

II. Colture erbacee annuali



A

Colza, girasole, Brassica carinata

1

Botanica, biologia, genetica

II. Colture erbacee annuali

a - Classificazione e risorse genetiche del colza

Andrea Del Gatto*

Origine e classificazione

Il colza (*Brassica napus* L. var *oleifera* Metzg) è una dicotiledone appartenente alla famiglia delle Brassicacee che deriva il suo nome dal fiammingo *koolzaad*, ossia seme di rapa. Il suo areale di origine è ancora controverso: alcuni lo individuano nella Regione euro-asiatica (testimonianze della sua coltivazione sono state reperite in India, riportate in scritti sanscriti risalenti al 2.000-1.500 a.C); altri lo collocano nel Bacino del Mediterraneo come coltura finalizzata alla produzione di olio per illuminazione e per uso alimentare, da dove per il perdente confronto con il più radicato olivo ha indirizzato la sua espansione verso altri paesi.

Le zone di principale produzione sono dislocate principalmente in Asia (India, Cina, Pakistan), dove si concentra circa il 50% della produzione mondiale di olio, mentre in Europa ha avuto una forte espansione nel corso degli anni '80 concentrandosi prevalentemente nella fascia continentale (Germania e Francia detengono più del 70% della produzione Comunitaria, seguite da Polonia e Gran Bretagna).

Negli ultimi anni la coltivazione del colza sembra aver ridestato nuovo interesse negli operatori del mondo agricolo che ha fatto riscontrare, nel nostro paese, un'inversione di tendenza con un rilevante incremento percentuale della superficie investita, anche se modesto in termini assoluti.

Così se nel corso dei primi anni del duemila il riallineamento degli aiuti ai semi oleaginosi e la nuova politica del disaccoppiamento ha drasticamente ridimensionato, riducendo significativamente gli effetti meramente speculativi ad esso associati, gli investimenti a colza, portandoli fino al limite minimo di circa 3.000 ha, nell'ulti-

* CRA - Centro di Ricerca per le Colture Industriali, Osimo.

mo triennio si è assistito ad una apprezzabile ripresa con un sensibile aumento della superficie nazionale dedicata alla coltura.

Numerosi sono i tipi disponibili: in base all'habitus si distinguono varietà alternative (più indicate per le zone meridionali) e non (più adatte agli areali centro settentrionali); dal punto di vista genetico si distinguono linee pure (L), associazioni varietali (AV), di solito costituite da un miscuglio di seme contenente per l'80% una linea maschio sterile e per la restante porzione un'impollinante, o veri e propri ibridi (H); a seconda della composizione acidica dell'olio si distinguono varietà "O" (con assenza di acido erucico) e "OO" (con, inoltre, basso contenuto di glucosinolati) o ad alto contenuto di acido erucico (>60%).

Morfologia e biologia della pianta

Il colza presenta un apparato radicale fittonante moderatamente ramificato generalmente non molto profondo (0,35-0,40 m). Il fusto, eretto, ramificato, costituito da 20, 22 internodi, può superare 1,5 m di altezza. Le foglie di colore verde glauco (ricoperte di pruina), semplici e con disposizione alterna; sulla stessa pianta sono presenti due tipi di foglie: quelle basali (picciolate, lobate, lirato-pennatosette con lobo terminale molto grande) e quelle superiori (sessili, intere, oblunghe, parzialmente amplessicauli).

L'infiorescenza è terminale a grappolo con più di 300 fiori: questi presentano 4 sepali liberi, 4 petali liberi di colore giallo, 4+2 stami, ovario supero bicarpellare contenente fino a 20 ovuli (Fig. 1).



Figura 1 - Particolare di infiorescenza di colza in fioritura.

La fioritura è scalare, può durare fino a 35-40 giorni; procede in senso acropeto (i fiori aperti non superano quelli sovrastanti ancora in boccio); la fecondazione è prevalentemente autogama (30%, circa, di fecondazione incrociata favorita dagli insetti e dal vento).

Il frutto è una siliqua di forma allungata, con falso setto, terminante con un piccolo rostro; porta da 12 a 15 semi. Questi, piccoli sferici, con diametro di 2 mm circa e peso di 3,5-5,5 mg, con tegumento di colore variabile da rosso-bruno fino a nero, presentano solitamente il seguente contenuto:

- 30-50 % di olio con varia composizione acidica,
- 21-24 % di proteine,
- 4-5 % di zuccheri,
- 7-11 % di fibra,
- ~0-1 % di tioglucosinolati

Quando il contenuto di acqua dei semi è sceso intorno al 35% il colza ha raggiunto la maturazione fisiologica: da questo momento in poi non si avranno ulteriori aumenti di produzione, ma solo perdita di acqua; pertanto, potrebbe essere iniziata la raccolta. Tuttavia, l'intervento deve essere ritardato perché, anche potendo trebbiare il seme senza difficoltà, si otterrebbe un prodotto troppo umido che causerebbe seri inconvenienti, quali: conservazione impossibile senza essiccazione artificiale (maggiori costi), difficoltà nella estrazione e raffinazione dell'olio, qualità scadente dell'olio per eccessivo contenuto di clorofilla. Per una raccolta "in sicurezza" si deve aspettare che l'umidità dei semi scenda sotto il 14%; a questo stadio lo stelo è ancora verde (chiaro) nella metà inferiore, le silique e le ramificazioni sono completamente secche, mentre i semi hanno acquisito il tipico colore nero.

Esigenze ambientali

Il colza è una pianta microterma; avendo uno "zero di vegetazione" di circa 0°C è adatta ad essere coltivata in ciclo autunno-primaverile. Quando la coltura ha emesso 6-8 foglie (escluse quelle cotiledonari) e la radice ha un diametro al colletto di 7-8 mm può sopportare abbassamenti di temperatura fino a 10-12 °C sotto lo zero (senza copertura nevosa); teme le alte temperature (specialmente quando accompagnate da siccità) durante la fioritura, poiché causano una riduzione della percentuale di allegagione e/o una caduta delle silique appena formate. È molto adattabile ai diversi terreni, ma non tollera i ristagni idrici. Non sono adatti i suoli sabbiosi (scarsa capacità di ritenzione per l'acqua) e quelli torbosi. Mostra una buona tolleranza per il pH e la salinità.

Risorse genetiche

Il potenziale sviluppo della coltura da olio per fini industriali sembra poter essere favorito dalla elevata resa in olio (cresciuta considerevolmente negli ultimi anni) con composizione in acidi grassi di interesse industriale. È noto come il lavoro di selezione si sia orientato prevalentemente alla costituzione di varietà con contenuto nell'olio di sostanze ritenute nocive alla salute (acido erucico, glucosinolati...) sempre più ridotto per uso alimentare. Più di recente l'interesse dell'industria chimica si è rivolto all'impiego di acidi grassi a 22 atomi di carbonio (acido erucico e behenico) di particolare interesse per il maggior grado di purezza rispetto a quelli a catena più corta e per le caratteristiche fisiche di pregio, che li rendono più adatti alla trasformazione tecnologica.

Per conseguenza un considerevole lavoro di miglioramento genetico sul colza ha permesso di selezionare un elevato numero di tipi migliorati per l'assenza di acido erucico e basso contenuto in glucosinolati, differenti per precocità, produttività e caratteristiche tecnologiche del seme.

Recentemente sono state rese disponibili costituzione ibride più vigorose e performanti, in grado di realizzare produzioni superiori alle vecchie varietà. Attualmente l'interesse per l'olio di colza, oltre che per la destinazione come combustibile nella filiera biodiesel, è volto verso varietà a sempre più elevato contenuto di acido erucico, con, possibilmente, un basso contenuto in glucosinolati, in considerazione di un impiego di questo acido grasso come punto di partenza per molteplici sintesi organiche sussidiarie alla petrolchimica. Inoltre sono in fase di studio individui transgenici resistenti ad erbicidi ed insetti predatori, al fine di una riduzione di interventi chimici.

b - Classificazione e risorse genetiche del girasole

Andrea Del Gatto*

Origine e classificazione

Il girasole (*Helianthus annuus* L.) è una dicotiledone appartenente alla famiglia delle Compositae, subfamiglia delle Tubuliflorae, tribù delle Heliantheae. Si ritiene che la specie abbia avuto origine in Centro America e si sia diffusa in epoche remote nei territori attualmente facenti parte dell'Arizona e del Nuovo Messico, estendendosi poi verso le aree settentrionali degli attuali Stati Uniti. Nel 1510 una spedizione spagnola riportò alcuni acheni dal Nuovo Messico che vennero seminati in un orto botanico di Madrid; dalla Spagna il girasole si sarebbe poi diffuso rapidamente in Europa come pianta ornamentale. Sul finire del '700, in Russia, venne riconosciuta la sua importanza per la produzione di olio alimentare, ma solo nel 1830 iniziò l'estrazione di olio su scala industriale. Da allora il girasole si è diffuso velocemente facendo della Russia il principale produttore mondiale, cui fanno seguito l'Argentina, l'Ucraina e la Cina.

In questo secolo la produzione di semi di girasole è quasi decuplicata; in Europa il grosso della produzione si concentra in Francia (un milione e mezzo di tonnellate) e Ungheria (850mila tonnellate). Seguono la Spagna e, a distanza, l'Italia, dove la coltura, estesa nel 1970 solamente su 4.000 ettari, ha trovato un ottimo areale di diffusione con produzioni sufficientemente costanti da un anno all'altro, raggiungendo, nel 1990, i 148.000 ettari. Al contrario di colza e soia che, seppur possibili, sono legate ad ambienti più umidi o con buona disponibilità di acqua durante la granigione, il girasole riesce a fornire produzioni agronomicamente accettabili, nei terreni profondi del Centro Italia, qualora riportati a capacità di campo durante l'inverno, anche senza precipitazioni durante il ciclo colturale, cosa che lo rende difficilmente sostituibile special-

* CRA - Centro di Ricerca per le Colture Industriali, Osimo.

mente negli ordinamenti colturali della collina asciutta. Nonostante la sfavorevole situazione congiunturale degli ultimi anni e le mutevoli condizioni innescate dalla politica agricola comunitaria, che hanno decisamente influenzato le scelte degli agricoltori, ridisegnando la distribuzione della coltura sul territorio nazionale, la superficie investita a girasole si è attestata, nelle ultime due campagne, sopra i 120.000 ettari, con un concentrazione in tre regioni, Umbria, Marche e Toscana.

L'induzione di mutazioni che controllano l'espressione di elevate concentrazione di acido oleico nella frazione lipidica e la selezione di varietà dotate di tale caratteristica ha portato alla selezione di due tipi distinti in base alla composizione dell'olio in acidi grassi:

- tipi ad alto contenuto di acido linoleico (convenzionali) (43-61%)
- tipi ad alto contenuto di acido oleico (> 80%); con questi si sono ampliate le possibilità di impiego comprese quelle dell'alimentare, mantenendo intatte tutte le peculiarità del girasole comune; la selezione di varietà con diversificazione della composizione acidica dell'olio consente, perciò, al girasole un'ampia versatilità nelle possibili utilizzazioni, sia in campo alimentare umano (food), che animale (feed), che industriale (non food), nei paesi avanzati.

Morfologia e biologia della pianta

Il girasole presenta un apparato radicale fittonante, con numerose radici laterali fibrose e robuste, capace di espandersi fino a 2 m di profondità (la maggior parte è sviluppato nei primi 45 cm).

Il fusto, solitamente non ramificato, costituito da 10-15 nodi, ha portamento eretto e presenta un'altezza variabile, in relazione al genotipo e alle condizioni colturali, normalmente compresa fra 1,5-2,5 m,

Le foglie di colore verde glauco, in numero variabile, sono semplici, munite di un lungo picciolo, cordate od ovate, acute, dentate. La emissione di nuove foglie si arresta quando alla base del verticillo fogliare terminale compare il bottone florale (1-2 cm di diametro), in guisa di una struttura a forma di stella. Procedendo l'accrescimento, il bottone florale aumenta di dimensioni e si allontana progressivamente dal piano delle ultime foglie mantenendo una posizione orizzontale. L'infiorescenza terminale, unica, è un capolino ("calatide") costituito da un ricettacolo disciforme circondato da una doppia o plurima serie di brattee; porta da 1500 a 3000 fiori, di cui quelli periferici, sterili (60-80), sono muniti di una grande ligula gialla (Fig. 1).

Negli altri fiori l'emissione degli stili carichi di polline e la recettività degli stigmi si realizzano scalaramente, procedendo dai fiori più esterni verso quelli posti al centro del disco. Per questi, pertanto, essendo gli ultimi ad essere fecondati, è possibile che le successive fasi di allegagione e di formazione degli acheni avvengano in condizioni di accentuato stress idrico, termico e di competizione con i frutti già in

via di sviluppo. Di conseguenza molti fiori posti al centro del capolino potrebbero non allegare, dando luogo ad una zona centrale priva di acheni utili. Tale area improduttiva (impropriamente detta “sterile”) può essere più o meno ampia in dipendenza della intensità delle condizioni ambientali avverse e della varietà.



Figura 1 – Calatide di girasole in fioritura.

La fecondazione è allogama (fecondazione incrociata entomofila, anemofila) e porta alla formazione di un frutto (achenio) di forma allungata, romboidale, contenente il seme, di colore variabile (grigio scuro, bruno-nerastro, con striature bianche o bianco-argenteo).

Allo stadio di maturazione fisiologica il dorso del capolino è di colore giallo-bruno, gran parte delle foglie sono secche, il tasso di umidità degli acheni è superiore al 35%. Successivamente la perdita di acqua dei tessuti del capolino e degli acheni è molto rapida, e può procedere al ritmo di 2 punti percentuali al giorno.

Il seme costituisce il 70-75% del peso dell'achenio. Esso contiene il 50-65 % di olio con varia composizione acidica (40-50% nell'intero achenio) e il 24-35 % di proteine.

Esigenze ambientali

Pianta originaria dei climi temperati ha esigenze termiche modeste, intermedie tra barbabietola da zucchero e mais. Può germinare a temperature molto basse, ma per

evitare di incorrere in nascite scalari e lente si può asserire che nasca accettabilmente bene quando il terreno, alla profondità di semina, abbia raggiunto i 10°C.

Molto adattabile a diversi terreni (sani sotto l'aspetto idraulico) rifugge da quelli acidi ($6 < \text{pH} < 8$); l'unica vera esigenza è che il terreno sia profondo e con buona ritenzione idrica.

Il girasole non è particolarmente aridoresistente né possiede consumi idrici unitari più bassi di altre specie; è però in grado di produrre discretamente quando altre vengono danneggiate dalla deficienza idrica.

Il suo massimo fabbisogno è compreso tra i 20 giorni precedenti la fioritura ai 25 giorni dopo; anticiparne la semina significa traslare le fasi maggiormente sensibili allo stress idrico (formazione e riempimento degli acheni) prima che la stagione divenga particolarmente secca.

