

Prodotti agricoli come “nuove” fonti energetiche rinnovabili

Il contesto in cui è collocato e deve operare il settore primario risulta assai complesso. L'incremento della popolazione, che secondo alcune stime nel 2050 sorpasserà forse di gran lunga i 9 miliardi, richiede una maggiore produzione e disponibilità di cibo, limitata però dalla diminuzione di superficie coltivabile pro-capite, che da 0,5 ha/abitante nel 1950 passerà verosimilmente a 0,1 ha/abitante nel 2050.

D'altro canto la diminuzione delle risorse petrolifere richiede all'agricoltura un ulteriore sforzo: non solo di adottare tecnologie innovative a bassi consumi energetici, ma anche di contribuire attivamente alla produzione di energia, destinando quindi inevitabilmente superfici e input a colture destinate. Il settore primario verrà penalizzato anche per quanto riguarda le riserve di fosforo, elemento essenziale alla produzione agraria, che via via vede l'esaurimento delle scorte minerali di apatiti e fosforiti.

Nel mondo della complessità si inseriscono poi le emissioni di gas serra e il cambiamento climatico che contribuiranno a modificare alcune risposte colturali. Ad esempio l'incremento della concentrazione di CO_2 in atmosfera, che da 280 ppm dell'epoca preindustriale è previsto si innalzerà a 550 ppm nel 2050, potrebbe provocare un aumento di produzione del 13% circa nelle piante C_3 mentre non influenzerebbe in modo significativo quella delle C_4 . D'altra parte l'incremento di ozono influenzerebbe negativamente le produzioni (-5%), e l'innalzamento delle temperature, previsto attorno a un valore medio di $+1,8^\circ\text{C}$, potrebbe provocare stress idrici con conseguente incidenza sulle rese. Bisogna anche considerare che “in un mondo più riscaldato i parassiti *soil-borne* diventeranno più dannosi” (Jaggard et al., 2010). Resta

* Università degli Studi di Padova

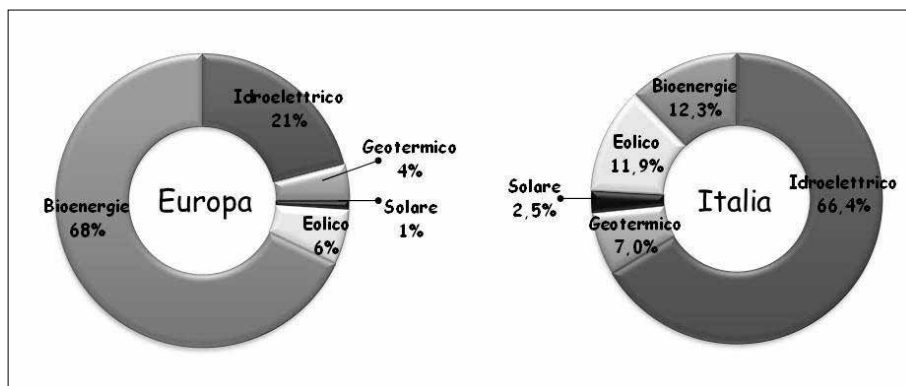


Fig. 1 *Produzione primaria di energia da rinnovabili in Europa (Eurostat 2009) e in Italia (GSE, 2010)*

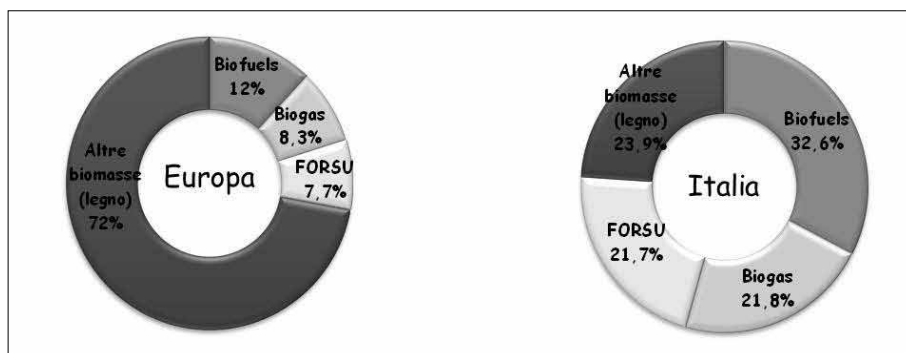


Fig. 2 *Produzione primaria di energia da biomasse in Europa (Eur'ObservER, 2010) e in Italia (GSE, 2010)*

