, allo scopo di ridurre le infezioni da Botrytis cinerea. Tale pratica consiste essenzialmente nel far sostare per un tempo specifico i frutti in aree ventilate a temperatura ambiente, considerate dalla raccolta, che varierà in relazione alla temperatura esterna. Il "curing" oltre che a temperatura ambiente può essere effettuato anche all'interno delle celle di conservazione a temperatura progressivamente decrescente.</p>
Curva respirometrica	<p>Come indica la stessa etimologia della parola, con il termine respirometria si intende la "misura della respirazione" di un sistema. La respirazione di un sistema biologico è un importante indice dell'attività enzimatico - metabolica dello stesso e la sua misura è stata ampiamente utilizzata per ricavare informazioni sul metabolismo batterico e soprattutto sull'utilizzazione dei substrati. Per consumo di ossigeno si intende la quantità complessiva di ossigeno utilizzata da un sistema biologico per espletare le funzioni cataboliche ed anaboliche in un certo tempo. La velocità di consumo dell'ossigeno rappresenta invece la quantità di ossigeno utilizzata nell'unità di tempo dal sistema correlata alla velocità della reazione biologica. la curva respirometrica è usata per la valutazione degli effetti dell'apporto di prodotti chimici, come pesticidi e metalli pesanti al suolo. Il rapporto respirazione/biomassa stima la quantità di O₂ consumato nella respirazione basale della popolazione microbica per unità di biomassa microbica, eventualmente relazionandola alle indotte variazioni dell'attività microbica.</p>
Digestato	<p>Il digestato è il risultato del processo di digestione anaerobica. Può derivare essenzialmente da 5 fonti: effluenti zootecnici, biomasse vegetali, sottoprodotti di origine animale, fanghi di depurazione, frazione organica dei RSU. Il digestato ha un tenore di sostanza secca che, a seconda delle matrici in ingresso, può variare tra il 2 e il 10%, un tenore di azoto che può arrivare a 5-7 kg/ton e discreti valori di fosforo (1-2 kg/ton P₂O₅) e potassio (2,5-8 kg/ton K₂O). Il digestato deve essere quindi considerato quale "fertilizzante rinnovabile" organico ad elevato valore ambientale, a pronto effetto, completo, ed equilibrato.</p>
Economia circolare	<p>Secondo la definizione della Ellen MacArthur Foundation, economia circolare «è un termine generico per definire un'economia pensata per potersi rigenerare da sola. In un'economia circolare i flussi di materiali</p>



sono di due tipi: quelli biologici, in grado di essere reintegrati nella biosfera, e quelli tecnici, destinati ad essere rivalorizzati senza entrare nella biosfera». L'economia circolare è dunque un sistema economico pianificato per riutilizzare i materiali in successivi cicli produttivi, riducendo al massimo gli sprechi.

Glucosinolati

I glucosinolati sono composti glucosidici contenenti zolfo tipici delle Capparales (es. Brassicaceae, Capparidaceae, Euphorbiaceae, ecc.). La loro degradazione enzimatica dà origine ad una complessa miscela di composti tra i quali gli isotiocianati e loro derivati; ad oggi si conoscono oltre 100 differenti molecole. Questi composti derivano da alcuni amminoacidi e per questo, possono essere suddivisi in tre categorie: alifatici, aromatici ed indolici, a seconda che derivino dalla metionina, dalla fenilalanina, dalla tirosina, oppure dal triptofano. L'applicazione al terreno di alcuni glucosinolati contenuti in alcune specie della famiglia delle brassicacee genera composti ad attività biologica. La tecnica permette di - riequilibrare la microflora del terreno, - creare un ambiente sfavorevole allo sviluppo di patogeni, - restituire in maniera duratura un elevato livello di fertilità.

