

VALUTAZIONE DELLA PRODUTTIVITA' DI CAMPI SPERIMENTALI DI BIOMASSE ERBACEE DEDICATE: CONFRONTO TRA DATI SPERIMENTALI E RISULTATI DI DIVERSI MODELLI DI CALCOLO PER SORGO E GIRASOLE

Francesco Fantozzi¹, Franco Cotana¹, Gianni Bidini¹, Pietro Bartocci¹, Cinzia Buratti¹

¹ Centro Ricerca Biomasse – Università di Perugia, Via Iorio 8, 06128 Perugia Italia

SOMMARIO

La progettazione di un impianto di conversione energetica a biomasse dedicate, tal quali oppure trasformate in cippato, deve essere preceduta da un'attenta valutazione della disponibilità di biocombustibile e della sua dislocazione nell'intorno dell'impianto, in modo da effettuare accurate valutazioni di carattere energetico ed economico, nonché di impatto ambientale. La produttività di sostanza secca per unità di superficie risulta di particolarmente importante e può essere effettuata mediante dati sperimentali o modelli previsionali. L'obiettivo dello studio è confrontare diversi modelli di simulazione dell'accrescimento di colture erbacee, con particolare riferimento al girasole e al sorgo con diverse tecniche irrigue. A questo scopo si è scelto di confrontare i risultati forniti da tre modelli comunemente reperibili in Letteratura (Grass1, Grass2 e Cropsyst) con dei dati sperimentali rilevati nei campi del CRB. Il Grass1 è basato su una curva di crescita logistica, il Grass2 e Cropsyst sono basati su una relazione empirica che fa dipendere la biomassa prodotta dall'efficienza di conversione della radiazione in sostanza secca. Quest'ultimo parametro può essere impiegato per definire un rendimento della fase di produzione di biomassa, da considerare insieme ai rendimenti delle macchine termiche per la conversione energetica.

INTRODUZIONE

Le biomasse dedicate, ossia quelle appositamente coltivate a fini energetici, sono sostanzialmente costituite da colture legnose a rotazione breve (Short Rotation Forestry) e colture erbacee che, in relazione alla durata dell'impianto, si possono distinguere in annuali e poliennali. Tali biomasse, qualunque sia la loro natura, sono generalmente trasformate in biocombustibili solidi (per lo più legna o cippato), biocarburanti (biodiesel e bioetanolo) e combustibili gassosi (pyrogas e biogas).

La corretta progettazione di un impianto di conversione energetica che usa come biocombustibili biomasse dedicate, tal quali oppure trasformate in cippato, non può prescindere da un'attenta valutazione della disponibilità di materia prima e della sua locazione rispetto al luogo in cui l'impianto è collocato; ciò al fine di poter effettuare accurati conti energetici, economici e ambientali. In questo contesto risulta di particolare importanza la conoscenza, tramite dati sperimentali o modelli previsionali, delle produttività di sostanza secca per unità di superficie (tipicamente la produttività è valutata in t s.s./ha).

L'obiettivo del presente lavoro è confrontare diversi modelli di simulazione dell'accrescimento di colture erbacee, applicati al girasole e al sorgo coltivato con diverse modalità irrigue.

Il girasole è una pianta oleaginosa molto diffusa in Umbria, che può essere impiegata sia per la produzione di biocarburanti (biodiesel), sia per la produzione di energia elettrica e calore attraverso motori a combustione interna che impiegano olio vegetale grezzo o transesterificato (biodiesel). Nei campi sperimentali del CRB (Centro Ricerca Biomasse) sono coltivate sia una varietà oleica (Proleic) sia una varietà selezionata per la produzione di energia, che ha mostrato avere un maggiore accrescimento e produzione di semi.



Figura 1: Piante di girasole selezionate per la produzione di biomassa (sinistra) e piante di sorgo selezionate per la produzione di biomassa (destra) nei campi sperimentali del CRB.

Il sorgo può essere impiegato come combustibile solido se precedentemente sfalciato e raccolto in balle; nei campi del CRB sono coltivate alcune varietà particolarmente produttive, ottenute dall'incrocio di sorgo da granella e sorgo da saggina.

Nei campi si è allestita una rete di monitoraggio dell'accrescimento e dei parametri ambientali, in collaborazione con l'Azienda Agraria dell'Università di Perugia, la Comunità Montana Monti del Trasimeno, il CNR e l'Azienda Agraria Montelabate e altri privati; nei campi sono monitorati gli accrescimenti di diverse colture, annuali e poliennali, erbacee e legnose, in particolare: pioppo, robinia, girasole, sorgo, miscanto, topinambur, ecc.

