



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA

Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente (Di3A)

Tecnologia Hyst: possibili applicazioni su piante erbacee, perenni, lignocellulosiche



Salvatore L. Cosentino, Danilo Scordia, Giorgio Testa

29 gennaio 2015, Calatabiano

Normativa EU

Direttiva 2009/28/CE & 2009/30/CE, obiettivi al 2020:

- Ridurre le emissioni di gas ad effetto serra (GHG) del 20%;
- Incrementare la quota di energia rinnovabile, in tutte le forme del 20%;
- Incrementare la quota di biocarburanti nel settore dei trasporti del 10%.

Tuttavia

- Rispettare criteri di sostenibilità (es. carburanti in grado di assicurare una riduzione di GHG > 35% rispetto ai carburanti tradizionali con progressivo aumento al 60% entro il 2018);
- Non favorire la competizione del food vs fuel;
- Tenere in considerazione il cambiamento d'uso del suolo, diretto ed indiretto (dLUC and iLUC).

Double counting

L'articolo 33, comma 5 del D. Lgs. n. 28/2011 riconosce una premialità, ai fini dell'attribuzione del numero dei certificati di immissione di biocarburanti, ovvero un litro di **biocarburante di seconda generazione** avrà assolto un obbligo pari a 2 litri.

- rifiuti e sottoprodotti (D. Lgs. 152/2006 e ss.mm. ii.);
- materie di origine non alimentare;
- materie cellulosiche e ligno-cellulosiche;
- alghe.

Principali biocarburanti di prima e seconda generazione

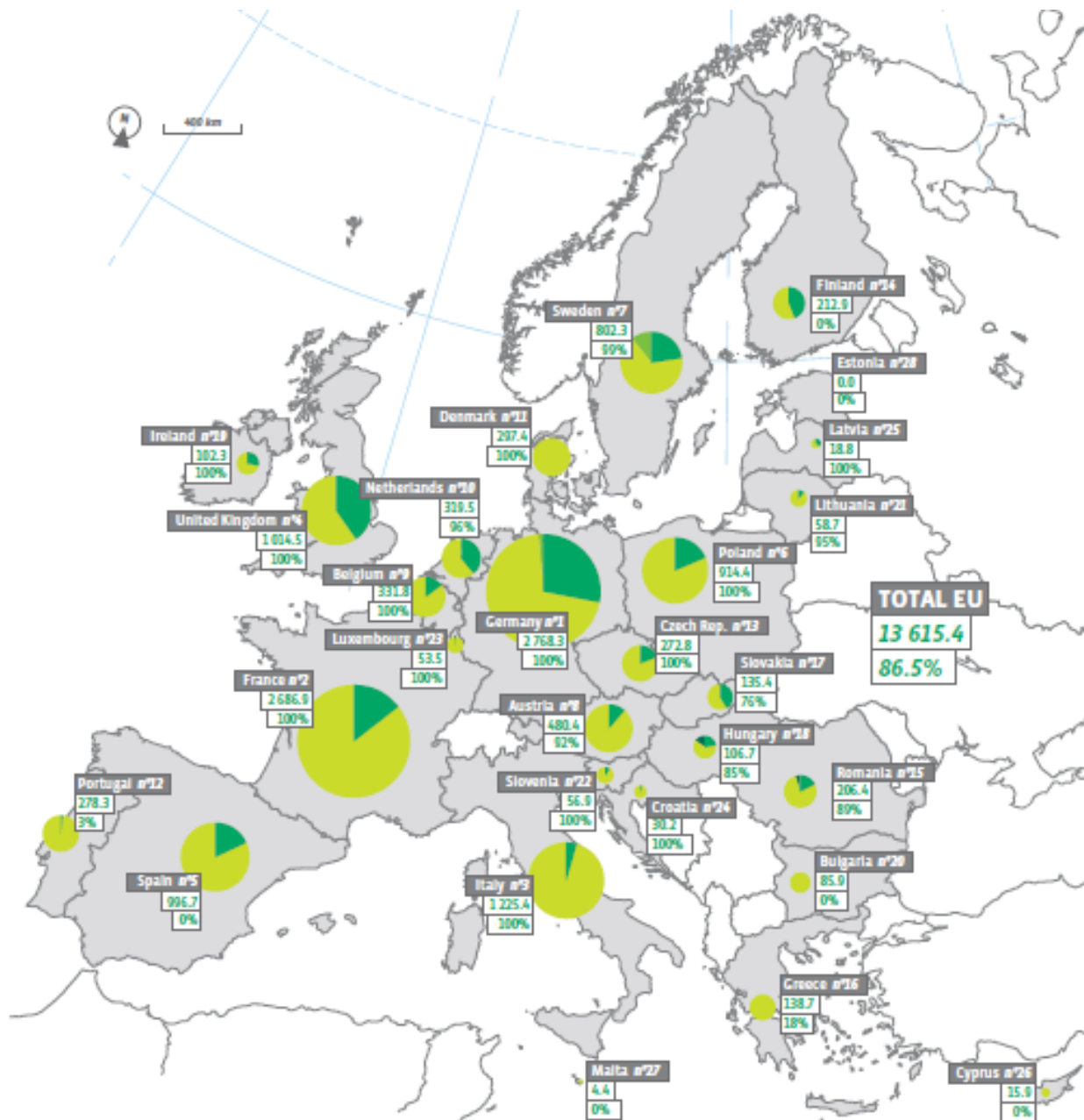
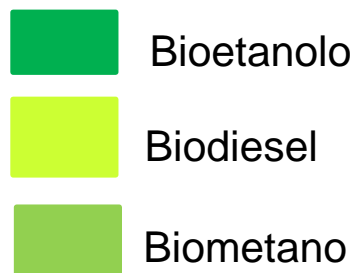
Biocarburanti di I generazione

Biocarburante	Nome specifico	Biomassa utilizzata	Processo
Bioetanolo	Etanolo da zucchero o amido	Canna da zucchero, Mais, Sorgo, Barbabietola, Frumento, Riso, Orzo, ecc.	Idrolisi, Fermentazione, Distillazione
Biodiesel	Metil/Etil Estere (FAME/FAEE)	Colza, Gurasole, Palma da Olio, Soia, Ricino, ecc.	Estrazione chimica o fisica e Transesterificazione
Biogas	Biogas/Bio-Metano	Colture foraggere, Mais, Sorgo, ortive, ecc	Fermentazione anaerobica
ETBE	Etil ter butil etere (Bio-ETBE)	Bioetanolo	Sintesi chimica

Biocarburanti di II generazione

Bioetanolo	Etanolo cellulosico	Specie Legnose, Erbacee lignocellulosiche, Residui di erbacee/arboree	Pretrattamento, Idrolisi, Fermentazione/SSF, Distillazione
Biodiesel	Biodiesel trattato	Grassi animali e vegetali ed oli esausti	Trattamento con idrogeno
Biogas	Gas naturale di sintesi (SNG)	Specie Legnose, Erbacee lignocellulosiche, Residui di erbacee/arboree	Sintesi e gassificazione
Bioidrogeno	Bio-idrogeno	Specie Legnose, Erbacee lignocellulosiche, Residui di erbacee/arboree	Sintesi e gassificazione, trattamento biologico

Produzione di biocarburanti in EU (EurObserver, 2013)

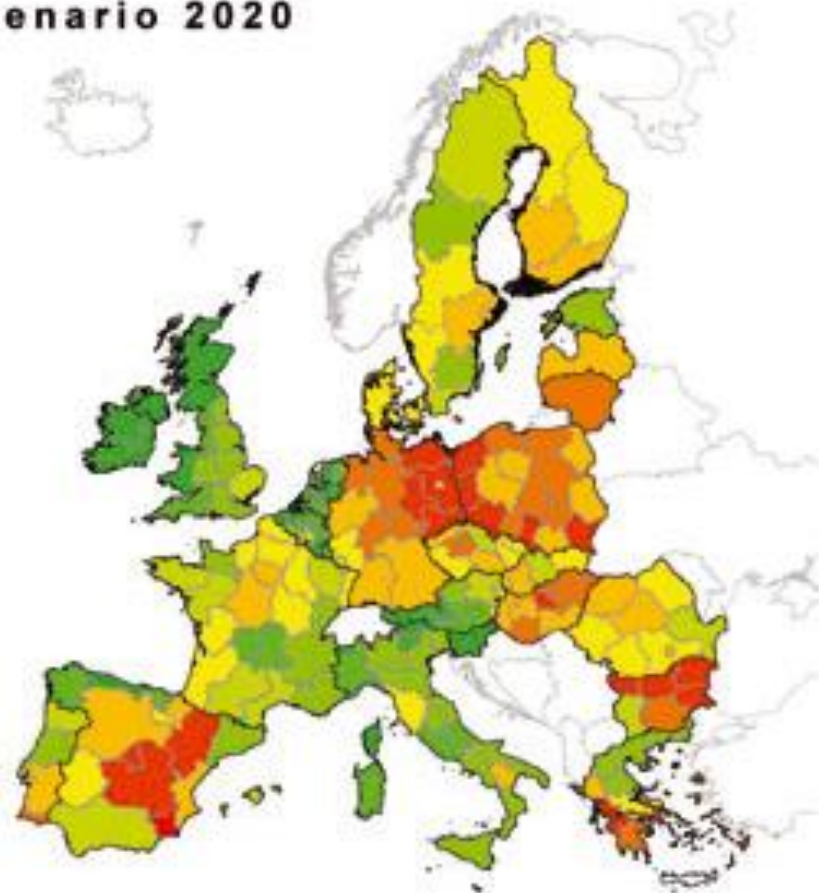


Superfici necessarie alle colture energetiche in UE

Richiederà 19,5-20,5 Mha (Krasuska et al., 2010; Cosentino et al., 2012)
corrispondente al 32-34% della totale terra arabile