da verificare poi come si adatteranno malerbe, fitopatie, insetti predatori e fitofagi a detti cambiamenti. Se l'adattamento sarà più celere della variazione ambientale vi sarà sopravvivenza, se al contrario prevarrà il cambiamento climatico varierà il livello di biodiversità. Per non dover ricorrere a un nuovo massivo controllo chimico si dovranno forzatamente adottare ulteriori e più efficaci tecniche genetiche.

Lo scenario è appunto molto complesso e il settore primario deve rispondere con soluzioni che rispettino i principi necessari per un ulteriore sviluppo sostenibile.

L'Europa contribuisce al consumo globale di energia per circa il 15%. Solo il 9,4% dell'energia prodotta è derivata da fonti rinnovabili (Eur'ObservER,

2010). Nel 2006 biomasse e rifiuti hanno raggiunto il 68% della produzione primaria di energia derivante appunto da fonti rinnovabili (fig. 1). L'idroelettrico ha invece contribuito per il 21%, mentre eolico, geotermico e solare hanno rappresentato proporzioni meno significative, e pari al 6%, 4% e 1% rispettivamente (Eurostat, 2009).

Nell'ambito delle biomasse, le fonti legnose sono considerate le principali fonti energetiche (72%), i rifiuti solidi urbani contribuiscono circa per l'8%, mentre la quota derivante da biocarburanti e biogas risulta essere rispettivamente del 12% e dell'8% (Eur'ObservER, 2010).

A livello nazionale i cosiddetti *biofuels* (biodiesel e bioetanolo) rappresentano la principale fonte di bioenergia con il 33%, mentre le biomasse legnose costituiscono la seconda sorgente di biomassa, utilizzate per la produzione di energia termica (fig. 2). Nel 2009 sono state consumate circa 23 Mt tra legna da ardere, cippato e pellet, non sempre però prodotte localmente (Francescato et al., 2010).

Analizzando il settore dei *biofuels* si può notare come nell'ultimo decennio si sia assistito a un significativo aumento della loro produzione, passando da 16 miliardi di litri nel 2000, a ben 100 nel 2010. A livello internazionale, il bioetanolo copre circa l'80% dei biocarburanti prodotti. Brasile e Stati Uniti, rappresentando i produttori leader, contribuiscono approssimativamente per l'88% della produzione mondiale (IEA, 2010). Il biodiesel invece rappresenta una percentuale minore, prodotta soprattutto dai Paesi europei.

A livello nazionale il settore del biodiesel è più sviluppato e attivo rispetto a quello del bioetanolo: 14 impianti di biodiesel sono attualmente attivi, 2 in attesa di realizzazione e 3 ancora in attesa di approvazione del progetto. Il potenziale produttivo derivabile dall'impiantistica in atto appare elevato, tuttavia la produzione effettiva risulta ben inferiore: si registra infatti un deficit che dà luogo a una vivace corrente d'importazione. Una situazione analoga si osserva anche per il bioetanolo, per il quale il numero di impianti attivi è nettamente inferiore a quelli del comparto biodiesel (Tallage, 2010).

L'idea di utilizzare le biomasse per la produzione di etanolo risale agli inizi del 20° secolo, quando Henry Ford progettò il modello *Ford T* con possibilità di alimentazione a etanolo e già allora supposeva di poter ottenere “il combustibile del futuro” da mele, malerbe, segatura, patate e altri vegetali (Ford, 1925).