Il monitoraggio prevede:

- la registrazione in continuo dei dati meteorologici (mediante due centraline, poste nei campi di Casalina e Pietrafitta, che rilevano temperatura, umidità relativa,

- velocità e direzione del vento, radiazione solare, pioggia);
- la misura dei diametri, dell'altezza, del peso di piante campione, a intervalli di tempo regolari, mediante sopralluoghi sul campo;
- il prelievo, contestuale ai rilievi di cui al punto precedente, di campioni di piante e l'analisi in laboratorio delle principali caratteristiche chimico-fisiche (umidità, ceneri, sostanze volatili, contenuto di carbonio, idrogeno, azoto) ed energetiche (potere calorifico superiore e inferiore);
- la misura, a intervalli di tempo regolari, del LAI (indice di superficie fogliare).

I dati monitorati sono impiegati in opportuni modelli di calcolo, al fine di disporre di uno strumento previsionale in grado di stimare la produttività in termini di quantità di sostanza secca per unità di superficie coltivata.

L'energia chimica contenuta nelle biomasse deriva dalla fotosintesi clorofilliana che, per mezzo dell'energia solare, permette la sintesi di sostanze organiche; l'energia chimica è successivamente convertita in energia elettrica o calore attraverso processi diversi (combustione, gassificazione, pirolisi), a ciascuno dei quali è associato un rendimento di conversione. Risulta interessante definire anche un rendimento a monte della conversione energetica, ossia l'efficienza di conversione dell'energia solare in biomassa; essa può essere definita come il rapporto tra l'energia contenuta nella biomassa (pari al prodotto della massa di sostanza secca per il potere calorifico) e la radiazione fotosinteticamente attiva intercettata dalla superficie fogliare. Nel presente lavoro l'efficienza così definita è stata calcolata, sulla base dei dati sperimentali, per il girasole ed il sorgo con diverse modalità irrigue.

METODOLOGIA

Campi sperimentali

Il CRB negli ultimi anni ha realizzato diversi campi sperimentali situati in vari siti nella regione Umbria: Trestina (sorgo, kenaf, canapa), Pietrafitta (robinia) [1-2], Montelabate (topinambur, pioppo e robinia) e Casalina (pioppo, sorgo, girasole, topinambur, canna comune, miscanto, cardo). I campi sono stati dotati della strumentazione necessaria ad effettuare un monitoraggio climatico ed un controllo dei parametri fisiologici e delle caratteristiche chimico-fisiche delle colture, oltre alle caratteristiche del terreno su cui le colture insistono. I dati relativi al sorgo e al girasole, dei quali si riferisce nel presente lavoro, provengono dai campi di Casalina e Trestina.

Il campionamento dei dati meteorologici è stato effettuato mediante l'impiego di tre centraline [1-2] posizionate nelle stazioni di Casalina, Pietrafitta e Trestina.

Sempre in campo, oltre ai fattori meteorologici, sono state rilevate le principali caratteristiche del terreno e, per le piante, altezza, diametro e indice di area fogliare (LAI). Lo strumento impiegato nella misura del LAI è l'AccuPAR modello LP-80 (vedi fig. 2).



Figura 2: Strumento di misura del LAI AccuPAR LP-80

In laboratorio, inoltre, si sono misurati il peso dei campioni prelevati ad ogni rilievo in campo, l'umidità, le ceneri e le sostanze volatili, il PCI delle biomasse monitorate.

Risultati del monitoraggio

Nel presente lavoro sono riportati i risultati del monitoraggio dei campi sperimentali sopra ricordati, relativi alla stagione vegetativa marzo-ottobre 2006, per sorgo e girasole; per essi si sono determinati gli andamenti sperimentali dell'accrescimento, ottenuti correlando pesi, diametri e altezze (gli stessi dati, sulla base dei valori dell'umidità, sono stati riferiti alla sostanza secca).

In figura 3 è riportato l'andamento del peso delle piante di sorgo coltivate con diversi sistemi di irrigazione. Non appare sussistere molta differenza tra le piante di sorgo della varietà H133 e la varietà H952; ciò è confermato anche dai dati raccolti nel programma di sperimentazione effettuato nell'Alta Valle del Tevere (in collaborazione con il CNR IGV) e dai dati presentati Letteratura.