Scenario 2020

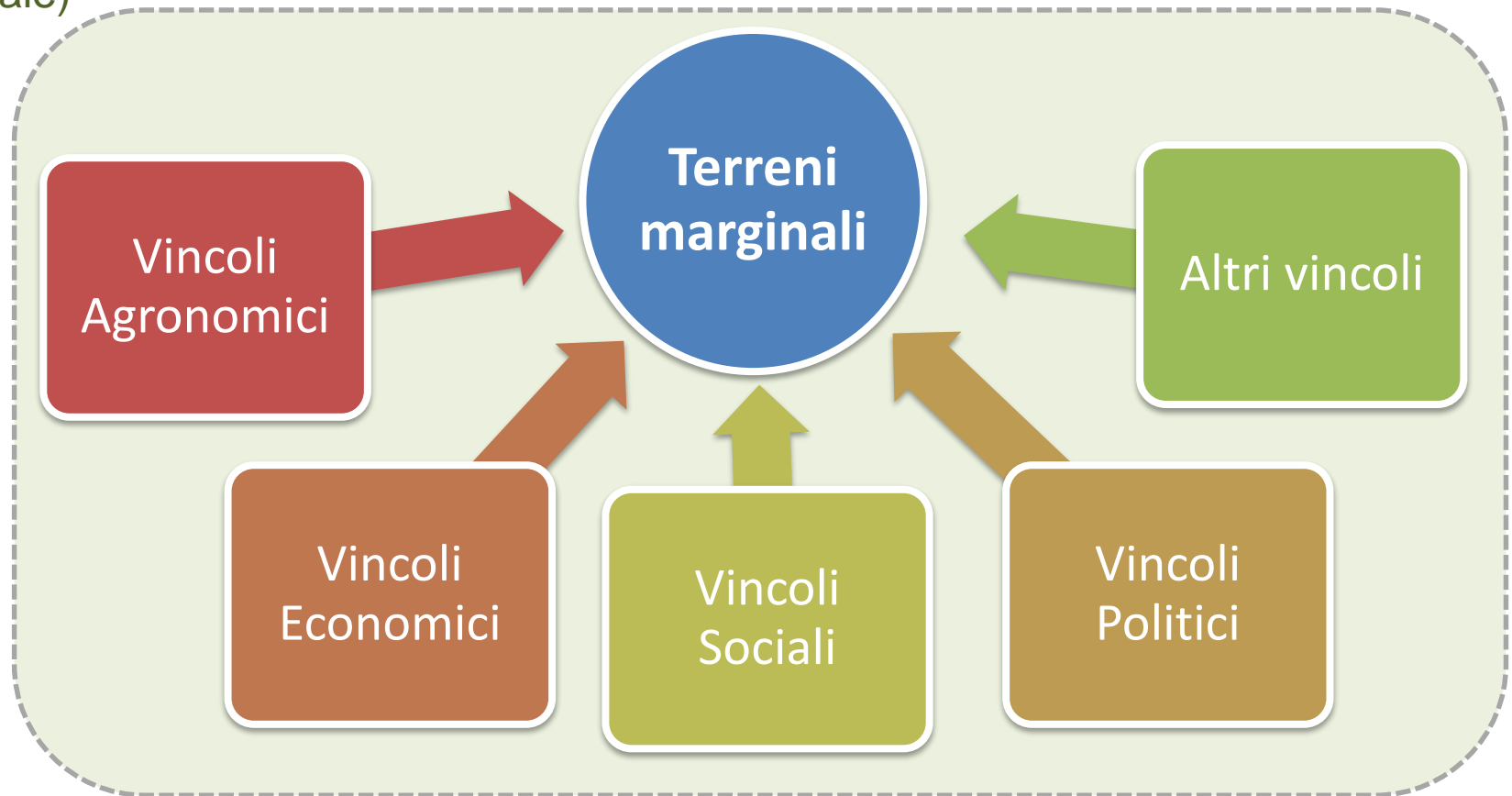
Share of surplus land in total agricultural



Cambiamento d'uso del suolo (LUC)

Diretto (dLUC): e.s. introduzione di un nuovo sistema colturale in un luogo dove non era mai stato intrapreso (necessita di essere considerato a livello regionale);

Indiretto (iLUC): e.s. uso di terreno agricolo “alimentare” con colture energetiche e conseguente causa di messa in coltura di nuove terre altrove (e.s. pascoli permanenti, deforestazione) per la produzione alimentare (necessita di essere considerato a livello globale)



Definizione di biomassa e coltura energetica

Biomassa: la frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l'acquacoltura, gli sfalci e le potature provenienti dal verde pubblico e privato, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani (art.2, lettera «e», D.lgs 28/2011).



Coltura energetica: una coltura specificatamente coltivata per produrre **biomassa** che, per specifici tratti, può servire come vettore energetico per rilasciare energia dalla diretta combustione o dopo conversione in altri vettori come il biogas o i biocombustibili liquidi



Ideotipo di una coltura energetica

- Alta resa in biomassa secca quanto più vicino alla potenziale per ogni area climatica;
- Massimizzare l'utilizzo delle risorse abiotiche;
- Bassa richiesta di input agronomici (lavorazione del suolo, concimi e fitofarmaci);
- Alta "Water Use Efficiency";
- Alta "Nitrogen Use Efficiency";
- Alta "Radiation Use Efficiency";
- Resistente agli stress abiotici e biotici;
- Capacità di contrastare i fenomeni di erosione del suolo;
- Positivo bilancio energetico;
- Basso impatto ambientale;
- Specifici caratteristiche qualitative in relazione al tipo di bioconversione.