Cereali (soprattutto mais), oleaginose (colza, girasole e soia), colture zuccherine (barbabietola e canna) e le colture da biomassa (es.: sorgo da biomassa), rappresentano le cosiddette *energycrops* da cui derivano i biocarburanti di prima generazione (Mosca e Venturi, 2000; Mosca 2007 e 2008). Su tali

coltivazioni sono stati condotti svariati studi al fine di massimizzare la resa, minimizzare gli input necessari, valutare il bilancio energetico e verificare la riduzione di emissioni di gas serra. In *Brassica carinata*, ad esempio, a parità di input energetici, si è accertata un'elevata eterogeneità nella risposta della resa dipendente sia dalla variabilità genetica che ambientale (Lazzeri et al., 2009). Inoltre, se l'innalzamento degli input non è correlato a un aumento delle rese, le emissioni di gas serra per MJ di biodiesel prodotto possono incrementare notevolmente. È necessario quindi valutare attentamente le migliori tecniche agronomiche da adottare per rendere il più efficiente e sostenibile possibile le coltivazioni.

Considerati i vari input richiesti da soia, colza, girasole, mais, canna da zucchero, barbabietola, biomasse in genere, si evince che per tali colture i bilanci energetici risultano molto spesso positivi (Mosca e Bona, 1994 e 1999) a fianco della diversa capacità di sequestrare CO₂.

Le nuove Direttive europee 2009/28/CEE¹ (fonti rinnovabili) e 2009/30/CEE² (combustibili) puntano alla promozione di energie rinnovabili che rispettino precisi criteri di sostenibilità, garantendo ad esempio una riduzione delle emissioni di gas serra di almeno il 35%, che dovrebbe passare al 50% nel 2017 e al 60% nel 2018. A tal proposito alcuni studi nordamericani attribuiscono al bioetanolo derivante da mais una diminuzione di emissioni del 22% rispetto alla classica benzina, ben al di sotto quindi della soglia di sostenibilità imposta dalla Commissione europea. Solomon (2010), in uno studio di sostenibilità definisce il cereale come “inequivocabilmente non sostenibile, causa i significativi costi ambientali”. Utilizzando il biodiesel derivante da soia, colza e girasole si avrebbero invece delle diminuzioni di emissioni di gas serra rispettivamente del 40%, 45% e 58%. Si otterrebbero riduzioni di emissioni ancora più significative, invece, utilizzando la barbabietola (-61%) e la canna da zucchero (-71%), mentre si raggiungerebbero riduzioni fino al 91% con il cosiddetto bioetanolo da cellulosa, utilizzando specie perenni (es.: *Panicum virgatum*, *Mischantus sp.*, *Arundo donax*, *Jatropha sp.* ecc.). Anche se tali specie riescono a crescere in zone marginali e si dimostrano relativamente tolleranti

¹ Direttiva 2009/28/EC del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009 sulla promozione dell'uso di energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successive abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.

² Direttiva 2009/30/EC del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009 che modifica la direttiva 98/70/CE per quanto riguarda le specifiche relative a benzina, combustibile diesel e gasolio nonché l'introduzione di un meccanismo inteso a controllare e ridurre le emissioni di gas a effetto serra, modifica la direttiva 1999/32/CE del Consiglio per quanto concerne le specifiche relative al combustibile utilizzato dalle navi adibite alla navigazione interna e abroga la direttiva 93/12/CEE.

agli stress ambientali, quando sono poste in formazione agraria necessitano comunque di tecniche agronomiche ottimizzate (Bona et al., 1999; Zanetti et al., 2003; Heaton, 2004; Candolo, 2006; Krumar et al., 2008; Mantineo et al., 2009), fattore cruciale questo per massimizzare la resa e quindi il quantitativo di energia ottenibile ai fini di un bilancio energetico positivo. La ricerca è rivolta quindi da un lato alla valutazione di colture che abbisognano di limitati input pur promettendo elevate rese, e dall'altro verso lo sfruttamento di aree marginali e degradate, difficilmente destinabili a colture da reddito. Ad esempio Tilman et al. (2006) hanno dimostrato che associazioni vegetali naturali con un elevato numero di specie (es.: *Lupinus perennis*, *Panicum virgatum*, *Agropyron smithii*, *Poa pratensis*, *Solidago rigida*, *Quercus macrocarpa* e altre) producono elevate quantità di biomassa e sequestrano elevati quantitativi di CO₂, ben superiori alle colture convenzionali.

