



AGRICOLTORI ITALIANI



CICLO CHIMICA VERDE

Il cardo (*Cynara Cardunculus*) un'opportunità per la bio economia?

ATTIVITA' REALIZZATA CON IL CONTRIBUTO DEL PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE
DELLA REGIONE MARCHE 2014/2020 - MISURA 16.1 PROGETTO ID 52087



Unione Europea / Regione Marche
PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE 2014-2020

NUMERO VERDE 800 01 01 01 PER LO SVILUPPO RURALE. CONTATTI PRESSO NELLE SUE REGIONI



Unione Europea

MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE
ALIMENTARI E FORESTALI



REGIONE
MARCHESINA



*“Ciò che lo scarto
chiama fine del
mondo, la chimica
verde e
sostenibile
chiama farfalla”
(Lao-tzŭ)*

Sommario

INTRODUZIONE	5
Utilizzo del cardo in chimica Verde	10
Approfondimento sull'uso del cardo per Biomassa a fini energetici	17
Approfondimento dell'uso del cardo per la generazione di bioetanolo di seconda generazione	25
Sviluppo di prodotti biodegradabili con il cardo	27
Cardo: un esempio concreto di filiera agroindustriale sostenibile	28
Caratteristiche Botaniche	41
1. Inquadramento botanico	41
2. Caratteristiche morfologiche	42
3. Caratteristiche biologiche	44
4. Risorse genetiche	46
5. Tecnica colturale	48
6. Raccolta del cardo	54
Conclusioni	58

INTRODUZIONE

Il settore energetico resta la principale fonte di emissioni nell'Unione Europea, contribuendo per circa l'80% alle emissioni di CO₂ complessive. Come tutti i fenomeni in grado di incidere in maniera importante sugli aspetti produttivi, economici, ambientali e sociali, anche quello dell'uso di fonti di energia rinnovabile ha richiesto e richiede costanti aggiornamenti ed approfondimenti sia legislativi che scientifici, entrambi mirati ad identificare e promuovere i sistemi produttivi più efficaci e meno impattanti sull'ambiente.

Nell'ultimo decennio del XX secolo la Comunità Europea ha promosso con forza l'utilizzo delle energie rinnovabili, e tra queste le agroenergie, anche nell'ottica di diversificare le produzioni del settore agricolo e forestale, attraverso programmi e regolamenti che sono stati recepiti dai singoli Stati. A partire dagli anni '90 l'obiettivo della valorizzazione delle biomasse è stato perseguito attraverso un'intensa attività normativa a livello comunitario e nazionale che ha definito, nella legge finanziaria 2006, che la produzione e la cessione di energia elettrica e calorica da fonti rinnovabili agroforestali, nonché di carburanti ottenuti da produzioni vegetali provenienti prevalentemente dal fondo effettuate dagli imprenditori agricoli, sia attività connessa ai sensi dell'articolo 2135, terzo comma, del codice civile e quindi produttive di reddito agrario.

Nella Direttiva 2009/28/CE del Parlamento europeo del 23 aprile 2009, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE e recepita attraverso il Decreto L.vo del 3 marzo 2011, n. 28 vengono stabiliti gli obiettivi vincolanti per gli Stati membri al fine di garantire entro il 2020 la riduzione del 20% dei consumi energetici

complessivi, la riduzione del 20% delle emissioni di gas serra (rispetto all'anno base 1990) e la copertura del 20% del fabbisogno energetico complessivo mediante fonti di energia rinnovabile. Di questa, l'8% dovrà essere generata proprio da biomasse e biocarburanti, questi ultimi con un utilizzo minimo obbligatorio pari al 10% del mercato dei carburanti, incentivando la realizzazione di biocarburanti di seconda generazione, a minor impatto ambientale, provenienti dal settore agricolo.

L'impulso generato dalla modificazione del quadro normativo ha favorito un crescente interesse verso le colture energetiche o verso un uso alternativo delle colture tradizionali, motivando gli imprenditori agricoli, agro industriali ed agromeccanici ad investire nel settore.

Anche il mondo della ricerca è stato chiamato quindi a fornire risposte in tempi brevi alle richieste del mondo imprenditoriale che sta sviluppando le diverse filiere agro-energetiche per identificare e sperimentare nuove soluzioni e sistemi produttivi.

Le sinergie nate in questo contesto tra il mondo della ricerca e quello imprenditoriale, in settori a rapido, se non rapidissimo, sviluppo come quello agroenergetico, stanno portando ad innovazioni di prodotto e di processo in grado di determinare un minor impatto ambientale, maggiori rese economiche e bilanci energetici favorevoli.

È per questa ragione che, parallelamente alla modifica del quadro legislativo relativo alla produzione di bioenergie, sia a livello comunitario che italiano, sono stati promossi numerosi progetti di ricerca, mirati a fornire le necessarie conoscenze ed innovazioni tecnologiche agli imprenditori agricoli per metterli in condizione di sviluppare opportunamente le diverse filiere agroenergetiche.

Ma oltre all'aspetto delle agrienergie è attuale anche il tema della chimica verde. Vi raccontiamo una storia:

Avete mai fatto caso a quel colore scuro che si forma sulle nostre dita quando puliamo i carciofi o i cardi? È dovuto all'ossidazione del pigmento di una sostanza oleosa. Allo stesso tempo, vi ricordate della battaglia per difendere il posto di lavoro dei dipendenti del petrolchimico di Porto Torres in Sardegna? Quelli, per intenderci, che attuarono la famosa protesta salendo sulla ciminiera dello stabilimento, dando poi vita all'iniziativa "L'Isola dei cassintegrati"? Per quanto vi possa sembrare fantasioso, le due cose hanno una stretta attinenza tra loro. Questo grazie a quel concetto di economia naturale, basata su cicli produttivi chiusi e impostati sulle regole di Madre Natura. Vediamone il nesso.

L'azienda per cui lavoravano i cassintegrati sardi, era ormai da tempo in crisi, soprattutto perché il principale prodotto realizzato, la plastica di polivinilcloruro (Pvc), fatta con i derivati del petrolio, sostanzialmente era da tempo fuori mercato a causa della sua insostenibilità ecologica ed economica. Come accaduto a tante altre storie simili, dopo il clamore iniziale, l'attenzione mediatica sulla protesta si è persa nella "fuffa" quotidianamente propinata dai programmi televisivi.

Ma almeno noi oggi possiamo informarvi che l'intera vicenda sta andando a buon fine. Ma ormai la riconversione alla cosiddetta chimica verde di tutti i cicli produttivi dello stabilimento è in fase di decollo. C'è stata l'immissione sul mercato dei primi prodotti: bio-plastiche, lubrificanti, prodotti di base per la cosmesi e in campo farmaceutico e persino materie prime per pneumatici. Questi prodotti sono completamente biodegradabili e vengono ottenuti da essenze vegetali, italiane ed europee, rispondendo così almeno in parte alla logica della filiera corta. Tra l'altro la tecnologia utilizzata è interamente progettata e realizzata nel nostro Paese.

Tutto questo viene realizzato nel medesimo stabilimento dove la Matrìca, una società partecipata al 50% ciascuna da Versalis (gruppo ENI) e dalla Novamont, lo scorso anno, ha installato una bio-raffineria alimentata da oli vegetali ottenuti da colture dedicate e coltivate appositamente.

Inizialmente era stato utilizzato l'estratto di girasole, ma l'obiettivo è quello di realizzare le produzioni a partire da un altro olio che si ottiene dalle piante dei cardi (*Cynara cardunculus* L. var. *Altilis*), appartenenti alla stessa famiglia botanica dei carciofi. Ulteriori olii interessanti in fase di studio e sperimentazione sono anche quelli provenienti dalle alghe e dalla pianta del cartamo. Quella del cardo comunque è la coltura più promettente, perché si può realizzare benissimo anche su terreni aridi e poco utilizzati. Per ottenere i prodotti finali, tale olio viene ossidato con acqua ossigenata al 45% ed in questo modo si evita anche l'uso dell'ozono: un reagente tossico e pericoloso.

Dall'ossidazione si ottiene poi un prodotto cosiddetto intermedio (cioè usato come "ingrediente" per ottenere altre cose); si tratta dell'acido azelaico impiegato comunemente nella cosmesi, in ambito farmaceutico, nella cura della persona e nella produzione di bioplastiche biodegradabili: vale a dire le plastiche compostabili, cioè trasformabili in terriccio. E non tutte le cosiddette bioplastiche lo sono.

Altri sottoprodotti e coprodotti intermedi si ottengono da questo processo: l'acido pelargonico, impiegato nella produzione di biolubrificanti, candeggianti, fragranze per alimenti e fitosanitari e può essere utilizzato persino come erbicida, la glicerina e ulteriori acidi più leggeri (C5 – C9, stearico e palmitico), utilizzabili, tra l'altro, per la produzione di pneumatici. Particolare ulteriormente interessante: l'acido palmitico oggi utilizzato in tutto il mondo è quello che si ricava dall'olio di palma. Quello ricavato dai cardi quindi è un prodotto alternativo alla

coltivazione intensiva e distruttiva delle palme da olio, che provoca deforestazione e disastri ambientali nel Sud Est asiatico.

L'obiettivo per la produzione di estratto di cardo è anche quello di utilizzare terreni marginali, oltre che aridi; cioè quei terreni che non sono dedicati attualmente alle produzioni alimentari. Infatti, nella pianificazione dell'iniziativa sono coinvolte anche le organizzazioni agricole, allo scopo di favorire lo sviluppo economico ed ecologico dell'agricoltura particolarmente sofferente, non solo in Sardegna

Utilizzo del cardo in chimica Verde

Tra questi riteniamo interessanti gli studi sulla famiglia delle Asteracee che comprendono diverse specie con metabolismo C3, note genericamente come "cardo", endemiche dell'area del Mediterraneo. La loro capacità di crescere in terreni marginali, con scarso apporto idrico e di fertilizzanti, così come la loro resistenza a parassiti e malattie, le rende particolarmente interessanti per applicazioni non alimentari. In Italia sono state condotte delle ricerche su tre specie in concreto: il cardo mariano, il cardo domestico ed il cardo selvatico.

Il cardo mariano ([Silybum marianum Gaerth](#)) è una pianta biennale, diffusa in tutto il territorio nazionale. Era consumata dagli antichi greci ed etruschi come ortaggio e per le sue proprietà medicinali.



L'interesse della ricerca si concentra principalmente sull'estrazione della silimarina, un complesso bioattivo antiepatotossico di valore per l'industria farmaceutica.

In Sardegna è una pianta infestante, ed è precisamente per la sua facilità di attecchimento e proliferazione che la sua coltivazione come biomassa energetica venne sperimentata dal Crea nel triennio 2008-2010.

La specie perenne *Cynara cardunculus* L. comprende due varietà botaniche: *Altilis* DC. (cardo coltivato, detto anche cardo gentile) e *Sylvestris* Lam. (cardo selvatico, alias [Cynara](#)



[cardunculus cardunculus](#) e *Cynara spinosissima*) e inoltre la sottospecie *Scolymus Hegi* (carciofo).

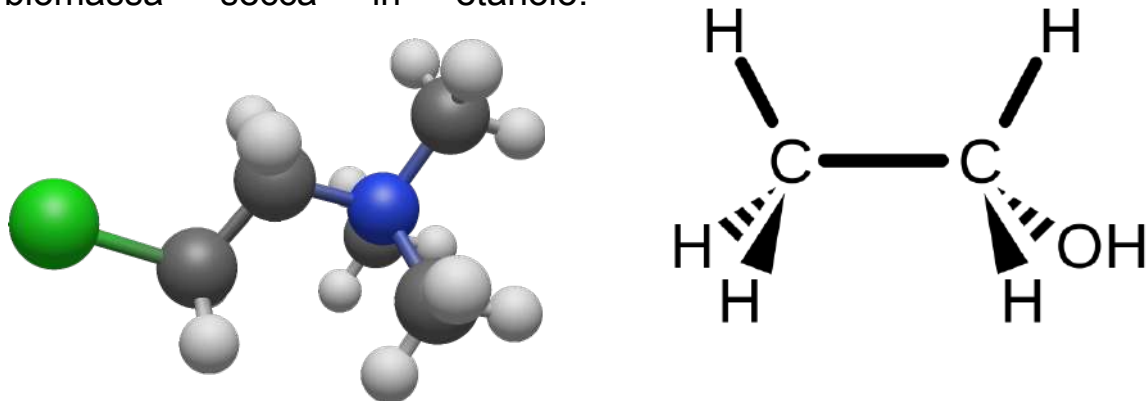
Il cardo selvatico è una coltura con alto potenziale per lo sfruttamento dei terreni marginali e la protezione degli stessi dalla desertificazione. Uno studio congiunto del Cnr e dell'Università di Catania ha dimostrato la fattibilità di sfruttamento energetico integrale della pianta: gli acheni per la produzione di biodiesel e la biomassa aerea per la produzione di pellet.