Risorse genetiche

Le favorevoli condizioni allo sviluppo del girasole hanno incrementato notevolmente, negli ultimi anni, il numero delle cultivar iscritte nel Registro nazionale ed immesse nella rete di commercializzazione, tant'è che al 2010 risultavano censite 583 varietà, mentre altre 157 venivano proposte per l'iscrizione [MIPAAF, S.I.A.N., 2010]. La notevole gamma di varietà che vivacizza il ritmo del ricambio varietale, però, risulta prevalentemente di provenienza estera, selezionata quindi per ambienti a profilo climatico diverso dai comprensori nei quali è diffusa la coltura in Italia. Poter disporre di genotipi selezionati nell'ambiente di coltivazione, meglio tamponati nei confronti delle mutevoli condizioni pedoclimatiche dovrebbe consentire una certa costanza nelle produzioni attraverso una migliore estrinsecazione delle potenzialità produttive.

Riuscendo a collocare in maniera più idonea il ciclo colturale nell'anno, anticipando la fase di granigione in condizioni evapotraspirative meno critiche, si potrebbe ottenere un migliore utilizzo dei fattori produttivi, sfruttando meglio le condizioni ambientali del centro Italia. Ben diverso, invece, è selezionare per la precocità che significa comprimere il ciclo colturale della pianta e, di conseguenza, accorciare la fase di riempimento degli acheni, con inevitabili ripercussioni negative sulla produzione. Meglio ricorrere a genotipi in grado di emergere e svilupparsi in condizioni termiche più basse degli standard termici abituali, anticipando perciò le fasi più critiche in periodi della stagione dove l'acqua non è un fattore limitante. È stato osservato in proposito che piante di girasole in grado di anticipare l'emergenza in condizioni non consuete presentano un migliore potenziale produttivo.

Un altro obiettivo del miglioramento genetico consiste sicuramente nell'introduzione di resistenza alla peronospora (*Plasmopara helianthi* Novot.), notoriamente considerata una tra le più diffuse e pericolose malattie per il girasole, la cui diffusione nell'ultimo decennio è stata favorita forse dalla pratica piuttosto diffusa di ridurre

la dose di principio attivo conciante, in alcuni casi ben oltre il 50%, della dose stabilita dalla normativa.

Le infezioni primarie precoci della malattia si manifestano, inizialmente, con un arresto nello sviluppo della giovane pianta e la sua conseguente morte. Qualora l'infezione sia tardiva, le piante subiscono una "nanizzazione" rispetto a quelle sane, con internodi raccorciati e calatidi erette. Anche in questo caso la perdita produttiva è pressoché totale in quanto le calatidi sono generalmente sterili oppure producono pochi semi che risultano infetti, in quanto il micelio si localizza nei tessuti degli acheni. Le infezioni secondarie colpiscono esclusivamente le piante adulte e non causano danni alla pianta che presenta uno sviluppo del tutto normale, ma sono importanti in quanto rappresentano una pericolosa fonte di inoculo della malattia. La resistenza genetica alla peronospora è conosciuta da tempo, ma, nonostante ciò, la maggior parte delle cultivar disponibili è sprovvista dei geni specifici di resistenza. In Francia la presenza della resistenza nel genotipo è condizione indispensabile per l'iscrizione al registro varietale, cosa che non avviene in Italia. Il controllo genetico è di tipo dominante, perciò è sufficiente che l'ibrido riceva il gene da uno dei genitori per presentare lo stesso livello di resistenza.

Nell'agricoltura convenzionale la rinuncia all'effettuazione della sarchiatura per la riduzione dei costi colturali e l'uso di pochi principi attivi per il controllo delle malerbe ha portato a costituire una flora infestante di sostituzione difficilmente controllabile con i prodotti disponibili, problema di non trascurabile importanza che sta emergendo a causa dei ristretti avvicendamenti colturali e della continua importazione di seme di girasole, anche dalle zone di origine della specie e il diffondersi di girasoli selvatici che, appartenendo alla stessa specie, sono totalmente compatibili con i tipi coltivati, ma da cui differiscono per seme più piccolo, fusto, foglie e infiorescenza più intensamente colorati, piante più esili e facilmente allettabili, ramificazioni abbondanti. Tali tipi non possono essere controllati dai comuni erbicidi utilizzati per il girasole, essendo rappresentanti della stessa specie, e, pertanto, competendo come una vera e propria infestante nei confronti della coltura, raggiungendo spesso livelli d'infestazione prossimi al 100%, sono in grado di ridurre significativamente la produzione. La selezione di genotipi resistenti a tutte le molecole degli imidazolinoni a partire dalla resistenza intrinseca della specie ad una molecola della famiglia di questi principi attivi, l'imazametabenz, ha offerto un'altra opportunità nel controllo delle infestazioni su girasole.

c - Classificazione e risorse genetiche della *Brassica carinata*

Andrea Del Gatto*

Origine e classificazione

La *Brassica carinata* (*Brassica carinata* A. Braun) è una dicotiledone appartenente alla famiglia delle Brassicacee derivata dall'ibridazione interspecifica di *Brassica nigra* e *Brassica oleracea*.

Ritenuta originaria dell'Africa orientale (altipiani dell'Etiopia, dove sono stati reperiti oltre 900 popolazioni selvatiche e dove negli ultimi 40 anni si è diffusa tra i 2000 e 2700 m s. l. m.), recentemente ha suscitato notevole interesse anche in altri paesi con caratteristiche climatiche non particolarmente favorevoli alla coltivazione del colza (Spagna e California). Le ragioni sembrerebbero risalire ad una maggiore vigoria e potenzialità produttiva in determinati ambienti e alla maggiore resistenza a stress biotici e abiotici. Inoltre la particolare composizione del suo olio, ricco di acido erucico, linolenico e glucosinolati, lo renderebbe particolarmente indicato per usi industriali. Recentemente, inoltre, la presenza di questi composti nelle farine di estrazione ne suggerirebbero un efficace utilizzo come prodotto ammendante e anti-parassitario del terreno.

Morfologia e biologia della pianta

Pianta erbacea a ciclo annuale dal portamento eretto presenta un apparato radicale fittonante, sviluppato nei primi 0,40-0,50 m di profondità, con scarsa capacità di penetrazione. Sul fusto robusto e parzialmente lignificato alla base, alto fino a 2,8 m, si inseriscono, a partire dalla porzione mediana e distale, numerose ramificazioni. Le

* CRA - Centro di Ricerca per le Colture Industriali, Osimo.

foglie, di colore verde glauco (ricoperte di pruina), durante la fase di rosetta (in inverno) si presentano picciolate e lirato-pennatosette, mentre durante la levata risultano intere, lanceolate e semiamplessicauli. L'infiorescenza è un racemo terminale che porta fino a 200 fiori (Fig. 1). La fioritura è scalare, procede in senso acropeto e può durare fino a 35-40 giorni; la fecondazione è autogama (30% di fecondazione incrociata anemofila o entomofila). Il frutto, una siliqua di forma cilindrica, non o parzialmente settata apicalmente, porta da 10 a 20 semi globosi uni seriatati. Il seme, piccolo, sferico, con diametro di 2 mm circa e peso di 2-5 mg, presenta il tegumento di colore variabile da rosso-bruno fino a nero.



Figura 1 – Particolare di *Brassica carinata* in fioritura.

Esso può contenere:

- 30-50 % di olio con varia composizione acidica - a. erucico (dal 35 al 48%), a. linoleico 18-25%), a. oleico (11-17%) ed a. linolenico (10-16%).
- 20-30 % di proteine,
- 3-5 % di zuccheri,
- 7-11 % di fibra
- 0-1% di tioglucosinolati.

Esigenze ambientali

Pianta dotata di maggiore rusticità rispetto al colza, presenta uno “zero di vegetazione” di circa 0 °C ed è adatta ad essere coltivata in ciclo autunno-primaverile; tendenzialmente più sensibile al freddo del tradizionale colza da olio, le scarse esigenze di vernalizzazione evidenziate ne renderebbero possibile la coltivazione negli ambienti settentrionali anche in epoca di semina primaverile.

La coltura sembra in grado di adattarsi sia a terreni tendenzialmente sciolti come a quelli argillosi, purché sufficientemente drenati e strutturati; infatti, come la *B. napus*, essa rifugge dall'eccesso di umidità.

Non presenta particolari esigenze idriche, ma una prolungata assenza di precipitazioni può risultare comunque dannosa per la coltura sia in fase di germinazione che durante il periodo di ingrossamento delle silique. In quest'ultimo caso essa è risultata in grado di valorizzare le scarse precipitazioni primaverili dimostrandosi particolarmente resistente a condizioni di stress idrico. In questo la *B. carinata* è facilitata, rispetto alla maggior parte delle varietà migliorate di *B. napus*, dalla più lunga durata del periodo fioritura-maturazione

Risorse genetiche

Il recente interesse per la coltura non ha ancora permesso il necessario implemento nel lavoro di miglioramento genetico in grado di donare alla specie il giusto corredo caratteriale in grado di farla apprezzare concorrenzialmente rispetto al simile colza. In particolare ci si riferisce alle minori performance produttive che è in grado di esplicitare rispetto alle nuove costituzioni di colza, non tanto relativamente alla resa in granella, quanto a quelle in olio, più che altro dovute al tenore di sostanza grassa nei semi, inferiore, mediamente, di oltre 10 punti percentuali rispetto al colza. L'ampio scarto nel tenore lipidico suggerisce il consolidamento di programmi di selezione per la costituzione di varietà a più alto contenuto di olio per colmare un gap dovuto, essenzialmente al relativamente recente interesse per questa pianta ed al conseguente scarso progresso nel miglioramento genetico ottenuto, per sfruttare al meglio gli innegabili vantaggi che la *B. carinata* presenta rispetto alla *B. napus*.

2

Tecnica colturale

a - Un biennio di prove di valutazione di cultivar di girasole in Italia Centrale e Sud-orientale

Two years of sunflower agronomic evaluation in Central and South-eastern Italy

Andrea Del Gatto*, **Sandro Pieri***, **Giovan Mario Ridoni****,
Angelo Sarti**, **Eugenio Cozzolino[◇]**, **Luciano Concezzi[◇]**,
Giuseppe De Mastro[^]

Riassunto

Al fine di accertare adattamento, produttività e qualità delle varietà di girasole proposte in commercio la Rete nazionale di valutazione varietale finanziata dall' AIS, grazie anche alla collaborazione instaurata nell'ambito del progetto SuSCACE, ha effettuato prove di valutazione agronomica in sette località Italiane (Toscana, Umbria, Marche, Emilia Romagna, Puglia Basilicata e Campania [quest'ultima nel solo 2009]), valutando 26 ibridi nel 2009, 30 nel 2010.

La sperimentazione ha posto in evidenza le buone potenzialità produttive del girasole in tutti gli ambienti culturali di indagine. I risultati hanno fornito una conferma delle caratteristiche agronomiche e produttive di un gruppo di varietà posizionate

* Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura Centro di Ricerca Colture Industriali (CRA-CIN) Ex S.O.P. Osimo (AN).

** Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel settore Agricolo e forestale (ARSIA)-Centro di Collaudo e Trasformazione dell'Innovazione di Cesa (AR).

* ASTRA Innovazione e Sviluppo-Unità Operativa Mario Neri, 18, Imola (BO).

◇ Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura Unità di Ricerca per le Colture Alternative al Tabacco (CRA-CAT) Scafati (SA)

◇ 3A-Parco Tecnologico Agroalimentare dell'Umbria Soc. Cons. a r.l., Area Innovazione e Ricerca, Todi (PG).

^ Dipartimento di Scienze Agro-ambientali e Territoriali, Facoltà di Agraria, Università degli Studi, Bari.

spesso ai vertici delle classifiche degli ultimi anni, tra cui vanno ricordate Doriana, Mas 92.B, PR64H41, NK Camen, Ruby e evidenziato ibridi molto interessanti e promettenti, come Mas 84.E, Mas 83.R, Inostarck, NX 64005, Mas 90.T, che, però, data la loro inclusione per la prima volta in valutazione, necessitano di conferme in successive esperienze.

Le varietà alto oleico hanno anzitutto confermato un elevato e stabile contenuto di questo acido grasso nelle diverse località, in alcuni casi con valori superiori al 90%. Inoltre hanno perso definitivamente quelle caratteristiche di taglia delle piante e tardività nel ciclo che le relegava ad essere etichettate come varietà di serie B, evidenziando invece, una più spiccata precocità di fioritura ed una altezza equivalente alle altre. Soprattutto, però, nella stagione 2010, hanno oramai raggiunto la parità produttiva con i tipi convenzionali: la resa media delle varietà convenzionali in prova in tutte le località ha superato di appena 60 kg per gli acheni e 20 kg per l'olio quella delle alto oleico, mentre ad Osimo, Gravina e Policoro queste ultime hanno offerto prestazioni superiori alle prime. Nell'arco temporale del biennio, invece, le varietà presenti si sono assolutamente equivalse, confermando la raggiunta equiparazione fra i diversi tipi. L'utilizzo di varietà ad alto contenuto di acido oleico nella frazione lipidica, non comportando alcuna differenza nella tecnica di coltivazione, permette, grazie alla maggiore versatilità di utilizzo dell'olio ad elevato tenore in acido C 18:1, la destinazione ad un'ampia gamma di impieghi.

Parole chiave: varietà, ibrido, olio, achenio, acido oleico.

Abstract

In 2009 and 2010 the national net of varietal evaluation carried out some agronomical assessment tests in seven Italian locations (Toscana, Umbria, Marche, Emilia Romagna, Puglia, Basilicata and Campania, the latter only in 2009) to check adaptation, productivity and quality of the wide different species scenery proposed in the Italian sunflower crop. The national net of varietal evaluation was financed by AIS, which extended its investigation thanks' to the collaboration established with SuSCACE project.

26 hybrids were tested in 2009 and 30 in 2010; during the former year 10 were high oleic acid content species, 11 during the latter year. Tests were performed in triplicate, based on an experimental design with randomized blocks and 6 plants m⁻² were used for all different varieties. Main phenological, morphological and productive remarks were made during this experimentation that was carried out according to regular agronomical practice.

Tests have highlighted good productive potentiality of sunflower in all locations of cultivation, demonstrating good quality of the material evaluated. Results have also confirmed productive and agronomical characteristics of some species such as Doriana, Mas 92.B, PR64H91, NK Camen and Ruby which were often at the top of last few years classifications. Mas 84.E, Mas 83.R, Inostarck, NX 64005 and Mas 90.T are very interesting and promising hybrids too, however they need more future testing to confirm these results, since they have been included in this experimental project for the first time.