Bisogna sottolineare inoltre che la riduzione della CO₂ in atmosfera passa attraverso un incremento della sostanza organica del terreno, non solo come forma di riduzione di input chimici, ma soprattutto come effetto *carbon sink* che rappresenta la vera scommessa del sistema agricolo per il prossimo futuro (Bona et al., 2004; Lazzeri et al., 2009).

Negli ultimi vent'anni la ricerca ha esteso il suo interesse anche alle alghe come ulteriore fonte energetica e nella letteratura scientifica internazionale (Chisti, 2008) viene riconosciuta la potenzialità delle coltivazioni di microalghe come fonte di biomassa a fini energetici. Ciò dipende essenzialmente da tre fattori: le microalghe possono essere allevate in fotobioreattori, ossia in impianti industriali che non impegnano terreno agricolo; in secondo luogo esse sfruttano il processo fotosintetico in modo molto più efficiente e crescono a velocità molto superiori rispetto quelle di qualsiasi vegetale terrestre; inoltre questi organismi abbondano di sostanze lipidiche necessarie a produrre un ottimo carburante.

Generalmente l'opzione favorita e ampiamente studiata è quella che prevede l'allevamento di microalghe per ricavarne biodiesel. Alcuni autori sostengono che il biodiesel da microalghe sia “l'unico biodiesel rinnovabile in grado di sostituire completamente i biocarburanti liquidi derivanti dal petrolio” (Chisti, 2008). Tuttavia sono necessari ulteriori analisi e studi di fattibilità economica al fine di rendere la produzione di biodiesel da microalghe competitiva sul mercato. Le microalghe possono essere utilizzate anche per ottenere bioetanolo e biometano, ma al momento, pur offrendo interessanti prospettive, sono ancora in piena fase di ricerca. Anche la produzione di bioidrogeno è fattibile attraverso la catalizzazione della fotolisi dell'acqua da parte di alcune specie di microalghe (*Scenedesmus obliquus*). Tuttavia, per fa-

vorire uno sviluppo industriale di tale tecnologia, sono necessari ulteriori progressi conoscitivi e tecnologici per superare l'inibizione del processo da parte dell'ossigeno e incrementare le ancora basse rese di idrogeno (FAO e Ecofys, 2009). Le alghe comunque sono più facilmente degradabili rispetto ad altre matrici vegetali, poiché non contengono lignina. La biomassa vegetale infatti, soprattutto quella lignocellulosica, possiede nella parete cellulare e nella lamella mediana una naturale resistenza agli attacchi enzimatici, conosciuta nella letteratura anglosassone come "*biomass recalcitrance*" (Himmel et al., 2007). Tale caratteristica incide negativamente sull'elevato costo dei processi di conversione della lignocellulosa. Per ottenere una produzione di biomassa che sia sostenibile e competitiva, Himmel et al. (2007) sostengono che sarà necessario, tramite ingegnerizzazione di enzimi e cellule vegetali, superare le proprietà chimiche e strutturali dei vegetali, facilitandone la scomposizione e trasformazione.

Per poter realizzare il cosiddetto "*green dream*" sembra si debbano concretizzare ulteriori risultati provenienti da recenti scoperte, a fronte di alcune criticità ancora da superare. Inoltre, al cittadino medio, per poter aderire alla richiesta di un contributo pro-ambiente pulito, gli si dovrebbe garantire che, oltre a generare ex novo delle risorse primarie da trasformare in energia, l'utilizzazione prima di tutto di residui, scarti, co- e sotto-prodotti come residui colturali e di potatura, deiezioni e sottoprodotti animali (grasso), rifiuti solidi e organici urbani (FORSU), scarti dell'agroindustria, e altro ancora, che molto spesso rappresentano un rifiuto di difficile e costosa gestione.

Ad esempio, in Oklahoma (USA), una bioraffineria situata nelle vicinanze di un impianto per la lavorazione di carni suine ottiene biodiesel trattando annualmente 113 M litri di grasso animale, sottoprodotto abbondante e di scarso valore ottenuto dalla macellazione industriale. Un altro stabilimento sta per essere attivato in Luisiana (USA) in cui verranno prodotti annualmente circa 280 M litri di biodiesel, ottenuti da grassi derivanti dalla lavorazione di pollame, suini e bovini.