HTC HydroThermal Carbonization

La carbonizzazione idrotermale (Hydro Thermal Carbonization - HTC) è un processo termochimico per la conversione di biomasse a condizioni relativamente basse di temperatura e pressione in presenza di acqua liquida. Durante la reazione HTC, acqua, anidride carbonica e altri composti vengono scissi dalla biomassa, generando, in un tempo inferiore alle 10 ore, un solido carbonioso, il biocarbone (o *hydro char* - HC), con caratteristiche simili alla lignite, e un residuo acquoso ricco dei nutrienti presenti nella materia prima. Il processo HTC simula quelle condizioni che in natura hanno portato il materiale vegetale a diventare torba o lignite. I fattori sono infatti acqua, temperatura e pressione. Il processo HTC sui substrati organici produce così HC che ha le caratteristiche tipiche della lignite. Dato che il processo avviene in acqua, la carbonizzazione idrotermale è idonea a trattare anche biomasse con un alto livello di umidità.

Insetti antagonisti

Metodo di controllo biologico che si basa sul principio che ogni organismo vivente instaura rapporti di antagonismo con altri, come la predazione, il parassitismo o la competizione interspecifica. Di norma in un ecosistema naturale questo tipo di relazioni genera un andamento ciclico delle popolazioni col recupero nel tempo di una situazione di equilibrio (capacità di reazione omeostatica). Ma soprattutto con l'ingresso di specie aliene dannose, i fattori di squilibrio nell'ecosistema tendono a produrre effetti devastanti per le colture e assai prolungati negli anni. Si cerca pertanto con la lotta biologica di individuare gli antagonisti naturali di tali specie e di diffonderne la presenza nell'agroecosistema target. Di norma, a differenza dei mezzi chimici convenzionali, la lotta biologica non abbatte la popolazione di un organismo dannoso, ma aiuta a contenerla entro livelli tali da non costituire un danno. In vari casi, senza altri ausili, la lotta biologica non è



di per sé sufficiente a contrastare il danno, ma in alcune esperienze recenti (es. Cinipide del Castagno) si è rivelata il rimedio più efficace.

- Licopene** Pigmento, del gruppo dei carotenoidi, C₄₀H₅₆, abbondante nel pomodoro maturo. Tra gli innumerevoli antiossidanti reperibili soprattutto nei prodotti ortofrutticoli, il licopene figura tra quelli più attentamente studiati.
- Micorrizze** Associazione simbiotica tra un fungo e l'apparato radicale di una pianta. Le micorrizze sono estremamente diffuse e presenti in oltre 90% delle piante. Il fungo può essere esterno alla radice penetrando limitatamente negli spazi tra le cellule corticali (ectomicorrizze) oppure penetrare e crescere all'interno delle cellule (endomicorrizze). Le ectomicorrizze sono caratteristiche delle regioni temperate e si trovano nell'apparato radicale degli alberi, in particolare di conifere, querce, faggi, betulle. Le endomicorrizze sono ampiamente distribuite e caratteristiche delle piante erbacee, comprese quelle eduli. Queste simbiosi sono mutualistiche, ovvero ne traggono vantaggio sia il fungo sia la pianta. Le micorrizze rappresentano in qualche modo una estensione dell'apparato radicale delle piante infettate. Si è osservato che le radici di piante micorrizzate sono più longeve di quelle senza micorrizze e che le piante stesse sono più resistenti ad agenti patogeni e più tolleranti a tossine, a variazioni di pH e di temperatura. Le micorrizze permettono quindi alle piante di sopravvivere e crescere in suoli poveri di nutrienti quali per es., quelli vicini a zone minerarie o nelle foreste pluviali tropicali; infatti, anche se può sembrare paradossale, sono talmente tante le piante nelle foreste pluviali a competere per i nutrienti che i relativi suoli ne risultano impoveriti.
- NIMBY** NIMBY è l'acronimo di *'Not In My Back Yard'* (non nel mio giardino), espressione formulata negli anni 1980. È attribuita a W. Rodger dell'American Nuclear Society e legata al politico inglese N. Ridley (1929-1993), che fu segretario di Stato del partito conservatore per l'ambiente. Identifica l'opposizione di uno o più membri di una comunità locale a ospitare opere di interesse generale sul proprio territorio, pur riconoscendone la desiderabilità sociale (l'installazione degli impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili, una scuola, un centro commerciale, un ospizio, grandi vie di comunicazione ecc.). In altri casi l'opera è assolutamente indesiderata, perché considerata una minaccia alla salute o alla sicurezza, oppure perché a essa si associa una riduzione dello status di un quartiere o di un'area geografica.
- Pacciamatura** In agraria, operazione che tradizionalmente consiste nel cospargere il terreno di paglia, foglie secche, letame o altro, allo scopo di proteggere le colture da eccessiva insolazione o dal pericolo di gelate; oggi è fatta in gran parte con fogli sottili di materie plastiche (spec. polietilene) o bioplastiche, per lo più di colore nero, in cui sono eventualmente praticati fori di opportuno diametro e frequenza, che mantengono la giusta temperatura ed evitano la crescita di erbe infestanti.