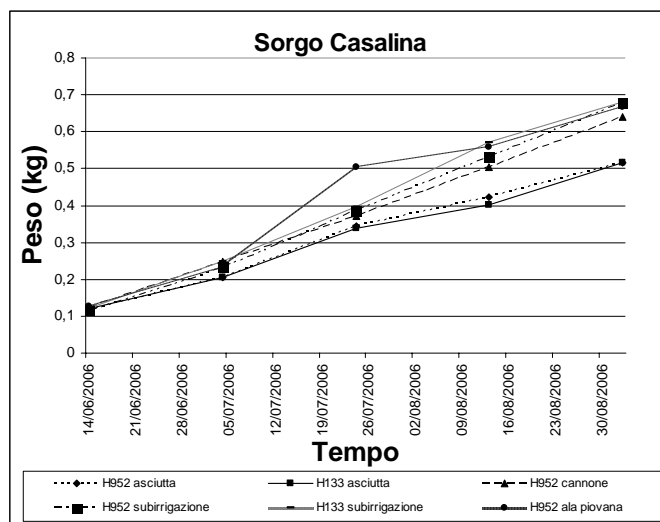


Figura 3: Andamento del peso fresco per la singola pianta di sorgo (campo sperimentale di Casalina)

Gli andamenti in figura 3 sono riferiti alla singola pianta; sono stati effettuati poi dei prelievi di biomassa su aree campione, da cui sono emerse le produttività per ettaro riportate in tabella 1: si passa da una produttività di oltre 60 t/ha di sostanza fresca nel caso di coltura non irrigata fino a circa 110 t/ha per il sorgo irrigato con subirrigazione; considerando un'umidità per il sorgo del 65%, ciò comporta che si passi da una produttività di 22 t/ha di sostanza secca nel caso di coltura non irrigata a circa 38 t/ha di sostanza secca per coltura subirrigata.

Tabella 1: Produttività del sorgo da biomassa

Coltura	Produttività (t/fresco ha)	Produttività (t secco/ha)
Sorgo asciutta	63.3	22.1
Sorgo cannone	83.1	29.0
Sorgo ala piovana	91.2	31.9
Sorgo subirrigazione	108.6	37.9

L'andamento dell'accrescimento del girasole è riportato in fig. 4. Le relative produttività (v. tab. 2) forniscono valori di

sostanza fresca, intesa come somma del fusto e infiorescenza, pari a 13,2 t/ha per la varietà oleico, mentre quello da biomassa ha una produttività pari a 16,5 t/ha. La biomassa secca varia invece da 4,6 a 5,6 t/ha.

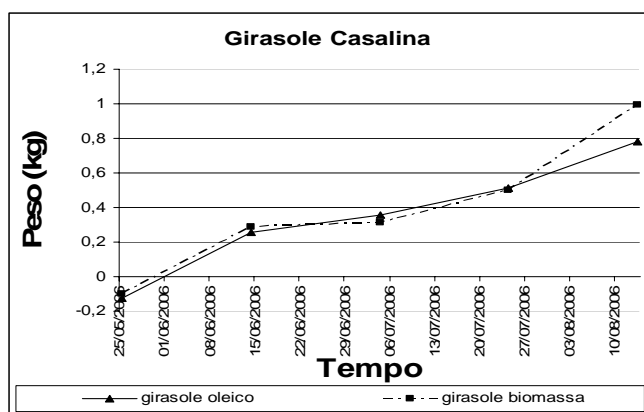


Figura 4: Andamento del peso fresco per la singola pianta di girasole (campo sperimentale di Casalina)

Tabella 2: Produttività del girasole oleico e del girasole da biomassa

Coltura	Produttività (t/fresco ha)	Produttività (t secco/ha)	Semi (t/ha)
girasole oleico	13.2	4.6	2.2
girasole biomassa	16.5	5.6	2.5

Descrizione dei modelli di simulazione

GRASS1

Il primo modello proposto si basa su uno sviluppo di tipo logistico della crescita della coltura ed è stato ottenuto impiegando come modello di partenza Grass1 [3]. L'equazione principale è la seguente, in cui si vede come l'accrescimento sia proporzionale alla massa attuale W ed alla differenza tra la massa finale (W_f) e quella attuale (W):

$$\frac{dW}{dt} = \mu W \left(1 - \frac{W}{W_f} \right) \quad (1)$$

L'incremento quotidiano di biomassa (dW/dt) dipende dal tasso di crescita relativo giornaliero (μ), espresso in giorni^{-1} ; questo a sua volta varia al variare della temperatura media (T_{med}) lungo una spezzata passante per i punti di coordinate (8°C , 0), (25°C , 0.08), (35°C , 0.05) e (45°C , 0) nel piano $T_{med} - \mu$ (vedi Fig.5).