La biomassa aerea è composta da 40% cellulosa, 20% emicellulosa, 30% lignina, 10% ceneri. Un contenuto di ceneri così elevato rende poco pratico l'utilizzo della biomassa di cardo come combustibile puro. I ricercatori siciliani hanno però riscontrato che i pellet prodotti con 50% di biomassa di cardo e 50% di residui di potatura di ulivo hanno caratteristiche qualitative accettabili: Pci = 14,9 MJ/chilogrammi t.q., 4,1% di ceneri, 10% di umidità, basso contenuto di N, S e Cl. Essendo una pianta poliennale richiede solo una preparazione del terreno al momento della semina e sfalci annuali alla fine dell'estate. L'irrigazione di supporto ed il diserbo sono necessari il primo anno per favorire l'attecchimento. Secondo lo studio appena citato, la produzione totale di biodiesel su un periodo di tre anni è stata di 985 litri di biodiesel/ettaro, 3 tonnellate di pannello/ettaro, avente questo ultimo il 23% di proteine, per cui è un buon complemento per l'alimentazione animale.

Il potenziale dell'insilato di cardo selvatico come biomassa per digestione anaerobica è stato studiato congiuntamente dai ricercatori delle Università di Catania e Milano. Le prove colturali sono state condotte a Catania, con densità d'impianto pari a 0,74 piante/m², gli input ridotti a solo 100 chilogrammi N/ettaro, 100 chilogrammi/ettaro di P₂O₅ e 80 chilogrammi/ettaro di KO₂ il primo anno, 20 millimetri di apporto irriguo nei mesi di aprile-maggio, e nessun trattamento con

agrofarmaci. La resa media di biomassa aerea è stata di 11,8 tonnellate SS/ettaro.anno. Il potenziale metanigeno (Bmp) dell'insilato, rilevato dall'Università di Milano, è risultato pari a 243 ± 22 Nm³/tonnellate SS, ma tale valore potrebbe essere più alto perché lo studio riporta che i reattori di prova erano privi di agitazione. Il rapporto C/N dell'insilato di cardo selvatico è stato pari a 22.

La biomassa del cardo selvatico è adatta anche per la produzione di bioetanolo di seconda generazione. Uno studio condotto in Spagna) dimostra che mediante il trattamento della biomassa con una soluzione di 0,15% di acido solforico a 187°C, è possibile recuperare fino al 60% del glucosio dalla cellulosa e il 93% dello xilosio dalla emicellulosa. Sarebbe dunque teoricamente possibile convertire circa il 20% della biomassa secca in etanolo.



Un altro studio condotto in Italia sulla saccarificazione enzimatica e fermentazione simultanea della biomassa di cardo ha raggiunto una percentuale di conversione in etanolo del 13,6% SS.

Il cardo gentile (*C. cardunculus altilis*) è coltivato principalmente come ortaggio, quindi il miglioramento genetico fino ad oggi ha scarsamente interessato questa coltura per quanto riguarda le sue utilizzazioni energetiche. Nella sperimentazione agroenergetica si fa dunque ricorso ai pochi genotipi tradizionali, caratterizzati dal maggiore sviluppo vegetativo. Tale aspetto lascia ragionevolmente supporre che, attraverso

l'avvio di specifici programmi di costituzione varietale, possano essere notevolmente migliorate caratteristiche quali la produttività di biomassa e di acheni, ed il contenuto in sostanze oleiche di questi ultimi per la produzione di biodiesel.

Le cultivar di cardo domestico maggiormente diffuse in Italia sono: "Bianco avorio" (vigoroso, inerme) e "Gobbo di Nizza", entrambe coltivate in Piemonte; "Bianco migliorato", "Pieno inerme" e "Gigante di Romagna" (gigante inerme a foglia intera).

Le prove condotte a Catania su cardo coltivato hanno reso: 19,1 tonnellate SS/ettaro con Bmp = 200 ± 12 Nm³/ton SS nel caso della cultivar Altilis 41 e 16,9 tonnellate SS/ettaro.anno, aventi Bmp = 245 ± 12 Nm³/tonnellate SS per la cultivar Bianco Avorio (Rif. [iii] già citato, valgono le stesse considerazioni sul margine di incertezza dei valori di Bmp, in questo caso amplificato dal fatto che sono stati condotti due gruppi di prove su ogni cultivar, quindi i valori riportati rappresentano la media fra le medie di ogni gruppo). Il rapporto C/N è stato 24 per Bianco Avorio e 22 per Altilis 41.

In linea di massima, avuto conto delle incertezze metodologiche dello studio in questione, possiamo concludere che non ci sono differenze sostanziali fra i Bmp del cardo selvatico e delle varietà coltivate, ma queste ultime hanno una produttività di biomassa maggiore.

Oltre all'abbondante biomassa epigea, il cardo coltivato si caratterizza per una produttività media delle radici di 25 tonnellate SS/ettaro, valore però influenzato dalla cultivar. L'inulina, estratta mediante bollitura delle radici secche polverizzate, viene sottoposta ad idrolisi mediante l'aggiunta di acido cloridrico e ulteriore bollitura. La resa media in

fruttosio di tale processo è risultata di 2,14 tonnellate/ettaro.anno, con punte di 3 tonnellate/ettaro per la cultivar L01).

Di rilievo anche la produzione di radici ricche di zuccheri (oltre 40%) di cui l'85% costituiti da inulina con un grado di polimerizzazione di oltre cento monomeri per macromolecola. Questo polisaccaride di riserva, noto per le sue proprietà nutraceutiche, assume grande rilevanza per l'impiego in diversi settori industriali, come ad esempio per la sintesi di vari composti chimici di base di notevole interesse economico.



Prove condotte dal Cnr hanno riscontrato una ottima produzione di biomassa (oltre 30 tonnellate SS/ettaro nel cardo coltivato) con un Pci (potere calorifico inferiore) pari a 17 MJ/chilogrammi SS, ed utilizzabile anche per la produzione di carta. La



biomassa di cardo può essere impiegata per la produzione di pasta di cellulosa, grazie al buon contenuto in cellulosa ed emicellulosa e alla bassa presenza di lignina. La carta prodotta possiede buone caratteristiche meccaniche e una bassa porosità.

Per la produzione di pasta di cellulosa possono essere impiegati sia gli scapi fiorali che i pappi, quali prodotto di scarto ottenuto dalla trebbiatura dei capolini che, essendo costituiti quasi esclusivamente da cellulosa, forniscono una carta di migliore qualità.

Anche le produzioni di acheni sono state più che soddisfacenti. Gli acheni hanno mostrato una composizione media pari a 22% di proteine, 24% di olio, 28% di fibra, 4% di ceneri e 22% di estrattivi inazotati. In alcuni tipi è stata evidenziata una resa in olio superiore al 28%.



L'olio ottenuto presenta una distribuzione degli acidi grassi simile a quella del mais e del girasole, caratteristiche chimiche che lo rendono adatto per l'alimentazione umana, e alte quantità di tocoferoli che lo rendono particolarmente stabile nei confronti dei fenomeni di ossidazione.

La farina residua degli acheni disoleati è di grande interesse come alimento zootecnico per la quantità e qualità degli amminoacidi presenti. Il il cardo, grazie al suo particolare ciclo biologico, negli ambienti meridionali può essere posto in coltura per la produzione di foraggio nel periodo autunnale quando in assenza di irrigazioni le altre colture erbacee foraggere non sono ancora in grado di fornire il prodotto.

La granella di cardo può essere utilizzata, oltre che per l'estrazione di olio, anche per l'alimentazione zootecnica, essendo costituita per il 45% dal tegumento ricco in fibra e proteine, caratteristica che lo rende idoneo anche per l'alimentazione zootecnica. L'impiego nel settore zootecnico può essere esteso anche alle farine di estrazione, il cui contenuto proteico può superare il 30%.

Le foglie di cardo rappresentano un serbatoio naturale di composti con spiccata azione disintossicante, tra cui acidi mono- e di-caffeilchinici e flavonoidi, che rappresentano la frazione più abbondante. Inoltre, sono presenti saponine, sesquiterpeni e flavolignani (silimarina). Agli estratti fogliari di cardo sono stati riconosciuti effetti antimicrobici, antiossidanti, anti-HIV (acido 1-3 dicaffeilchinico), epatoprotettivi e coleretici, così come l'abilità di inibire LDL-colesterolo.

Approfondimento sull'uso del cardo per Biomassa a fini energetici

La composizione chimica della biomassa erbacea avendo un maggior contenuto in ceneri, azoto, silicio e altri microelementi rispetto alla normale biomassa ottenuta da colture legnose (pioppo, salice, eucalipto, robinia), comporta una limitata predisposizione alla combustione in quanto vengono ad essere compromesse tutte le proprietà che caratterizzano la biomassa ai fini di un corretto utilizzo energetico, in particolare per quanto concerne il potere calorifico. La presenza consistente di metalli alcalini determina un abbassamento della temperatura di fusione delle ceneri, e ciò è causa di un peggioramento del funzionamento delle caldaie, a causa di una maggior incidenza dello sporco e di un peggioramento dell'efficienza degli scambiatori di calore. Resta inoltre attuale anche una problematica che riguarda le emissioni di particolato, problema che interessa gran parte delle tipologie di biomassa da combustione. È anche opportuno ricordare che tali caratteristiche negative (tenore in ceneri e silice, temperatura di fusione) risultano più o meno importanti anche in funzione delle tecnologie di utilizzazione delle stesse biomasse in sede di combustione. Nonostante tutti gli aspetti accennati ostacolino la realizzazione di una filiera biomassa-energia completa ed efficiente, recentemente sul mercato sono state presentate delle soluzioni tecnologiche di piccola e media potenza, certificate per la combustione delle biomasse erbacee, alla luce della richiesta sempre più elevata di diversificazione delle fonti di approvvigionamento dei biocombustibili, dell'interesse sempre più marcato per le colture erbacee poliennali e della volontà di sviluppare modelli di filiere agro-energetiche sostenibili su piccola scala.

Le tecnologie per la conversione energetica delle biomasse possono essere suddivise in tre gruppi.

a) Impiego di caldaie eventualmente accoppiate a macchine a ciclo Rankine o Stirling per la conversione dell'energia termica in energia meccanica ed elettrica.

Le attuali applicazioni fanno riferimento, nella pratica e per la quasi totalità dei casi, a questo gruppo ed alle macchine a ciclo Rankine.

b) Sistemi di gassificazione della biomassa ed utilizzo di motori endotermici alternativi o turbine a gas, anche se tali applicazioni non si sono ancora affermate a livello commerciale.

c) Impiego di un combustibile, ottenuto dalla biomassa, in motori di diverso tipo (diesel, turbogas ecc.). Esempi sono il biogas prodotto dalla fermentazione anaerobica di liquami zootecnici, gli oli vegetali e i loro derivati (ottenuti da oleaginose), il bioetanolo ed i suoi derivati.