PGPR - Plant Growth Promoting Rhizobacteria



I batteri che colonizzano le radici delle piante e promuovono la crescita delle piante sono indicati come rizobatteri promotori della crescita delle piante (PGPR). Vi sono diverse tipologie di PGPR. I loro effetti possono verificarsi tramite antagonismo locale a patogeni trasmessi dal suolo o mediante induzione di resistenza sistemica contro i patogeni in tutta la pianta. Diverse sostanze prodotte da rizobatteri antagonisti sono state correlate al controllo dei patogeni e alla promozione indiretta della crescita in molte piante, come i siderofori e gli antibiotici.

PET

Poliestere termoplastico derivato dal glicole etilenico e dall'acido tereftalico. Viene impiegato in ambito domestico e industriale principalmente per l'elevata resistenza agli agenti chimici, l'impermeabilità all'acqua, l'inerzia all'attacco dei batteri, funghi e muffe, l'inattività dal punto di vista fisiologico. Nel settore dell'imballaggio, una delle principali applicazioni è il confezionamento di acqua e bevande gassate, in una variante ad alto peso molecolare. Le bottiglie in PET, oltre alle caratteristiche già ricordate, presentano infatti un'ottima impermeabilità all'anidride carbonica (quindi capacità di mantenere la gassata delle bevande); elevata resistenza alla pressione interna (e conseguente indeformabilità durante la vita di scaffale); infrangibilità a seguito di cadute accidentali; brillantezza e trasparenza. Nel settore dell'imballaggio flessibile il PET è utilizzato per la produzione di laminati multistrato, poiché presenta ottima stabilità dimensionale, elevata resistenza meccanica e termica.

Pirodiserbo

Si tratta di un'alternativa all'uso di diserbanti chimici, risultando un metodo più economico, a minor impatto ambientale e senza danni per la salute gli operatori e i consumatori dei prodotti finali. I primi sistemi di pirodiserbo furono messi a punto in America nell'800, per contrastare il giacinto d'acqua, al tempo insensibile a tutti i trattamenti esistenti. Solo attraverso lo stress termico si riuscì a indebolirne il rizoma, permettendo un controllo di questa specie particolarmente vigorosa. Il sistema, messo a punto con moderne tecnologie, si basa fondamentalmente sull'utilizzo di specifici bruciatori alimentati a GPL. Durante il trattamento le aree investite dalla fiamma libera, raggiungono elevate temperature, dai 1.000 ai 2.000 °C, per un tempo variabile da 0,1 a 0,7 secondi. In queste condizioni i tessuti vegetali subiscono un vero e proprio 'shock termico', i cui esiti appaiono evidenti successivamente (in media 5-10 giorni).