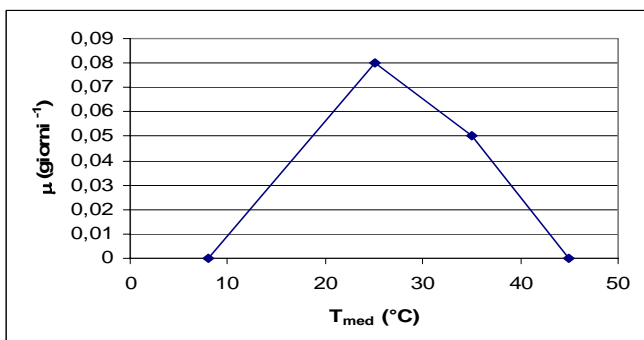


Figura 5: Tasso di crescita al variare della temperatura

Questi valori sono stati ottenuti in modo empirico, come conseguenza di una serie di misurazioni in merito all'influenza della temperatura sulla capacità di sviluppo della pianta [3]. I parametri in ingresso necessari alla simulazione sono la temperatura media giornaliera, ottenuta dalle centraline meteo di Casalina e Trestina, la quantità massima di biomassa fresca (W_f) prodotta e quella al primo campionamento (W_{ini}), l'intervallo di integrazione, pari ad un giorno, e la durata della simulazione.

GRASS2

Il secondo modello proposto è stato ottenuto impiegando come modello di partenza Grass2 [4]. L'equazione principale, dalla quale si ottiene, in termini di peso secco, la biomassa prodotta dalla coltura (W), in t/ha, è la seguente:

$$\frac{dW}{dt} = Ef * (Irad / convfact) \quad (2)$$

L'incremento quotidiano di biomassa secca della coltura (dW/dt) in t/ha die è funzione dell'efficienza di conversione (Ef) della radiazione fotosinteticamente attiva intercettata ($IRAD$), espressa in g s.s./MJ ; convfact rappresenta un fattore di conversione da g/m^2 a t/ha.

L'efficienza di conversione della radiazione solare fotosinteticamente attiva (misurata sperimentalmente facendo il rapporto tra la radiazione intercettata e la biomassa prodotta) dipende dalla temperatura media giornaliera (T_{med}), al cui valore ottimale corrisponde, per la data coltura, la massima efficienza di conversione ($E_{f,max}$). L'andamento di Ef , nel caso del sorgo da biomassa, è rappresentato da una spezzata, nel piano $T_{med} - Ef$ (vedi Fig. 6), passante per i punti, di temperatura e relativa efficienza (5°C , 0), (20°C , 2.00), (25°C , 2.00), (40°C , 0).

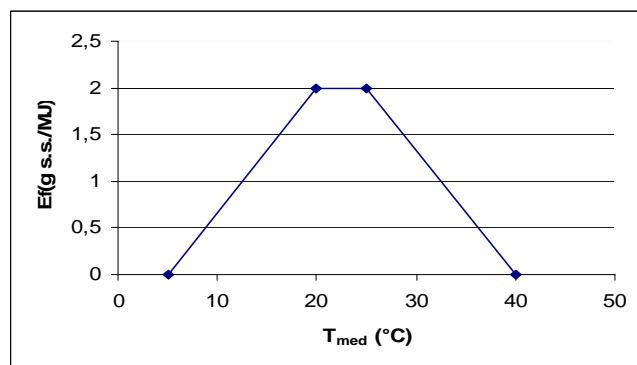


Figura 6: Efficienza di conversione dell'energia solare in biomassa in funzione della temperatura

L'andamento di Ef varia in funzione dei valori di $E_{f,max}$, che sono caratteristici di ogni pianta (vedi tab. 3).

La radiazione giornaliera intercettata è stata calcolata secondo la seguente equazione:

$$I(LAI) = PAR * (1 - e^{-KLAI}) \quad (3)$$

nella quale:

- PAR : è la radiazione solare media giornaliera fotosinteticamente attiva, espressa in MJ/m^2 die e calcolata a partire dai valori di radiazione globale rilevati tramite la centralina meteo;
- K è il coefficiente di estinzione della luce, adimensionale

che dipende dalla durata del periodo di luce; è posto pari a 0,7;

- LAI è l'indice di superficie fogliare, espresso in m² foglie/m² terreno; dai valori misurati ad intervalli regolari (pari a 20 giorni) nei campi sperimentali sono state dedotte per ogni coltura le relative curve di tendenza, in modo da avere a disposizione, per ogni giorno della stagione vegetativa, una stima del valore del LAI. In fig. 7 sono riportati i dati sperimentali del LAI delle colture erbacee del campo di Casalina; a titolo di esempio, in Fig. 8, è proposta la linea di tendenza relativa al girasole da biomassa.