Per quanto riguarda le caldaie, sono attualmente disponibili diverse tecnologie che si differenziano in base ai criteri costruttivi ed alle capacità degli impianti.

a) Caldaie di piccola taglia (fino a 100 kW) alimentate a cippato o pellet prodotto a partire da diverse biomasse ligno-cellulosiche. Queste caldaie sono normalmente utilizzate per la generazione di energia termica al servizio di singole utenze e potrebbero anche essere accoppiate a piccole macchine Rankine a fluido organico (ORC) per la generazione di energia elettrica.

b) Caldaie di media taglia (fino a 1-2 MW), alimentate a cippato di legna, residui vari o pellet al servizio di utenze collettive di tipo civile o di utenze industriali ;anche queste caldaie sono accoppiabili a sistemi ORC.

c) Caldaie di media taglia (fino a 20 MW), alimentate a cippato di legna, residui vari o pellet al servizio di piccole - medie reti di distribuzione. Date le caratteristiche dell'utenza anche in questo caso è consigliabile l'accoppiamento a macchine ORC, mentre i sistemi a vapore pongono qualche problema a livello gestionale.

d) Caldaie di elevata taglia (fino a 70 MW termici) che possono utilizzare un'ampia varietà di materiali combustibili al servizio di un impianto industriale o di una rete di teleriscaldamento. Per la produzione di energia elettrica, la scelta è quella delle turbine a vapore.

Piccole caldaie ad uso civile

A questa categoria appartengono le caldaie di piccole dimensioni, progettate specificatamente per la generazione di energia termica (5 - 100 kW), disponibili già da tempo sul mercato.

Attualmente, secondo stime recenti, si produrrebbero più di 300.000 piccoli dispositivi di combustione all'anno destinati al riscaldamento domestico, con un mercato del pellet superiore a 300.000 t all'anno.

Le piccole caldaie, nonostante offrano elevata flessibilità operativa e siano in grado di servire il gran numero di piccoli/medi edifici sparsi in ambito rurale, rappresentano il sistema più trascurato negli studi di pianificazione energetica. Da un punto di vista tecnico, le piccole caldaie potrebbero risultare idonee per generare anche elettricità (tuttavia con rendimenti alquanto bassi pari a 0,15-0,17) o per realizzare dei sistemi di cogenerazione, applicando la tecnologia ORC o la tecnologia Stirling. La prima richiede che la caldaia produca olio diatermico a temperature dell'ordine dei 300°C; la seconda un vettore termico, preferibilmente a temperature ancora più elevate. Entrambe richiedono una sorgente fredda che, per queste applicazioni, non può essere che l'aria ambiente. Tali soluzioni, molto interessanti da un punto di vista energetico e teorico, sono scarsamente diffuse sul territorio (ciclo ORC). Il combustibile da utilizzare per questo tipo di impianti è essenzialmente costituito dagli scarti legnosi di natura agroforestale o dal pellet prodotto a partire da coltivazioni dedicate o da residui agricoli.

Caldaie di media-grande potenza

Nel caso in cui sia possibile disporre di elevati quantitativi di biomasse residuali o provenienti da colture appositamente impiantate, ed allo scopo di progettare grandi impianti di conversione energetica associando la produzione di energia elettrica (con rendimenti alquanto bassi pari a 0,15-0,17) (cogenerazione) e/o la produzione di energia elettrica e frigorifera all'energia termica (quindi in trigenerazione) le caldaie di media e grande potenza rappresentano la soluzione ottimale.

Indipendentemente dalle biomasse impiegate, il rispetto delle limitazioni di legge è legato ad una serie di fattori che comprendono una combustione ottimale ed un idoneo trattamento dei fumi. Quanto migliore è la combustione, tanto più semplice è il trattamento dei fumi a valle della caldaia ma ciò presuppone che il sistema di combustione sia tecnicamente progettato per lo specifico tipo di combustibile: per i residui legnosi, in particolare, lo schema ritenuto ottimale prevede caldaie a tubi d'acqua e griglie di combustione di tipo mobile.

I modelli di caldaia a griglia si distinguono in quelli di tipo fisso o mobile (in relazione alla tipologia della griglia). La griglia fissa è adatta alla combustione di biomassa legnosa a basso contenuto di umidità (non

superiore al 35%) e residuo in cenere relativamente basso, per evitare cicli di pulizia manuale molto frequenti, mentre la griglia mobile è adatta ai combustibili più umidi (fino al 50%), anche di pezzatura grossolana. Il vantaggio dei sistemi a griglia mobile consiste nella possibilità di mantenere il letto di combustione in continuo movimento limitando il fenomeno di agglomerazione delle ceneri con conseguente formazione di grossi residui che peggiorano le condizioni di combustione. Inoltre, sfruttando l'inclinazione della griglia mobile, le ceneri vengono convogliate in una zona di raccolta predefinita e successivamente estratte dalla camera di combustione e portate all'esterno con una coclea.

Inoltre, per garantire una combustione ottimale, la quantità di combustibile in ingresso, la temperatura in camera di combustione e l'eccesso d'aria primaria, secondaria e terziaria sono regolate automaticamente. Con questo tipo di tecnologia si può utilizzare un materiale con umidità fino al 60% (sul tal quale) garantendo un buon processo di combustione e bassi livelli di emissione; in alcuni impianti vengono installati particolari filtri (a maniche), preceduti da raffreddatori che garantiscono una temperatura dei fumi all'ingresso del filtro inferiore a 200-220°C, anche in condizioni di caldaia sporca o con eventuale sovraccarico. Per l'abbattimento delle polveri, vengono sempre più utilizzati anche gli elettrofiltri, soluzione costosa ma affidabile, per limitare i controlli sull'impianto e la sicurezza di funzionamento.

La combustione della biomassa avviene in appositi impianti in cui si realizza anche lo scambio di calore fra i gas di combustione e i fluidi di processo (acqua, olio ecc.); quando il materiale organico di partenza presenta un'alta percentuale di ceneri, la fase di combustione e quella di scambio di calore vengono di norma realizzate separatamente per ottenere un miglior controllo di entrambi i processi, ma di norma la combustione diretta di biomasse ricche di cellulosa e di lignina, purché con contenuti in acqua inferiori al 35%, si realizza con buoni rendimenti (70-80%).

Con riferimento alla biomassa di cardo può essere utilizzata sia per la produzione di energia per term conversione (con un potere calorifico inferiore di 16-17 MJ kg⁻¹ compresi i semi) sia per usi cartari data la buona qualità della fibra; il contenuto in cenere della biomassa è

comunque piuttosto alto, 13-15% della sostanza secca, con un contenuto in silice che, invece, risulta piuttosto basso (12-18%).

Infatti sebbene le biomasse provenienti da specie erbacee poliennali possano rifornire diverse tipologie di impianto termico, spaziando da quelli di potenza medio-bassa (fino a 2 MW) fino a quelli di potenza elevata (fino a 20 MW), l'obiettivo di favorire un impiego di biomasse prodotte in ambito locale farebbe preferire impianti di potenza medio-piccola.

La motivazione del ritardo nella presentazione di specifici modelli adatti alla combustione di biomasse più "difficili", quali quelle erbacee, oltre che nell'inerzia del mercato, è da ricercare nella necessità di uno sviluppo tecnologico innovativo degli impianti di piccola e media potenza, legato in particolare alla realizzazione di specifiche camere e griglie di combustione che garantiscono elevate prestazioni in termini di efficienza, automazione e costi di gestione limitati.

Infatti nonostante i tentativi di produrre materia prima di qualità anche a partire da biomasse di natura erbacea, sia annuale che poliennale, si rileva che allo stato attuale la gran parte degli impianti di combustione di piccola potenza presenta evidenti problemi operativi, in quanto progettati per funzionare con biomasse legnose.

Con riferimento alle caratteristiche della materia prima si rileva che la pellettizzazione della biomassa trinciata consente di aumentare notevolmente la densità del materiale con notevole riduzione dei costi di movimentazione, trasporto e stoccaggio e riduzione dei costi di investimento per la realizzazione delle infrastrutture necessarie alla valorizzazione energetica (caldaia e silo di stoccaggio). Tuttavia, la concentrazione del cloro nella pianta è uno degli elementi che presenta maggiore variabilità in assoluto.

Pertanto, allo scopo di alimentare materiale vegetale con caratteristiche differenti, quale quello di natura erbacea, sono necessarie modifiche sostanziali soprattutto in relazione alle coclee di movimentazione ed ai sistemi automatici di gestione ed estrazione delle ceneri (basati su vibrazione, movimentazione o rotazione). Inoltre, come avviene ormai per gran parte delle tecnologie disponibili sul mercato per lo sfruttamento energetico delle biomasse è previsto l'impiego di sensori per il monitoraggio delle temperature e dei livelli gassosi presenti in caldaia ed allo scarico.

Questi biocombustibili dovrebbero essere utilizzati in caldaie sviluppate per la combustione di biomasse con elevati contenuti di ceneri, al fine di evitare problemi operativi durante la combustione e con le emissioni in atmosfera.

In particolare è raccomandata la presenza di meccanismi automatici, opportunamente regolati, di rimozione e movimentazione delle ceneri e di pulizia degli scambiatori di calore.

In relazione ai depositi formati sugli scambiatori di calore e in considerazione della composizione elementare del biocombustibile, sarebbero necessari test di lunga durata per monitorare eventuali effetti corrosivi.

In alcuni studi sono state compiute prove per la combustione di specie erbacee con una caldaia innovativa, allo scopo di definire le prestazioni in termini di combustione, formazione di residui, emissioni gassose (ossigeno, anidride carbonica, monossido di carbonio, ossidi di azoto, biossido di zolfo, composti organici volatili) e di polveri.

Durante la sperimentazione sono state apportate anche alcune modifiche per ottimizzare l'asportazione delle ceneri depositate nella zona di combustione, con particolare riferimento alla riduzione della frequenza e dell'estensione di movimento della griglia della caldaia.

Dai risultati della ricerca è stato possibile evincere che con gli accorgimenti adottati le emissioni medie di monossido di carbonio sono state molto basse indipendentemente dalla specie erbacea combusta, con valori inferiori ai 40 mg MJ⁻¹, e grazie ai movimenti della griglia mobile è stata ridotta la formazione di scorie fuse. Pertanto si può anche concludere che il controllo della caldaia mediante sonda lambda è più flessibile rispetto ai sistemi di controllo della temperatura, in quanto può permettere di utilizzare differenti tipi di combustibile pur mantenendo un buon livello di emissioni.

Per ridurre le emissioni di polveri, principalmente composti minerali, è possibile agire solo sulla qualità del biocombustibile in ingresso e poco ancora sulla caldaia, alla luce dei bassi livelli di monossido di carbonio (combustione efficiente)-

Cogenerazione

Parallelamente alla produzione di energia termica è sempre possibile immaginare, per gli impianti medio-grandi, la produzione di energia

elettrica da impiegare in processi produttivi o da immettere nella rete del gestore dei servizi elettrici. Secondo la norma UNI 8887-1987 si intende per cogenerazione l'insieme delle operazioni volte alla produzione combinata di energia meccanica/elettrica e calore, partendo da una qualsiasi sorgente di energia. In tali sistemi il calore generato viene trasferito all'utenza finale in forme diverse (vapore, acqua calda, aria calda), e può essere destinato a usi civili di riscaldamento e/o raffreddamento o a usi industriali. Finora il principale ostacolo allo sviluppo dei sistemi cogenerativi è stato rappresentato dagli elevati costi iniziali di impianto per via della complessità di tali sistemi, se confrontati con i costi di altri sistemi tradizionali.

Tra i sistemi maggiormente diffusi per la cogenerazione di energia termica ed elettrica vi sono quelli basati su sistemi ORC, turbine a gas o su motori endotermici. Nel caso di impianti di taglia medio-piccola (fino a 2 MW elettrici) la generazione viene di norma realizzata mediante impianti ad olio diatermico, nei quali l'energia proveniente dalla camera di combustione viene ceduta ad un fluido intermedio (appunto l'olio diatermico) e successivamente alla turbina che genera energia elettrica (ciclo ORC – Organic Rankine Cycle).

Complessivamente le varie fasi della tecnologia si possono così schematizzare:

- la biomassa viene alimentata in caldaia e viene eseguita la combustione e la generazione di energia termica nel rispetto degli standard di sicurezza.
- L'olio diatermico, impiegato come fluido vettore, trasferisce l'energia termica ad un fluido operante all'interno della turbina, il quale espande e consente il movimento della turbina e la generazione di energia elettrica.