PLA Acido Polilattico

L'acido polilattico (PLA) è un poliestere alifatico costituito da acido lattico (acido 2-idrossipropionico) derivante da fonti di origine vegetale come mais, grano, canna da zucchero o barbabietola. È un materiale termoplastico biodegradabile ovvero si decompone grazie a un'attività biologica e ai mutamenti della sua struttura chimica e compostabile ovvero se esposto a determinate condizioni si decompone non lasciando alcun residuo visibile o tossico.

Prodotti di IV e V gamma

Appartengono alla IV e V gamma tutti i prodotti ortofrutticoli freschi che, dopo la raccolta, vengono sottoposti a processi tecnologici di minima entità, finalizzati a garantirne la sicurezza, l'igienicità e la valorizzazione seguendo buone pratiche di lavorazione.



Sarchiatura	In agricoltura, l'operazione del sarchiare consiste nel lavorare superficialmente la terra per 3-4 cm di profondità, con il sarchio, le zappe o le sarchiatrici, in modo da sminuzzare il terreno e attivare così la respirazione delle radici, attenuare l'evaporazione per capillarità e distruggere le malerbe; è utile soprattutto nei climi aridi e nei terreni più o meno sabbiosi, sia nelle colture erbacee sia in quelle legnose come vite, olivo, alberi da frutto.
Seminiere	Imballaggio agricolo contenente piantine da rinvaso
Shelf Life	La vita commerciale di un prodotto (<i>shelf life</i>) è il periodo di tempo durante il quale un alimento può essere tenuto sullo scaffale, seguendo le corrette modalità di conservazione e utilizzo indicate dal produttore in etichetta, mantenendo le sue caratteristiche di qualità e sicurezza alimentare. Per la maggior parte degli alimenti la normativa vigente impone di informare il consumatore, indicando in etichetta la data sino alla quale si ritiene che il prodotto mantenga le proprie caratteristiche igienico-sanitarie, qualitative e sensoriali prossime a quelle originarie. Scopo della shelf-life è quello di aiutare i consumatori ad utilizzare in modo informato e sicuro gli alimenti, da un lato per prevenire l'insorgenza di potenziali rischi per la salute e dall'altro per evitare sprechi inutili.
Simbiosi Industriale	La simbiosi industriale è una forma di intermediazione per facilitare una collaborazione innovativa tra le aziende, in modo che i rifiuti prodotti da una di esse vengano valorizzati come materie prime per un'altra. La parola 'simbiosi' è generalmente associata alle relazioni che intercorrono in natura tra specie diverse per un mutuo vantaggio; analogamente tra imprese si può concretizzare con lo scambio di materiali, energia o impianti tecnologici condivisi. Si tratta cioè di una strategia per la chiusura dei cicli delle risorse e l'ottimizzazione del loro uso all'interno di uno specifico ambito economico territoriale attraverso la collaborazione tra diverse imprese facilitate dalla loro prossimità geografica/economica/tecnologica.
Specie aliene	Le specie aliene (Specie alloctone invasive) sono animali o piante esotiche introdotti accidentalmente o deliberatamente in luoghi al di fuori del proprio habitat naturale, e che costituiscono una minaccia alla biodiversità e alla salute umana, oltre a generare danni economici.
Spunbond	Lo Spunbond PP è un tessuto non tessuto composto interamente da polipropilene che trova molteplici applicazioni nel settore agricolo, igienico-sanitario, edile, del mobile, del materasso... Mediante un adeguato trattamento è possibile realizzare una serie di prodotti altamente specifici per ogni settore: fluorescente, calandrato morbido, antiacaro, ignifugo, antibatterico, antistatico, anti UV, allo Spunbond PP si possono inoltre applicare numerose finiture: stampato, laminato, laminato stampato in flessografia, autoadesivo.
Strigliatura	La strigliatura è un'operazione svolta con l'erpice strigliatore, un attrezzo munito di denti dritti o leggermente reclinati all'apice, come un pettine (una "striglia" per l'appunto), parzialmente flessibili, che svolgono la funzione di "strigliare" il terreno e/o le piante. La strigliatura