Foremost, high oleic acid content species have confirmed high and stable content of this kind of fat acid in every locations, sometime showing values higher than 90%. Moreover these species have definitively lost characteristics such as plant size and living-cycle delay that relegated them at the bottom of the plant quality ranking. On the contrary they have showed a marked blossoming precocity and the same plant height of other species. Most of all, in 2010, these varieties achieved the same productivity of conventional ones. The average production of conventional varieties tested in each location exceeded the yield of the high oleic species of just 60 kg for the achenes and 20 kg for the oil content. Whereas in Osimo, Gravina and Policoro the high oleic varieties showed better performances than conventional ones.

From 2009 to 2010, on the contrary, the varieties analyzed were all equivalent, confirming the reached equalization among different varieties. The utilization of high oleic acid content species in the lipid fraction allows them to be involved for a diffuse range of uses. These results were achieved without changes in the cultivation technique and thanks' to a greater versatility of rich C 18:1 oil.

Keywords: variety, hybrid, oil, achene, oleic acid.

Introduzione

Accertare il valore agronomico delle cultivar è un problema generale che investe tutte le specie agrarie; per il girasole risulta particolarmente pressante, data la prevalente destinazione dell'oleifera in ambienti il cui profilo pedoclimatico può condizionare fortemente la già non elevata potenzialità produttiva. Va inoltre ricordato che le varietà attualmente disponibili sono per la quasi totalità di provenienza estera, selezionate perciò per ambienti diversi dai comprensori nei quali sono coltivate in Italia (Monotti *et al.*, 2004). Inoltre, l'attività dei costitutori si presenta notevolmente intensa, vivacizzando il ritmo del ricambio varietale e rendendo necessario un costante aggiornamento sulle attitudini del materiale proposto (Monotti *et al.*, 2001).

A tale scopo, per evitare inutili e dispendiose sovrapposizioni, si è ritenuto che la rete nazionale di prove sperimentali, già in essere e consolidata da anni con il Progetto "Qualità girasole" finanziato da Assosementi-AIS, che annualmente valuta le nuove varietà di girasole immesse sul mercato unitamente a quelle dimostrate più interessanti negli ultimi anni (Laureti *et al.*, 2006) con lo scopo di sostenere il girasole nell'importante ruolo, in alcuni casi insostituibile, che esso ricopre, nonostante i mutevoli scenari economici del mercato agricolo, in numerosi areali del paese (Frascarelli, 2010), supportata dalle esperienze in corso ad Osimo con il Progetto regionale "Girasole alto oleico" (Del Gatto *et al.*, 2008), potesse fornire sufficienti informazioni sulla coltura. Si è perciò ritenuto opportuno integrare in ambito SuSCACE le indicazioni fruibili dall'impianto empirico già consolidato integrandolo con l'aggiunta di una unità operativa nell'Italia sud-orientale, in Puglia.



Figura 1 - Località di prova e unità operative coinvolte nella sperimentazione.

Organizzazione della sperimentazione

Nel 2009, quindi, la rete operativa si è allargata fino ad annoverare sette località (Fig. 1): oltre a quelle storiche di Osimo, nelle Marche e Cesa, in Toscana, dopo quattro anni di assenza è rientrata una località umbra (Umbertide (PG)); è stata confermata la realizzazione di una prova in Emilia Romagna (già al terzo anno), spostando, però, il sito d'indagine nel Ravennate (Mandriole); per la seconda volta ha partecipato, a titolo volontario, il CRA-CAT di Scafati con la prova di Calvi (BN), mentre, per il primo anno, come accennato, si è inserito il Dipartimento di Scienze della Produzione Vegetale dell'Università di Bari che ha svolto una sperimentazione in Puglia (Gravina) e un'altra in Basilicata (Policoro). L'anno successivo si è ritirata dalla sperimentazione la località campana, mentre in Umbria si è investigato ad Avigliano Umbro (TR) ed in Romagna a Conselice (RA). Istituzioni e responsabili che hanno condotto le ricerche sono indicati in tabella 1; varietà e ditte sementiere coinvolte nelle prove sono elencate in tabella 2.

Le schede agronomiche sono descritte nelle tabelle 3 e 4. Le località di Calvi e Policoro, non rappresentative di areali tipicamente elianticoli, ma da considerare in prospettiva, per le particolari caratteristiche pedologiche e di conduzione agronomica sono state considerate separatamente.

Tabella 1 - Località, istituzioni e responsabili della sperimentazione.

Progetto	Località di prova	Istituzione	Responsabile
Qualità girasole	Mandriole (RA) Conselice (RA)	ASTRA Innovazione e Sviluppo - Unità operativa "Mario Neri", Via Emilia Levante, 18 - 40026 Imola (BO)	Dr. Angelo Sarti
Qualità girasole	Località Cesa Marciano della Chiana (AR)	Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel settore Agricolo - Forestale ARSIA, Via Pietrapiana 30, 50121 Firenze	Dr. Giovan Mario Ridoni
Qualità girasole	Osimo (AN)	Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura-Centro di ricerca per le Colture Industriali (CRA-CIN) Ex SOP, Via Cagiata, 90, 60027 Osimo (AN)	Dr. Andrea Del Gatto (coordinatore)
Qualità girasole	Umbertide (PG) Avigliano Umbro (TR)	3A-Parco Tecnologico Agroalimentare dell'Umbria Soc. Cons. a r.l., Area Innovazione e Ricerca, Fraz. Pantalla - 06059 Todi (PG)	Dr. Luciano Concezzi (Parco 3A)
SUSCACE	Gravina in Puglia (BA) Policoro (MT)	Dipartimento Scienze Produzioni Vegetali (DSPV), Facoltà di Agraria - Università degli Studi, Via Amendola 165/A, 70126 Bari	Prof. Giuseppe De Mastro

Tabella 2 - Elenco delle varietà e delle ditte partecipanti alla prova.

n.	Varietà	Ditta distributrice	n.	Varietà	Ditta distributrice
1	Arena PR	<i>Syngenta</i>	20	Mas 95.IR ⁽²⁾	<i>Maisadour</i>
2	Barolo RM	<i>KWS</i>	21	Mas 97.A ⁽¹⁾	<i>Maisadour</i>
3	Cartago ⁽²⁾	<i>Semillasfito</i>	22	Mas 97.OL⁽¹⁾	<i>Maisadour</i>
4	DKF3554	<i>Monsanto(2009) Syngenta(2010)</i>	23	Mauro ⁽²⁾	<i>SIS</i>
5	DKF 2727⁽²⁾	<i>Syngenta</i>	24	Methasol	<i>KWS</i>
6	Doriana	<i>KWS</i>	25	Montijo⁽¹⁾	<i>S.I.S.</i>
7	Inostarck ⁽²⁾	<i>APSOVSEMENTI</i>	26	NK Camen	<i>Syngenta</i>
8	Inotop⁽²⁾	<i>APSOVSEMENTI</i>	27	NX 64005 ⁽²⁾	<i>Syngenta</i>
9	Iolline⁽¹⁾	<i>APSOVSEMENTI</i>	28	Oleko	<i>Syngenta</i>
10	LG 56.68	<i>Limagrain</i>	29	Ollimi CL	<i>APSOVSEMENTI</i>
11	LG 56.72 HO	<i>Limagrain</i>	30	Orasole	<i>Monsanto(2009) Syngenta(2010)</i>
12	Mas 83.R ⁽²⁾	<i>Maisadour</i>	31	Pacific	<i>SIS</i>
13	Mas 84.E ⁽²⁾	<i>Maisadour</i>	32	PR64H41	<i>Pioneer</i>
14	Mas 89.OL⁽²⁾	<i>Maisadour</i>	33	Ruby	<i>Maisadour</i>
15	Mas 90.T ⁽²⁾	<i>Maisadour</i>	34	Rumbasol OR ⁽¹⁾	<i>Monsanto</i>
16	Mas 91.A ⁽¹⁾	<i>Maisadour</i>	35	Sanbro MR	<i>Syngenta</i>
17	Mas 91.IR ⁽²⁾	<i>Maisadour</i>	36	Sillouet	<i>APSOVSEMENTI</i>
18	Mas 92.B	<i>Maisadour</i>	37	Solaris	<i>S.I.S.</i>
19	Mas 92.OL⁽¹⁾	<i>Maisadour</i>	38	Vidoc ⁽¹⁾	<i>Maisadour</i>

In **grassetto** le varietà alto oleico

(1): varietà saggiate solo nel 2009

(2): varietà saggiate solo nel 2010

Tabella 3 - Informazioni agronomiche sulla conduzione delle prove 2009.

Operazione	Località															
	Cesa (AR)		Gravina (BA)		Mandriole (RA)		Osimo (AN)		Umbertide (PG)		Calvi (BN)		Policoro (MT)			
Precessione	Frumento		Orzo		Frumento		Frumento		Frumento		Girasole		Maggese nudo			
Lavorazioni	aratura, frangizolle, estirpature		ripuntatura, erpicature, fresatura		aratura, erpicature		aratura, erpicature		aratura, erpicature		araripuntatura, fresatura		aratura, frangizzollature, fresatura			
Concimazioni (kg ha ⁻¹):	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N		
pre-semina	100	45	30	80		100	92			69		80	30	80		
copertura		55						100		30						
Controllo infestanti: sarchiatura			19 maggio								19 maggio		11 maggio			
diserbo in pre-emergenza (l ha ⁻¹)	Challenge (1,5) + Dual Gold (1) + Activus EC (2)				Roundup (3)+ Stomp (2)+ Challenge (1)		Stomp (3)+ Challenge (1)+ Glyphosate (1,5)		Stomp (4)							
Semina	15 aprile		8 aprile		17 aprile		6 aprile		17 aprile		29 aprile		1 aprile			
Emergenza	26 aprile		26 aprile		24 aprile		15 aprile		29 aprile		10 maggio		12 aprile			
Irrigazioni (m ³ ha ⁻¹)											06/07 (400 m ³ ha ⁻¹)		3/04 (250 m ³ ha ⁻¹)		27/05 (250 m ³ ha ⁻¹)	
Raccolta	4 settembre		3 settembre		15 settembre		27 agosto		24 settembre		11 settembre		scalare 10-27/08			

Tabella 4 - Informazioni agronomiche sulla conduzione delle prove 2010.

Operazione	Località													
	Avigliano Umbro (TR)		Cesa (AR)		Conselice (RA)		Gravina (BA)		Osimo (AN)		Policoro (MT)			
Precessione	Frumento duro		Frumento		Frumento		Frumento		Frumento duro		Frumento			
Lavorazioni	ripuntatura, estirpatura, erpicatura		frangizzollatura, erpicature		aratura, erpicature		ripuntatura, erpicatura, fresatura		aratura, erpicature		aratura, frangizzollatura, erpicatura			
Concimazioni (kg ha ⁻¹):	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N		
pre-semina	20	100	100	46			30	50	92		30	50		
copertura				55		80				100				
Controllo infestanti: sarchiatura											15 giugno			
diserbo in pre-emergenza (l ha ⁻¹)			Challenge (1,5)+ Dual G (1)+ Activus EC (2)		Activus EC (2)+ Challenge (1,5) Galigan (0,5)				Activus EC (3) + Challenge (1) Glyphosate (1,5)					
Semina	28 maggio		16 aprile		19 aprile		28 aprile		8 aprile		30 aprile			
Emergenza	11-15 giugno		26 aprile		27 aprile		20 maggio		15 aprile		14 maggio			
Irrigazioni											4/05 (250m ³ ha ⁻¹)		30/05 (250m ³ ha ⁻¹)	
Raccolta	7 ottobre		29 settembre		13 settembre		30 settembre		25 agosto		15 settembre			

Le prove sono state realizzate con disegno sperimentale a blocchi randomizzati con tre ripetizioni.

L'investimento è stato di 6 piante m⁻² per tutte le varietà. I rilievi bio-morfologici (data di emergenza, fioritura, maturazione agronomica, altezza delle piante, superficie della calatide e della zona sterile centrale), produttivi e qualitativi (peso 1000 acheni, produzione parcellare su una superficie di almeno 9 m², contenuto percentuale di olio negli acheni, tramite NMR e composizione acidica dell'olio tramite gascromatografia dei metil esteri degli acidi grassi, per le varietà alto oleico) e calcolate resa ettariale in acheni ed olio con le modalità più volte descritte nella presentazione dei risultati in analoghe esperienze (L'Informatore Agrario n. 11/2003).

Risultati

2009

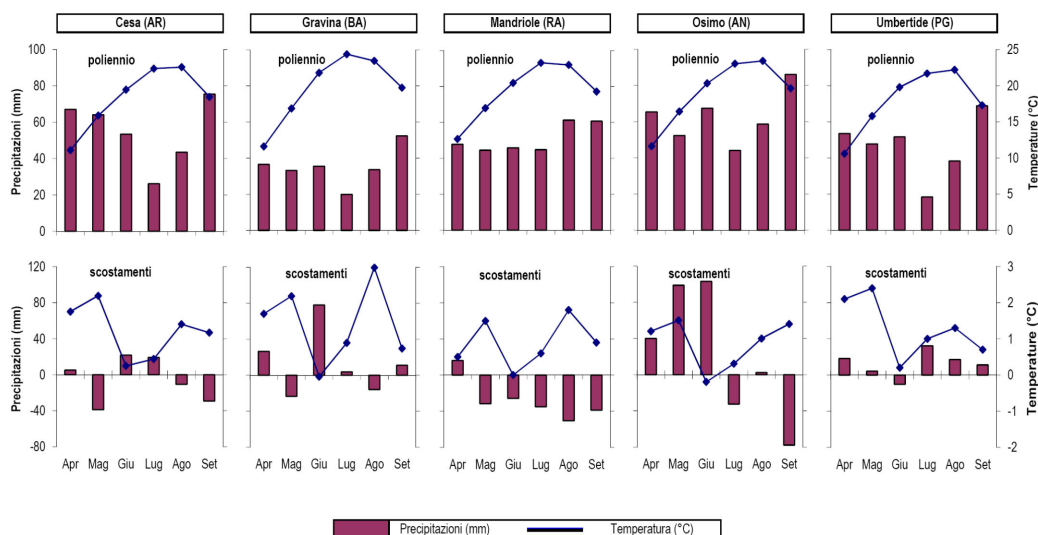


Figura 2a - Precipitazioni e temperature medie poliennali di Cesa (AR), Gravina (BA), Mandriole (RA), Osimo (AN) e Umbertide (PG) e scostamenti rilevati nel 2009.

Per le diverse località nei grafici di figura 2 sono riportate, per precipitazioni e temperature medie, i dati poliennali e gli scostamenti registrati nel 2009. Ne emergono, in tratti salienti, decorsi termici praticamente speculari con sensibili scostamenti positivi per tutto il ciclo della coltura, tranne che nei mesi di giugno (quando ad Osimo si è raggiunto anche un apice negativo) e luglio; le precipitazioni abbondanti dei mesi primaverili nella fase precedente la fioritura hanno fatto registrare successivamente fenomeni utili alla coltura a Calvi, Umbertide e Gravina.