Tipologia di biomassa



Lignocellulosica



Oleaginosa



Zuccherina

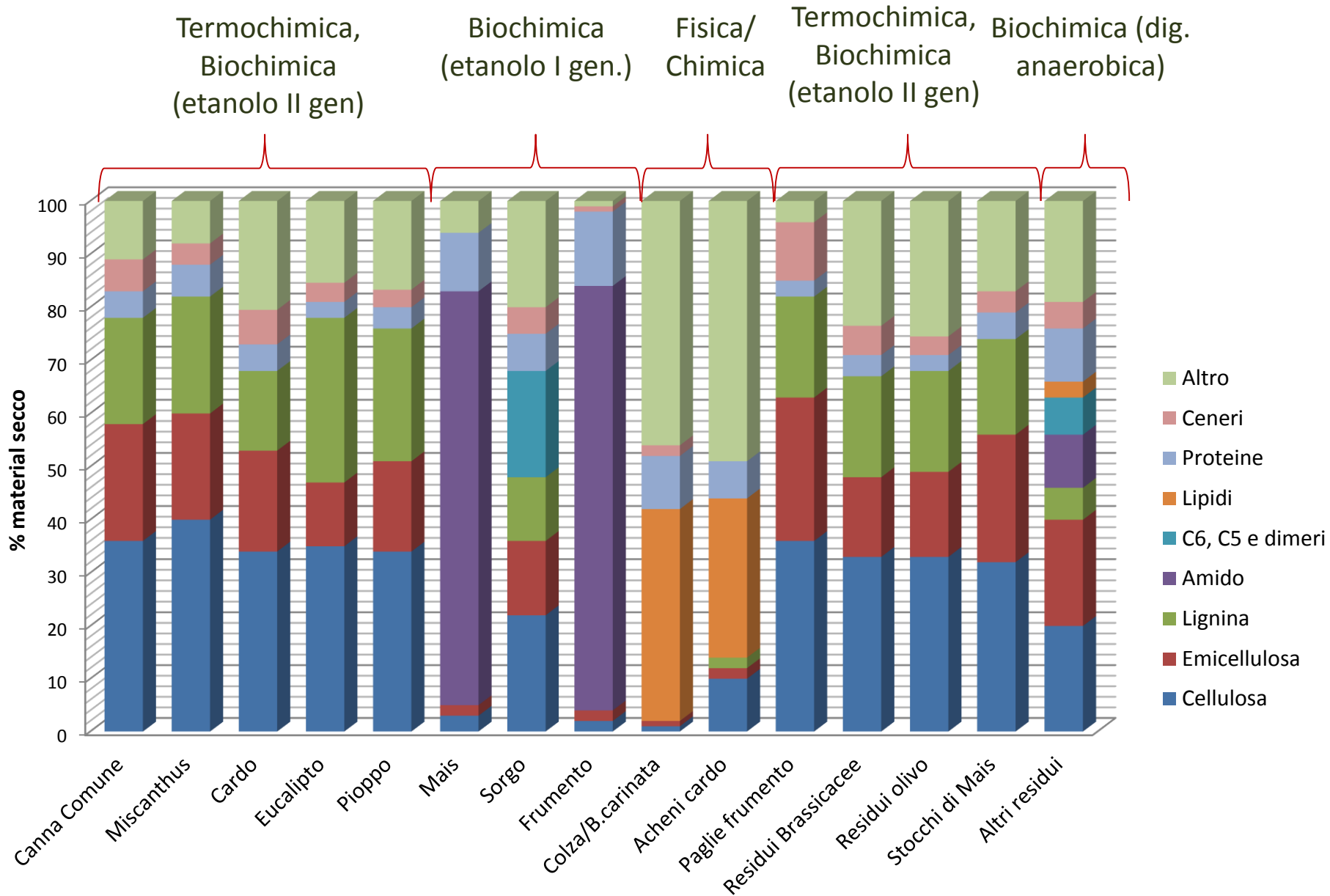


Amidacea



Altre

Destino della biomassa



Perchè le erbacee lignocellulosiche poliennali?

- ✓ Ampia diffusione ed adattabilità
- ✓ Alte rese potenziali
- ✓ Alto contenuto in cellulosa, emicellulosa e lignina
- ✓ Positivo bilancio energetico ed ambientale

Benefici Ambientali

- Relativamente bassa richiesta idrica;
- Bassa richiesta di nutrienti;
- Assente richiesta di agrofarmaci;
- Capacità di phytomediation;
- Riduzione della degradazione ed erosione del suolo;
- Adattabilità ai suoli marginali;
- Permanente copertura del suolo;
- Creazione di habitats.

Benefici Socio-Economici

- Sviluppo di nuovi mercati (e.s. biocarburanti e chimica verde);
- Nuova risorsa per il reddito e l'occupazione rurale;
- Sviluppo di strutture economiche regionali;
- Incremento della biodiversità;
- Autoapprovvigionamento energetico;

Arundo donax L.

Famiglia: *Poaceae*, Tribù *Arundineae*

- Originaria dell'Oriente
- Diffusa in tutta la zona mediterranea
- Ciclo fotosintetico C3
- Ciclo colturale: poliennale
- Esigenze termiche: 10-35 °C (mesoterma)
- Impianto: autunnale o primaverile per via vegetativa
- Irrigazione estiva: necessaria all'impianto



Risultati del Di3A

- Produzione in ss circa 30 t ha⁻¹ negli anni successivi all'impianto
- Collezione di circa 40 genotipi prelevati in Sicilia e Calabria
- Diversi metodi di propagazione (rizoma, culmo, ramificazioni, micropropagazione)
- Risposta ad input colturali diversi (concimazione e irrigazione)

Miscanthus spp.

Famiglia: *Poaceae*

- Origine: Sud-Est asiatico - ambienti tropicali e sub-tropicali;
- L'ibrido *M. x giganteus* (*M. sinensis* x *M. sacchariflorus*) più studiato come pianta da biomassa;
- Ciclo fotosintetico C4;
- Esigenze termiche: tra 10 e 30 °C (macroterma)
- Impianto: primaverile per via vegetativa;



Risultati del Di3A

- Produzione tra 12 e 30 t ha⁻¹ dopo il primo anno
- Irrigazione necessaria nell'anno d'impianto e per mantenere elevate rese

Saccharum spontaneum spp. *aegyptiacum*

Famiglia: *Poaceae*

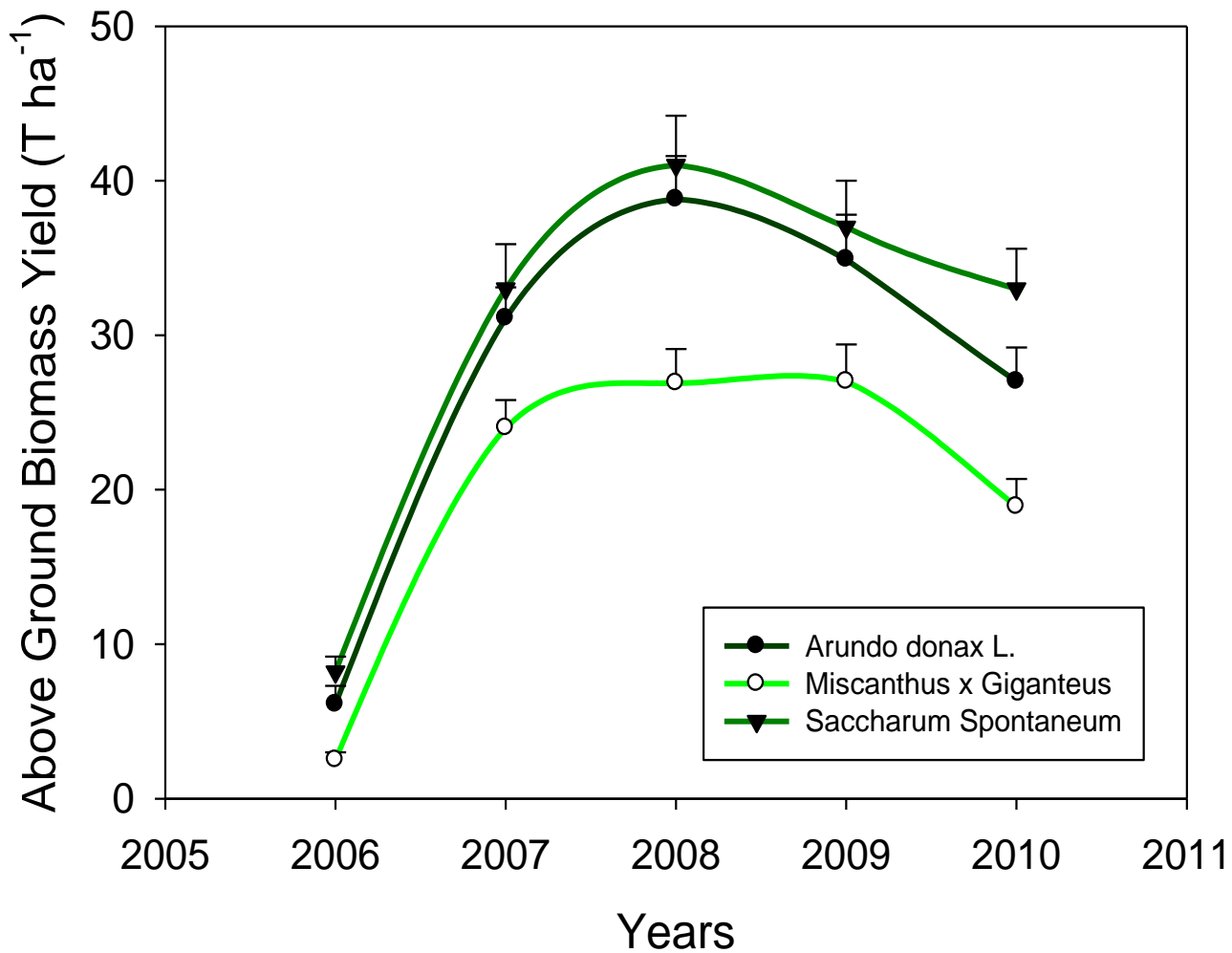
- Originaria dell'Asia e del bacino del Mediterraneo
- Ciclo fotosintetico C4
- Endemica in Sicilia e nelle regioni del Nord Africa
- Esigenze termiche: 10-35 °C (mesoterma)
- Propagazione attraverso porzioni di rizoma
- Altamente vigorosa e resistente alle fitopatie
- Rustica e resistente agli stress abiotici



Risultati del Di3A

- Produzione tra 20 e 35 t ha⁻¹ dopo il primo anno
- Caratteristiche di aridoresistenza