rompe la cozza superficiale del terreno e sradica le erbe infestanti presenti (mentre non sradica la pianta del cereale che ha già le radici ben ancorate al terreno). Tale operazione - che deve essere condotta in condizioni di asciutto - riduce l'evaporazione del terreno (quindi mantiene l'umidità); favorisce l'arieggiamento dei primi 2-3 cm del terreno e quindi delle radici; elimina le erbe infestanti (in particolare quelle di piccole dimensioni); consente l'interramento del concime eventualmente distribuito (facilitando l'assorbimento da parte della pianta e riducendone le perdite). Infine, questo intervento comporta la parziale rottura/indebolimento delle piante più sviluppate, favorendo l'accestimento e la ripresa del vigore vegetativo della coltura alla fine dell'inverno.

Thermobond	Thermobond è un collante rasante a base di resine in dispersione acquosa, compatibili con la calce e il cemento, sabbie selezionate di quarzo e additivi idonei a migliorare la lavorabilità dell'impasto.
Tnt tessuto non tessuto	Struttura tessile piana prodotta con tecnologie diverse dalla tessitura e dalla maglieria; consiste in un velo di fibre (per es., polipropilene, polyester, rayon viscosa) tenute insieme con procedimenti di collegamento meccanico, chimico, termico." Termine generico per indicare un prodotto industriale simile a un tessuto ma ottenuto con procedimenti diversi dalla tessitura (incrocio di fili di trama e di ordito tramite telaio) e dalla maglieria. Pertanto in un non tessuto le fibre presentano un andamento casuale, senza individuazione di alcuna struttura ordinata mentre in un tessuto le fibre presentano due direzioni prevalenti ed ortogonali fra di loro (trama ed ordito).
White Pollution	Termine coniato per indicare l'inquinamento plastico, ovvero l'accumulo di oggetti di plastica nell'ambiente terrestre che influisce negativamente sulla fauna selvatica, sull'habitat naturale e sugli esseri umani. Le materie plastiche che agiscono come inquinanti sono classificate in micro, meso o macro detriti, in base alle dimensioni.

Bibliografia

1. <https://wearepackagingfans.com/site/le-parole-del-packaging/>
2. <http://www.treccani.it/vocabolario>
3. http://www.ichar.org/data/files/bro_ichar_new.pdf
4. <https://agriregionieuropa.univpm.it/it/content/article/31/41/i-dilemmi-della-bioeconomia-una-riflessione-sulla-bioeconomy-strategy-della>



5. <https://agronotizie.imagelinenetwork.com/difesa-e-diserbo/2017/09/22/biofumigazione-un-aiuto-nel-contrasto-ai-nematodi/55632>
6. https://www.cti2000.it/Bionett/SCHEDABiometano_ITA.pdf
7. - www.european-bioplastics.org
8. <https://www.garzantilinguistica.it/ricerca/?q=blister>
9. Metodi innovativi di gestione dei frutti nella fase post-raccolta - rete interregionale per la ricerca Agraria, forestale, acquacoltura e pesca. Progetto Regione Emilia Romagna, Il progetto "Frutticoltura Post-raccolta" Paolo Bertolini - CRIOF, Università degli Studi di Bologna Daniele Missere - Centro Ricerche Produzioni Vegetali.
10. https://www.soc.chim.it/sites/default/files/chimind/pdf/2016_6_4119_on.pdf
11. http://www.chimicitoscana.it/files/ING.SIMONE%20CAFFAZ/Caratterizzazione%20reflui_CAF_FAZ.pdf.
12. <http://www.economiccircolare.com/cose-leconomia-circolare/>
13. <http://www.cespevi.it/vis/kick-offCERTO.pdf>
14. http://www.treccani.it/enciclopedia/effetto-nimby_%28Dizionario-di-Economia-e-Finanza%29/
15. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3571425/>
16. <https://www.chimicamo.org/chimica-organica/acido-polilattico.html>
17. <https://italiaimballaggio.network/it/contenuti/Istituto-Italiano-Imballaggio-prodotti-alimentari-IV-V-gamma>
18. <https://www.focus.it/ambiente/animali/che-cosa-sono-le-specie-aliene>
19. <http://www.nvevolutia.com/it/tejidos/tessuto-spunbond-pp/>
20. <http://wiki.prometeourbino.it/Strigliatura>
21. <http://www.indexspa.it/indexspacom/Tecnoplan/pdf/THERMOBOND-IT.pdf>
22. <http://www.china.org.cn/english/environment/130563.htm>