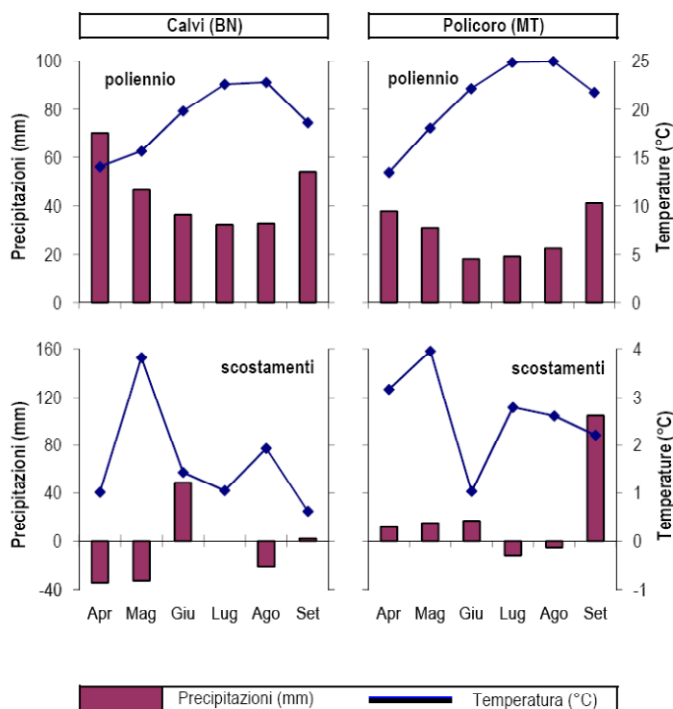


Figura 2b - Precipitazioni e temperature medie poliennali di Calvi (BN) e Policoro (MT) e scostamenti rilevati nel 2009.

La resa in acheni negli ambienti del Centro Italia e di Gravina è riportata in tabella 5. La differenziazione varietale è risultata significativa in tutte le località rivelandosi maggiormente evidente nel Ravennate, nell'Anconetano ed in Puglia.

A Cesa tre varietà hanno raggiunto le 40 t ha⁻¹ (Barolo RM, Pacific e Orasole) e altre sedici non vi si sono diversificate statisticamente; complessivamente i genotipi in valutazione hanno dimostrato buone performance conseguendo una produzione media di 3,68 t ha⁻¹. Analogamente può dirsi per Umbertide, dove la resa media è stata di 3,95 t ha⁻¹, con diciotto varietà che non si sono diversificate statisticamente da Solaris, migliore in assoluto, pur evidenziando uno scarto tra i valori estremi (1,4 t ha⁻¹) quasi doppio rispetto alla località precedente. Tale divario è risultato massimo a Mandriole (1,84 t ha⁻¹) dove si è anche ottenuta la più alta produzione media (4,16 t ha⁻¹): al vertice della graduatoria si è situata LG 56.68 con 4,98 t ha⁻¹, a cui si sono affiancate, senza differenze statistiche, altre nove accessioni, con produzioni superiori a 4,4 t ha⁻¹. La maggior discriminazione varietale si è evidenziata ad Osimo e Gravina. Nella prima località da Mas 92.B (3,83 t ha⁻¹) non si sono differenziate, nell'ordine, Sanbro RM, Doriana, PR64H41 e NK Camen, tutte con produzioni superiori alle 3,5 t ha⁻¹. In Puglia a Solaris, che ha sortito i migliori risultati con 3,0 t ha⁻¹, si sono approssimate PR64H41 e Arena PR.

Tabella 5 - Produzione di acheni al 9 % di umidità nel 2009.

Varietà	Cesa (AR)		Gravina (BA)		Mandriole (RA)		Osimo (AN)		Umbertide (PG)		Media 2009
	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	
Doriana	3,88 ac	7	1,94 eh	14	4,81 ab	3	3,55 ac	4	4,46 ab	3	3,73
Mas 92.B	3,82 ac	8	1,46 h	26	4,83 ab	2	3,83 a	1	4,37 ac	4	3,66
PR64H41	3,74 ae	12	2,73 ab	2	4,13 ei	15	3,55 ac	5	4,07 ad	11	3,65
Orasole	4,00 a	3	2,19 cg	8	4,49 af	9	3,11 eg	17	4,05 ad	12	3,57
Rumbasol OR	3,80 ad	9	1,81 fh	18	4,77 ac	4	3,13 eg	16	4,25 ad	7	3,55
Ruby	3,90 ab	5	2,30 bf	6	4,57 af	8	3,02 eh	20	3,78 ae	18	3,51
Solaris	3,65 ae	15	3,06 a	1	3,24 jk	25	2,76 h	25	4,54 a	1	3,50
LG 56.68	3,62 ae	18	2,21 bg	7	4,98 a	1	2,94 fh	23	3,69 be	20	3,49
Mas 91.A	3,57 ae	19	1,88 eh	15	4,72 ad	5	2,96 fh	22	4,29 ac	6	3,48
Sanbro MR	3,79 ad	10	2,00 dg	12	4,16 di	13	3,72 a	2	3,62 ce	22	3,46
Oleko	3,99 a	4	1,70 gh	24	4,64 ae	6	3,63 ab	3	3,17 e	25	3,43
Barolo RM	4,04 a	1	2,04 dg	10	3,59 ik	24	3,32 be	7	4,09 ad	10	3,42
Pacific	4,01 a	2	1,79 fh	19	3,65 hk	22	3,26 cf	10	4,22 ad	8	3,39
Mas 92.OL	3,41 be	22	1,85 eh	16	4,12 ei	16	3,20 df	14	4,31 ac	5	3,38
NK Camen	3,75 ae	11	1,48 h	25	4,45 af	10	3,51 ad	6	3,62 ce	23	3,36
Ollimi	3,25 e	26	1,95 dh	13	4,59 af	7	2,84 gh	24	4,17 ad	9	3,36
LG 56.72 HO	3,67 ae	14	1,78 fh	20	4,33 bg	11	3,21 cf	13	3,79 ae	17	3,36
Arena PR	3,43 be	20	2,58 ac	3	3,61 ik	23	3,23 cf	12	3,91 ae	15	3,35
Sillouet	3,64 ae	16	1,76 gh	22	4,20 ch	12	3,24 cf	11	3,79 ae	16	3,33
Methasol	3,67 ae	13	2,14 cg	9	3,72 hk	20	2,99 eh	21	4,01 ad	14	3,31
Mas 97.A	3,41 be	21	1,81 fh	17	3,78 gj	19	3,02 eh	18	4,48 ab	2	3,30
Iolline	3,88 ac	6	1,77 gh	21	3,84 gi	18	3,27 cf	9	3,68 be	21	3,29
Vidoc	3,63 ae	17	2,03 dg	11	4,15 di	14	3,31 be	8	3,14 e	26	3,25
Mas 97.OL	3,36 be	23	2,36 be	5	3,70 hk	21	3,02 eh	19	3,78 ae	19	3,24
Montijo	3,35 ce	24	1,73 gh	23	4,03 fi	17	3,15 eg	15	3,46 de	24	3,14
DKF3554	3,28 de	25	2,47 bd	4	3,14 k	26	2,69 h	26	4,02 ad	13	3,12
Medie	3,68		2,03		4,16		3,21		3,95		3,41
C.V. %	0,89		1,58		0,85		0,65		1,26		
LSD 0,05	0,54		0,53		0,58		0,34		0,81		

Il contenuto in olio degli acheni (Tab. 6) è risultato mediamente più alto ad Umbertide (49,5 %) e più basso a Gravina (40,5 %), mostrando il più ampio divario fra ambienti nella storia del progetto; è anche vero che per la prima volta la sperimentazione ha considerato località così numerose e distanti per caratteristiche pedo-clima-

tiche. Nella località umbra si è registrato il più alto valore in assoluto con PR64H41 (52,3%), il più alto divario fra cultivar (9,7%), il maggior numero di ibridi che hanno superato la media della località (diciassette) e il valore del 50% (quattordici).

Tabella 6 - Contenuto di olio degli acheni in percentuale di sostanza secca nel 2009.

Varietà	Cesa (AR)		Gravina (BA)		Mandriole (RA)		Osimo (AN)		Umbertide (PG)		Media 2009					
	%	grad.	%	grad.	q ha ⁻¹	grad.	%	grad.	q ha ⁻¹	grad.						
Doriana	49,7	ab	2	41,3	ae	9	49,1	ad	5	46,5	a	1	52,1	ab	2	47,8
Mas 92.B	45,5	jl	23	38,1	gh	25	45,5	ij	20	43,5	df	12	50,0	dh	15	44,5
PR64H41	48,0	ce	9	43,0	ab	2	47,0	ei	13	45,2	bc	5	52,3	a	1	47,1
Orasole	46,4	fj	19	41,4	ae	7	49,1	ad	4	44,0	ce	7	49,3	fh	18	46,1
Rumbasol OR	47,7	cf	12	39,7	eh	20	50,8	a	1	45,5	ab	3	50,7	ah	10	46,9
Ruby	46,9	dj	17	40,2	dg	13	45,7	hi	19	43,7	df	8	46,8	i	23	44,7
Solaris	44,1	l	26	39,7	eh	18	42,0	l	26	39,6	i	26	46,9	i	22	42,6
LG 56.68	47,7	cf	11	38,0	h	26	48,4	bf	7	42,5	fh	17	50,1	dh	14	45,3
Mas 91.A	48,2	ce	5	39,7	eh	21	43,5	kl	23	42,5	fh	18	50,6	bh	11	44,9
Sanbro MR	47,4	ch	15	39,7	eh	19	43,8	jk	21	43,1	eg	13	45,0	j	24	43,8
Oleko	47,1	di	16	38,3	gh	24	43,8	jl	22	42,9	eh	15	42,6	k	26	42,9
Barolo RM	44,8	kl	25	38,6	fh	23	43,0	kl	24	42,9	eh	16	50,4	ch	12	43,9
Pacific	45,9	hk	21	39,3	eh	22	46,9	ei	14	42,1	gh	21	50,0	dh	16	44,8
Mas 92.OL	48,7	bc	3	40,5	cf	11	47,3	ei	11	43,6	df	10	51,2	ae	6	46,3
NK Camen	47,4	cg	14	40,0	dh	15	48,7	be	6	45,7	ab	2	51,6	ad	4	46,7
Ollimi	45,4	jl	24	40,2	dg	14	46,6	fi	15	41,6	h	25	49,3	fh	19	44,6
LG 56.72 HO	50,6	a	1	40,9	be	10	47,4	dh	10	45,5	ab	4	50,8	ag	9	47,0
Arena PR	48,0	ce	10	39,8	eh	16	46,1	hi	17	42,4	fh	20	50,8	ag	8	45,4
Sillouet	48,1	ce	7	42,5	ac	5	46,4	gi	16	42,9	eg	14	51,0	af	7	46,2
Methasol	45,7	ik	22	42,6	ac	4	46,0	hi	18	43,5	df	11	49,1	h	21	45,4
Mas 97.A	47,5	cg	13	39,8	eh	17	47,2	ei	12	42,0	gh	22	49,7	eh	17	45,2
Iolline	48,1	ce	8	41,3	ae	8	49,4	ac	3	43,6	df	9	51,4	ad	5	46,8
Vidoc	46,8	ej	18	40,5	cf	12	42,1	kl	25	42,5	fh	19	44,8	j	25	43,3
Mas 97.OL	48,1	ce	6	43,0	ab	3	49,8	ab	2	41,7	gh	24	50,2	ch	13	46,6
Montijo	48,4	bd	4	42,0	ad	6	48,1	bg	8	44,6	bd	6	49,3	gh	20	46,5
DKF3554	46,2	gk	20	43,3	a	1	47,9	cg	9	41,8	gh	23	51,8	ac	3	46,2
Medie	47,3			40,5			46,6			43,3			49,5			45,4
C.V. %	1,9			3,2			2,4			1,9			2,1			
LSD 0,05	1,5			2,2			1,8			1,3			1,7			

Doriana, mantenendo posizioni di vertice in ogni località, ha manifestato il contenuto medio più elevato (47,8%).

Tabella 7 - Produzione di olio sulla sostanza secca nel 2009.

Varietà	Cesa (AR)		Gravina (BA)		Mandriole (RA)		Osimo (AN)		Umbertide (PG)		Media 2009
	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	
Doriana	1,75 a	1	0,73 cg	11	2,15 ab	3	1,50 a	2	2,11 a	1	1,65
Mas 92.B	1,58 ae	15	0,51 h	26	1,99 ac	5	1,52 a	1	1,99 ac	4	1,52
PR64H41	1,64 ad	10	1,08 a	2	1,77 cg	14	1,46 a	3	1,94 ac	7	1,58
Orasole	1,69 ad	4	0,83 bf	8	2,00 ac	4	1,25 cd	15	1,82 ae	13	1,52
Rumbasol OR	1,65 ad	8	0,65 eh	21	2,21 a	1	1,30 bc	8	1,96 ac	6	1,55
Ruby	1,66 ad	7	0,84 be	6	1,90 ce	8	1,20 ce	19	1,61 cf	22	1,44
Solaris	1,46 df	24	1,11 a	1	1,24 k	26	0,99 g	26	1,93 ac	8	1,37
LG 56.68	1,59 ae	14	0,62 fh	23	2,19 a	2	1,24 cd	17	1,72 be	18	1,47
Mas 91.A	1,56 af	16	0,68 eh	17	1,87 ce	9	1,14 df	23	1,97 ac	5	1,45
Sanbro MR	1,63 ad	11	0,73 cg	12	1,66 eh	18	1,46 a	5	1,48 eg	24	1,39
Oleko	1,71 ab	2	0,60 gh	24	1,84 cf	11	1,42 ab	6	1,23 g	26	1,36
Barolo RM	1,65 ad	9	0,72 dh	14	1,40 ik	24	1,30 bc	9	1,87 ad	11	1,39
Pacific	1,67 ad	5	0,64 eh	22	1,56 gj	21	1,25 cd	14	1,92 ad	9	1,41
Mas 92.OL	1,51 bf	19	0,69 eh	15	1,77 cg	13	1,27 cd	12	2,01 ab	3	1,45
NK Camen	1,61 ad	12	0,54 gh	25	1,98 ac	6	1,46 a	4	1,70 be	21	1,46
Ollimi	1,35 f	26	0,72 dh	13	1,95 bd	7	1,07 eg	24	1,87 ad	12	1,39
LG 56.72 HO	1,67 ad	6	0,83 bf	9	1,86 cf	10	1,22 ce	18	1,71 be	20	1,46
Arena PR	1,50 bf	20	0,94 ac	4	1,51 hj	23	1,24 cd	16	1,81 ae	14	1,40
Sillouet	1,60 ae	13	0,69 eh	16	1,77 cg	12	1,27 cd	13	1,77 ae	16	1,42
Methasol	1,53 af	18	0,83 bf	7	1,56 gj	22	1,19 ce	20	1,78 ae	15	1,38
Mas 97.A	1,47 cf	22	0,66 eh	20	1,62 fi	19	1,16 cf	21	2,03 ab	2	1,39
Iolline	1,70 ac	3	0,67 eh	18	1,73 dh	16	1,30 bc	7	1,72 be	19	1,42
Vidoc	1,55 af	17	0,75 cg	10	1,59 gj	20	1,28 bd	10	1,28 fg	25	1,29
Mas 97.OL	1,47 cf	23	0,92 ad	5	1,68 eh	17	1,15 df	22	1,73 be	17	1,39
Montijo	1,48 cf	21	0,66 eh	19	1,76 cg	15	1,28 bd	11	1,55 dg	23	1,35
DKF3554	1,38 ef	25	0,97 ab	3	1,37 jk	25	1,02 fg	25	1,89 ad	10	1,33
Medie	1,58		0,75		1,77		1,27		1,79		1,43
C.V. %	0,87		1,76		0,85		0,71		1,29		
LSD 0,05	0,23		0,22		0,25		0,15		0,38		