Andamento della resa in biomassa secca delle 3 erbacee perenni



Punti di forza e debolezza delle erbacee poliennali

Punti di forza

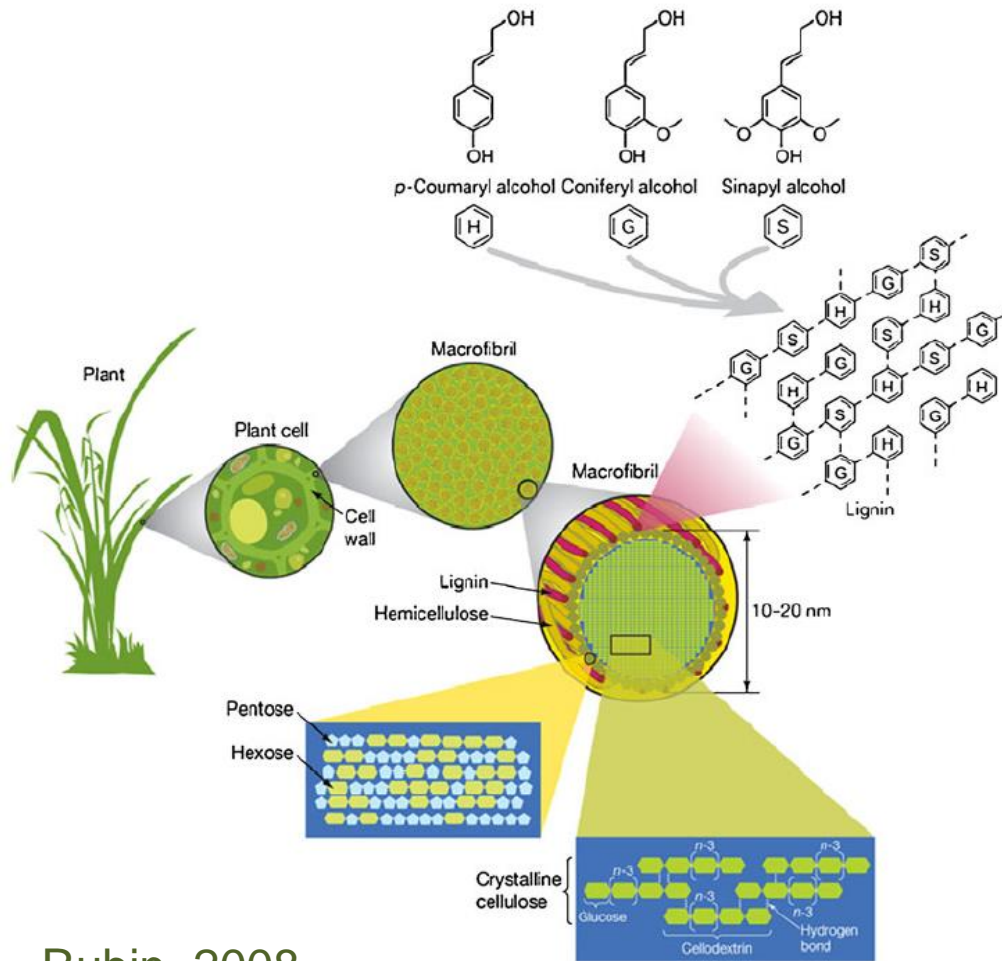
- elevata produttività annuale
- longevità: 15-20 anni
- facile adattabilità
- ridotto impatto ambientale
 - ✓ minore impiego di fitofarmaci (erbicidi)
 - ✓ basso impiego di fertilizzanti
 - ✓ ridotte lavorazioni del terreno
 - ✓ contenimento dei fenomeni erosivi
 - ✓ creazione di habitat



Punti di debolezza

- basse produzioni nell'anno d'impianto
- riconversione parco macchine
- macchine per la raccolta
- reperimento materiale di propagazione (Miscanthus, Arundo, Saccharum)
- elevato contenuto di ceneri nelle foglie (combustione)

Possibili usi della biomassa lignocellulosica



Rubin, 2008

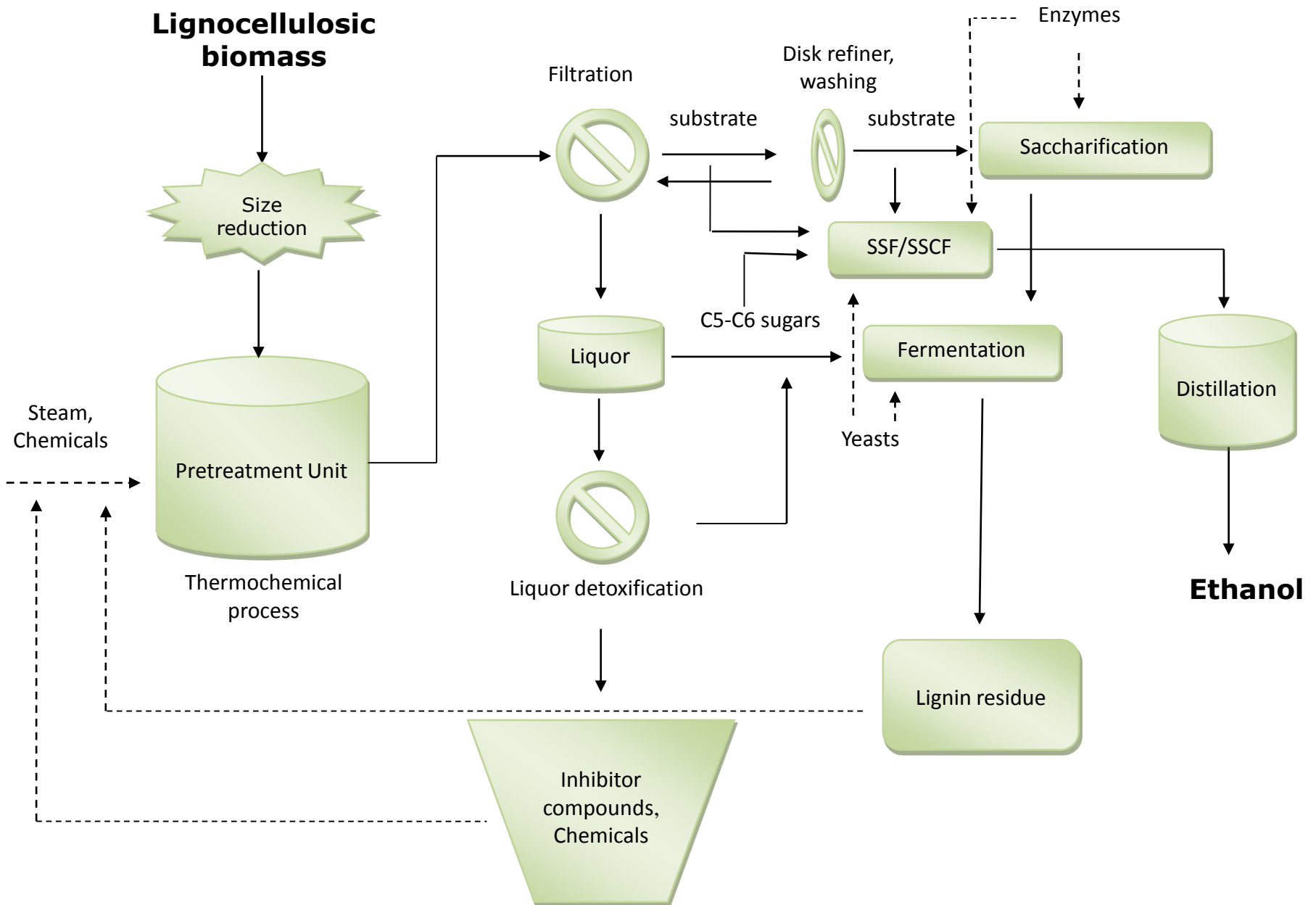
Products	Applications
PHENOLS	
ORGANIC ACIDS	
OXYGENATES	
FUELS	
SPECIALTIES	
FEEDSTOCK REFINERIES	
BIOFUELS	
SYNGAS	
HEAT & POWER	