Appendice 2 – Esempi di applicazione della bioeconomia

Il cardo di Matrica

Denominazione	<p>Bioraffineria integrata sul Territorio Matrica, dal dialetto gallurese, "madre", "matrice" che crea e rinnova la vita, perché dovrebbe permettere la realizzazione in Sardegna di una bioraffineria integrata sul territorio che, partendo dall'utilizzo di materie prime agricole e di scarti vegetali, produce una gamma di prodotti chimici attraverso processi a cascata, a basso impatto.</p> <p>(Proprietà: joint venture 50:50 costituita da Versalis e Novamont)</p> 
Sito	Porto Torres (SS)
Specie	<p><i>Cynara cardunculus</i> var. <i>Altilis</i>. Coltura autoctona che per le sue peculiarità si può ben adattare alle esigenze produttive di Matrica ed al territorio nel quale si colloca, in quanto aridocoltura coltivata su terreni marginali.</p>
Descrizione generale	<p>Matrica rappresenta un modello capace di innescare fenomeni di rigenerazione territoriale in termini economici, ambientali e sociali, valorizzando le risorse e le competenze già esistenti sul territorio ed arrivando ad incidere positivamente sulle prospettive occupazionali a lungo termine. Partendo da materie prime vegetali selezionate e a basso impatto, Matrica produce una serie di intermedi innovativi che trovano applicazione in numerosi settori. MatriloX è il marchio commerciale che identifica l'innovativa famiglia di bioprodotto e dai molteplici settori di utilizzo: bioplastiche, biolubrificanti, prodotti per la cura della persona, fitosanitari, additivi per l'industria della gomma e della plastica. I prodotti MatriloX, caratterizzati da biodegradabilità e atossicità, forniscono soluzioni sostenibili e a basso impatto coniugando al tempo stesso rinnovabilità ed alte prestazioni.</p> <p>Matrica con un processo a cascata produce anche prodotti per la mangimistica e l'industria casearia (caglio vegetale). Il processo Matrica di trasformazione di oli vegetali in acidi mono e dicarbossilici ed esteri permette di ottenere prodotti di elevata purezza a basso impatto ambientale. Gli impianti Matrica, infatti, si avvalgono di una tecnologia messa a punto dalla ricerca Novamont, radicalmente diversa da quelle esistenti: non utilizza ozono nella reazione di scissione ossidativa dell'olio vegetale e permette di ottenere alte capacità produttive.</p>
Sintesi Problematiche risolte	<p>La zona individuata per la coltivazione del cardo è una zona marginale economicamente, in abbandono da molti anni. La coltivazione del cardo permette agli agricoltori di ottenere un guadagno netto di almeno 245 euro a ettaro grazie agli incentivi della Misura 10 del PSR Sardegna. L'obiettivo regionale è incentivare la coltivazione del cardo fino a 10mila ettari in terreni marginali, portando anche benefici per l'allevamento animale. L'obiettivo è produrre plastiche e lubrificanti, ma l'aspetto importante è riuscire a favorire l'integrazione con gli agricoltori del territorio perché diventino fornitori della materia prima, e, grazie ad una diversificazione produttiva che non compete con il settore alimentare, a incrementare il reddito.</p>