Riguardo la resa in olio (Tab. 7), carattere derivato dalla combinazione delle due precedenti componenti, si è confermata la diversificazione tra località, precedentemente riscontrata, con la migliore resa media realizzata ad Umbertide, seguita da quella di Mandriole, con un minimo scarto, e, quindi, di Cesa, Osimo e Gravina. Anche in questo caso le località umbra e toscana hanno manifestato una scarsa differenziazione tra varietà; in entrambe Doriana ha raggiunto la migliore resa, non diversamente da altre quindici e diciassette accessioni, rispettivamente. Nel Ravennate, dove si è registrato il maggiore divario tra cultivar ($9,7 \text{ q ha}^{-1}$), meglio della precedente hanno fatto, solo in assoluto, Rumbasol OR e LG 56.68, superando e sfiorando, nell'ordine, le $2,2 \text{ t ha}^{-1}$ di olio su sostanza secca. Ad esse sono risultate simili Orasole, Mas 92.B e NK Camen. Nelle Marche a Doriana e Mas 92.B, che hanno confermato le posizioni raggiunte nella passata sperimentazione (nell'ordine al terzo e primo posto), si sono aggiunte PR64H41, Sanbro MR, NK Camen, tutte con lo stesso valore produttivo ($1,46 \text{ t ha}^{-1}$), che, invece, nel 2008 non avevano fatto osservare performance altrettanto buone. A Gravina si sono messe in evidenza, oltre alla già ricordata PR64H41, Solaris, DKF3554, Arena PR e Mas 97.OL.

Spesso, come precedentemente osservato, la resa in olio degli acheni viene sensibilmente influenzata dal tenore lipidico; per tale motivo non sempre le graduatorie produttive relative ai due caratteri concordano. Pertanto, ai fini di una più completa e coerente valutazione delle varietà sotto il profilo della potenzialità di resa in prodotto utile, teoricamente rappresentato dall'olio più che dal "seme" (Monotti *et al.*, 2005), pur considerando che il mercato del girasole assume ancora quest'ultimo come unico criterio di valutazione, è necessario considerare contestualmente produttività in acheni ed olio. Possono così evidenziarsi varietà in grado di coniugare alte rese sia in acheni che in olio, come Mas 92.B, NX 64005, DKF 2727, Mas 89.OL, Methasol e Inostark, altre per cui la resa in olio migliora la valutazione basata sulla resa in acheni, come Doriana, Mas 84.E, Mas 83.R, NK Camen, Mas 90.T, altre ancora, quali Sillouet, PR64H41, Ruby, Sanbro MR, Barolo, che, viceversa, giudicate positivamente per quest'ultima, non lo sono altrettanto per la produzione in olio.

Dal riscontro analitico effettuato con il mezzo gas-cromatografico sugli acheni ottenuti dai capolini autofecondati degli ibridi ad alto contenuto di acido oleico si evince che tutte le accessioni hanno palesato un elevato e stabile tenore di questo acido grasso nelle varie località; cinque di queste, Iolline, Pacific, LG 56.72, Mas 92.OL, Mas 97.OL, hanno fatto registrare, in ogni ambiente, valori comunque superiori all'85%; le prime due con un contenuto in acido linoleico inferiore al 3%.

Relativamente alla precocità delle cultivar, espressa come numero di giorni dall'emergenza alla fioritura, la risposta delle varietà agli ambienti è stata simile con un intervallo tra le più precoci e le più tardive di circa 10 giorni, tranne ad Umbertide dove questo è risultato più ampio, (19 giorni). In tutti i siti di prova Oleko si è sempre dimostrata la prima a fiorire; Methasol e Solaris le più tardive, evidenziando tale caratteristica nelle Marche ed in Umbria, la prima, in Puglia la seconda.

Tabella 8 - Produzione di acheni, tenore e resa in olio su s.s. a Calvi (BN) e Policoro (MT) nel 2009.

Varietà	Produzione di acheni al 9% di umidità				Contenuto di olio degli acheni su s.s.				Produzione di olio su s.s.					
	Calvi (BN)		Policoro (MT)		Calvi (BN)		Policoro (MT)		Calvi (BN)		Policoro (MT)		Media	
	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	%	grad.	%	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	2009	
Doriana	4,62 ab	13	5,81 bg	11	45,8 ad	4	47,9 a	1	1,92 ac	6	2,54 ac	3	2,23	
Mas 92.B	5,01 a	1	5,87 bf	8	43,9 bg	13	45,7 bg	12	2,01 ab	2	2,45 ad	7	2,23	
PR64H41	4,28 be	20	5,82 bg	10	44,4 af	10	46,4 ad	6	1,73 cf	18	2,46 ad	5	2,10	
Orasole	3,69 e	26	5,68 bg	17	41,3 hj	21	46,3 af	9	1,39 h	26	2,39 ae	15	1,89	
Rumbasol OR	4,70 ab	8	5,91 be	7	46,1 a	1	45,0 ci	17	1,97 ac	5	2,42 ad	11	2,20	
Ruby	4,71 ab	7	5,20 dg	23	42,0 gi	19	44,7 ej	19	1,80 af	15	2,11 df	24	1,96	
Solaris	4,71 ab	6	6,26 ab	3	43,7 dg	15	42,1 kl	25	1,88 ad	10	2,40 ee	13	2,14	
LG 56.68	4,72 ab	5	5,74 bg	13	45,9 ac	3	45,8 bg	11	1,98 ac	4	2,40 ee	14	2,19	
Mas 91.A	4,77 ab	4	5,96 ad	6	42,7 fi	17	45,3 cg	14	1,85 ae	12	2,47 ad	4	2,16	
Santro MR	3,83 de	25	6,73 a	1	41,1 lj	23	45,2 ch	16	1,43 gh	24	2,77 a	1	2,10	
Oleko	4,27 be	21	6,05 ac	4	41,0 ij	22	44,6 fj	20	1,59 fh	22	2,46 ad	6	2,02	
Barolo RM	4,69 ab	10	6,03 ac	5	41,3 hj	24	43,3 ik	23	1,76 bf	17	2,38 bf	17	2,07	
Pacific	4,30 bc	18	5,71 bg	14	40,6 lj	25	45,6 bg	13	1,59 fh	23	2,37 bf	18	1,98	
Mas 92.OL	4,70 ab	9	5,62 bg	21	44,8 af	6	47,7 a	2	1,91 ac	7	2,44 ed	9	2,18	
NK Camen	3,99 ce	23	5,70 bg	15	45,1 ae	5	47,1 ab	3	1,64 dh	20	2,45 ad	8	2,04	
Ollimi	4,48 ac	17	5,67 bg	18	44,0 ag	11	44,4 gj	21	1,79 af	16	2,29 cf	20	2,04	
LG 56.72 HO	4,61 ab	14	5,27 cg	22	44,5 af	8	45,3 cg	15	1,87 ae	11	2,17 cf	21	2,02	
Arena PR	4,66 ab	11	5,76 bg	12	44,4 af	9	46,4 ad	5	1,88 ad	9	2,43 ed	10	2,16	
Sillouet	4,64 ab	12	6,33 ab	2	44,7 af	7	46,3 ad	7	1,89 ad	8	2,68 ab	2	2,28	
Methasol	5,00 a	2	5,10 fg	25	43,8 cg	14	43,2 ik	24	1,99 ab	3	2,01 f	26	2,00	
Mas 97.A	4,56 ac	15	5,83 bg	9	43,9 bg	12	44,8 dj	18	1,82 af	13	2,38 bf	16	2,10	
Iolline	4,26 be	22	5,07 g	26	42,6 fi	18	46,3 ae	8	1,65 dg	19	2,13 df	22	1,89	
Vicoc	3,86 de	24	5,66 bg	19	39,6 i	26	41,3 l	26	1,39 h	25	2,13 df	23	1,76	
Mas 97.OL	4,28 be	19	5,62 bg	20	41,5 hj	20	45,9 bg	10	1,62 eh	21	2,36 bf	19	1,99	
Montijo	4,56 ac	16	5,15 eg	24	43,4 eh	16	43,5 hk	22	1,80 af	14	2,04 ef	25	1,92	
DKF3554	4,82 ab	3	5,69 bg	16	46,1 ab	2	46,6 ac	4	2,02 a	1	2,42 ae	12	2,22	
Medie	4,49		5,74		43,4		45,2		1,78		2,37		2,07	
C.V. %	0,82		0,85		3,1		2,3		0,88		0,99			
LSD 0,05	0,60		0,80		2,2		1,7		0,26		0,38			

La diversificazione varietale ha raggiunto, con la statura delle piante, la sua massima espressione: ben 92 cm hanno separato la località di Umbertide da Gravina (211 vs. 119 cm), mentre il maggiore scarto tra le estreme dimensioni si è riscontrato proprio in Umbria (41 cm). Solaris ha raggiunto, in Puglia, il valore minimo, in assoluto, Montijo, in Umbria, il massimo; la stessa varietà è risultata mediamente la più alta raggiungendo, con 186 cm, la maggiore taglia in tre località su cinque; alla stessa maniera Arena PR, con 159 cm, la più bassa.

Informazioni supplementari sulle capacità di produzione dell'oleaginosa possono essere desunte dai risultati delle prove svolte in Campania e Basilicata, seppure in ambienti dalle potenzialità produttive particolarmente spinte, vocati l'uno alla coltivazione del tabacco, l'altro di essenze prevalentemente orticole e con l'ausilio irriguo. In entrambe le località (Tab. 8) si sono ottenute produzioni ragguardevoli a conferma della validità del materiale in valutazione (4,49 e 5,74 t ha⁻¹ per la resa in acheni; 1,78 e 2,37 t ha⁻¹ per quella in olio, rispettivamente a Calvi e Policoro), con il Materano che ha permesso di estrinsecare produzioni, per acheni ed olio, del 22 e 25% superiori al Beneventino. Nel primo ambiente si sono messe in evidenza Mas 92.B (5,01 t ha⁻¹) e Methasol (5,0 t ha⁻¹) per la resa in acheni, nel secondo Sanbro MR (6,73 t ha⁻¹), non distinguendosi però da altre 15 e 4 varietà, nell'ordine.

Il contenuto in olio, in cui hanno primeggiato Rumbasol OR (46,1%) a Calvi e Doriana (47,9%) a Policoro, ha ridisegnato la graduatoria per la resa in olio, dove sono risaltate DKF3554 (2,02 t ha⁻¹) e Sanbro MR (2,77 t ha⁻¹), con le migliori rese in valore assoluto, rispettivamente nelle due località di prova, senza, però, differenziarsi statisticamente, in entrambe, da altre 14 accessioni.

Dal punto di vista morfo-fenologico le cultivar hanno raggiunto la fioritura mediamente quattro giorni prima rispetto alla media delle altre località, con Oleko fra le più precoci e LG 56.68 fra le più tardive.

A Calvi gli ibridi hanno espresso una maggiore statura con uno scarto di 25 cm sull'altra località: Mas 92.B, con 206 cm, è risultata la più alta, NK Camen, con 171, la più bassa.

Anche in queste due località le accessioni alto oleico hanno mostrato valori elevati del contenuto in acido oleico, costantemente superiore all'80%, con Pacific che, in media, ha superato il 90%.

2010

I tratti climatici del 2010 hanno evidenziato un'abbondanza di precipitazioni in fine primavera, in particolare nella località marchigiana, cui ha fatto seguito un periodo estivo più secco, specialmente a Gravina, dove già le precipitazioni risultano mediamente più scarse. Il decorso termico ha evidenziato leggeri scostamenti positivi nei mesi di luglio e aprile, negativo in settembre, in tutte le località. Complessivamente il quadro stagionale non può dirsi sia stato avverso al girasole, che, anche a causa della

disponibilità idrica, favorita da precipitazioni episodiche in prossimità della fioritura, nelle località di Osimo e, soprattutto, Conselice, ha potuto estrinsecare le potenzialità produttive, manifestando delle notevoli rese medie in acheni ed olio.

Tabella 9 - Produzione di acheni al 9 % di umidità nel 2010.