High
Low

ADDED VALUE

Cortesia di BTG

Diagramma di flusso del processo di EtOH di seconda generazione

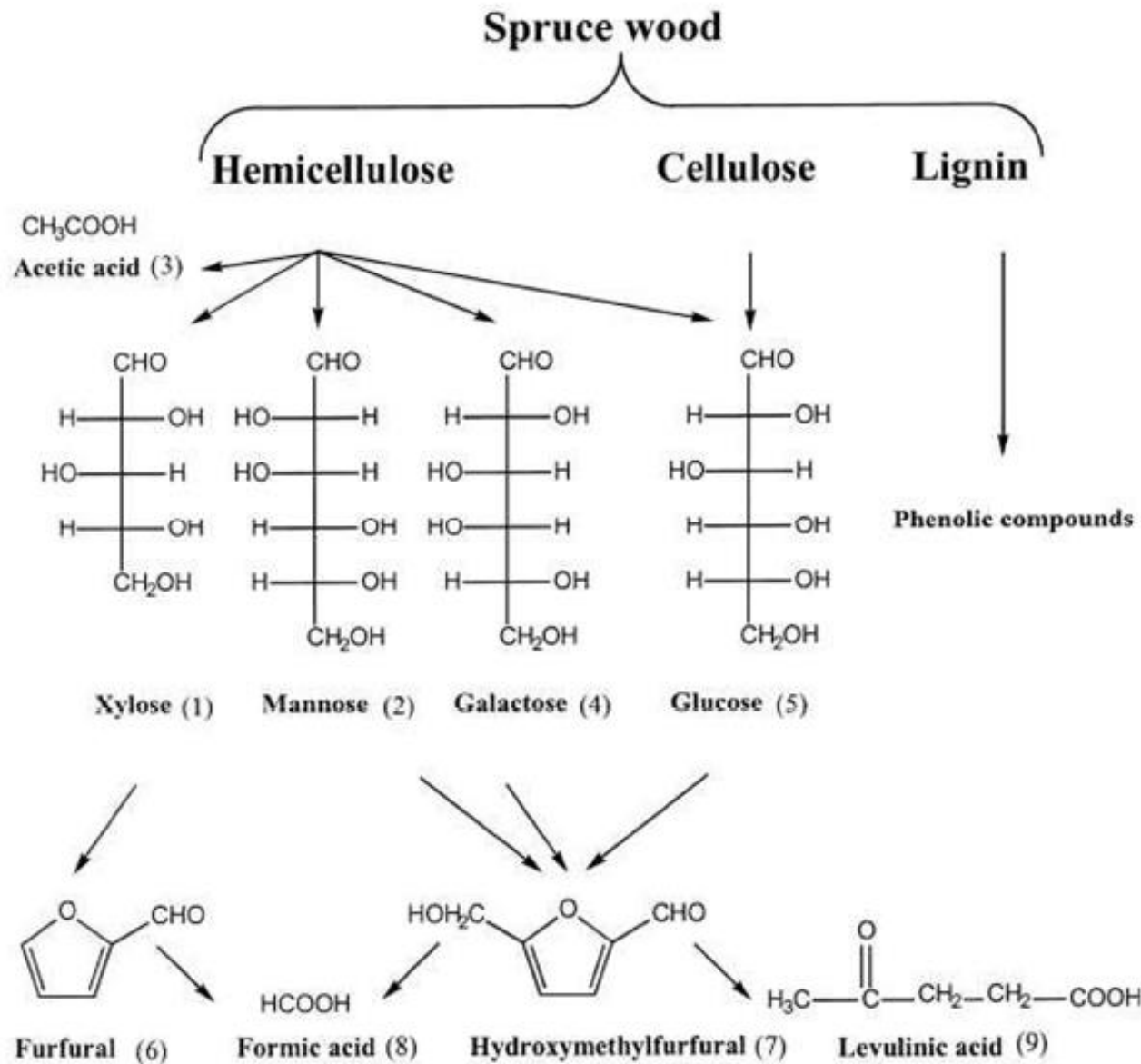


Materiale tal quale (% s.s.)

Composizione	<i>Arundo</i> (%)	<i>Miscanthus</i> (%)	<i>Saccharum</i> (%)
Glucani	34.60±0.14	40.99±0.06	36.81±0.13
Xilani	20.41±0.02	19.98±0.06	21.53±0.04
Galattani	0.66±0.06	0.57±0.07	0.72±0.01
Arabinani	1.81±0.03	1.74±0.04	2.16±0.01
Mannani	0.12±0.01	0.09±0.00	0.16±0.04
Ramnani	0.06±0.00	0.02±0.00	0.14±0.01
Lignina	20.44±0.07	22.40±0.06	20.03±0.12
Ceneri	1.67±0.08	0.84±0.04	1.21±0.09

- **Scordia, D., Cosentino, S.L., Jeffries, T.W., 2010.** Second generation bioethanol production from *Saccharum spontaneum* L. ssp. *aegyptiacum* (Willd.) Hack. *Bioresour. Technol.* 101, 5358–5365.
- **Scordia, D., Cosentino, S.L., Lee, J.W., Jeffries, T.W., 2011.** Dilute oxalic acid pretreatment for biorefining giant reed (*Arundo donax* L.). *Biomass Bioener.* 35, 3018-24.
- **Scordia, D., Cosentino, S.L., Lee, J.W., Jeffries, T.W., 2012.** Bioconversion of giant reed (*Arundo donax* L.) hemicellulose hydrolysate to ethanol by *Scheffersomyces stipitis* CBS6054. *Biomass Bioener.* 39, 296-305.
- **Scordia, D., Cosentino, S.L., Jeffries, T.W., 2013a.** Enzymatic hydrolysis, simultaneous saccharification and ethanol fermentation of oxalic acid pretreated giant reed (*Arundo donax* L.). *Ind. Crop. Prod.* 49, 392-399.
- **Scordia, D., Cosentino, S.L., Jeffries, T.W., 2013b.** Effectiveness of dilute oxalic acid pretreatment of *Miscanthus x giganteus* biomass for ethanol production. *Biomass Bioenerg.* 59, 540-548.

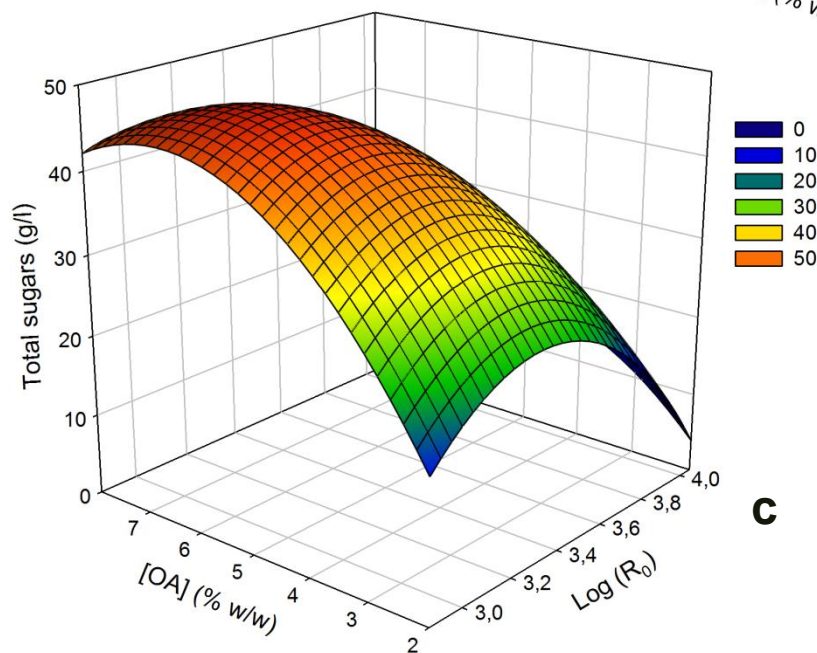
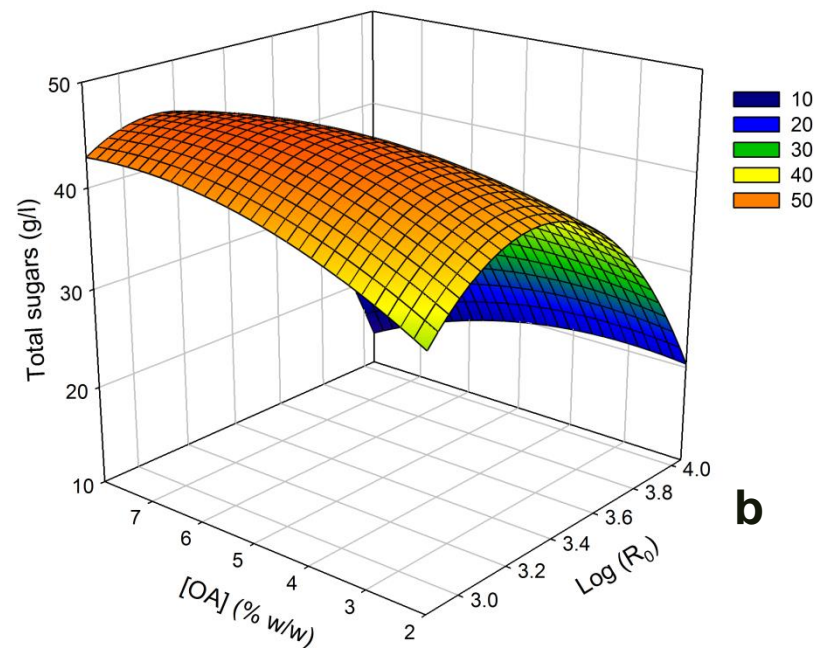
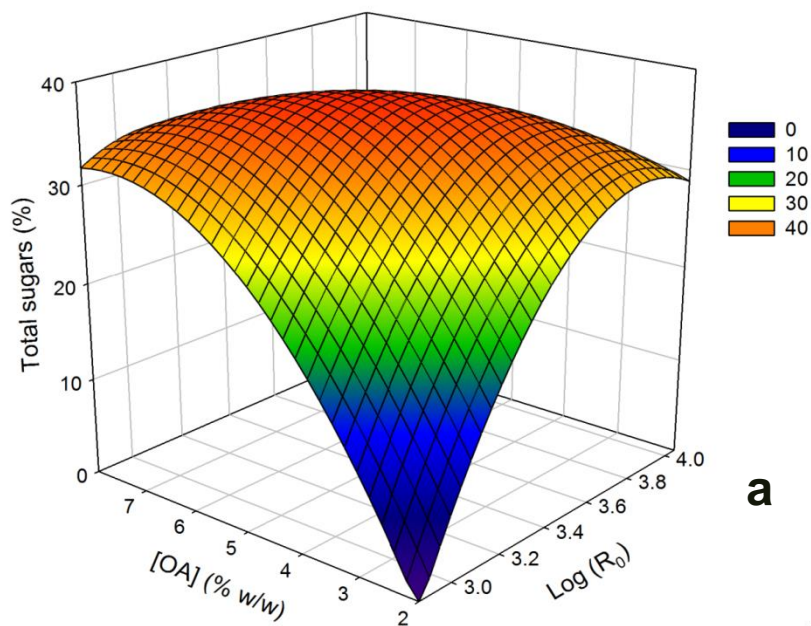
Zuccheri totali e composti inibitori