A livello commerciale sono diverse le soluzioni proposte, oggetto anche di numerosi studi bibliografici, che si distinguono per alcuni aspetti progettuali ed operativi: generatore elettrico, scambiatori di calore, strumentazione di regolazione e controllo dell'impianto, sistemi antinquinamento e di insonorizzazione.

Addirittura per taglie piccole (fino a 350 kW) possono essere adottati sistemi a microturbina o anche celle a combustibile, ma entrambe le soluzioni presentano tuttora costi molto elevati (fino a 2500 €/kWe nel caso della microturbina e fino a 5000 €/kWe nel caso delle celle a

combustibile). Per di più, nel caso delle microturbine, l'efficienza meccanica risulta relativamente bassa e la cogenerazione è limitata ad applicazioni a bassa temperatura.

I principali vantaggi associati agli impianti di cogenerazione consistono in un miglioramento dei rendimenti (diminuzione dei consumi a parità di potenza) ed in un minor impiego di combustibile a parità di energia ricavata, di contro per l'impiego di impianti di cogenerazione è necessario che sia presente contemporaneamente la domanda di energia termica e di energia elettrica in quanto l'elettricità non è accumulabile e il calore lo è solo per brevi periodi.

Approfondimento dell'uso del cardo per la generazione di bioetanolo di seconda generazione

Il bioetanolo ottenuto a partire da materie prime di origine vegetale può essere impiegato come combustibile o come prodotto intermedio per la generazione di additivi per la benzina (Etil-terz-butil-etero ETBE o Metil-terz-butil-etero MTBE). Generalmente l'etanolo può essere ottenuto per fermentazione, in condizioni anaerobiche, di substrati zuccherini preventivamente idrolizzati e successivamente fermentati (barbabietola, sorgo zuccherino per esempio), substrati amidacei (patata, sorgo da granella, mais) o da materiali ligneo celluloseici sottoposti ad idrolisi in condizioni acide.

Nel mondo, soprattutto negli Stati Uniti ed in Brasile (tra i primi paesi nel mondo a produrre bioetanolo per scopi energetici) sono allo studio impianti innovativi per la produzione di bioetanolo di cosiddetta seconda generazione a partire da specie erbacee poliennali come *Arundo donax* e cardo. Infatti, negli Stati Uniti, la produzione di bioetanolo per scopi energetici ha rappresentato un'ottima occasione per risollevare l'economia di alcune aree depresse e per la produzione di prodotti secondari quale il "distilled dried grain" (DDG) da utilizzare come mangime in campo zootecnico. In Brasile, invece, la produzione di bioetanolo, incentivata dalla grande disponibilità di materie prime zuccherine, ha determinato la disponibilità di riutilizzare alcuni scarti (borlande) a scopo agronomico, ed i residui dell'estrazione del sugo zuccherino (bagasse) per la generazione di energia da impiegare per l'alimentazione degli impianti di distillazione.

In Italia esiste un gran numero di distillerie, circa una sessantina, che concorrono alla produzione di bioetanolo a partire dalla fermentazione di materiale vegetale, ma parte di questo alcol è destinato al mercato alimentare mentre la restante parte (alcol anidro) è utilizzato a scopo energetico o per la produzione di ETBE; in ogni caso le quantità prodotte sono poco rilevanti, e dell'ordine di alcune decine di migliaia di tonnellate all'anno. A tutt'oggi, nel tentativo di riconvertire alcuni zuccherifici viene proposta la produzione di bioetanolo a partire da materiale vegetale, in alcuni casi frumento.

Il bioetanolo si distingue in prodotto di prima e seconda generazione. Quello di prima generazione è prodotto a partire da substrati zuccherini

e/o amidacei (tipicamente mais e canna da zucchero) mentre quello di seconda generazione è ottenuto a partire da substrati di natura cellulosa.

Nella scelta di un materiale celluloso per la produzione di un biocombustibile come il bioetanolo vanno affrontate alcune considerazioni relative ai costi di produzione della coltura energetica su scala industriale, ai costi del processo produttivo, alla qualità del prodotto ottenuto, al bilancio energetico globale e ad eventuali ricadute di carattere ambientale.

Resta il fatto che negli ultimi decenni la domanda globale di petrolio tende ad aumentare del 50-70% (circa 13 bilioni di litri al giorno), pertanto le moderne economie sono continuamente alla ricerca di fonti alternative a quelle fossili, possibilmente rinnovabili e con un minor impatto ambientale.

Il bioetanolo è tra i biocombustibili attualmente oggetto di studio per l'impiego in aggiunta alla benzina, o per alimentare motori a combustione interna, e la cui produzione è stata in crescente aumento nel primo decennio del ventesimo secolo.

Mentre la produzione di etanolo è abbastanza semplice per fermentazione di substrati zuccherini, la tecnologia si complica se il substrato di partenza è di natura ligno-cellulosica ed infatti gli impianti per la conversione in bioetanolo di materiali ad elevato contenuto di cellulosa scarseggiano. Infatti, la produzione di etanolo di derivazione cellulosa è una tecnologia che appare molto promettente in termini di energia netta prodotta e di emissione di CO₂ legata al processo. Appare evidente che una qualsiasi produzione sostenibile di bioenergia sia strettamente correlata al tipo di biomassa impiegata, in quanto ciascuna tipologia presenta vantaggi e svantaggi in termini di energia impiegata per realizzare il processo di conversione, di risorse naturali impiegate (acqua, terra), e di mercato (potenziale competizione con colture ad uso alimentare).

In sostanza dai dati disponibili si desume che la produzione di etanolo richiede la realizzazione di impianti di grosse dimensioni e la disponibilità di grandi quantità di materia prima di origine agricola, pertanto non è proponibile come tecnologia di conversione energetica adatta a piccole realtà locali, come può avvenire per altre tecnologie (combustione, produzione di biogas).

Sviluppo di prodotti biodegradabili con il cardo

L'Unione Europea, convinta della necessità di rilanciare la competitività puntando sui temi della sostenibilità ambientale e dell'innovazione, ha selezionato sei aree tematiche strategiche per produrre un set armonico di norme e standard che spingono il mercato di quelle che vengono chiamate Lead Market Initiatives.

I prodotti da fonte rinnovabile, presupposto della bioeconomia, fanno parte di queste sei iniziative strategiche. Si tratta di settori in cui sarà importante applicare i principi di un'economia di sistema e non di prodotto per massimizzare le ricadute positive sul territorio. Il supporto alla bioeconomia come volano di crescita e sviluppo sostenibile in Europa è inoltre evidenziato dalla pubblicazione nel Febbraio 2012 da parte della Commissione Europea di una prima strategia sulla tematica

1. La promozione dei prodotti da fonte rinnovabile potrà rivitalizzare l'industria chimica occidentale. Le bioplastiche biodegradabili e gli intermedi chimici di origine vegetale rappresentano un esempio di economia di sistema, in quanto permettono di ridisegnare interi settori applicativi, incidendo sul modo di produrre le materie prime, sulla verticalizzazione di intere filiere agro-industriali, sul modo di usare i prodotti e di smaltirli. Esse sono quindi un potente caso dimostrativo di sviluppo sostenibile e di crescita culturale, di esempio anche per altri settori.

- 2 In particolare la costruzione di "Bio-raffinerie integrate nel territorio, di terza generazione", rivolte principalmente ai prodotti innovativi a più alto valore aggiunto rispetto all'energia e ai biocarburanti, come i biochemicals e le bioplastiche, permetterà l'affermazione di un nuovo modello socio-economico e culturale, prima ancora che industriale,

dando una corretta priorità all'uso delle biomasse, nel rispetto della biodiversità locale e con la creazione di nuovi posti di lavoro.

In Italia i sacchi biodegradabili per asporto merci sono entrati in commercio a partire dal 1° gennaio 2011. L'applicazione della legge ha contribuito a diminuire l'utilizzo dei sacchi monouso (inquinanti del mare e tra i prodotti a più alto rischio di dispersione nell'ambiente) dal 35 al 50% nella grande distribuzione. Ha creato nel primo anno di entrata in vigore una accelerazione della domanda per le bioplastiche tale da incentivare investimenti sul territorio e facilitare la creazione di una filiera industriale di dimensioni significative, che coinvolge fortemente industrie italiane ed europee. Per quanto riguarda l'Italia, un esempio è costituito dalla riconversione di un impianto di PET: grazie all'approvazione della legge si è avuto un volume critico sufficiente ad avviare con successo un grande impianto opportunamente modificato, richiamando tutti i lavoratori altamente qualificati dalla CIGS. Nel sito di Terni di Novamont tra il 2011 e il 2012 si sono costruite tre nuove linee industriali di amido complessato, e nel 2011 si è avuto un aumento di posti di lavoro del 26%. È inoltre nata Matrìca, la joint venture tra Novamont ed ENI Versalis, che a Porto Torres ha iniziato ad investire 450 MI Euro in 7 impianti tutti collegati alla filiera delle bioplastiche e delle gomme. L'iniziativa ha accelerato il progetto di bonifica da parte del proprietario del sito per 500 MI Euro.

Cardo: un esempio concreto di filiera agroindustriale sostenibile

NOVAMONT è attiva nel mondo dell'agricoltura, a partire dall'utilizzo di materie prime locali (colture a basso input, sottoprodotti, scarti di lavorazione), nella logica di una loro valorizzazione "a cascata" fino alla

produzione di soluzioni sostenibili attraverso processi industriali innovativi che riducono l'impatto ambientale e incrementano la sicurezza.

Con l'attività di ricerca si punta a identificare colture autoctone, che possano essere coltivate in terreni marginali e non irrigui, per permettere di valorizzare le specificità locali, mantenendo la biodiversità, e con una grande attenzione alla fertilità dei suoli. Allo stesso tempo viene massimizzato l'utilizzo di tutte le componenti produttive, che da "scarti" diventano co-prodotti ovvero punti di partenza di nuove filiere. Seguendo questo approccio si attivano filiere agroindustriali innovative rispettose del territorio, in collaborazione con gli agricoltori e le loro associazioni.

Le soluzioni dedicate al mondo dell'agricoltura, ottenute dalla bioraffineria integrata nel territorio, contribuiscono a risolvere specifiche problematiche legate al fine vita di alcuni prodotti (ad esempio pacciamature, clips, dispenser per feromoni), di minimizzare i rischi legati alla dispersione di prodotti nell'ecosistema (biolubrificanti) o di ridurre l'uso di alcune molecole ad alto impatto ambientale (bioerbicidi).

L'intensificazione delle pratiche agricole e la loro gestione poco sostenibile hanno contribuito nel tempo all'erosione del suolo, inducendo il progressivo fenomeno della desertificazione. Uno studio condotto da CNR, ENEA e ISPRA nel 2015 ha rilevato che il 21,3% del territorio italiano è considerato potenzialmente a rischio e il 41% di queste aree è rappresentato dalle regioni del centro e del sud Italia. Lo stesso andamento è riportato da studi della FAO - Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura - per quanto riguarda lo stato dei suoli a livello mondiale.

Il suolo è una risorsa non rinnovabile di vitale importanza per garantire la produzione agricola, la crescita della vegetazione, la moderazione dei flussi d'acqua verso le falde acquifere, la riduzione del rischio di

alluvioni, la regolazione dei flussi di energia con l'atmosfera, il mantenimento dell'attività biologica e della biodiversità dei territori.

Contrastare l'intensificazione del fenomeno della desertificazione diventa prioritario per contribuire, da un lato, alla lotta al cambiamento climatico grazie alla capacità del suolo di catturare l'anidride carbonica (CO₂) atmosferica nel terreno e, dall'altro, alla sicurezza alimentare. Per fare questo occorre ripartire dalla promozione di un'agricoltura sostenibile, che rimetta il ciclo del carbonio in posizione centrale, e che consenta attraverso pratiche innovative di ripristinare uno dei principali elementi della fertilità del terreno, ovvero la sostanza organica.

L'utilizzo del compost di qualità ottenuto in agricoltura gioca un ruolo fondamentale nel preservare la sostanza organica presente nel suolo, nel frenare il degrado biologico e nel ridurre le emissioni di gas serra. Il compost è infatti un prezioso ammendante per i terreni, ricco di sostanze umiche, ottenuto dalla trasformazione dei rifiuti organici tramite processo di compostaggio.