Anche la conversione di oli esausti in biodiesel sembra essere un'alternativa virtuosa e sostenibile, che garantirebbe una diminuzione di emissioni di gas serra fino all'88% rispetto al carburante fossile. In Italia sono prodotte circa 260.000 t di oli alimentari esausti, ma solo un'esigua frazione di quelli derivanti dalla ristorazione e dalle industrie agroalimentari vengono raccolte e riutilizzate (80.000 t circa) (CONOE, 2007). La Cina dal canto suo è in grado di riversare sul mercato internazionale circa 1,5 milioni di tonnellate di biodiesel da olio esausto di friggitoria (Mosca e Cavalli, 2011).

Prodotti destinabili a digestione	Quantità
Produzioni agricole (t)	10.771.488
Reflui zootecnici:	
liquame (m ³)	6.543.621
letame (t)	4.814.256
Scarti agro-industria (t):	
agricoltura	37.992
carni	92.278
ortofrutta	41.603
zuccherifici	724
latte	21.735
ind. dolciaria	2.518
ind. bevande alcoliche	52.837
ind. lavorazione legno	6.574
ind. lavorazione carta	1.850
ind. lavorazione pelli	99.801
ind. tessile	16
FORSU (t)	250.115
Verde urbano (t)	210.195

Tab. 1 *Sottoprodotti, coprodotti e scarti destinabili a digestione anaerobica nella Regione Veneto (Ruol, 2008)*

La Regione Veneto, nell'ambito del Programma Nazionale Biocombustibili "PROBIO" (2005-8), ha aderito al progetto "Biogas", in cui si è definito un programma operativo di "mappatura e analisi quanti – qualitativa della biomassa potenziale digestibile". Veneto Agricoltura ha effettuato una stima a scala regionale del materiale destinabile alla digestione anaerobica. Sono stati considerati e quantificati: reflui zootecnici, scarti dell'agro-industria (agricoltura, carni, ortofrutta, zuccherifici, latte, industria dolciaria e di bevande alcoliche), scarti della lavorazione del legno, della carta, delle pelli e delle

industrie tessili, il verde urbano e la frazione organica dei rifiuti urbani derivanti da raccolta differenziata (FORSU). La quantità annuale di tali potenziali fonti energetiche ammonta a circa 12,18 Mt, senza contare le produzioni agricole che ammontano a ulteriori 10,77 Mt (tab. 1).

In una recente ricerca si attesta che in Italia, nel 2009, il 3,5% della produzione agricola è rimasta sul campo, con una perdita di biomassa complessiva pari a 17,7 Mt. Dopo la raccolta sono state scartate 76.035 t di frutta e verdura e dopo trasformazione gli scarti agroindustriali ammontavano a 2,16 Mt (Segrè et al., 2011), per un totale di circa 20 Mt di biomassa, che invece avrebbero potuto essere riutilizzate più saggiamente.

Un esempio concreto di riutilizzo virtuoso di residui colturali è quello della barbabietola da zucchero. Una proposta economicamente conveniente, suggerita da Beta (Società di ricerca in agricoltura), consiste nel conferire i fittoni allo zuccherificio e destinare foglie, colletti e la spettanza in polpe esauste alla digestione anaerobica (Ciuffeda et al., 2011). A livello nazionale quest'anno si stima che i residui colturali di bietola prodotti dai 48.000 ha coltivati e potenzialmente destinabili alla produzione di bioenergia ammontino circa a 1,33 Mt. Oltre a produrre una significativa quantità di bioenergia, si potrebbe anche stimolare la riapertura, previa riconversione, di zuccherifici dismessi, vedi quello di Ostellato (Fe) (Bertini, 2011). In quella sede è in previsione la costruzione di quattro digestori gemelli che tratteranno circa 18.400 t/anno di sottoprodotti da barbabietola e 4.600 t di cereali dedicati, per una potenza complessiva pari a 4 MWe.

Si stima che il settore "biogas" potrebbe generare circa 800 MWe; per raggiungere tale potenza la superficie agraria richiesta ammonterebbe a circa 240.000 ha (1 MWe impegna 300 ha circa), di cui 160.000 ha da colture dedicate e la quota restante potrebbe essere surrogata da deiezioni animali e sottoprodotti (Beta, 2011).