Zuccheri totali

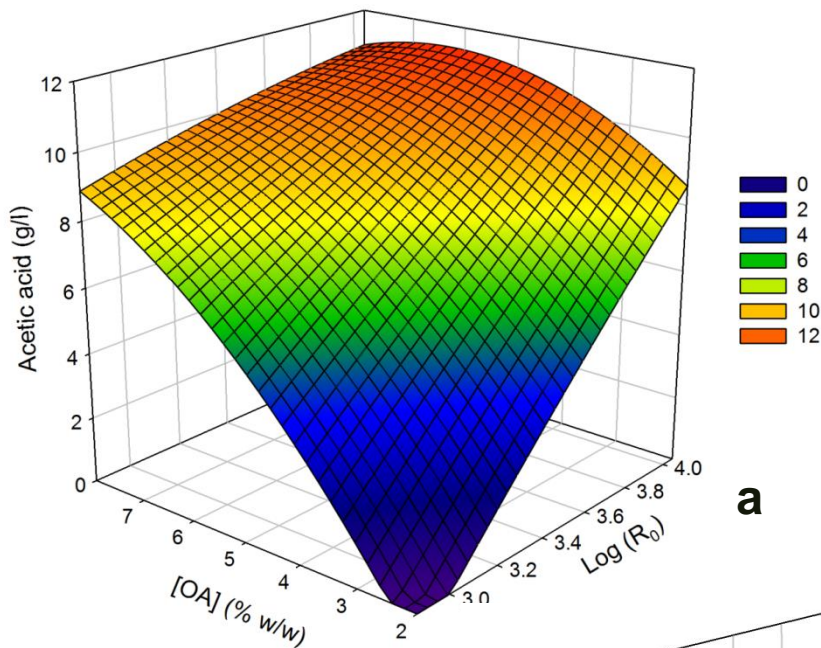
a) *Arundo*, b) *Miscanthus*, c) *Saccharum*



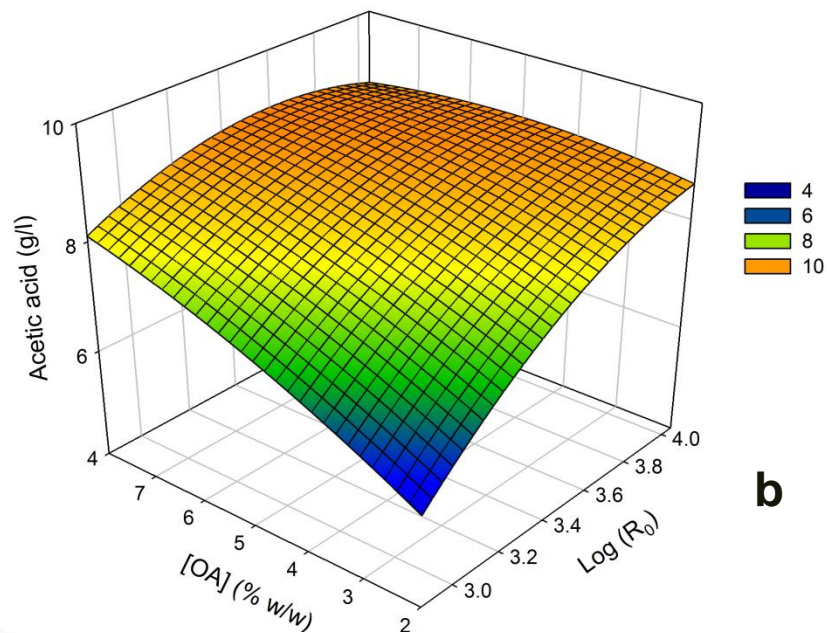
Scordia et al., 2010; 2011;
2012; 2013a; 2013b)

Acido acetico

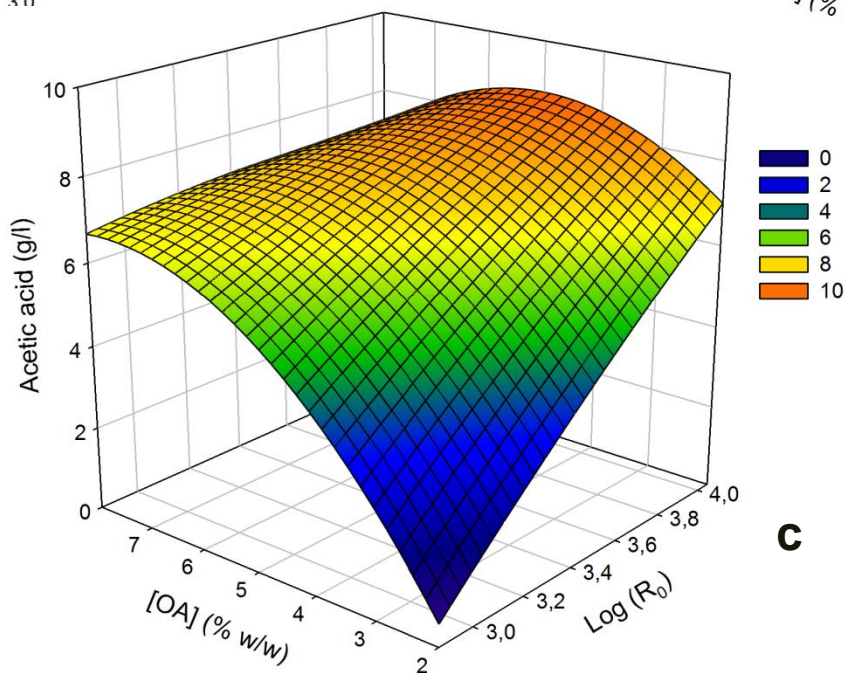
a) *Arundo*, b) *Miscanthus*, c) *Saccharum*