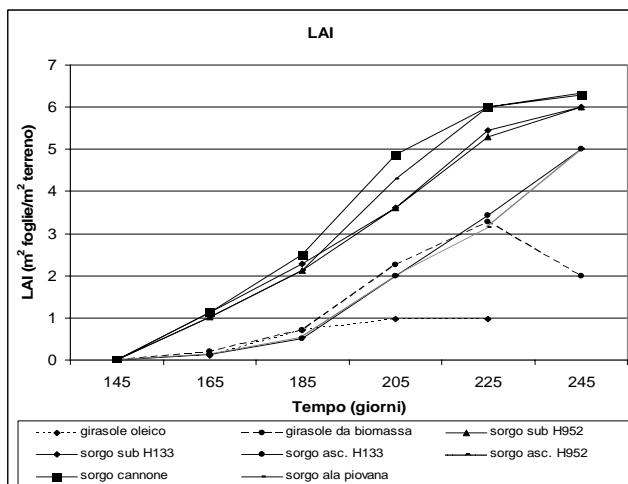


Figura 7: Andamento del LAI nelle colture erbacee di Casalina

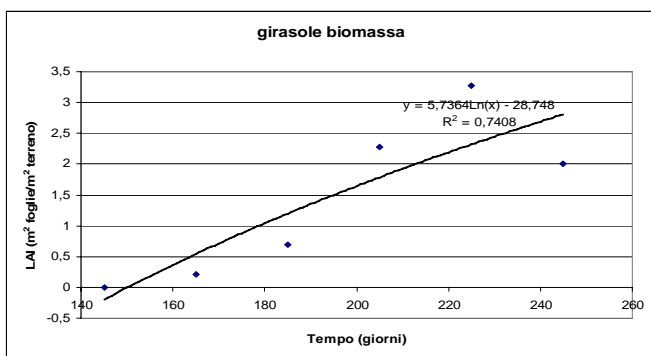


Figura 8: Linea di tendenza del LAI per il girasole da biomassa

I parametri in ingresso necessari alla simulazione sono la temperatura e la radiazione medie giornaliere, ottenute dalle centraline meteo di Casalina o Pietrafitta, la quantità di biomassa secca al primo campionamento (W_{ini}), ottenuta dal peso fresco e dall'umidità iniziali, la massima efficienza di conversione della radiazione solare fotosinteticamente attiva in biomassa secca (Ef_{max}), l'indice di superficie fogliare massimo rilevato (LAI_{max}), l'intervallo di integrazione, mantenuto giornaliero, e la durata della simulazione estesa dal primo giorno di campionamento all'ultimo.

Per il calcolo [4] di Ef sono stati impiegati il LAI, la radiazione solare (Ir) e la quantità di sostanza secca finale rilevati; si sono ottenuti i valori in tabella 3.

CROPSYST

Nel modello Cropsyst si introduce un approccio alla modellazione dell'accrescimento delle colture basato su due

distinti parametri: la radiazione intercettata e la traspirazione poiché, come appurato da studi di Letteratura, l'accrescimento risulta proporzionale ad esse. Le equazioni che descrivono il processo di accrescimento al variare della radiazione e della quantità di acqua traspirata sono rispettivamente la (1) e la (4):

$$W = \frac{Tr_{act} BTR}{VPD} \quad (4)$$

nella quale Tr_{act} rappresenta la traspirazione effettiva, BTR è il coefficiente di traspirazione della coltura e VPD è il deficit di pressione di vapore giornaliero. Il software impone il passaggio dalla 1 alla 4 con una condizione: se $VPD > VPD_{limit}$ allora la crescita è fatta dipendere direttamente dalla traspirazione.

Tabella 3: Efficienza di conversione della radiazione in biomassa per le diverse piante esaminate: dati sperimentali

Pianta	Efficienza di conversione (g s.s./MJ)
Girasole oleico	0.62
Girasole da biomassa	0.47
Sorgo asciutto	1.76
Sorgo cannone	1.80
Sorgo ala piovana	2.01
Sorgo subirrigazione	2.43
Media sorgo	2.00

RISULTATI

GRASS1

I risultati del modello GRASS1 applicato al sorgo sono riportati in Fig. 9 e in Tab. 4. I dati sperimentali sono ben approssimati dalle stime mediante il modello Grass1, con un errore dell'ordine del 2%.