Ogni anno in Europa vengono prodotte 96 milioni di tonnellate di rifiuto organico che potrebbero essere trasformate in compost di qualità e dare carbonio ai suoli e maggiore salute e resistenza ai terreni. Tuttavia, 66 milioni di questi 96 milioni non sono raccolti, ma sono conferiti in discarica, togliendo questo driver di fertilità per il suolo al suolo stesso.


Una corretta raccolta della frazione organica di rifiuto e l'utilizzo di soluzioni biodegradabili e compostabili, aiuta a ridurre la contaminazione da plastiche del rifiuto organico e di conseguenza ad ottenere un compost di qualità.

La realizzazione di bioraffinerie integrate nel territorio passa anche attraverso lo sviluppo di filiere agroindustriali innovative, basate su materie prime agricole che valorizzano le specificità locali e la biodiversità, garantiscano l'uso efficiente delle risorse e siano allo stesso tempo

vantaggiose per l'agricoltore. Novamont collabora con il mondo accademico e con i più importanti centri di ricerca italiani e internazionali per l'identificazione e lo studio di aridocolture oleaginose di potenziale interesse industriale e che possono essere coltivate in terreni marginali e poco adatti a colture tradizionali. La ricerca in questo settore riguarda un'ampia gamma di discipline: dalla valutazione degli aspetti agronomici al miglioramento genetico, all'ottimizzazione delle operazioni di meccanizzazione delle attività agricole fino all'estrazione di molecole attive, oli, farine proteiche, zuccheri.

Le sperimentazioni condotte negli anni hanno permesso di elaborare un protocollo di coltivazione, individuando le pratiche agronomiche che gli agricoltori devono seguire per una produzione sostenibile ed efficiente della coltura. Nel gennaio del 2015 abbiamo sottoscritto con le organizzazioni di categoria più rappresentative un accordo di collaborazione volto alla diffusione della coltivazione di aridocolture tra gli agricoltori e all'attivazione di una filiera agricola rispettosa del territorio e delle risorse. Con questo modello di filiera agroindustriale innovativa e sostenibile ci proponiamo di realizzare benefici per l'intero sistema:

 Valore aggiunto per gli attori della filiera. Nuove opportunità di reddito per gli agricoltori che operano su terreni abbandonati o incolti, con marginalità economica negativa, attraverso la stipula di contratti di filiera per la valorizzazione agro ambientale delle colture.

 Utilizzo a cascata delle risorse. Massimizzare l'efficienza dell'uso delle risorse in un'ottica circolare attraverso l'utilizzo di tutte le componenti delle colture per realizzare una serie di prodotti e co-prodotti che vanno dai biochemicals ai mangimi per animali e per far fronte al fabbisogno energetico di un processo industriale.

📖 Sviluppo di nuovi prodotti innovativi. Dall'olio dei semi delle aridocolture oleaginose si possono ottenere numerosi intermedi chimici e bioprodotti che trovano applicazione in molteplici settori: bioplastiche, biolubrificanti, cosmesi, plastificanti, etc.

Il cardo e il cartamo sono stati individuati come colture che ben si adattano al nostro modello. La loro coltivazione rappresenta un'opportunità per il settore agricolo e per gli agricoltori, in quanto crescono su terreni aridi, abbandonati e rimasti incolti. Grazie alle loro peculiarità, il cardo e il cartamo sono in grado di fornire il tipo di olio e di biomassa rispondente alle esigenze della nostra bioraffineria per produrre bioprodotti a basso impatto ambientale.







ranghinatura della biomassa (di cardo)



ranghinatura della biomassa (di cardo)



Dalla creazione di filiere agroindustriali integrate e l'impiego di soluzioni sostenibili in agricoltura altamente innovative e a basso impatto ambientale nascono :

- La linea di biolubrificanti e grassi MATROL-BI, grazie all'origine da fonti rinnovabili, la rapida biodegradabilità e la sua formulazione non tossica per gli ecosistemi, offre soluzioni ambientalmente

sostenibili per minimizzare i rischi legati alla dispersione di tali prodotti.

- Il film per pacciamatura biodegradabile in MATER-BI al termine del ciclo colturale non deve essere né rimosso né smaltito e può essere lavorato direttamente nel terreno, grazie alla sua certificata biodegradabilità in suolo.
- Sostanze attive per agrofarmaci a base di acido nonanoico di origine naturale, per il controllo non selettivo della vegetazione. Nate da una tecnologia proprietaria Novamont prima al mondo nel campo degli oli vegetali, non presentano effetti negativi sull'uomo, sull'ambiente e sui frutti.

I FLUIDI IDRAULICI MAT

Sono fluidi pensati su misura a seconda degli impianti idraulici in cui vanno ad operare. Biodegradabili, con una base di origine vegetale alto-oleica ad elevata stabilità ossidativa, sono formulati con speciali pacchetti di additivi "Ashless" aventi particolari proprietà antiusura.

La serie di fluidi idraulici MAT comprende prodotti idonei per un ampio range di applicazioni, come i sistemi idraulici e le macchine movimento terra usate in agricoltura e silvicoltura, i sistemi idraulici degli autocompattatori e delle spazzatrici per la raccolta dei rifiuti, gli impianti di sollevamento oleodinamici soggetti a severe condizioni operative quali quelli degli ascensori, dei montacarichi idraulici e degli apricancelli, ed infine tutti quei sistemi di movimentazione idraulica presenti sulle imbarcazioni per trasporto merci o persone. I fluidi idraulici MAT sono conformi alle specifiche tecniche ISO 15380 e biodegradabili secondo OECD 301 B.



GLI OLI LUBRIFICANTI PER TRASMISSIONI MAT

Sono fluidi per la lubrificazione di differenziali, scatole di cambio e freni idrodinamici. Formulati a partire da basi di origine vegetale e/o sintetica da fonte rinnovabile e con additivi "Ashless" contraddistinti da un elevato profilo ambientale, sono caratterizzati da una particolare stabilità all'ossidazione anche in condizioni di sollecitazione continua e sono biodegradabili secondo OECD 301 B. In particolare i MAT U.T.T.O. (Universal Tractor Transmission Oil) sono, al contempo, oli per trasmissioni e per sistemi idraulici, idonei per macchine agricole e macchine movimento terra.

I GRASSI MAT

Possono essere usati in agricoltura, nel settore marino o in generale su tutte quelle macchine che richiedono lubrificazione continua da grasso. I Grassi MAT sono formulati a partire da sapone di Calcio o sapone di Litio e olio vegetale additivato con uno speciale pacchetto di additivi "Ashless" che ne migliorano la stabilità idrolitica, ossidativa, le proprietà antiusura e di Estreme Pressioni e infine conferiscono elevata adesività e resistenza al dilavamento.



I FLUIDI DIELETTRICI MAT

Sono fluidi isolanti a base vegetale o esterea e possono essere usati nei trasformatori di potenza. Caratterizzati da elevata purezza e additivati con un'appropriata combinazione di additivi che garantiscono un bassissimo punto di scorrimento e un'elevata stabilità ossidativa, presentano alte prestazioni isolanti e di smaltimento del calore.

Conformi alle specifiche IEC 61099, rispetto ai fluidi dielettrici a base minerale contribuiscono a diminuire notevolmente il rischio di incendio (dato il flash point più elevato) e assicurano una migliore conservazione delle componenti del trasformatore (carta di Kraft isolante, rame). Inoltre, in caso di rottura e sversamento, minimizzano le problematiche di natura ambientale nonché i costi e i tempi di bonifica.

MAT PER PACCIAMATURA

SOLUZIONI PER LA
BIODEGRADABILITÀ IN SUOLO



MA PACCIAMATURA

Il telo per pacciamatura in MATI è il primo telo biodegradabile e compostabile scelto dagli agricoltori e garantisce ottime performance in trasformazione e agronomiche in campo, unite a un'elevata compostabilità ambientale.

I nostri materiali per pacciamatura sono progettati e formulati per essere biodegradabili in suolo e hanno ottenuto la certificazione di compostabilità secondo la norma UNI EN 13432.

Il MA è una famiglia di bioplastiche completamente biodegradabili e compostabili che utilizza risorse rinnovabili per fornire una soluzione a ridotto impatto ambientale e risolvere specifiche problematiche ambientali in diversi settori, come il foodservice, gli imballaggi e la raccolta differenziata dell'organico.

MA PACCIAMATURA

Materiale innovativo con sostanziali vantaggi tecnici



compatibile
ai comuni
impianti
di estrusione

- Ottima stabilità e processabilità sui comuni impianti di estrusione in bolla utilizzati per le plastiche tradizionali, con un ampio range di spessori (da 10 a 200 µm)
- Ottimizzazione di masterbatch pigmentati specificamente sviluppati, che garantiscono alta compatibilità e buon rendimento
- Facilità di riciclo del telo per pacciamatura in MA (scarti di filmatura) con impianti standard per plastiche tradizionali e possibilità di includere fino al 10 % di materiale rigenerato nei teli di pacciamatura, senza modifiche delle caratteristiche meccaniche e performace in campo
- Ottime proprietà meccaniche, caratterizzate da una elevata resistenza e tenacità (vedi tabella)

MA PACCIAMATURA

La biodegradabilità in suolo



biodegradabile
in suolo

Un materiale biodegradabile per l'agricoltura deve essere **biodegradabile nell'ambiente** in cui verrà lasciato: il suolo agricolo

- Il telo per pacciamatura in MA1 è certificato **OK Biodegradable Soil** dall'Istituto di certificazione belga Vincotte.
- **OK biodegradable soil** è un programma specifico che garantisce la completa biodegradabilità e mancanza di effetti tossici nel terreno e nell'ambiente del telo per pacciamatura in MA1

Inoltre, il telo in MA1 è conforme ai requisiti relativi alle principali normative in materia di **biodegradazione e impatto ambientale** vigenti (standard europei: UNI EN 13432:2002, UNI EN 14995:2007; standard americano ASTM 6400:04)

MA PACCIAMATURA

I vantaggi economici e ambientali della pacciamatura in MA1



buone prestazioni
agrarie

- **Ottime prestazioni in campo**, nel controllo delle malerbe e dal punto di vista della resa agronomica e della qualità del prodotto, comparabili con i teli in plastica tradizionale

- **Ottima versatilità d'uso e meccanizzazione**, possono essere utilizzate le stesse macchine stenditrici e stenditrici-trapiantatrici utilizzate per le plastiche tradizionali, alla medesima velocità di lavorazione

- **Elevata compatibilità e versatilità agronomica**: i teli in MA1 per pacciamatura possono essere usati su un'ampia gamma di colture in condizioni ambientali e climatiche molto differenti



rispetto
dell'ambiente

- **Elevata compostabilità ambientale**: il telo in MA1 è **biodegradabile in suolo**. Al termine del ciclo culturale i teli per pacciamatura non devono essere raccolti e smaltiti, ma incorporati nel terreno dove biodegradano, trasformandosi in anidride carbonica, acqua e biomassa.



benefici
economici

- **Elevato risparmio economico e gestionale nel ciclo di lavorazione in campo**: i teli in MA1 per pacciamatura consentono, oltre al risparmio legato al non smaltimento a fine coltura, anche un'ottimizzazione dei tempi della coltura nella gestione aziendale.

Caratteristiche tipiche dei materiali per pacciamatura in MA1	Valore	Metodo
Carico di rottura (MPa)	20÷40	ISO 527-3
Elongazione alla rottura (%)	250÷500	ISO 527-3
Modulo di Young (MPa)	100÷300	ISO 527-3
Densità (g/cm³)	da 1,23 a 1,29	ASTM D792
MFR (g/10')	da 3 a 7	ASTM D1238

NOTA: range di proprietà relativo a film in MA1 per pacciamatura con spessori da 12 a 18 µm

DISORIENTAMENTO SESSUALE E MATERIALI BIODEGRADABILI



MATI PER L'AGRICOLTURA

Il MATI è una famiglia di bioplastiche completamente biodegradabili e compostabili che utilizza risorse rinnovabili per fornire una soluzione a ridotto impatto ambientale e risolvere specifiche problematiche in diversi settori, come il foodservice, gli imballaggi e la raccolta differenziata dell'organico.