Varietà	Avigliano U. (TR)		Cesa (AR)		Conselice (RA)		Gravina (BA)		Osimo (AN)		Media t ha ⁻¹					
	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.						
Doriana	3,22	bd	4	3,09	ae	7	3,93	ej	21	2,15	a	1	3,90	ac	3	3,26
Mas 84.E	2,68	di	23	2,85	di	15	5,32	a	1	1,54	fk	20	3,90	ac	4	3,26
Mas 83.R	2,50	fi	27	3,24	ab	3	4,88	ab	2	1,64	bj	13	4,00	ab	2	3,25
NK Camen	3,02	bf	8	3,03	af	9	4,35	bi	10	1,38	jl	28	4,14	a	1	3,18
Inostarck	3,27	bc	3	3,20	ac	4	3,92	fj	22	1,87	b	2	3,52	cf	11	3,15
Mas 92.B	3,14	be	6	3,10	ad	6	4,14	cj	17	1,65	bj	12	3,53	cf	9	3,11
Sillouet	3,18	bd	5	2,94	bg	13	4,17	cj	16	1,79	bf	6	3,35	dh	17	3,08
NX 64005	2,90	ch	12	2,60	hk	21	4,74	ad	4	1,62	bk	15	3,52	cf	10	3,08
Mas 90.T	2,89	ch	13	2,85	di	16	4,42	bf	7	1,69	bi	10	3,45	dg	14	3,06
PR64H41	2,73	ci	21	3,00	af	11	4,40	bg	8	1,57	dk	17	3,45	dg	15	3,03
Ruby	2,81	ci	18	3,01	af	10	4,33	bi	11	1,51	hk	25	3,49	dg	12	3,03
Sanbro MR	4,30	a	1	2,44	km	27	3,67	hj	26	1,63	bj	14	3,10	gj	25	3,03
Barolo	2,72	ci	22	2,94	bg	12	4,08	dj	18	1,78	bg	7	3,60	be	8	3,02
Mas 89.OL	2,92	cg	11	3,30	a	1	3,65	ij	28	1,52	gk	24	3,65	bd	6	3,01
DKF 2727	2,80	ci	19	2,74	fk	18	3,99	ej	20	1,81	bd	4	3,66	bd	5	3,00
Methasol	2,99	bf	10	3,18	ac	5	3,91	fj	23	1,53	fk	21	3,21	ei	22	2,97
Pacific	2,56	ei	26	2,64	gk	20	4,63	ae	5	1,54	ek	19	3,46	dg	13	2,97
Oleko	2,87	ch	16	2,44	km	28	4,30	bi	13	1,81	be	5	3,39	dh	16	2,96
LG 56.68	3,51	b	2	2,49	jl	24	4,00	ej	19	1,77	bh	8	2,92	ij	28	2,94
Orasole	2,86	ci	17	2,50	jl	23	4,36	bh	9	1,60	ck	16	3,28	di	20	2,92
DKF 3554	3,05	bf	7	2,91	ch	14	3,66	hj	27	1,86	bc	3	3,12	fj	24	2,92
Solaris	2,78	ci	20	3,07	ae	8	4,19	bj	15	1,74	bh	9	2,78	j	30	2,91
Mas 91.IR	2,65	di	24	2,67	gk	19	4,55	bf	6	1,36	kl	29	3,01	hj	27	2,85
Mas 95.IR	2,28	i	30	3,26	a	2	4,19	bj	14	1,13	l	30	3,35	dh	18	2,84
Arena PR	2,88	ch	15	2,78	ej	17	3,87	fj	24	1,44	ik	27	3,21	ei	21	2,84
Cartago	2,99	bf	9	2,45	kl	25	3,57	j	29	1,53	fk	22	3,62	be	7	2,83
Ollimi CL	2,37	gi	28	2,45	kl	26	4,33	bi	12	1,57	dk	18	3,29	di	19	2,80
Mauro	2,32	hi	29	2,20	lm	29	4,79	ac	3	1,46	ik	26	3,01	hj	26	2,76
LG 56.72 HO	2,58	ei	25	2,59	ik	22	3,49	j	30	1,53	fk	23	3,16	fj	23	2,67
Inotop	2,88	ch	14	2,13	m	30	3,70	gj	25	1,68	bi	11	2,91	ij	29	2,66
Medie	2,89			2,80			4,18			1,62			3,40			2,98
C.V. %	12,40			6,89			10,41			10,02			7,37			
LSD 0,05	0,59			0,32			0,71			0,27			0,41			

Per le rese areiche in acheni, riportate in tabella 9, spicca tra tutte la produzione di Conselice, che ha sfiorato i 42 q ha⁻¹, cui ha fatto seguito quella di Osimo, con circa 8 q ha⁻¹ in meno, quindi Avigliano e Cesa, che hanno mantenuto uno scarto di quasi 13 e 14 q ha⁻¹, rispettivamente, mentre a Gravina si è ottenuta una resa di oltre 2,5 volte inferiore a quella della località romagnola. In tutti gli ambienti le differenze tra ibridi sono risultate significative; la differenziazione varietale è risultata maggiormente evidente ad Avigliano e Conselice, dove gli scarti tra la cultivar a più alta resa e la meno produttiva hanno raggiunto, nell'ordine, le 2,02 e 1,83 t ha⁻¹. Nella prima Sanbro MR ha superato le 4 t ha⁻¹ risultando significativamente la migliore tra le accessioni in prova; le hanno fatto seguito altre nove con produzioni oscillanti intorno alle 3 t ha⁻¹ di acheni.

A Cesa si sono distinte Mas 89.OL (3,30 t ha⁻¹) e Mas 95.IR (3,26 t ha⁻¹) che non si sono differenziate statisticamente da altre 9 cultivar. A Conselice Mas 84.E ha raggiunto la resa massima con 5,32 t ha⁻¹, seguita da Mas 83.R, Mauro, NX 64005 e Pacific, tutte con una resa superiore alle 4,5 t ha⁻¹. Ad Osimo NK Camen ha fatto registrare 4,14 t ha⁻¹ di acheni, non differenziandosi da Mas 83.R, Mas 84.E e Doriana. A Gravina quest'ultima ha raggiunto 2,15 t ha⁻¹ (una produzione pari alla più bassa ottenuta nella peggiore località del Centro-Nord), unica a superare la soglia delle 2 t ha⁻¹ in Puglia.

Il tenore percentuale di olio negli acheni (Tab. 10) è risultato, nella variabilità dei risultati nelle varie località, mediamente identico a quello rilevato nella passata stagione.

Analogamente al 2009 esso è stato più alto in Umbria (46,5%) e più basso in Puglia (41,8%). Ad Avigliano Umbro si è anche registrato il valore più alto in assoluto, superiore al 50%, con Mas 84.E che ha costantemente denotato lo stesso comportamento anche nelle altre località; è noto infatti che tale carattere è maggiormente dipendente dal genotipo piuttosto che dall'ambiente (Monotti *et al.*, 1998). Si sono inoltre distinte Mas 91.IR, con il più alto tenore medio (47,3%), Doriana, Mas 83.R, Mauro, NK Camen, Mas 90.T.

Il maggior divario fra cultivar si è osservato a Gravina (9,4%) dove è anche stato registrato il minor numero di ibridi che ha superato la media delle località (undici contro quindici di tutte le altre).

Tabella 10 - Contenuto di olio degli acheni espresso in percentuale di sostanza secca nel 2010.

Varietà	Avigliano U. (TR)		Cesa (AR)		Conselice (RA)		Gravina (BA)		Osimo (AN)		Media
	%	grad.	%	grad.	%	grad.	%	grad.	%	grad.	
Doriana	48,8	ac 5	48,3	ad 4	44,1	bh 12	47,9	a 1	46,3	bg 10	47,1
Mas 84.E	50,1	a 1	49,7	a 1	45,6	ab 2	42,9	cf 8	47,6	ae 6	47,2
Mas 83.R	49,7	a 2	49,5	ab 2	44,5	bf 10	43,3	cd 6	47,3	af 8	46,9
NK Camen	46,3	ek 18	47,0	dg 10	44,7	bf 8	41,0	fk 21	48,5	ab 2	45,5
Inostarck	46,8	dh 14	45,6	gl 20	47,1	a 1	42,3	dh 10	45,0	fk 19	45,4
Mas 92.B	44,4	kl 28	47,4	df 7	44,2	bg 11	41,7	dj 15	47,7	ad 5	45,1
Sillouet	45,0	hl 24	47,3	df 9	40,6	mn 29	43,4	cd 5	44,6	gk 20	44,2
NX 64005	46,5	di 16	46,7	ei 12	43,7	cj 14	41,4	dj 18	48,4	abc 3	45,3
Mas 90.T	47,2	cf 9	48,3	bd 5	45,2	bd 5	39,9	jl 27	47,0	af 9	45,5
PR64H41	44,9	il 25	45,2	jm 23	42,5	gl 19	40,4	hl 24	42,0	mn 29	43,0
Ruby	45,9	ek 20	46,8	eh 11	41,8	lm 26	39,3	kl 29	41,8	n 30	43,1
Sanbro MR	45,5	fk 22	44,0	mn 28	41,6	ln 27	40,0	il 26	44,5	gl 21	43,1
Barolo	45,5	fk 21	45,8	gl 18	40,6	mn 28	39,3	kl 28	43,3	jn 25	42,9
Mas 89.OL	47,2	cf 10	46,1	fk 16	45,4	ac 3	41,4	dj 17	46,2	bg 11	45,3
DKF 2727	47,3	cf 8	45,1	jm 24	44,8	be 7	43,4	cd 4	45,8	di 15	45,3
Methasol	45,2	gl 23	46,4	fj 15	43,7	dk 15	43,0	ce 7	47,6	ae 7	45,2
Pacific	46,9	dg 12	45,9	gl 17	42,0	km 24	41,1	ek 20	45,3	ej 16	44,2
Oleko	46,1	ek 19	44,7	km 26	42,4	hl 21	41,7	dj 14	44,3	gm 22	43,8
LG 56.68	46,3	ej 17	44,6	lm 27	45,4	bc 4	41,1	ek 19	42,1	ln 28	43,9
Orasole	47,6	be 7	47,3	df 8	43,1	fl 17	42,5	dg 9	46,2	bg 12	45,4
DKF 3554	47,1	cf 11	45,3	im 22	42,1	jm 23	40,2	il 25	42,9	kn 27	43,5
Solaris	42,4	m 30	42,2	o 30	41,9	km 25	40,6	gk 23	43,7	hn 23	42,2
Mas 91.IR	49,3	ab 4	48,9	ac 3	45,0	be 6	44,6	bc 3	48,8	a 1	47,3
Mas 95.IR	44,8	il 26	45,8	gl 19	42,6	gl 18	41,6	dj 16	45,9	dh 14	44,2
Arena PR	46,8	dh 13	45,0	km 25	42,3	im 22	40,7	gk 22	43,0	jn 26	43,6
Cartago	46,7	di 15	46,5	fj 13	42,5	hl 20	41,9	dj 12	45,1	fk 17	44,5
Ollimi CL	44,5	jl 27	46,4	fj 14	43,3	el 16	42,0	di 11	47,8	ad 4	44,8
Mauro	49,6	a 3	48,0	ce 6	44,5	bf 9	46,6	ab 2	45,1	fk 18	46,8
LG 56.72 HO	48,3	ad 6	45,6	hl 21	43,9	ci 13	41,7	dj 13	46,1	ch 13	45,1
Inotop	43,6	lm 29	42,9	no 29	40,1	n 30	38,5	l 30	43,5	in 24	41,7
Medie	46,5		46,3		43,4		41,8		45,4		45,4
C.V. %	2,4		1,9		2,4		3,0		3,2		
LSD 0,05	1,9		1,4		1,7		2,0		2,4		

Tabella 11 - Produzione di olio sulla sostanza secca nel 2010.

Varietà	Avigliano U. (TR)		Cesa (AR)		Conselice (RA)		Gravina (BA)		Osimo (AN)		Media t ha ⁻¹
	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	
Doriana	1,43 bc	3	1,36 ac	3	1,58 fk	20	0,94 a	1	1,58 ad	4	1,38
Mas 84.E	1,22 cg	15	1,29 bf	9	2,21 a	1	0,60 ci	17	1,63 ac	3	1,39
Mas 83.R	1,13 ei	23	1,46 a	1	1,98 ab	2	0,65 bg	8	1,66 ab	2	1,37
NK Camen	1,27 bf	8	1,30 bf	8	1,77 bf	7	0,51 ij	29	1,76 a	1	1,32
Inostarck	1,39 bd	4	1,33 be	7	1,69 ch	12	0,72 b	2	1,38 eh	11	1,30
Mas 92.B	1,27 bf	9	1,34 ad	6	1,67 ci	13	0,62 bi	11	1,47 cf	7	1,27
Sillouet	1,30 be	6	1,26 bg	11	1,54 gk	22	0,71 bc	4	1,30 fj	19	1,22
NX 64005	1,22 cg	16	1,11 im	20	1,89 bd	4	0,61 bi	15	1,49 be	5	1,26
Mas 90.T	1,24 cg	12	1,25 bh	12	1,82 bf	6	0,61 bi	14	1,41 dg	10	1,27
PR64H41	1,11 ei	25	1,23 ci	13	1,70 bh	11	0,58 di	23	1,26 gk	23	1,18
Ruby	1,17 dh	20	1,28 bf	10	1,65 dj	16	0,54 gi	27	1,27 gk	20	1,18
Sanbro MR	1,78 a	1	0,98 mn	28	1,39 ik	28	0,59 di	19	1,20 il	25	1,19
Barolo	1,13 ei	24	1,23 di	14	1,51 gk	24	0,64 bh	10	1,36 ei	14	1,17
Mas 89.OL	1,25 cg	10	1,38 ab	2	1,51 gk	23	0,57 ei	25	1,47 cf	6	1,24
DKF 2727	1,21 dg	17	1,12 hl	19	1,62 dj	17	0,71 b	3	1,46 cf	8	1,23
Methasol	1,23 cg	13	1,34 ad	5	1,56 fk	21	0,60 ci	16	1,33 ej	16	1,21
Pacific	1,09 ei	26	1,10 im	21	1,77 bh	8	0,58 di	24	1,37 ei	12	1,18
Oleko	1,20 dg	18	0,99 ln	27	1,66 dj	14	0,68 bd	5	1,30 fj	18	1,17
LG 56.68	1,48 b	2	1,01 kn	26	1,65 dj	15	0,66 bf	7	1,06 l	29	1,17
Orasole	1,24 cg	11	1,08 jn	22	1,71 bh	10	0,62 bi	13	1,32 ej	17	1,19
DKF 3554	1,30 be	5	1,20 ej	15	1,40 ik	26	0,68 be	6	1,16 jl	27	1,15
Solaris	1,07 fi	27	1,18 fj	17	1,60 ek	19	0,64 bh	9	1,05 l	30	1,11
Mas 91.IR	1,18 dg	19	1,19 fj	16	1,86 be	5	0,55 fi	26	1,27 gk	21	1,21
Mas 95.IR	0,93 i	30	1,36 ad	4	1,62 dj	18	0,43 j	30	1,34 ej	15	1,14
Arena PR	1,23 cg	14	1,14 gk	18	1,49 hk	25	0,53 hj	28	1,20 hl	24	1,12
Cartago	1,27 bf	7	1,04 kn	24	1,38 jk	29	0,58 di	21	1,43 dg	9	1,14
Ollimi CL	0,96 hi	29	1,04 kn	25	1,71 bh	9	0,60 ci	18	1,36 ei	13	1,13
Mauro	1,04 gi	28	0,96 no	29	1,94 ac	3	0,62 bi	12	1,17 jl	26	1,15
LG 56.72 HO	1,14 ei	22	1,07 jn	23	1,40 ik	27	0,58 di	22	1,27 gk	22	1,09
Inotop	1,14 ei	21	0,83 o	30	1,34 k	30	0,59 di	20	1,10 kl	28	1,00
Medie	1,22		1,18		1,65		0,62		1,35		1,20
C.V. %	11,18		6,95		10,36		11,01		8,33		
LSD 0,05	0,22		0,13		0,28		0,11		0,18		

Riguardo la resa in olio (Tab. 11), si è confermata la diversificazione tra località precedentemente rilevata, con la migliore prestazione media realizzata a Conselice, seguita da quella di Osimo, con uno scarto di 3 q ha⁻¹, quindi di Avigliano, Cesa e Gravina. Il comportamento delle varietà ha riflettuto in gran parte quello descritto per la resa in acheni, con alcune differenze: alcune hanno assicurato alte produzioni di olio grazie alla capacità produttiva degli acheni, indipendentemente dal contenuto lipidico degli stessi, come le sei accessioni in graduatoria, oltre a NX 64005; in altri casi l'elevata percentuale di olio ha migliorato il giudizio derivante dalla resa in acheni, come per Mas 91.IR, capace di guadagnare undici posizioni, Mauro e Orasole, sei, DKF 2727 e mas 89.OL, cinque, Mrthasol, quattro; sono stati rilevati anche casi contrari, in cui lo scarso contenuto in grasso del "seme" ha peggiorato la posizione in classifica: così Solaris, barolo e PR64H41 hanno perduto sei posizioni, Silhouet quattro.