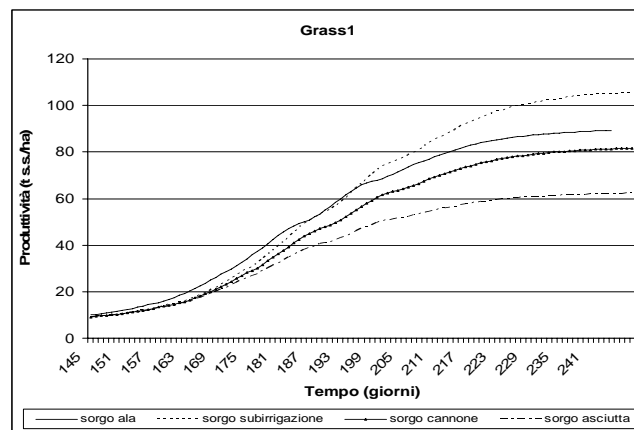


Figura 9: Risultati delle simulazioni con GRASS1 per il sorgo

Tabella 4: Produttività: risultati della simulazione con GRASS1 e dati sperimentali

Pianta	Grass1 (t/ha)	Dati sperim. (t/ha)	Errore (%)
Sorgo asciutto	62.2	63.3	1.7
Sorgo cannone	81.6	83.1	1.7
Sorgo ala piovana	89.3	91.2	2.1
Sorgo subirrigazione	105.6	108.6	2.7
Girasole oleico	13.0	13.2	1.5
Girasole biomassa	16.0	16.5	3.0

Considerazioni analoghe possono essere effettuate per il girasole, per il quale le simulazioni con GRASS1 producono un errore al massimo del 3% (Fig. 8 e Tab. 4).

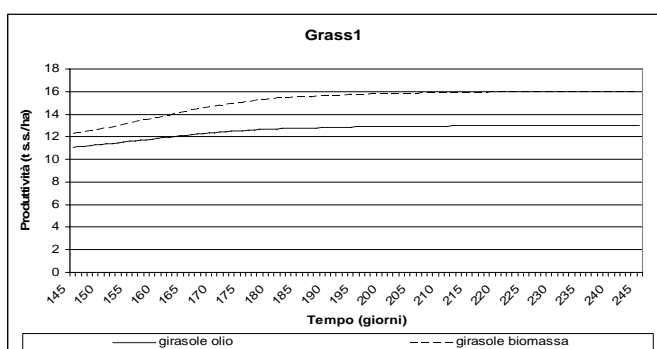


Figura 10: Risultati delle simulazioni con GRASS1 per il girasole

Tuttavia sebbene gli errori siano molto bassi, il modello è molto efficace nel descrivere l'accrescimento a posteriori, ma non ha possibilità di formulare previsioni.

GRASS2

I dati ottenuti dal Grass 2 per il sorgo presentano un errore medio pari a circa l'8% (Fig. 11 e Tab. 5). L'errore maggiore si ha per il sorgo in asciutta, che è quello che ha sofferto di più per lo stress idrico. Ciò sta a significare che il modello dà risultati più soddisfacenti in condizioni di crescita ottimale, dove cioè si verifica la massima efficienza di conversione della radiazione in biomassa.

I dati ottenuti per il girasole (Fig. 12 e Tab. 5) si rivelano della stessa precisione di quelli del Grass1 (errore medio pari al 2,7 %).

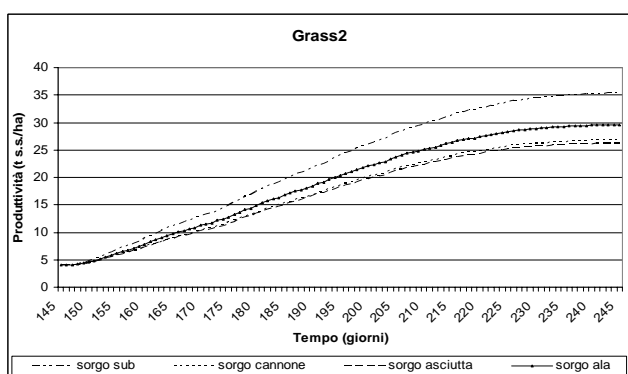


Figura 11: Risultati delle simulazioni con GRASS2 per il sorgo

Tabella 5: Produttività: risultati della simulazione con GRASS2 e dati sperimentali