a



b



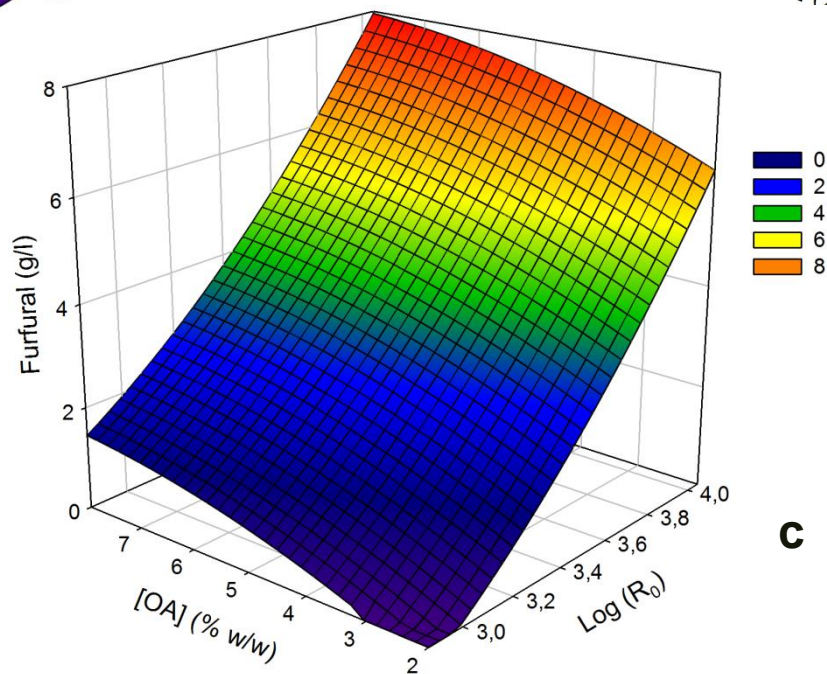
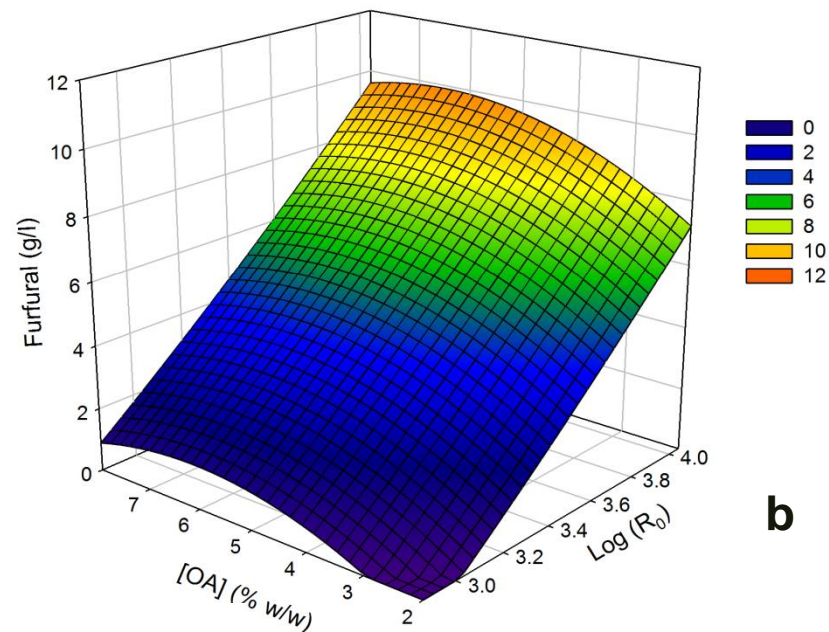
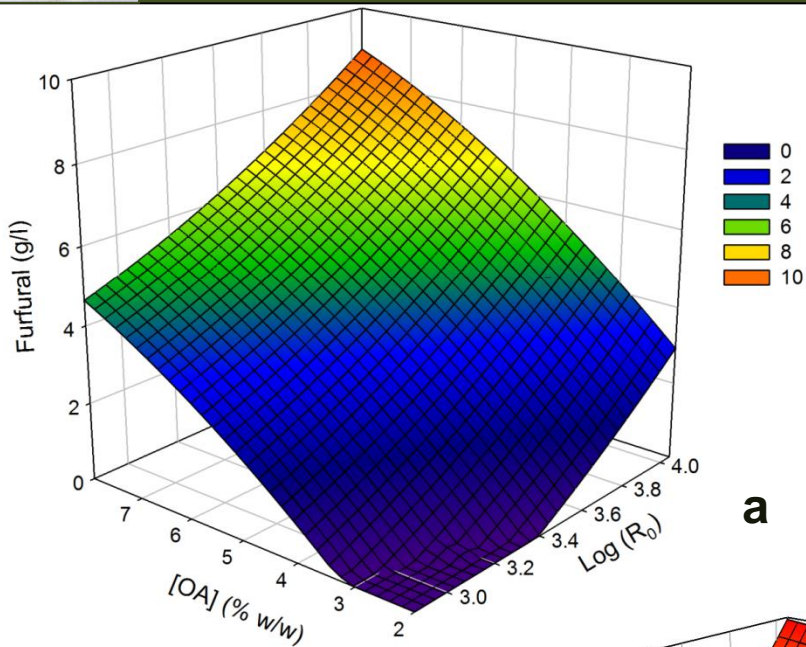
c

Scordia et al., 2010; 2011;
2012; 2013a; 2013b)



Furfurolo

a) *Arundo*, b) *Miscanthus*, c) *Saccharum*

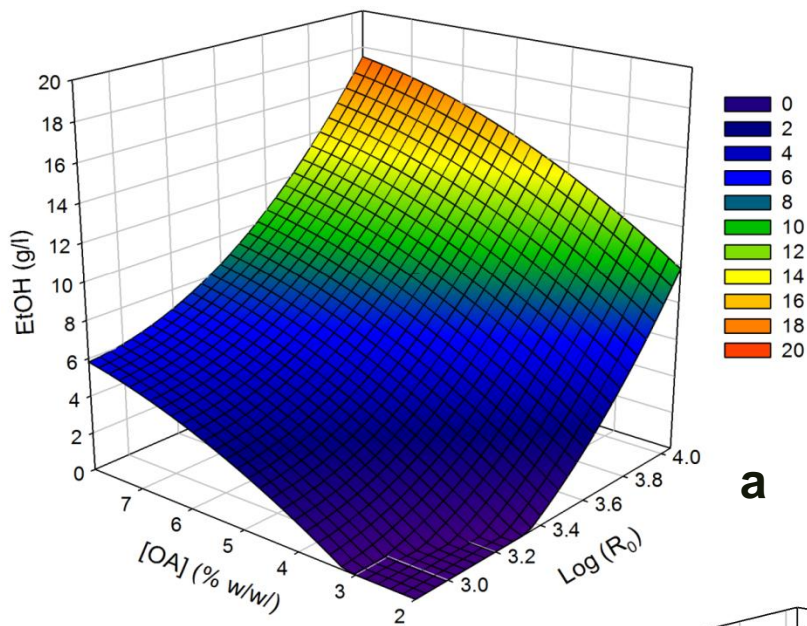


Scordia et al., 2010; 2011;
2012; 2013a; 2013b)

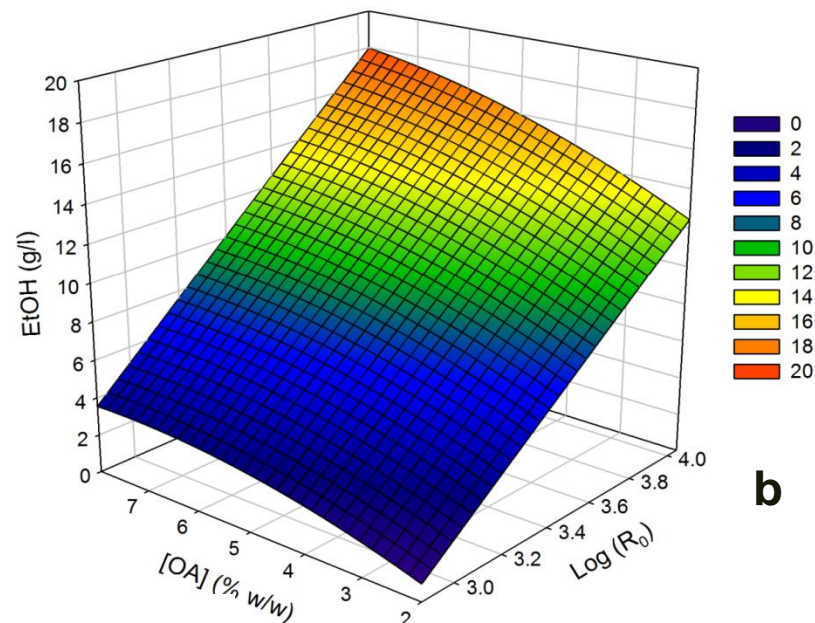


Bioetanol - SSF

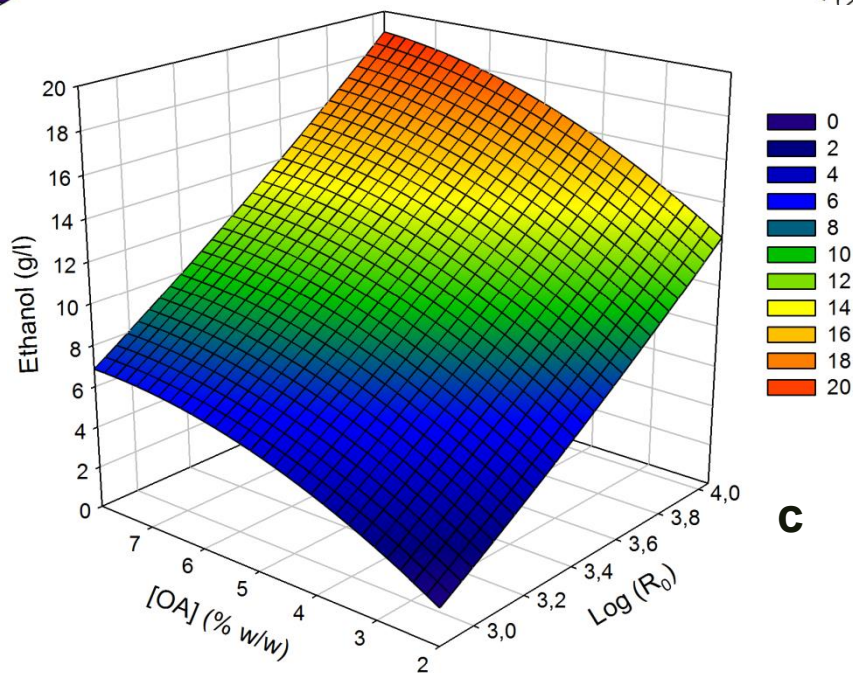
a) *Arundo*, b) *Miscanthus*, c) *Saccharum*