Ad Avigliano, dove l'intero ciclo è risultato più contratto, anche a causa della semina appositamente ritardata per la particolare dislocazione della località (collina interna a 420 m s.l.m.), le cultivar hanno iniziato prima l'antesi, con 20 giorni di anticipo su Cesa, dove si è manifestato il maggior ritardo. Inotop e Sanbro MR sono risultate, mediamente, le più precoci; quest'ultima ha confermato tale caratteristica in 3 delle 5 località di prova; LG 56.72 HO, LG 56.68 e Mas 95.IR sono giunte alla fioritura più in ritardo, le ultime due anche in due dei cinque ambienti di studio.

Nonostante la disponibilità idrica del periodo primaverile la statura delle piante è rimasta su livelli abbastanza contenuti, sviluppandosi maggiormente a Conselice ed Osimo, mantenendosi su valori minimi a Gravina; la taglia massima e minima, infatti, sono state rilevate nelle suddette località con Methasol e Mauro, rispettivamente. Nella media, invece, la più alta è risultata Mas 89.OL; la più bassa Barolo.

In tabella 12 sono riportati i risultati delle prove svolte a Policoro. Le produzioni sono state notevoli e lo scarto produttivo rispetto alla località pugliese con condizioni in asciutto è stato rilevante (35 e 33% per la resa in acheni e olio), considerando che persino l'espressione del contenuto in olio è stata mediamente superiore di oltre due punti percentuali (44,0 vs 41,86). Doriana ha denotato i massimi caratteri produttivi: 6,22 e 2,72 t ha⁻¹ di produzione in acheni ed olio, 48,1% di tenore in sostanza grassa. Per il primo carattere altre cinque accessioni hanno superato le 5,0 t ha⁻¹ di resa in acheni: Oleko, che statisticamente non ha mostrato differenze da Doriana, Inostarck, DKF 3554 e PR64H41; le stesse, con l'aggiunta di Mas 90.T, hanno superato la soglia delle 2 t ha⁻¹ di olio teorico.

Tabella 12 - Caratteristiche produttive, fenologiche e biometriche degli ibridi a confronto a Policoro (MT) nel 2010.

Varietà	Prod. acheni al 9% di um.		Olio s.s.			
	t ha ⁻¹	grad.	contenuto		produzione	
			%	grad.	t ha ⁻¹	grad.
Doriana	6,22 a	1	48,1 a	1	2,72 a	1
Mas 84.E	4,53 ek	19	45,7 be	6	1,88 fi	17
Mas 83.R	4,40 hk	23	47,3 ab	2	1,90 ei	13
NK Camen	4,82 ch	13	42,5 il	24	1,87 fj	19
Inostarck	5,32 b	3	43,8 ek	15	2,12 bc	3
Mas 92.B	4,93 be	9	44,3 dj	13	1,99 cg	8
Sillouet	4,94 be	7	45,2 cg	9	2,03 bf	7
NX 64005	4,90 bf	11	44,3 dj	14	1,97 cg	9
Mas 90.T	4,98 be	6	46,7 ac	4	2,12 bd	4
PR64H41	5,06 bd	5	44,9 ch	11	2,06 bf	6
Ruby	3,82 lm	29	43,1 hl	18	1,50 ln	28
Sanbro MR	4,87 cg	12	42,7 il	21	1,89 ei	15
Barolo	4,61 ej	17	42,4 jl	25	1,78 gk	21
Mas 89.OL	4,17 jl	25	42,7 il	22	1,62 kn	26
DKF 2727	4,80 ch	14	43,2 gl	17	1,89 fi	16
Methasol	4,73 dh	15	43,0 hl	20	1,85 fj	20
Pacific	4,47 fk	20	43,1 hl	19	1,75 hk	22
Oleko	5,87 a	2	41,9 km	28	2,24 b	2
LG 56.68	4,68 di	16	45,5 bf	7	1,94 ch	11
Orasole	4,60 ej	18	45,5 bf	8	1,90 di	12
DKF 3554	5,19 bc	4	44,5 di	12	2,11 be	5
Solaris	4,94 be	8	41,6 lm	29	1,87 fj	18
Mas 91.IR	4,09 kl	26	45,9 bd	5	1,71 il	23
Mas 95.IR	3,94 lm	27	42,4 jl	26	1,52 ln	27
Arena PR	3,84 lm	28	42,3 jl	27	1,48 mn	29
Cartago	3,49 m	30	44,9 ch	10	1,43 n	30
Ollimi CL	4,92 be	10	43,5 fl	16	1,95 ch	10
Mauro	4,44 gk	22	46,8 ac	3	1,89 ei	14
LG 56.72 HO	4,27 il	24	42,7 il	23	1,66 jm	24
Inotop	4,45 fk	21	40,2 m	30	1,63 kn	25
Medie	4,68		44,0		1,88	
C.V. %	5,92		2,8		7,15	
LSD 0,05	0,45		2,0		0,22	

Risultati del biennio

Per garantire un più ampio margine di successo è auspicabile che le cultivar, stante il vivace ritmo di ricambio varietale che richiede un costante aggiornamento nel collaudo delle nuove costituzioni proposte sul mercato, siano testate per più anni allo scopo di garantire una sufficiente costanza e stabilità di prestazione (Del Gatto *et al.*, 2006).

In tabella 13 sono riportati i risultati medi relativi alle diciassette cultivar saggiate nel biennio 2009-2010 nei cinque ambienti oggetto di prova (Toscana, Emilia-Romagna, Umbria, Marche e Puglia).

Tabella 13 - Caratteristiche quali-quantitative degli ibridi in prova nel biennio 2009-2010.

Varietà	Produzione acheni t ha ⁻¹	Olio s.s.:		Emerg.- fioritura d	Ciclo emerg.-mat. d	Altezza pianta cm	Peso 1000 acheni g
		contenuto %	produzione t ha ⁻¹				
Arena PR	3,09 cd	44,5 de	1,31 bd	62 be	114 e	156 e	46,3 h
Barolo RM	3,22 bd	43,4 f	1,32 bd	63 ad	118 ae	157 e	57,6 ce
DKF3554	3,02 d	44,8 ce	1,30 cd	65 ab	120 ac	159 de	51,3 g
Doriana	3,49 a	47,4 a	1,56 a	64 ab	119 ae	168 ad	60,4 bc
LG 56.72 HO	3,21 bd	44,6 de	1,37 bd	65 a	117 ae	169 ac	60,2 bc
LG 56.68	3,01 d	46,1 b	1,34 bd	65 a	120 ad	157 e	55,5 ef
Mas 92.B	3,39 ab	44,8 ce	1,44 ab	64 ad	118 ae	173 a	64,5 a
NK Camen	3,27 ac	46,1 b	1,42 bc	61 de	121 a	159 de	60,4 bc
Oleko	3,19 bd	43,4 f	1,30 cd	57 g	117 ae	164 ae	64,6 a
Ollimi	3,08 cd	44,7 ce	1,29 cd	62 ae	121 ab	163 ae	52,1 g
Orasole	3,24 bd	45,7 bc	1,39 bd	61 de	116 de	168 ad	62,9 ab
Pacific	3,18 bd	44,5 de	1,32 bd	60 ef	117 ae	161 be	58,5 ce
PR64H41	3,34 ab	45,1 cd	1,41 bc	61 ce	116 be	155 e	58,8 cd
Ruby	3,27 ac	43,9 ef	1,34 bd	64 ac	118 ae	171 ab	56,3 de
Sanbro MR	3,24 bd	43,5 f	1,35 bd	58 fg	116 ce	164 ae	63,2 ab
Sillouet	3,21 bd	45,2 bd	1,36 bd	62 ae	114 e	160 ce	58,3 ce
Solaris	3,18 bd	42,3 g	1,27 d	65 a	117 ae	157 e	53,2 fg
Medie	3,21	44,7	1,36	62	118	162	57,9
C.V. %	14,82	6,9	18,65	9,4	6,9	12,4	10,2
LSD 0,05	0,24	0,3	0,13	3,0	n.s.	10,2	3,0

La produzione media di acheni è risultata soddisfacente, superando i 32 q ha⁻¹, mentre la peggiore è comunque risultata superiore alle 3 t ha⁻¹, a testimonianza della validità del materiale in valutazione.

Doriana ha fornito la migliore prestazione, sfiorando le 3,5 t ha⁻¹; ad essa si sono affiancate, con produzioni non differenti statisticamente Mas 92.B, PR64H41, NK Camen e Ruby.

La percentuale di olio degli acheni non è risultata molto elevata: Doriana ha evidenziato il migliore contenuto, mentre altri cinque ibridi hanno superato il valore del 45%.

Questo carattere ha inevitabilmente condizionato i risultati relativi alla resa in olio, dove solo Doriana, al vertice in tutte le graduatorie di merito produttivo, e Mas 92.B hanno mantenuto le posizioni più alte.

Riguardo alla precocità delle accessioni, intesa come intervallo di giorni tra l'emergenza e l'inizio della fioritura, quando cioè almeno il 50% delle calatidi di una varietà mostrano le ligule gialle perpendicolari al disco, otto giorni hanno separato l'ibrido che ha raggiunto per primo l'antesi (Oleko) dai più tardivi (LG 56.72, LG 56.68, Solaris e DKF3554). Per quanto riguarda l'intero ciclo, inteso come intervallo emergenza-maturazione agronomica, Sillouet e Arena PR sono state le più precoci, NK Camen e Ollimi le più tardive, con uno scarto di sette giorni.

L'altezza delle piante è risultata abbastanza contenuta, con 162 cm di media: Mas 92.B, la varietà più alta, ha raggiunto i 173 cm, PR64H41, la più bassa, 155.

Il peso medio degli acheni è oscillato tra gli 0,463 g di Arena PR e gli 0,645 di Mas 92.B.

Osservazioni conclusive

Nel vasto panorama delle varietà proposte per l'eliaticoltura italiana sono evidenti significative differenziazioni nei riguardi delle attitudini produttive e qualitative, nonché della stabilità di espressione di tali caratteristiche. Sulla base di queste osservazioni sembra indispensabile la verifica delle nuove costituzioni offerte con notevole dinamismo dal settore sementiero, per valorizzare ogni possibile opportunità di miglioramento delle rese, condizione essenziale per la sopravvivenza della coltura o della sua estensione ai comprensori meno facili. A tale esigenza risponde puntualmente la Rete nazionale di valutazione varietale finanziata dall'ASSOSEMENTI (AIS), che, nel biennio 2009-2010, ha visto ampliare il proprio campo di indagine, grazie alla collaborazione instaurata nell'ambito del progetto SuSCACE, per ottenere una valutazione di tipo globale, che coinvolga aspetti legati all'adattamento, produttività e qualità delle varietà proposte in ambito commerciale.

La sperimentazione ha posto in evidenza le buone potenzialità produttive del girasole in tutti gli ambienti colturali oggetto di indagine anche a dimostrazione della qualità del materiale posto in valutazione. I risultati hanno fornito una conferma delle caratteristiche agronomiche e produttive di un gruppo di varietà posizionate spesso ai vertici delle classifiche degli ultimi anni, tra cui vanno ricordate Doriana, Mas 92.B, PR64H41, NK Camen, Ruby e evidenziato ibridi molto interessanti e promettenti, come Mas 84.E, Mas 83.R, Inostarck, NX 64005, Mas 90.T, che, però, data la loro inclusione per la prima volta in valutazione, necessitano di conferme in successive esperienze.

Le varietà ad alto contenuto di acido oleico hanno anzitutto confermato un elevato e ormai stabile contenuto di questo acido grasso nelle diverse località, in alcuni casi con valori superiori al 90%. Inoltre hanno perso definitivamente quelle caratteristiche di taglia delle piante e tardività nel ciclo che le relegava ad essere etichettate come varietà di serie B, evidenziando, invece, una più spiccata precocità di fioritura ed una altezza equivalente alle altre. Soprattutto, però, hanno effettuato la salita di un ulteriore gradino verso la parità produttiva con i tipi convenzionali (Del Gatto *et al*, 2009), che nella stagione 2010 può dirsi pienamente raggiunta: la media produttiva delle varietà convenzionali in prova in tutte le località ha superato di appena 60 kg per gli acheni e 20 kg per l'olio la resa delle alto oleico, mentre ad Osimo, Gravina e Policoro queste ultime hanno offerto prestazioni superiori alle prime. Nell'arco temporale del biennio, invece, le varietà presenti si sono assolutamente equivate, confermando la raggiunta equiparazione fra i diversi tipi. L'utilizzo di varietà ad alto contenuto di acido oleico nella frazione lipidica, non comportando alcuna differenza nella tecnica di coltivazione, permette, grazie alla maggiore versatilità di utilizzo dell'olio ad elevato tenore in acido C 18:1 la destinazione ad un'ampia gamma di impieghi.

Bibliografia

- Del Gatto A., Pieri S., Laureti D., 2006. Valutazione di ibridi commerciali di girasole nelle Marche. *Dal seme*, 2, 40-52.
- Del Gatto A., Toscano G., Foppa Pedretti E., Seghetta D., Angelini P., Pieri S., Cardinali A., 2008. Il girasole alto oleico: nuove opportunità per una coltura multifunzionale. *Dal seme*, 4, 55-62.
- Del Gatto A., Pieri S., Ridoni G., Sarti A., Cozzolino E., Leone V., 2009. Quale girasole seminare nel 2009. *L'Informatore Agrario*, 10, 45-49.
- Frascarelli A., 2010. Dalla pac una spinta al girasole. *L'Informatore Agrario*, 12, 45-47.
- Laureti D., Monotti M., Conti D., Del Pino A.M., Pieri S., Ridoni G. 2006. Girasole: panorama varietale per il 2006. *L'Informatore Agrario LXII* 10, Speciale Girasole, 34-39.
- Monotti M., Del Pino A.M., Tanzi F., Coletti A., Laureti D., Mazzoncini M., Sunseri F., Capitanio R., Polazzo D., Pieri, S., Brugna E., 1998. Valutazione di varietà di girasole in diversi ambienti italiani nel 1997. *L'Informatore Agrario*, LIV, Supplemento al n. 10, 9-30.
- Monotti, M., Laureti, D., Conti, D., Del Pino A.M.; Pieri; S., Ridoni, G., 2001. Valutazione di varietà di girasole per la coltivazione in Italia. *L'Informatore Agrario LVII* 11, Speciale Girasole, 49-56.
- Monotti, M., Conti D., Laureti D., Del Pino A.M., Pieri S., Ridoni G. 2003. Valutazione di varietà di girasole in ambienti dell'Italia centrale. *L'Informatore Agrario LIX*, 11, Speciale Girasole, 35-41.