In conclusione, alla luce di tali considerazioni, emerge quanto segue:

- si ha l'impressione che il settore delle coltivazioni da pieno campo avrebbe potuto offrire il suo contributo già fin dall'inizio degli anni 2000 e che in questa fase l'ulteriore sviluppo delle bioenergie sia prevalentemente legato a scelte di politica economica non sempre chiare;
- una ulteriore criticità derivante dal recente decreto legislativo è rappresentata dall'obiettivo di incorporamento fissato al 5% per il 2014 che passerebbe al 10% nel 2020. Poiché oggi l'Unione europea non soddisfa che un terzo della propria domanda interna di biocarburanti, appare evidente che

per rispettare gli obiettivi comunitari fissati si sta ricorrendo alle importazioni. Sarebbero necessarie quindi ulteriori normative che incentivino lo sviluppo di tecnologie a elevata efficienza energetica, incentivino le produzioni locali e sfavoriscano le importazioni di materie prime. Ad esempio un possibile innalzamento delle soglie minime di riduzione delle emissioni di gas serra, potrebbe favorire le materie prime EU (colza, bietola e cereali) sfavorendo quelle di importazione (es.: soia dall'Argentina);

- per il momento, la forza trainante l'installazione di nuovi impianti risiede nei sistemi di incentivazione (Enguidanos et al., 2002; Lazarus and Rudstrom, 2007; Gebrezgabher et al., 2009; Boschiero, 2010). Ora che l'Europa esige l'adozione anche di criteri di sostenibilità, alcuni impianti rischiano di non poter più usufruire dell'incentivazione, fino al limite della loro chiusura qualora i processi non rispettassero i criteri imposti;
- durante l'European Biofuels Technology Platform, tenutasi di recente a Bruxelles, si è constatato infatti come le attuali misure di supporto risultino insufficienti a promuovere con successo i biocarburanti sostenibili e di ultima generazione;
- l'implementazione dei criteri di sostenibilità, prevista nell'ambito della legislazione nazionale, nel nostro Paese non è ancora stata pienamente attuata e non è stata ancora formulata alcuna proposta di certificazione; inoltre sembra necessaria una pianificazione e gestione delle biomasse a livello territoriale (distretto energetico) e non solo a livello di singola azienda, al fine di garantire la realizzazione di una filiera bioenergetica sostenibile;
- se da un lato si vuole sostenere il settore primario offrendogli nuove opportunità, puntando sulla multifunzionalità dell'azienda agricola, dall'altro le politiche europee stanno deprimendo la capacità dell'agricoltura quale principale ed essenziale produttore di risorse alimentari.

BIBLIOGRAFIA

- BERTINI A. (2011): *Biogas da melasso e polpe. Lo zuccherificio cambia volto*, «Terra e Vita», 40, pp. 10-12.
- BETA (SOCIETÀ DI RICERCA IN AGRICOLTURA) (2011): Comunicazione personale.
- BONA S., MOSCA G. e VAMERALI T. (1999): *Oil crops for biodiesel production in Italy*, «Ren. Energy», 16, pp. 1053-1056.
- BONA S., MOSCA G., RIELLO L. e VAMERALI T. (2004): *Contribution of soil to CO₂ balance in industrial oil crops*, «It. J. Agr.», 7 (2), pp. 145-150.
- BOSCHIERO M. (2010): *Economic feasibility and environmental benefits of farm scale biogas plants*, Tesi di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie Agrarie, Università degli Studi di Padova, Italia.