Il MATI quale supporto per i feromoni sessuali, si è dimostrato una soluzione alternativa sostenibile.

ha introdotto sul mercato il nuovo dispenser di feromoni prodotto con materiali biodegradabili e compostabili in MATI.

Il sistema consente di ridurre in modo significativo il numero di interventi insetticidi; non rende necessaria la rimozione e lo smaltimento a fine stagione degli erogatori, come invece dovrebbe avvenire per i dispenser in plastica non biodegradabile.

Caratteristiche Botaniche

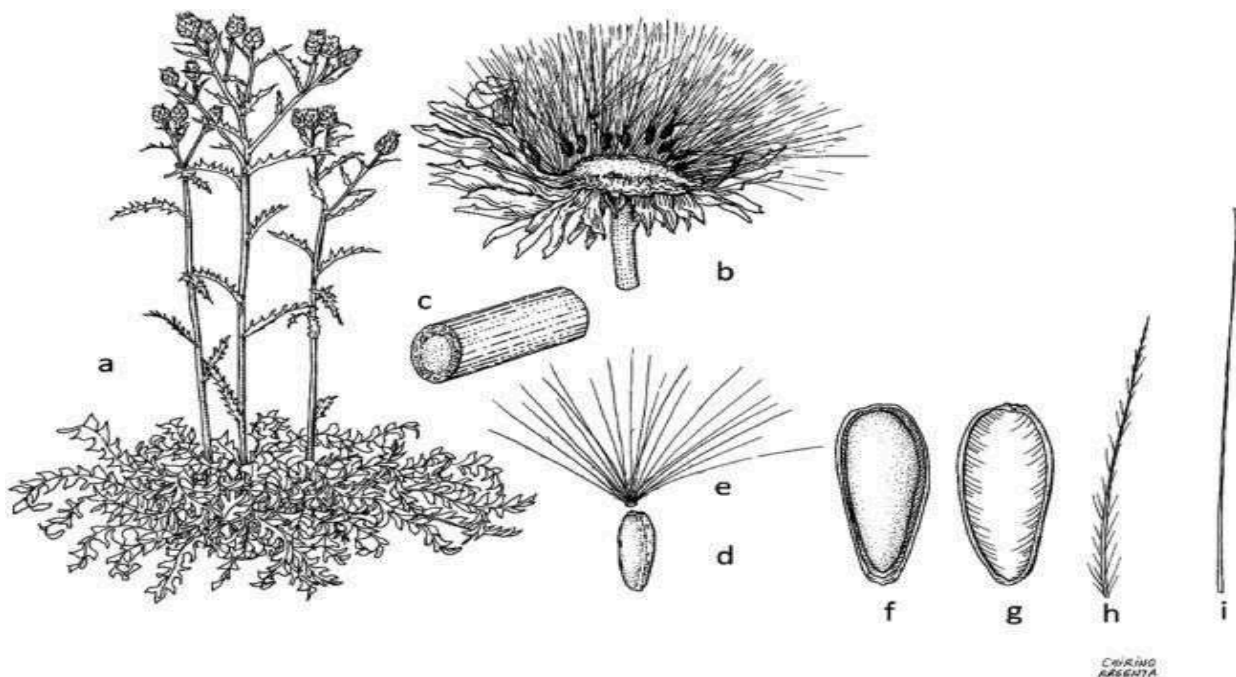
1. Inquadramento botanico

Il cardo domestico [*Cynara cardunculus* L. var. *altilis* DC.] appartiene alla Famiglia delle Asteraceae, Sottofamiglia Tubuliflorae, Tribù Cynareae.

La specie, che include anche il cardo (o carciofo) selvatico [*C. cardunculus* L. var. *sylvestris* Lamk], ed il carciofo [*C. cardunculus* L. var. *scolymus*



(L.) Fiori], è originaria del bacino del Mediterraneo. Tradizionalmente viene coltivata come pianta ortiva per la produzione dei germogli laterali eduli (carducci o gobbi); tuttavia, negli ultimi due decenni è andato crescendo l'interesse di questa pianta per produzioni alternative, in



particolar modo per quelle energetiche.

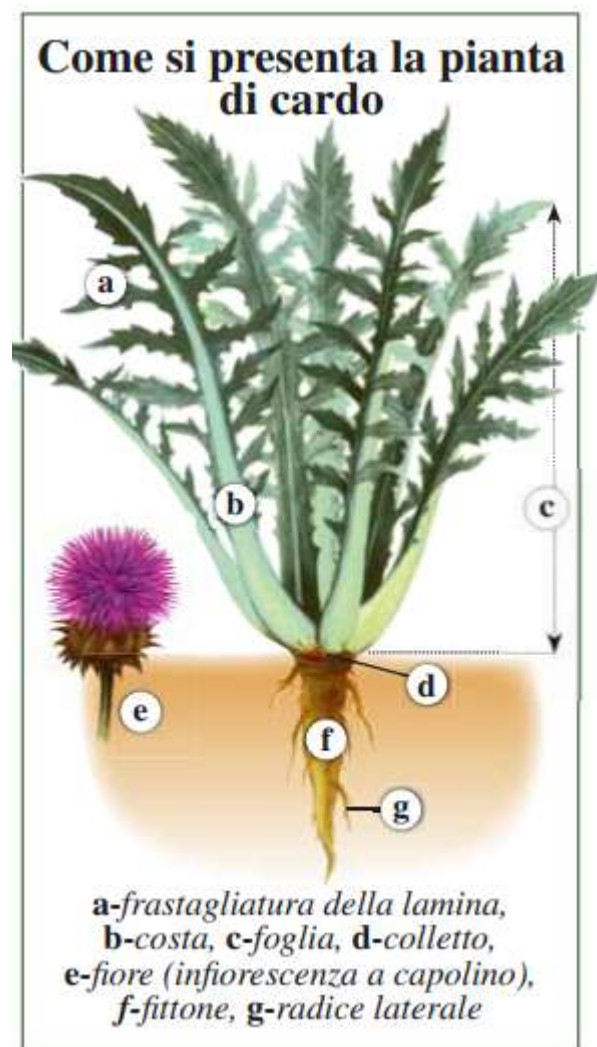


2. Caratteristiche morfologiche

Sotto il profilo organografico, in una pianta di cardo è possibile individuare una parte sotterranea, formata dalla radice principale, fittonante, e da un numero variabile di radici secondarie, fibrose, nonché da un rizoma più o meno espanso, comprendente gemme, sia singole che a gruppi. Le radici di un anno mantengono la funzione assorbente fino alla primavera inoltrata, allorché si ingrossano progressivamente ed assumono la funzione di riserva e di sostegno, mentre un nuovo sistema di radici avventizie ne prende il posto sotto il profilo funzionale. Nel complesso il sistema radicale del cardo è molto sviluppato, potendo raggiungere una profondità di oltre 1 m, ciò che consente alla pianta di esplorare un volume di terreno rilevante.

Nelle piante di oltre un anno, si rende progressivamente evidente il fusto sotterraneo, rizomatoso (detto anche “ceppaia”), ricco di parenchimi conduttori e di riserva, sulla cui superficie si vanno via via differenziando gemme che daranno origine a germogli laterali, detti carducci, che possono svilupparsi fino a formare una nuova pianta, allargando così la frazione rizomatosa. A livello epigeo, il cardo si presenta come pianta “a rosetta”, per la presenza di un fusto molto raccorciato (3-4 cm), e di un numero elevato di foglie (oltre 40), alterne, pennatosette, di lunghezza spesso superiore ad 1 m (specie in quelle basali). Le foglie si caratterizzano per la presenza di peziolo molto sviluppato ed una grossa nervatura centrale, carnosa, di colore verde chiaro, scanalata in senso longitudinale e ricca di tessuto cribro-vascolare.

La lamina fogliare, attraversata da numerose nervature secondarie, risulta più o meno profondamente incisa, di forma differente tanto tra cultivar diverse quanto all'interno della stessa pianta (eterofillia). Essa si presenta di colore verde scuro o cinereo sulla pagina superiore, grigiastro su quella inferiore, per la presenza di una folta tomentosità. Alla fioritura, la pianta presenta uno o più steli fiorali eretti, di altezza variabile (da 1,5 a 3 m circa), ciascuno dei quali del diametro di circa 2-4 cm, munito di piccole foglie alterne e lanceolate, scanalato in senso



longitudinale, tomentoso ed assai ramificato. Ogni ramificazione reca in posizione terminale un'infiorescenza (detta capolino o calatide), di forma globulare od ovoidale (a seconda della cultivar), avvolta da brattee involucrali, imbricate, di forma ellittico – triangolare, consistenza coriacea e pigmentazione variabile dal verde chiaro al violetto più o meno intenso. La pianta presenta un numero elevato di capolini (da 10 0 a 30), dei quali il più grande e precoce (capolino principale) si trova a alla sommità dell'asse principale dello stelo; i capolini di ordine successivo (primo, secondo, terzo e così via), sono emessi in maniera scalare, si presentano o di dimensioni progressivamente minori. Ciascun capolino presenta diverse centinaia di fiori (flosculi) ermafroditi, tubulosi, inseriti su un ricettacolo (talamo) molto sviluppato.

Quest'ultimo si presenta dapprima di consistenza carnosa e forma concava; in seguito, con il procedere della fioritura, assume forma piatta o convessa e consistenza legnosa, e presenta numerose setole bianche e traslucide (peluria). Alla piena antesi i flosculi presentano stigmi molto evidenti (~5-8 cm), generalmente di colore blu-violetto, sebbene siano noti mutanti con stigmi di colore bianco o lilla. Il frutto è un achenio di forma tetragono-costata, di colore scuro o grigiastro, uniforme o screziato, il cui peso unitario oscilla fra i 20 e i 40 mg e la cui facoltà germinativa è di circa 4-5 anni. La disseminazione è favorita da al calice, metamorfosato in organo di consistenza piumosa (pappo), molto leggero in virtù del basso contenuto in ceneri (1%) e lignina (17-18%), e dell'alto o contenuto in cellulosa ed emicellulosa (~73%).

Alla maturazione fisiologica degli acheni, i capolini possono raggiungere un peso unitario o compreso tra a 10 e 120 g; il 18% rappresentato dal ricettacolo, il 25% dalle brattee involucrali, il 32% degli acheni, il 5% dai flosculi (principalmente stili e stigmi) ed il 20% dalle strutture piumose (setole e pappi).

3. Caratteristiche biologiche

Il cardo o domestico è specie erbacea a perenne, geofita, la cui durata in campo risulta indefinita, in virtù della vitalità delle gemme presenti sul rizoma a. Negli areali caratterizzati da clima mediterraneo-sub arido, dove la coltura estrinseca il pieno potenziale produttivo, il ciclo colturale è autunno-vernino-primaverile, con presenza di una fase di stasi vegetativa in estate, più o meno prolungata, mentre a latitudini intermedie è primaverile-autunnale. Nelle zone del Sud Italia, il ciclo della coltura inizia con la germinazione degli acheni in autunno, cui segue una lunga fase vegetativa, che si protrae fino agli inizi della primavera successiva. Durante tale fase, avviene la progressiva “transizione a fiore” dell’apice del germoglio, che comincia a differenziare il primo capolino (fine inverno-inizio primavera). Questo appare dapprima come un ingrossamento al centro della rosetta fogliare, che diviene in seguito sempre più evidente in virtù dell’allungamento dello stelo florale, mentre altri capolini vanno progressivamente differenziandosi sulle ramificazioni laterali di quest’ultimo.

L’antesi ha luogo in primavera inoltrata (fine maggio – prima decade di giugno) ed interessa dapprima il capolino principale, in seguito, scolarmente, quelli più periferici. Il processo si manifesta con la graduale divaricazione delle brattee involucri di ciascuna infiorescenza, l’appiattimento del ricettacolo e l’apparizione dei primi flosculi centrali. A fioritura avanzata, ogni capolino presenta diverse centinaia di flosculi i quali, in una prima fase si presentano ad un diverso stadio di sviluppo. In ogni singolo capolino, infatti, la maturazione interessa dapprima i flosculi più periferici, poi quelli in posizione centrale. In *C. cardunculus*, la

fioritura è dicogama, proterandra. Infatti, lo stigma diventa recettivo fra i 4-5 e gli 8 giorni dopo l'antesi, quando cioè il polline, la cui facoltà germinativa dura 3-4 giorni, ha già perso la vitalità.