Opportunità per il settore agricolo	Aumento del reddito agricolo. Produzioni di intermedi come l'acido pelargonico che è un'erbicida di origine naturale a spettro totale e come tale è utilizzato nella formulazione di fitosanitari. La presenza del nuovo complesso produttivo contribuirà a rafforzare la capacità competitiva e di innovazione del territorio e a incrementare su più fronti le sue potenzialità di crescita: dal settore primario (agricoltura, allevamento, apicoltura, per fare alcuni esempi), a quello secondario (mezzi e attrezzi agricoli, logistica, manifatturiero di trasformazione dei bioprodotti) al terziario (collaborazioni con le università ed enti di ricerca locali).
Svantaggi / Limiti	Ancora esiguo il reddito agricolo se non venisse integrato dal PSR.
Autore	Sofia Mannelli, CVB



Licopeni e Biovernice dalla buccia di pomodoro

Denominazione	<ul style="list-style-type: none">• Stazione Sperimentale per l'Industria delle Conserve Alimentari• Fratelli Chiesa, premio Oscar Green 2017 Coldiretti
Sito	<ul style="list-style-type: none">• Parma• Canneto Sull'Oglio, Mantova
Specie	Solanum lycopersicum -Pomodoro da industria
Descrizione generale	<p><u>Licopene</u></p> <p>Il pomodoro, uno dei prodotti tipici della dieta mediterranea, da anni è oggetto di studio per le sue caratteristiche salutistiche e nutrizionali legate, perlopiù, al contenuto in numerosi nutrienti quali carotenoidi (licopene e β-carotene), vitamine (C, A, gruppo B e K), polifenoli (flavonoidi e ac. idrossicinnamici), sali minerali (K, Ca, Na, P) e fibra vegetale. Il licopene, in particolare, è un antiossidante naturale in grado di proteggere le cellule dall'invecchiamento ed è particolarmente indicato per prevenire alcune malattie degenerative, come certi tumori epiteliali. In aggiunta al suo potere antiossidante il licopene ha un ruolo nella induzione della comunicazione cellulare (Zhang et al., 1991) e nella modulazione delle risposte ormonali e del sistema immunitario (Fuhramn et al., 1997).</p> <p>Il licopene, che può essere estratto anche dai residui di lavorazione del pomodoro sotto forma d'olio, può essere usato in prodotti alimentari funzionali e in cosmetica.</p> <p>Fonte: Calabrese D. (2013), Il licopene come prodotto nutraceutico e funzionale. Relazione, Univ. Mediterranea di Reggio Calabria, www.unirc.it/documentazione/materiale_didattico/140_2012_316_15533.pdf</p> <p><u>Biovernice</u></p> <p>L'azienda agricola Chiesa produce pomodori da industria in conto terzi. Grazie ad un progetto finanziato dall'Unione europea (Life+), coordinato dalla Stazione sperimentale per l'industria conserve alimentari di Parma, le bucce di pomodoro prodotte in azienda vengono utilizzate per estrarre la cutina, sostanza che diventa la base per una vernice vegetale da impiegare per il rivestimento interno delle latte alimentari, evitando così l'impiego delle vernici chimiche. Il processo di estrazione fa riferimento ad un trattamento per ottimizzare gli scarti risalente al 1942, poi abbandonato, per la produzione di vernici.</p>
Sintesi Problematiche risolte	L'agricoltura vive una crisi strutturale con conseguenze negative sulla gestione degli agro-ecosistemi fino all'abbandono dei terreni agricoli. In questo scenario la diversificazione colturale mediante l'introduzione di nuove colture e/o la valorizzazione delle colture tradizionali e dei diversi coprodotti per nuovi di processi tipici di una bioraffineria offre nuove opportunità, tra cui la possibilità di avvicinare le colture e ridurre i periodi in cui il suolo rimane "nudo" con conseguente perdita di nutrienti e carbonio che inevitabilmente aumentano l'inquinamento, l'eutrofizzazione e il riscaldamento globale.
Opportunità per il settore agricolo	Diversificazione produttiva, utilizzazione intera della coltura e aumento del reddito