- CANDOLO G. (2006): *Energia dalle biomasse vegetali: le opportunità per le aziende agricole*, «AGRONOMICA», 4, pp. 26-35. Disponibile all'indirizzo: http://www.crupa.it/media/documents/crupa_www/Progetti/Seq-Cure/Candolo2.pdf, consultato il 17 ottobre 2011.
- CHISTI Y. (2008): *Biodiesel from microalgae beats bioethanol*, «Trends Biotech.», 26, pp. 126-131.
- CIUFFEDA G., LOI A. e BELLETTATO G. (2011): *Bietola da biogas. Analisi costi e ricavi*, «Terra e Vita», 4, pp. 36-39.
- CONOE (Consorzio Obbligatorio Nazionale di raccolta e trattamento Oli e grassi vegetali ed animali Esausti) (2007): *Rapporto Ambientale 2007*. Disponibile all'indirizzo: <http://www.conorzioconoe.it/pdf/rapportoambientale2007.pdf>, consultato il 13 ottobre 2011.
- ENGUIDANOS M., SORIA A., KAVALOV B. e JENSEN P. (2002): *Techno-economic analysis of bio-diesel production in the EU: a short summary for decision-makers*, European Commission, Joint Research Centre, report EUR 20279 EN. Disponibile all'indirizzo: <http://ftp.jrc.es/EURdoc/eur20279en.pdf>, consultato il 2 ottobre 2011.
- Eur'ObservER (2010): *État des énergies renouvelables en Europe*, Édition 2010, 10^e bilan Eur'ObservER (The state of renewable energy in Europe, 10th Eur'ObservER report). Disponibile all'indirizzo: <http://www.eurobserv-er.org/pdf/barobilan10.pdf>, consultato il 13 ottobre 2011.
- EUROSTAT (2009): *Panorama of energy. Energy statistics to support EU policies and solution*. EUROSTAT Statistics. Luxembourg: Publication Office of the European Union. Disponibile all'indirizzo: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-GH-09-001/EN/KS-GH-09-001-EN.PDF, consultato il 5 settembre 2011.
- FAO e Ecofys (2009): *Algae-based biofuels: a review of challenges and opportunities for developing countries*. Disponibile all'indirizzo: http://www.fao.org/fileadmin/templates/aquaticbiofuels/docs/0905_FAO_Review_Paper_on_Algae-based_Biofuels.pdf, consultato il 18 ottobre 2011.
- FORD H. (1925): *Ford predicts fuel from vegetation*, «NY Times», 20 settembre 1925, p. 24.
- FRANCESCATO V., ANTONINI E., NOCENTINI G., FAINI A., SEPPOLONI I. e STRANIERI S. (2010): *Piattaforma biomasse. Produzione professionale, sostenibile e locale di legna, cipato e pellet. Linee guida per la progettazione e la realizzazione*, Ed. AIEL. Disponibile all'indirizzo: <http://www.aiel.cia.it/immagini/upload/Piattaforma%20biomasse.pdf>, consultato il 13 ottobre 2011.
- GEBREZGABER, S.A., MEUWISSEN M.P.M., PRINS B.A.M. e OUDE LANSINK A.G.J.M. (2009): *Economic analysis of anaerobic digestion - A case of green power of biogas plant in The Netherlands*, «NJAS, Wageningen J. Life Sci.», 3, pp. 1-7.
- GSE (Gestore Servizi Elettrici) (2010): *Rapporto statistico 2010. Impianti a fonti rinnovabili*. Disponibile all'indirizzo: <http://www.gse.it/attivita/statistiche/Documents/Statistiche%20Rinnovabili%202010.pdf>, consultato il 13 ottobre 2011.
- HEATON E., VOIGT T. and LONG S.P. (2004): *A quantitative review comparing the yields of two candidate C4 perennial biomass crops in relation to nitrogen, temperature and water*, «Biomass and Bioen.», 27, pp. 21-30.
- HIMMEL M.E., DING S.-Y., JOHNSON D.K., ADNEY W.S., NIMLOS M.R., BRADY J.W. e FOUST T.D. (2007): *Biomass recalcitrance: engineering plants and enzymes for biofuels production*, «Science», 315, pp. 804-807.
- IEA (2010): *Clean Energy Progress report*. IEA input to the Clean Energy Ministerial.