Pianta	Grass2 (t/ha)	Dati sperim. (t/ha)	Errore (%)
Sorgo asciutto	27.0	22.0	22,7
Sorgo cannone	27.5	29.0	5,2
Sorgo ala piovana	30.4	32.0	5,0
Sorgo subirrigazione	37.0	37.0	0,0
Girasole oleico	4.7	4.6	1,7
Girasole biomassa	5.8	5.6	3,6

CROPSYST

Impiegando il software Cropsyst l'errore nella modellazione è più elevato rispetto ai modelli precedenti (v. Fig. 13 e Tab. 6); infatti i parametri da inserire circa la fisiologia delle piante sono molto numerosi e, se non si hanno dati a disposizione, si possono scegliere dati di default. L'impossibilità di controllare tutti i dati inseriti e come questi influenzino la produttività è la causa principale dell'errore.

Dai dati di efficienza di conversione riportati in tabella 3, espressi in g s.s./MJ di energia radiante intercettata, si è calcolata l'efficienza di conversione della radiazione intercettata in biomassa, moltiplicandola per il relativo potere calorifico (vedi tab. 9). Dai dati si deduce che le efficienze di conversione sono dell'ordine dello 0.5% per il girasole e del 3-4% per il sorgo e che poco dipendono dalle modalità di coltivazione (in particolare relativamente all'irrigazione).

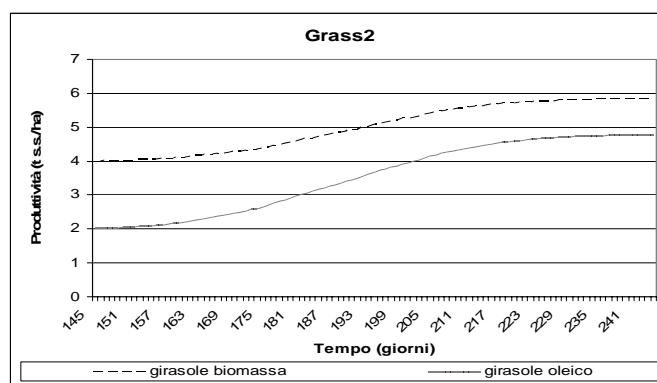


Figura 12: Risultati delle simulazioni con GRASS2 per il girasole

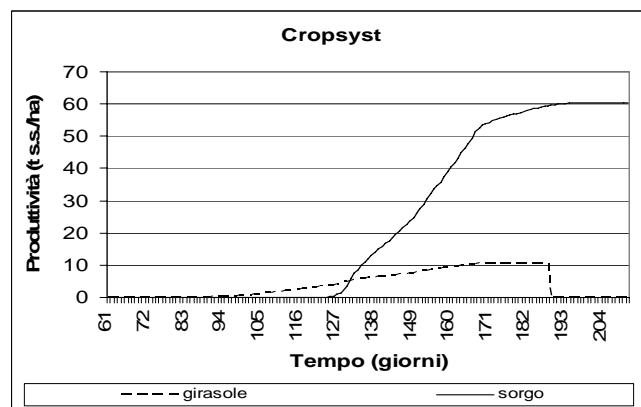


Figura 13: Risultati delle simulazioni con Cropsyst per sorgo e girasole

Tabella 6: Produttività: risultati della simulazione con CROPSYST e dati sperimentali

Pianta	Cropsyst (t/ha)	Dati sperim. (t/ha)	Errore (%)
Girasole oleico	10.8	13.2	18.2
Sorgo asciutta	60.4	63.3	4.6

Tabella 9: Efficienza di conversione della radiazione in energia chimica

Pianta	Ef (g s.s./MJ)	Ef radiazione in energia chimica (%)
Girasole oleico	0,18	0,5
Girasole biomassa	0,15	0,4
Sorgo asciutto	1,76	2,8
Sorgo cannone	1,8	2,9
Sorgo ala piovana	2,01	3,2
Sorgo subirrigazione	2,43	3,9

CONCLUSIONI

L'obiettivo del presente lavoro consiste nel valutare l'affidabilità di modelli nella simulazione della produttività di colture energetiche dedicate. Il confronto tra i risultati delle simulazioni e i dati sperimentali rilevati in campo e in laboratorio ha portato a differenti considerazioni, in funzione del modello preso in esame.