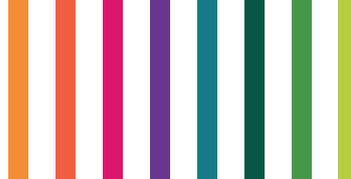
Svantaggi / Limiti	La fase economicamente importante della filiera si trova alla fine del ciclo produttivo, quindi il valore aggiunto viene preso principalmente nella fase industriale. Il settore agricolo dovrebbe iniziare le prime fasi del ciclo produttivo in azienda agricola.
Autore	Sofia Mannelli, CVB



Produzione sostenibile di succo di visciola biologico

Denominazione	Italia Selvatica Soc. Agricola
Sito	Offagna (An)
Specie	Ciliegia acida (Prunus cerasus, L.)
Descrizione generale	<p>In Italia, il mercato delle ciliegie acide è decisamente di nicchia, mentre è completamente assente il mercato dei succhi, fiorente invece negli Stati Uniti e nei paesi del nord est europeo, come ad esempio la Polonia, dove ne vengono ampiamente riconosciute le proprietà benefiche soprattutto per gli sportivi. In questo contesto, Italia Selvatica s.r.l. Agricola, una start up agricola marchigiana, ha deciso di investire in ricerca al fine di valorizzare la propria produzione autoctona di ciliegio acido sia dal punto di vista genetico sia per la produzione di succhi di frutta di qualità attraverso un processo sostenibile che parte dalla gestione in biologico del frutteto e finisce nel recupero e valorizzazione degli scarti di produzione. È stato quindi utilizzato un approccio di Food Design sostenibile che ha portato alla realizzazione di un succo di visciola biologico, prodotto utilizzando un processo di trasformazione sostenibile per l'ambiente e per garantire la qualità nutraceutica e nutrizionale del prodotto finale, in cui ogni sottoprodotto ottenuto potesse dar luogo ad altri e nuovi prodotti. In tal senso sono stati realizzati i) un nuovo integratore alimentare, a partire dai piccioli e dai pannelli residuali di passatrice; ii) una linea cosmetica, dai soli pannelli di passatrice; iii) una bioplastica compostabile e biodegradabile.</p>
	 <p>Valorizzazione residui lavorazione visciola</p>
Sintesi Problematiche risolte	1. Recupero varietà autoctone; 2. Produzione di un nuovo prodotto per il mercato italiano; 3. Applicazione all'intero processo produttivo di un modello di economia circolare, con riduzione degli scarti, prossimi allo zero.
Opportunità per il settore agricolo	1. Diversificazione delle attività produttive; 2. Diversificazione del reddito aziendale; 3. Recupero e tutela della biodiversità locale; 3. Utilizzazione intera della coltura; 4. Incremento della sostenibilità economica e ambientale dell'azienda; 5. Abbattimento dei costi legati allo smaltimento dei rifiuti.
Svantaggi / Limiti	1. mancanza di reti di cooperazione fra attori operanti nella filiera; 2. difficoltà d'accesso ai fondi necessari per la realizzazione del progetto; 3. difficoltà di accesso alla conoscenza e al trasferimento del know-how tra ricerca e privati; 4. difficoltà normative legate all'immissione dei nuovi prodotti sul mercato.
Autore	Katya Carbone, CREA OFA, sede di Roma





Rete Rurale Nazionale
Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali
Via XX Settembre, 20 Roma

    RETERURALE.IT

Pubblicazione realizzata con il contributo FEASR (Fondo europeo per l'agricoltura e lo sviluppo rurale)
nell'ambito del Programma Rete Rurale Nazionale 2014-2020



ISBN 9788833850511