- Update June 2011. Disponibile all'indirizzo: http://www.ica.org/papers/2011/CEM_Progress_Report.pdf, consultato il 10 ottobre 2011.
- JAGGARD K.W., QI A. e OBER E.S. (2010): *Possible changes to arable crop yields by 2050*, Philos. Trans. Royal Soc. B 365: 2835–2851.
- KUMAR A. e SHARMA S. (2008): *An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (Jatropha curcas): A review*, «Ind. Crops and Prod.», 28, pp. 1-10.
- LAZARUS W.F. e RUDSTROM M. (2007): *The economics of anaerobic digester operation on a Minnesota dairy farm*, «Review Agric. Econ.», 29 (2), pp. 349-364.
- LAZZERI L., D'AVINO L., LEONI O., MAZZONCINI M., ANTICHI D., MOSCA G., ZANETTI F., DEL GATTO A., SANDRO PIERI, GIUSEPPE DE MASTRO, NICOLA GRASSANO, COSENTINO S., COPANI V., LEDDA L., R. FARCI, BEZZI G. LAZZARI A., DAINELLI R. e SPUGNOLI P. (2009): *On Farm Agronomic and First Environmental Evaluation of Oil Crops for Sustainable Bioenergy Chains*, «It. J. Agron.», 4, pp. 171-180.
- MANTINEO M., D'AGOSTA G.M., COPANI V., PATANÈ C. e COSENTINO S.L. (2009): *Bio-mass yield and energy balance of three perennial crops for energy use in the semi-arid Mediterranean environment*, «Field Crops Res.», 114, pp. 204-213.
- MOSCA G. (2007): *Energia da biomasse: aspetti agronomici e ambientali*, ANAE 18° Sem. Interattivo Azionamenti Elettrici. Evoluzione Tecnologica e Problematiche Emergenti. Bressanone, 5-6 marzo 2007, 185-193.
- MOSCA G. (2008): *Produzione di energia da risorse primarie*, «I Georgofili-Quaderni», 2007, II, pp. 7-13.
- MOSCA G. e BONA S. (1994): *Oil seed crops for production of methylester: energy analysis and productivity of some species*, «Riv. Ing. Agr.», xxv, 3, pp. 151-161.
- MOSCA G. e BONA S. (1999): *Bilanci energetici e della CO₂ di colture erbacee per bioenergia*, in *Valorizzazione energetica delle biomasse agroforestali*, «I Georgofili-Quaderni», 1999, IV, pp. 155-165.
- MOSCA G. e CAVALLI R. (2011): *Le materie prime agricole e forestali, dedicate o residuali, per la produzione di biocarburanti di ultima generazione*, in giornata di studio su “Agro-energie e biocombustibili”, Acc. Georgofili, 19 maggio 2011, Firenze.
- MOSCA G. e VENTURI G. (2000): *Le produzioni agricole ad uso non alimentare: attuali prospettive di sviluppo*, 33° Conv. S.I.A., 20-23 Sett. 1999, «Riv. Agron.», 35, pp. 155-162.
- RUOL G. (2008): *Mappatura biomassa e organizzazione data-base*, Programma Nazionale Biocarburanti PROBIO, Progetto BIOGAS. Disponibile all'indirizzo: http://www.venetoagricoltura.org/upload/Mappatura_analisi_dati_biomassa.pdf, consultato il 17 ottobre 2011.
- SEGRÈ A. e GAIANI S. (2011): *Transforming food waste into a resource*, Royal Soc. of Chem. (in press)
- SOLOMON D.B. (2010): *Biofuels and sustainability*, «Ann. New York Acad. Sci.», 1185, pp. 119-134.
- TILMAN D., HILL J. e LEHMAN C. (2006): *Carbon-negative biofuels from low-input high-diversity grassland biomass*, «Science», 314, pp. 1598-1600.
- TALLAGE AGRIMARKET FORECASTING (2011): *Stratégie Grains*, Disponibile all'indirizzo: <http://www.strategie-grains.com/content.php?opt=1010>, consultato il 18 ottobre 2011.
- ZANETTI F., VAMERALI T., BONA S. e MOSCA G. (2003): *Razionalizzazione della concimazione azotata in colza destinato alla produzione di biodiesel*, 35° Convegno SIA “Obiettivo qualità integrale: il ruolo della ricerca agronomica”, 227-228. Portici (Na) 16-18 Settembre 2003.

Finito di stampare in Firenze
presso la tipografia editrice Polistampa
nel dicembre 2011