a



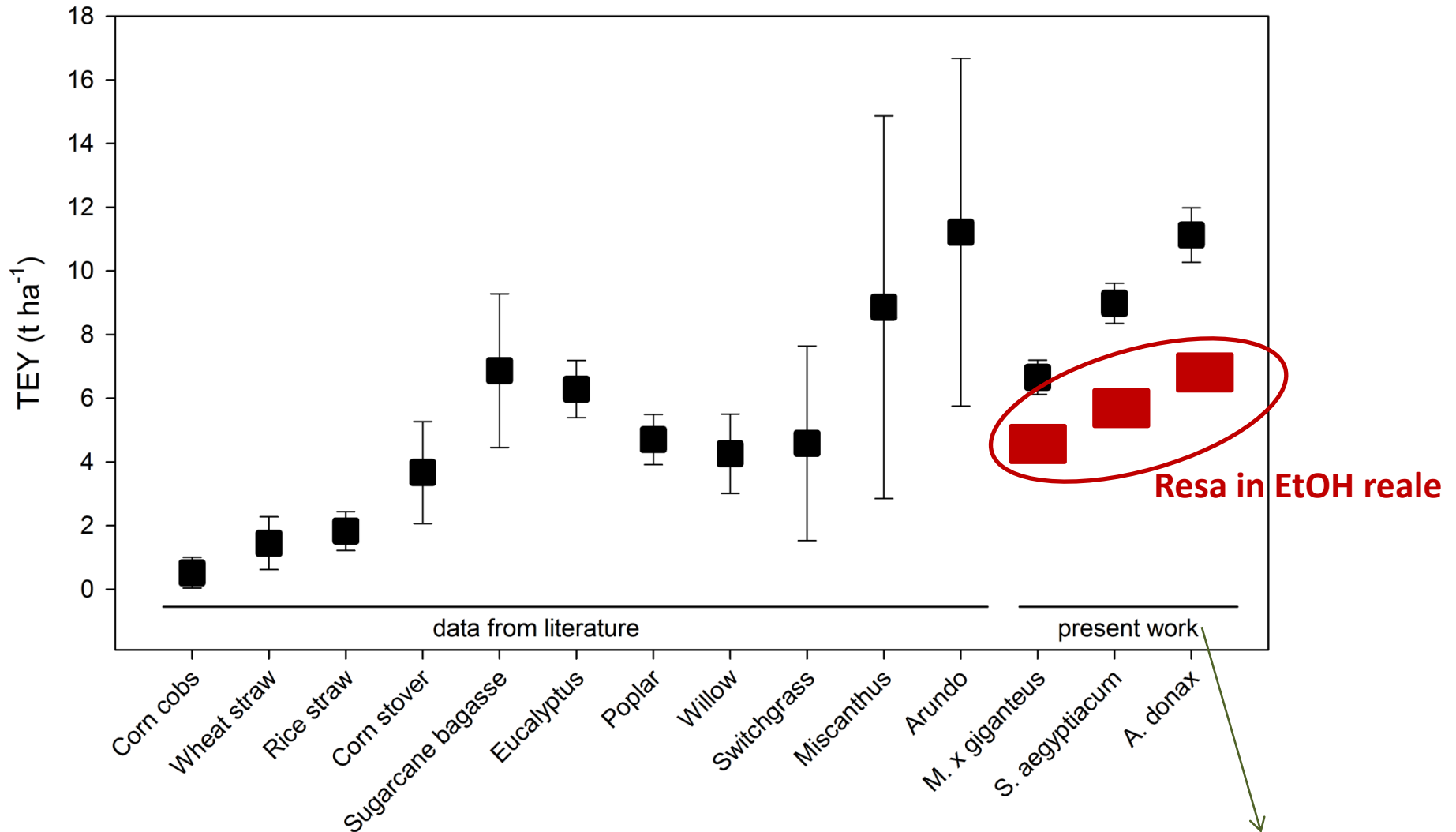
b



c

Scordia et al., 2010; 2011;
2012; 2013a; 2013b)

Produzione teorica di bioetanolo

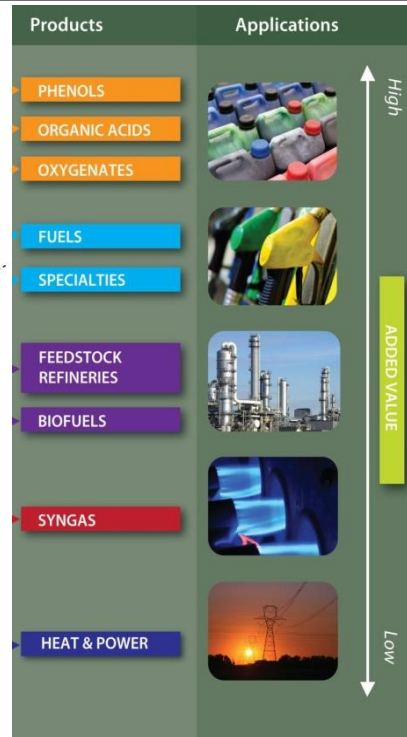
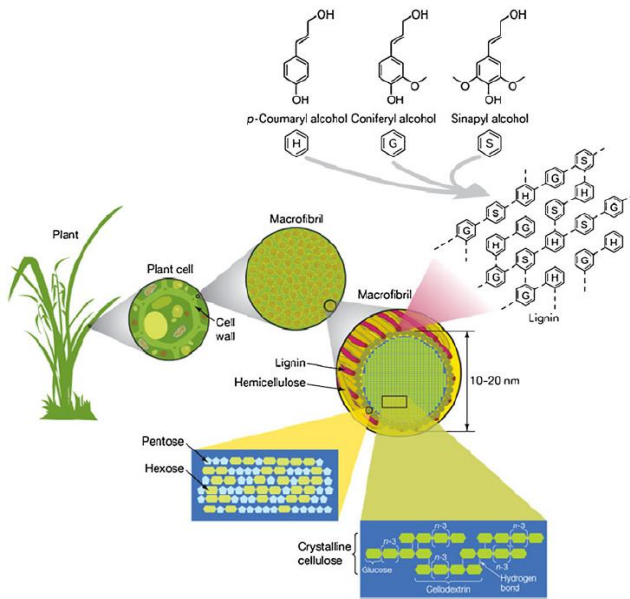


Scordia D, Testa G, Cosentino SL, 2014. Perennial grasses as lignocellulosic feedstock for second-generation bioethanol production in Mediterranean environment. Italian Journal of Agronomy 9(581), 84-92

Punti di debolezza del processo

- Elevato utilizzo di energia, acqua, pressione, composti chimici durante la fase di pretrattamento della biomassa lignocellulosica;
- Generazione di composti inibitori (acido acetico, furfurale, HMF, composti fenolici) che riducono o inibiscono l'efficienza di conversione dei microrganismi;
- Non totale frazionamento della biomassa nelle sue singole componenti (cellulosa legata a frammenti di emicellulosa e/o lignina), riduce l'efficienza della saccarificazione enzimatica della cellulosa;
- Elevati costi di realizzazione degli impianti e delle risorse.

Applicazione tecnologia Hyst



In un'ottica di bioraffineria, dove tutte le singole componenti possono avere un utilizzo ed un alto valore aggiunto, la tecnologia **Hyst** potrebbe rappresentare la soluzione:

- Permette il totale frazionamento della biomassa (e.s. in cellulosa pura, emicellulosa pura e lignina pura), incrementando il range di prodotti ottenibili;
- Si integra agevolmente nei processi produttivi già in atto;
- Riduce consumi e tempi di produzione;
- Non inquina e riduce le emissioni di CO₂.

Considerazioni finali

Nel rispetto dei **criteri di sostenibilità** citati nelle direttive Europee, le colture energetiche **erbacee, perenni, lignocellulosiche** presentano quei requisiti richiesti in quanto:

- Rientrano nel conteggio del **double counting**;
- Riducono i rischi del **cambiamento d'uso del suolo** in quanto adatte ad essere introdotte in **terreni marginali**;
- Richiedono **bassi input agronomici** traducendosi in **positivi bilanci energetici** e **bassi impatti ambientali**;
- Posseggono una **elevata resa** in biomassa secca e **soddisfacenti parametri qualitativi**.

Tuttavia

- La naturale recalcitranza del materiale lignocellulosico impone la scelta di efficienti sistemi di bioconversione;
- La tecnologia Hyst potrebbe essere la soluzione in un ottica di bioraffineria.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA

Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente (Di3A)

Grazie per l'attenzione



Salvatore L. Cosentino, Danilo Scordia, Giorgio Testa

29 gennaio 2015, Calatabiano