L'impollinazione è entomofila e la fecondazione è prevalentemente incrociata, in virtù del meccanismo di proterandria anzidetto; tuttavia, un certa quota di autofecondazione fra infiorescenze diverse di uno stesso individuo (geitonogamia) risulta inevitabile, a causa della scalarità di maturazione delle stesse. La maturazione del "seme" avviene in un lasso di tempo compreso tra i 50 e i 60 giorni dopo l'antesi, ed è accompagnata dal progressivo disseccamento della biomassa epigea della pianta; a maturazione ultimata, la disseminazione anemocora degli acheni (agosto-settembre), viene facilitata dallo sfaldamento delle pareti delle calatidi e dalla peculiare struttura dei pappi.

Attesa la mancanza di meccanismi di dormienza, se non in qualche caso particolare (temperature superiori a 29-30 °C accompagnate da anossia), il "seme" risulta prontamente germinabile all'instaurarsi delle condizioni ambientali favorevoli (sufficiente umidità del terreno e temperatura compresa fra 14 e 24 °C). La ripresa vegetativa, dopo l'estate, viene assicurata dalle gemme sotterranee, rimaste quiescenti durante la stagione caldo-arida.

4. Risorse genetiche

Il cardo domestico appartiene al genere *Cynara*, taxon la cui differenziazione ha avuto inizio in epoca relativamente recente (circa 18.000 anni fa). Esso è nativo del bacino del Mediterraneo e comprende otto (secondo alcuni Autori sette) specie erbacee diploidi ($2n = 2x = 34$), perenni, robuste, a portamento eretto, spinescenti (eccettuati svariati

genotipi di cardo e carciofo) e con infiorescenze a capolino. Il genere *Cynara* risulta suddivisibile in due gruppi. Il primo è costituito dal complesso *C. cardunculus*, comprendente tre varietà botaniche:

- il carciofo [*C. cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori];
- il cardo domestico [*C. cardunculus* L. var. *altilis* DC.];
- il cardo (o carciofo) selvatico [*C. cardunculus* L. var. *sylvestris* Lamk].

Quest'ultimo rappresenta un taxon omogeneo, al cui interno possono essere identificati due ulteriori sottogruppi o pool genici: un primo, centro-orientale (*C. cardunculus* subsp. *cardunculus*) ed un secondo, occidentale (*C. cardunculus* subsp. *flavescens*). Il secondo gruppo, più eterogeneo, comprende sette specie selvatiche: *C. algarbiensis*, *C. humilis*, *C. baetica* (presenti nel bacino del Mediterraneo occidentale), *C. cyrenaica* (circo-scritta alle coste libiche orientali), *C. cornigera* (arcipelago Egeo, Creta, Cipro e Turchia Meridionale) e *C. syriaca* (diffusa dalla Turchia orientale ad Israele ed alla Giordania).

C. cardunculus è la specie maggiormente diffusa, essendo presente da Cipro al Portogallo, interessando anche la Macaronesia e le coste africane del Mediterraneo centro-occidentale, dalla Tunisia al Marocco.

È unanimemente accettato che le due forme coltivate di *C. cardunculus* derivino dal carciofo selvatico, sotto la spinta selettiva antropogenica, finalizzata all'aumento delle dimensioni delle infiorescenze (carciofo) e delle nervature e dei piccioli fogliari (cardo domestico). In particolare, quest'ultimo pare sia stato addomesticato nella penisola Iberica in un periodo corrispondente al tardo Medioevo, a partire da germoplasma di carciofo selvatico afferente al pool genico occidentale.

Le cultivar di cardo domestico oggi in commercio, non molto numerose, figurano nei cataloghi di poche ditte sementiere, e sono il risultato della selezione volta ad accentuare la produzione di carducci a scopo

alimentare (cardo da orto); in tal senso, oltre alle dimensioni della pianta, i caratteri presi in considerazione per la selezione dei genotipi sono il colore e la consistenza dei piccioli e delle lamine fogliari. Detti genotipi, rispetto a quelli del carciofo, si distinguono per un minor grado di eterozigosi (da cui discende la possibilità di propagazione gamica), ed una minore variabilità genetica. Vengono ottenuti per lo più tramite selezione massale per via materna, per cui all'interno di ciascuna varietà è ancora ravvisabile una certa quota di variabilità genetica e fenotipica, diversamente da quanto avviene per i moderni ibridi F1 di carciofo. Nel complesso, infatti, il miglioramento genetico ha fino ad oggi scarsamente interessato questa coltura, in special modo se si fa riferimento ad utilizzazioni agri-energetiche; per queste ultime, infatti, si fa ricorso ai pochi genotipi tradizionali, caratterizzati da maggiore sviluppo vegetativo. Tale aspetto lascia ragionevolmente supporre che, attraverso l'avvio di specifici programmi di costituzione varietale, possano essere notevolmente migliorate caratteristiche quali l'uniformità, la produzione di biomassa e di acheni, ed il contenuto in sostanze oleiche di questi ultimi (per la produzione di bio-diesel).

Le cultivar di cardo domestico maggiormente diffuse in Italia sono "Bianco avorio" (vigoroso, inerme) e "Gobbo di Nizza", entrambi coltivati in Piemonte; "Bianco pieno migliorato", "Pieno inerme" e "Gigante di Romagna" (sinonimo "Gigante inerme a foglia intera") in Emilia Romagna. In Spagna, a differenza dell'Italia, le cultivar vengono discriminate sulla base della destinazione produttiva, per cui esistono cultivar per il consumo fresco ed altre per l'industria di trasformazione. Tra le prime si ricordano "Verde de Tafalla", "Blanco de Valencia", "Lleno de España" e "Rojo de Corella". Tra i secondi, i più diffusi sono "Blanco de Peralta" e "Verde de Peralta". In Francia, le cultivar caratterizzate da una certa diffusione sono "Blanc améliorée" e "Rouge d'Alger".

5. Tecnica colturale

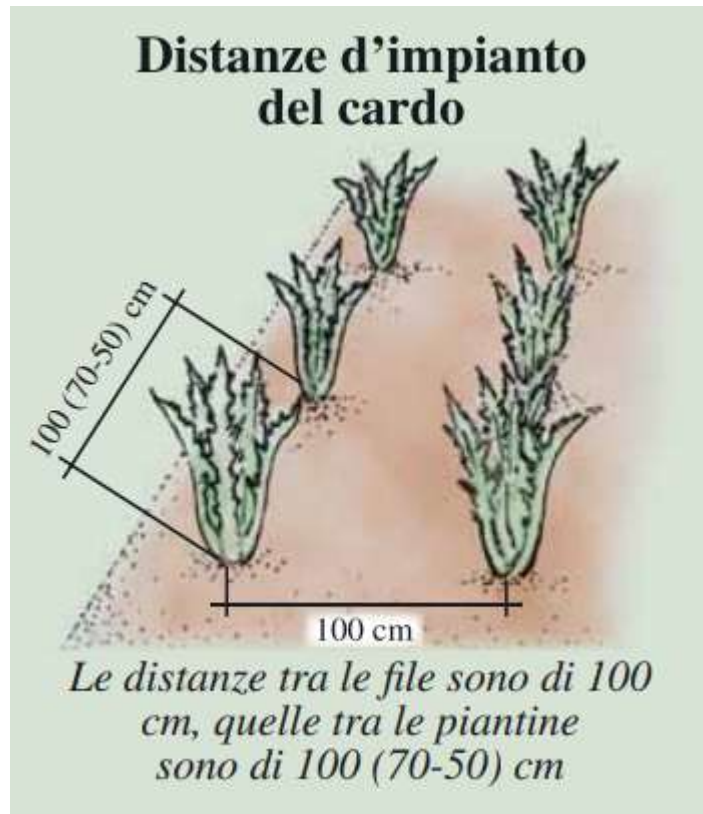
1. Esigenze ed adattamento ambientale

Il cardo è specie originaria del bacino del Mediterraneo, per cui manifesta una piena sintonia con il clima mediterraneo-subarido, caratterizzato da piovosità e temperature miti nel semestre autunno-vernino, ed estati calde e aride. A questi due periodi dell'anno, infatti, corrispondono rispettivamente la fase di espletamento delle funzioni vegeto-riproduttive, e quella di stasi vegetativa, per cui la pianta riesce a sopravvivere a lunghi periodi di deficit idrico mediante un'efficace strategia di "sfuggenza".



Questo particolare assetto biologico, fa sì che le esigenze idriche della pianta vengano soddisfatte da una normale piovosità autunno-primaverile (~400-500 mm come nella Regione Marche) . Le esigenze termiche, non dissimili da quelle del carciofo, prevedono un optimum di crescita compreso fra 15 e 22°C, mentre livelli termici

inferiori a 10-15 °C rallentano il ritmo di accumulo della biomassa epigea; ciò spiega la tendenza della coltura ad estrinsecare le migliori performance produttive negli areali dell'Italia meridionale, specialmente alle modeste altitudini o lungo le fasce costiere. In corrispondenza di temperature comprese tra i -4 e i -7°C la vegetazione subisce seri danni, mentre a partire da -10°C può essere



compromessa anche la vitalità delle gemme inserite sul rizoma sotterraneo.

Il cardo, pur adattandosi ad un ampio range di caratteristiche pedologiche, estrinseca al massimo le sue potenzialità in terreni di medio impasto, profondi, privi di scheletro, con pH prossimo alla neutralità e con buona capacità di ritenuta idrica. La pianta manifesta una certa sensibilità ai ristagni idrici, tuttavia mostra buona tolleranza alle variazioni di pH ed alla salinità; secondo taluni Autori, quest'ultimo aspetto deriverebbe dall'alto contenuto di α -tocoferolo degli acheni, e dalla sua azione protettiva nei confronti delle membrane biologiche dallo stress ossidativo.

Al fine di massimizzare la produzione di biomassa, di fondamentale importanza è la scelta dell'ambiente in cui effettuare la coltivazione del cardo da biomassa. Come già ricordato, il regime termometrico dei mesi invernali, rappresenta un elemento di fondamentale importanza, per cui

nella scelta dell'areale di coltivazione sono da preferire ambienti situati a basse altitudini, possibilmente ventilati (al fine di ridurre l'incidenza di fitopatie favorite dalla fitta vegetazione), e caratterizzati da terreni freschi, profondi, di medio impasto.

In considerazione della durata poliennale della coltura (3-10 anni), la preparazione del terreno prima dell'impianto assume rilevanza centrale, al fine di ottenere un'emergenza rapida ed uniforme, ed un buon approfondimento dell'apparato radicale, entrambi prerequisiti essenziali per una buona riuscita della coltura. A tale riguardo, risulta utile un'aratura di media profondità (20-30 cm) seguita da un buon amminutamento del terreno, per creare le condizioni migliori ad ospitare il seme. La semina può essere effettuata da settembre a ottobre (a seconda del livello di umidità del terreno) negli areali meridionali, in primavera negli areali in cui sono previste gelate autunnali, prima cioè, della formazione della rosetta fogliare. In quest'ultimo caso, è bene tenere presente che la fase di fioritura e formazione degli acheni si avrà l'anno successivo. La semina può essere effettuata con seminatrici meccaniche o di precisione, interrando gli acheni ad una profondità di circa 4 cm, e considerando un investimento unitario pari a 1,0 – 1,2 piante m⁻² (1 x 1 m o 0,8 x 1 m); investimenti superiori (fino a 2,5 piante m⁻²) possono risultare utili a massimizzare la produzione di biomassa nell'anno di impianto. La quantità di seme occorrente può variare da 2 a 4 kg ha⁻¹. L'emergenza delle plantule si ha in circa 10-12 giorni.

Per quanto concerne le esigenze nutritive, il cardo, al pari del carciofo, è ritenuta una specie nitrofila, soprattutto se considerata in rapporto alla produzione di coste.