Dalle simulazioni effettuate risulta che l'applicazione dei modelli sopra riportati ha condotto alla loro caratterizzazione:

- GRASS1 è un modello con codice numerico accessibile, ridotti parametri in ingresso, è di facile impiego, ma non è un modello previsionale;
- GRASS2 è anch'esso un modello con codice numerico accessibile, i parametri in ingresso sono poco numerosi, è di facile impiego ed è un modello previsionale, che però non tiene conto di fenomeni di stress;
- Cropsyst è un modello con codice numerico non accessibile, parametri in ingresso numerosi, è di impiego non immediato, è un modello previsionale che tiene conto dei fattori di stress e della gestione colturale.

I risultati hanno mostrato che:

- GRASS1, avendo pochi dati in input, approssima bene l'accrescimento di colture poco sensibili alle condizioni ambientali esterne; tuttavia non è un modello previsionale in quanto necessita, in input, di dati relativi alla biomassa finale prodotta;
- GRASS2 approssima meglio l'accrescimento di colture più sensibili alle condizioni ambientali esterne, sovrastimando quello delle colture meno sensibili; ha il vantaggio, rispetto a Grass 1, di essere un modello previsionale;
- CropSyst è un pacchetto chiuso, che non permette modifiche e che, pur approssimando bene l'accrescimento di alcune colture, richiede un'elevata quantità di dati in input, non sempre disponibili nel monitoraggio dei campi di biomassa.

Si sono infine calcolate le efficienze di conversione della radiazione intercettata in energia chimica contenuta nella biomassa, pari a circa l'0,5 % per il girasole e a circa il 3% per il sorgo (supponendo un potere calorifico di 28.000 kJ/kg per il girasole e 16.000 kJ/kg per il sorgo). I valori del sorgo sono maggiori perché la sua produzione supera di molto in massa quella del girasole, anche se il potere calorifico è inferiore.

I valori trovati sono interessanti da considerare insieme al rendimento del sistema di conversione (energia termica-lavoro), per avere informazioni su quello che è il rendimento dell'intera filiera bioenergetica.

NOMENCLATURA

M	Tasso di crescita	-
BTR	Coefficiente di traspirazione della biomassa	(kg/m ² · kPa)/m
convfact	fattore di conversione	-
Ef	efficienza di conversione	g s.s./MJ
Ir	radiazione globale	W/m ²
Ir _{ad}	radiazione intercettata	W/m ²
K	coefficiente di estinzione della luce solare	m ² terreno/ m ² foglia
LAI	indice di area fogliare	m ² foglia/ m ² terreno
T	tempo	giorni
Tract	traspirazione effettiva	m
VPD	deficit di pressione di vapore giornaliero	kPa
W	peso	kg

PEDICI

F	finale
Ini	iniziale
max	massimo

BIBLIOGRAFIA

- [1] F. Cotana, G. Bidini, F. Fantozzi, C. Buratti, P. Bartocci, L'influenza degli agenti meteorologici e delle caratteristiche del suolo sulla produttività e sulla qualità del combustibile ricavato da una piantagione di robinia nella regione Umbria. 61 Congresso Nazionale ATI, Perugia, 12-15 settembre 2006.
- [2] G. Bidini, P. Bartocci, C. Buratti, F. Fantozzi; The influence of environmental variables and soil characteristics on productivity and fuel quality of black locust plantation in umbria region (Italy); 14th European Biomass Conference, 17-21 October 2005, Paris, France.
- [3] SEMoLa - Simple Easy MOdelling LAnguage - version 4 COPYRIGHT: Francesco Danuso (1999-2005)
- [4] Thornley JHM, Johnson IR. Plant and crop modelling: a mathematical approach to plant and crop physiology. Oxford University Press, 1990.

SUMMARY

The design of an energy conversion biomass fed plant has to be based on a careful estimation of raw material availability and position respect to the already mentioned plant; this could be useful for energetic, environmental and economical evaluations. In this context very useful are crop models that, using experimental data, can forecast dry matter productivities per hectare. The objective of the study is to compare different crop models referred to sunflower and sorghum (irrigated and non irrigated). To this aim three models present in Literature were considered: Grass1, Grass2 and Cropsyst and compared with experimental data measured in fields established by the Biomass Research Centre (CRB). Grass1 is based on logistic growth, Grass2 and Cropsyst are based on empirical relationships that relate produced biomass to the conversion efficiency of solar radiation into dry matter. This last parameter can be used to define the efficiency of biomass production phase that has to be considered together with thermodynamic cycles efficiency, typically considered during biomass into energy conversion phase.