Tuttavia, in recenti ricerche sulla produzione di biomassa ligno-cellulosica, è emerso che i genotipi più produttivi (produzione areiche superiori a 25 t ha⁻¹ di sostanza secca), sono in grado di

estrinsecare una buona capacità produttiva già a livelli di concimazione di bassa o media entità (100 kg ha⁻¹ N, 150 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 150 K₂O), con positive ripercussioni sul bilancio energetico della coltura. L'intera concimazione fosfo-potassica può essere somministrata alla preparazione del letto di semina, mentre risulta opportuno frazionare l'apporto di azoto in almeno 2 interventi, dei quali il primo alla semina ed il secondo non prima della emissione della 12a – 15a foglia.

Per quanto riguarda il fabbisogno idrico, si ricorda che il cardo manifesta una spiccata adattabilità al regime pluviometrico tipico degli ambienti a clima subarido-mediterraneo, per cui, il fabbisogno idrico, stimabile in circa 400-500 mm, è generalmente soddisfatto dalle piogge negli areali mediterranei. La produzione areica di biomassa varia, generalmente, entro valori di 15 t ha⁻¹ di sostanza secca nell'anno di impianto (445 mm di pioggia) e 24,2 t ha⁻¹ al secondo (646 mm). Tuttavia, al fine di anticipare la semina o il risveglio autunnale, massimizzando così l'accumulo di biomassa, ovvero per migliorare l'allegagione in annate particolarmente siccitose, possono risultare utili irrigazioni di soccorso. L'irrigazione diventa un intervento ordinario negli ambienti in cui l'impianto della coltura avviene in primavera, specialmente nel caso in cui sia previsto il ricorso al trapianto delle plantule.

A causa del lungo ciclo colturale (~ 9 mesi) il cardo, così come il carciofo, si trova a competere con un spettro di infestanti potenzialmente molto ampio, sia nel periodo autunno-vernino, che in quello primaverile. Tuttavia, se quest'ultimo non richiede, generalmente, particolari interventi, attesa l'elevata capacità competitiva acquisita dalla coltura (specialmente ai più alti investimenti unitari), la presenza di infestanti nel periodo autunno-vernino può compromettere la capacità produttiva della coltura, specialmente nell'anno di impianto. In questa fase, infatti, le piante, non disponendo di riserve accumulate e prontamente traslocabili

dalla frazione ipogea, non sono in grado di esprimere elevati ritmi di accrescimento, per cui tendono a soffrire della competizione interspecifica. In questi casi, risulta utile il controllo della flora infestante, da realizzarsi nell'interfila mediante 1 o 2 sarchiature (prima del ricopri-mento dell'interfilare da parte della coltura) o, nel caso in cui si vogliano minimizzare gli input energetici ed ottenere un controllo più prolungato nel tempo, mediante l'utilizzo di erbicidi ad azione residuale. In questo caso, efficaci risultano i trattamenti in post-emergenza con Chlorpropham (1,6 kg ha⁻¹ di sostanza attiva) da solo o in miscela con Diquat (1,3 kg ha⁻¹ di sostanza attiva) nel caso di infestanti già emerse. A partire dal secondo anno, la lotta alle infestanti diventa meno onerosa, attesa la capacità rinettante acquisita dalla coltura.

La raccolta del prodotto (foglie, fusti, capolini ed acheni) viene effettuata in estate, a disseccamento della biomassa epigea, cui corrisponde la maturazione fisiologica degli acheni, ma prima della disseminazione di questi ultimi. Per la raccolta della biomassa possono essere perseguite due strategie: una prima, prevede la raccolta integrale della biomassa, da realizzarsi con una barra falciatrice a 5-6 cm dal suolo, seguita da una rotoimballatrice; in questo caso, il prodotto raccolto è costituito da steli, capolini ed acheni, mentre le foglie, contaminate da particelle terrose, costituiscono lo scarto. Nel caso in cui si opti per una raccolta separata dei semi dal resto della biomassa, occorre una macchina combinata con organo di mietitura a barra alta e che permetta il contemporaneo sfalcio della biomassa.

La produzione areica di biomassa risulta alquanto variabile in rapporto a diversi fattori, tra i quali i più importanti sono certamente il genotipo, il regime termo-pluviometrico dell'areale di coltivazione ed il livello di input colturali. I vari contributi fino ad oggi hanno evidenziato produzioni areiche alquanto variabili, comprese fra 7 e 29 t ha⁻¹ di sostanza secca,

con punte di oltre 30 t ha⁻¹. Produzioni medie pari 13-14 t ha⁻¹, con punte di oltre 20 t ha⁻¹ di sostanza secca sono tipiche degli areali dell'Italia centrale, mentre valori più elevati (oltre 24 t ha⁻¹ di sostanza secca) sono frequentemente realizzati negli ambienti meridionali ed alle basse altitudini, in virtù del più favorevole decorso termometrico durante il periodo autunno-vernino

Come in altre colture perenni da biomassa, la produzione areica risulta più bassa nell'anno di impianto, per poi crescere e stabilizzarsi negli anni successivi.

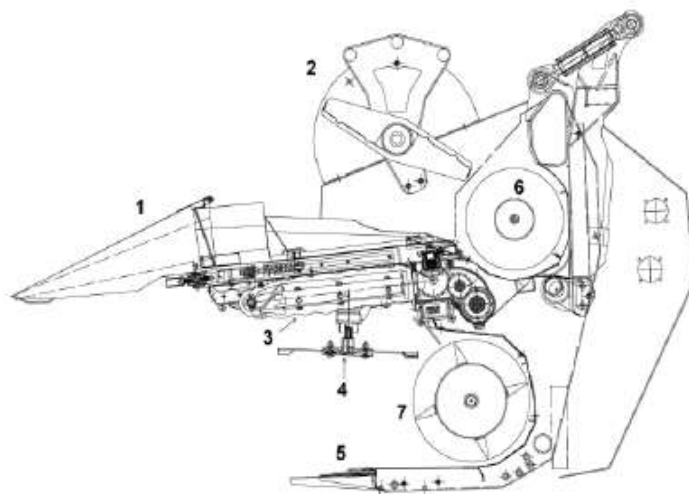
Ciò deriva dalla tendenza della pianta a massimizzare, in una prima fase, l'accrescimento radicale e l'accumulo di sostanze di riserva, e ad aumentare solo in un secondo momento la produzione di biomassa epigea. In recenti prove di lungo periodo è emerso che la produzione di biomassa del cardo domestico risulta massima tra il 2° ed il 5° anno, per poi risultare significativamente più contenuta, ancorché stabile, tra il 6° e l'11° anno. Alla raccolta, la biomassa è costituita mediamente per il 42-55% da foglie, per il 10-28% da fusti, per il 26-30% da capolini. Nell'ambito di questi ultimi, una frazione di rilevante interesse è costituita dagli acheni, attese le possibili applicazioni in ambito agri-energetico (produzione di bio-diesel) o farmaceutico (estrazione di anti-ossidanti). L'incidenza degli acheni sulla biomassa totale varia dall'8 al 10%, con produzioni areiche oscillanti entro 1,5 e 2,5 t ha⁻¹. Alla raccolta, il contenuto di umidità della biomassa risulta in media pari al 15-20%, generalmente tra il 7 e l'8% negli acheni.

6. Raccolta del cardo

Il cardo (*Cynara cardunculus* L.) ben si adatta alle condizioni xerothermiche dell'Europa meridionale ed in particolare del bacino del

mediterraneo ed andrebbe preferita ad altre specie nei casi in cui l'acqua dovesse risultare un fattore limitante. L'apparato radicale consente di esplorare il terreno fino ad una profondità di 9 m. Le rese ad ettaro sono strettamente correlate alle precipitazioni registrate durante l'anno, ad ogni modo alcuni studi hanno evidenziato livelli di produttività elevati anche in ambienti molto secchi. Altri punti di forza di questa coltura sono la possibilità di utilizzare il seme come materiale di propagazione e la possibilità di ammortizzare la spesa per la preparazione del letto di semina in più anni, dato il ciclo poliennale.

Il CRA-ING ha sviluppato un prototipo di testata per mietitrebbiatrice in grado di effettuare, in un'unica passata, la raccolta del seme e la messa in andana della biomassa lignocellulosica che sarà successivamente raccolta, trinciata o imballata. Le frazioni così ottenute possono essere indirizzate verso diverse trasformazioni: estrazione di olio dagli acheni per la produzione di biodiesel e produzione diretta di energia termica e/o elettrica dalla combustione della biomassa. Tale processo consente di ottimizzare lo sfruttamento integrale della coltura, valorizzare i due sottoprodotti principali e ridurre i costi di produzione.



Il prototipo unisce i dispositivi di una testata da mais a sei file a quelli di una classica testata da frumento la parte superiore, derivante da una testata da mais, provvede al distacco dei capolini da inviare all'apparato trebbiante della mietitrebbiatrice, mentre la parte inferiore, derivata da una testata da grano, opera lo sfalcio, il condizionamento e l'andatura della biomassa epigea tra le ruote della mietitrebbiatrice. I residui della trebbiatura dei capolini sono a loro volta rilasciati sull'andana, mentre i semi vengono raccolti dalla mietitrebbiatrice.



Figura 2 - Testata da cardo abbinata a mietitrebbiatrice New Holland CR 960. Sono visibili i cunei per il sollevamento del prodotto andanato.



Figura 3 - Testata da cardo abbinata a mietitrebbiatrice Laverda AL 519.



Figura 4 - Ranghinatore SLAM GR 300 in fase di lavoro.



Figura 5 - Imballatrice New Holland BR7060 in fase di lavoro.



Foto 1 - Cardo da biomassa in fase vegetativa (Assoro - Sicilia, Marzo 2014)



Foto 2 - Cardo in Fioritura (Assoro- Sicilia, Maggio 2014)



Foto 3 - Trebbiatura campo di cardo (Porto Torres-Sardegna)



Foto 4 - Rotoballe di biomassa di cardo (Porto Torres - Sardegna)



Foto 5 - Granella di cardo



Foto 6 - Olio di cardo

Conclusioni

Cosa è la chimica verde e sostenibile? E' bioeconomia?

“In una industria chimica ideale non si parla di rifiuti ma solo di prodotti. Più un'industria chimica reale utilizza efficacemente i suoi rifiuti, più si avvicina al suo ideale e maggiore è il suo profitto”.

È ben noto che l'aumento della domanda di beni di consumo da una popolazione mondiale crescente sta impattando in modo sempre più preoccupante sulle risorse disponibili. Esse sono spesso derivanti da fonti non rinnovabili o sono localizzate in regioni del globo talvolta relativamente poco accessibili o il loro approvvigionamento risulta sempre più dispendioso economicamente e ambientalmente. Da qui una possibile e frequente risposta è l'utilizzo di fonti rinnovabili e “bio”; tuttavia sarebbe corretto chiedersi quanto sostenibile, ecologicamente rispettoso ed eticamente corretto, sia l'utilizzo di materie prime lontane dall'industria di trasformazione oppure biomasse che sottraggono terra coltivabile idonea per il nutrimento della popolazione.

E chiedersi anche quanto i prodotti ottenuti in questo modo, alla fine del loro ciclo di utilizzo, siano realmente degradabili in materiale innocuo ed in tempi compatibili con la loro nuova reimmissione nell'ambiente.

È chiaro che vivendo in un mondo reale e non ideale bisogna cercare le migliori soluzioni di compromesso, sforzandosi di produrre sempre meno scarti, grazie a tecnologie produttive più efficienti.

È opportuno quindi individuare non solo idonee biomasse da coltivazione agroforestale vicine all'industria di trasformazione, ma anche, e soprattutto, i loro scarti come pure i rifiuti della catena alimentare non più utilizzabili come cibo e le biomasse da depurazione civile ed industriale.

Queste risorse rinnovabili possono formare gradualmente le basi delle future bioraffinerie producendo i medesimi mattoni primari oggi derivanti dalle raffinerie petrolifere o alternative materie di base e prodotti a più alto valore aggiunto.

Ispirandosi e parafrasando un noto pensiero di Lao-tzū, si dovrebbe dire che “Ciò che lo scarto chiama fine del mondo, la chimica verde e sostenibile chiama farfalla”.