- Monotti M., Laureti D., Conti D., Del Pino A.M.; Pieri S., Ridoni G. 2004. Girasole: conferme e novità della sperimentazione varietale 2003. L'Informatore Agrario LX 10, Speciale Girasole, 47-55.
- Monotti M., Laureti D., Conti D., Del Pino A.M.; Pieri S., Ridoni G. 2005. Nuovi aggiornamenti del panorama varietale del girasole. L'Informatore Agrario LXI 10, Speciale Girasole, 35-39.

b - Un biennio di prove di valutazione di cultivar di *Brassica napus* e *Brassica carinata* in Italia

*A two-years long assessment tests of Brassica napus
and Brassica carinata cultivars in Italy*

Andrea Del Gatto*, **Sandro Pieri***, **Mario Di Candilo****,
Giuseppe De Mastro*, **Marco Signor[◇]**, **Gianluca Carboni[◇]**,
Giovan Mario Ridoni[^]

Riassunto

La drastica riduzione della produzione bieticola nazionale a seguito della riforma OCM zucchero ha comportato la necessità di riconversione delle superfici un tempo destinate alla chenopodiacea con colture, magari a destinazione energetica, per le quali è quanto mai indispensabile l'approfondimento delle ricerche in campo agronomico in relazione alla loro adattabilità agli ambienti di produzione.

A tale scopo, nell'ambito del progetto SuSCACE, è stata impostata, nel biennio 2009-2010, una rete di prove di valutazione di 34 varietà di colza e 7 di *Brassica carinata* distribuite rispettivamente da 16 e 3 ditte sementiere, in 6 località, con un disegno sperimentale a blocco randomizzato con 3 ripetizioni, parcelle di 15-18 m², una densità di investimento di 60-65 semi germinabili m⁻².

* Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura Centro di Ricerca Colture Industriali (CRA-CIN) Ex S.O.P. Osimo (AN).

** Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura-Centro di ricerca per le Colture Industriali (CRA-CIN), Bologna.

[^] Dipartimento di Scienze Agro-ambientali e Territoriali, Facoltà di Agraria, Università degli Studi, Bari.

[◇] Agenzia regionale per lo Sviluppo rurale - ERSA, Gorizia.

[◇] Agris Sardegna-Dipartimento per la Ricerca nelle Produzioni Vegetali, Cagliari.

[^] Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel settore Agricolo Forestale-ARSIA, Firenze.

L'andamento climatico, specialmente nel secondo anno, ha fortemente condizionato le colture particolarmente nelle località estreme, penalizzando drasticamente la produzione in ambienti tradizionalmente vocati, esaltandola in altri dove invece la coltura fatica normalmente a trovare condizioni confacenti.

I risultati hanno evidenziato differenze sostanziali tra genotipi, giunte anche fino al 40% della migliore produzione. Le cultivar ibride hanno confermato la loro superiorità, denotando, generalmente, una maggiore vigoria e produttività delle altre, con l'eccezione di Alpaga, unica linea pura del gruppo di merito, che ha evidenziato il miglior contenuto in olio. Excalibur, Pulsar, Tassilo, Exagone, NK Formula, si sono dimostrate, inoltre, in grado di fornire sufficienti garanzie di stabilità.

La *Brassica carinata* ha mostrato minori capacità produttive, non tanto per la resa in seme, quanto relativamente al tenore in olio, mediamente inferiore di oltre 9 punti percentuali. Tale indicazione suggerisce il consolidamento di programmi di selezione per la costituzione di varietà a più alto contenuto di olio per colmare questo gap. In ogni caso, fra le varietà a confronto si sono distinte CT 180 CT 204 e Serena, che hanno evidenziato risultati apprezzabili.

Parole chiave: colza, carinata, biodiesel, olio, ibrido, varietà.

Abstract

A drastic reduction of national beet production led to reconversion of areas once appointed to Chenopodiaceae, as a consequence of sugar OCM reform.

Main alternatives, individualized in the bio-energetic chain, make a research deepening in the agronomical matter very necessary, in relation to adaptability to the production localities of energy destined cultivations.

Among cultivations, rape seed and Brassica carinata play an interesting role for both environmental and economical implications.

The "Scientific Support to Agronomical Conversion towards Energetic Cultivation" (SUSCACE) project was born as a support to the reconversion plans of the major national sacchariferous industries towards different agro-energetic chains.

In this context, SUSCACE deals with the study of certain aspects of the agronomical technique, which may be fundamental for the cultivation outcome, including varietal selection.

In order to achieve this aim, from (2008) 2009-(2009) to 2010 a network of evaluation tests of 34 different rape seed varieties and 7 of Brassica carinata was planned.

Rape seed varieties were distributed to 16 seed companies, while Brassica carinata to 3 ones.

Tests were made in 6 locations, separately for the 2 species and they were based on a block randomized experimental design and in triplicate for both the species.

Seeding areas were 15-18 m² wide (with an exploitable surface of 10 m² at least) and the investment density was of 60-65 germinable seeds m⁻².

The chosen sowing season enabled the achievement of the “rosette phase” as soon as the first winter cold arrived.

Main phenological, morphological and productive remarks were made during tests execution.

Climatic trend greatly affected development of cultivations, particularly in extreme locations and especially during the second year of experimentation (2010).

This drastically penalized production in traditionally vocated locations, exalting it in other areas where cultivation are hardly able to normally find suitable conditions.

Results have confirmed the necessity to provide farmers with supporting information about varietal selection, which remains one of the most crucial points in the management of an agricultural cultivation, which is so sensitive from this point of view.

For colza seed, in fact, differences among genotypes have been essential, amounting till 40% of the best production.

Furthermore, fast renewal of varietal range should not be disregarded, since it necessitates specification of information about genotype adaptability, introducing new cultivars selected for locations that are different from ours, where the cultivations are much more widespread.

Hybrid cultivars have confirmed their superiority, generally indicating greater productivity and vitality than other varieties.

One exception was Alpaga, the only pure line of the merit group, which has denoted the best oil content.

Moreover Excalibur, Pulsar, Tassilo, Exagone, NK Formula have shown to provide sufficient guarantees of stability.

Brassica carinata has revealed less productive capacity, not in relation to seed yields, but mostly to oil content, that is in medium 9 percentage points lower.

This big difference in lipid content suggests the consolidation of some breeding programs for the constitution of varieties characterized by a greater oil content.

These selections are directed to fill a gap essentially due to the relatively recent interest in this plant and the resulting scanty progress achieved in its genetic improvement so far, in order to take advantage of benefits showed by Brassica carinata respect to Brassica napus.

In connection with that, Brassica carinata may be more favorably used in areas where the typical climatic conditions make the cultivation of rape seed particularly difficult.

It is exemplifying that in Sardegna the varietal test on rape seed was compromised because of the critical wind conditions during the harvesting phase, widening the already delicate issue of spontaneous siliques' dehiscence.

On the contrary, Brassica carinata harvesting was regularly performed in the same areas, as it is known to be insensible to this problem.

In any case, CT 180, CT 204 and Serena have shown good results distinguishing themselves among all the tested varieties.

Keywords: rape seed, mustard, oil, hybrid, variety.

Introduzione

Negli ultimi anni la coltivazione del colza sembra aver ridestato nuovo interesse negli operatori del mondo agricolo. Questa coltura, tipicamente diffusa nelle nazioni del Centro-Nord Europa, (l'UE rappresenta il leader fra i paesi produttori mondiali; Germania e Francia detengono più del 70% della produzione Comunitaria, seguite da Polonia e Gran Bretagna), ha fatto riscontrare nel nostro paese un'inversione di tendenza con un rilevante incremento percentuale della superficie investita, anche se modesto in termini assoluti, vuoi per la tradizionale diffidenza degli agricoltori verso colture diverse da quelle più familiari, vuoi per alcuni difetti (deiscenza delle silique, suscettibilità all'allettamento) evidenti in vecchie varietà, vuoi per insuccessi subiti per cattivi impianti della coltura (Onofri *et al.*, 2005).

Con lo sviluppo delle bioenergie, invece, il colza torna ad essere una coltura di interesse (Palmieri *et al.*, 1992) sia per i risvolti ambientali, che per quelli economici (Boschetti, 2008).

Così se nel corso dei primi anni del duemila il riallineamento degli aiuti ai semi oleaginosi e la nuova politica del disaccoppiamento ha drasticamente ridimensionato, riducendo significativamente gli effetti meramente speculativi ad esso associati, gli investimenti a colza nel nostro paese, portando fino al limite minimo di circa 3.000 ha (Menguzzato *et al.*, 2007) la superficie nazionale dedicata alla coltura, nell'ultimo triennio si è assistito ad una apprezzabile ripresa degli investimenti. A tal proposito hanno giocato un ruolo determinante il sensibile calo dei prezzi dei cereali e la drastica riduzione della produzione bieticola nazionale a seguito della riforma OCM zucchero che ha comportato la necessità di riconversione delle superfici destinate alla chenopodiacea (Marinelli, 2009), processo già in atto a causa del sopra ricordato effetto della modifica e relative convenienze legate al disaccoppiamento degli aiuti comunitari che hanno collocato gli agricoltori in un contesto di assoluta incertezza.

Le principali alternative, individuate nella filiera bionergetica, rendono quanto mai indispensabile l'approfondimento delle ricerche in campo agronomico in relazione all'adattabilità delle coltivazioni a destinazione energetica agli ambienti di produzione (Innocenti *et al.*, 2008; Laureti, 1989), affinando la tecnica colturale in funzione della massimizzazione delle rese e riduzione dei costi colturali, in un contesto di organizzazione della logistica e razionalizzazione della filiera (Lazzeri *et al.*, 2009).

In questo ambito il progetto SuSCACE (Supporto Scientifico alla conversione Agricola verso le Colture Energetiche), nato come risposta del MIPAAF alla domanda di ricerca formulata dalle proprietà industriali Eridania Sadam, S.F.I.R., Co.Pro.B. Italia Zuccheri, a supporto dei loro piani di riconversione del settore bieticolo-saccarifero verso le diverse filiere agro-energetiche, per favorire, nei bacini di approvvigionamento degli impianti derivati dagli zuccherifici, la conversione delle superfici destinate a barbabietola da zucchero in colture energetiche, ha affrontato nel

sottoprogetto “Aggiornamento delle conoscenze inerenti la scelta varietale e l’agrotecnica delle principali colture erbacee dedicate alla produzione dei biocombustibili solidi (biomasse) e liquidi (biodiesel e bioetanolo)” lo studio di alcuni aspetti di tecnica agronomica che possono risultare fondamentali nella riuscita della coltura. Tra queste la scelta delle varietà adatta all’ambiente di coltivazione è determinante per conseguire risultati economicamente validi (Toniolo *et al.*, 1992), anche perché le numerose varietà disponibili sono frutto del lavoro di miglioramento genetico svolto all’estero, data l’importanza che, come già detto, questa coltura riveste al di fuori dei confini nazionali (Mosca *et al.*, 2007).

Numerosi sono i tipi disponibili (De Mastro e Bona, 1998): in base all’habitus si distinguono varietà non alternative (più adatte agli areali centro settentrionali) e varietà alternative (più indicate per le zone meridionali); dal punto di vista genetico si individuano linee pure (L), associazioni varietali (AV), di solito costituite da un miscuglio di seme contenente per l’80% una linea maschio sterile e per la restante porzione un’impollinante, o veri e propri ibridi (H); a seconda della composizione acida dell’olio si distinguono varietà “O” (con assenza di acido erucico) e “OO” (con, inoltre, basso contenuto di glucosinolati) o ad alto contenuto di acido erucico (> 60%).

Accanto al colza un’altra coltura praticabile al fine di un suo utilizzo dal punto di vista energetico è la *Brassica carinata*, una brassicacea oleifera che presenta moltissime affinità morfologiche e colturali con il più conosciuto colza, ma che, d’altro canto, presenta molti aspetti vantaggiosi: la maggiore rusticità, la più lunga durata del periodo fioritura-maturazione e la maggiore capacità di valorizzare le scarse precipitazioni primaverili che la rendono più resistente a condizioni di stress idrico, la minore esigenza in concimazioni minerali che si traduce in un cospicuo risparmio di azoto da somministrare, la maggiore resistenza a talune avversità parassitarie, il pressoché inesistente fenomeno della deiscenza delle silique che le consente di superare i problemi di perdita alla raccolta che affliggono invece il colza (Del Gatto *et al.*, 2010)

L’interesse relativamente recente per questa coltura non ha permesso un deciso implemento nel lavoro di miglioramento genetico sulla specie che, allo stato attuale, vanta poche varietà disponibili (meno di una decina) per cui resta, comunque, indispensabile una valutazione di adattamento ambientale.

Organizzazione della sperimentazione

Al fine di valutare adattamento e potenzialità produttiva delle principali varietà commercializzate nel territorio nazionale, ed in special modo negli areali maggiormente interessati al fenomeno di riconversione agricolo-industriale innescato dalla riforma, individuati dalle imprese saccarifere coinvolte nel progetto, è stata imposta, nel biennio (2008-) 2009/(2009-) 2010, una rete di prove di valutazione di 34 va-

rietà di colza e 7 di *Brassica carinata* distribuite rispettivamente da 16 e 3 ditte se-
mentiere (Tab.1).

Tabella 1 - Elenco dei materiali in valutazione e relativa ditta distributrice.

<i>Brassica napus*</i>		<i>Brassica carinata</i>	
VARIETA'	DITTA	VARIETA'	DITTA
1 ES ARTIST	APSOVSEMENTI	1 CT 180	CEREALTOSCANA
2 ES BETTY	APSOVSEMENTI	2 CT 204	CEREALTOSCANA
3 VECTRA	CARLAIMPORT SEMENTI	3 ISCI 7	CEREALTOSCANA
4 HERCULES	CARLAIMPORT SEMENTI	4 SINCRON	PRO.SE.ME
5 EXAGONE	DEKALB-AGROQUALITA'	5 SERENA	PRO.SE.ME
6 EXCALIBUR	DEKALB-MONSANTO	6 CARINA	SYNGENTA
7 CATALINA	DEKALB-MONSANTO	7 CT 207	CEREALTOSCANA
8 <u>FACILE</u>	FLORISEM		
9 ALPAGA	FLORISEM		
10 KUTIBA	ISEA		
11 ILIA	ISEA		
12 REMY	KWS Italia Spa		
13 TASSILO	KWS Italia Spa		
14 CHAMPLAIN	LIMAGRAIN		
15 SAVANNAH	LIMAGRAIN		
16 MAKILA	MAISADOUR		
17 TOCCATA	MAISADOUR		
18 HYBRISTAR	MORETTI CEREALI		
19 HYBRIGOLD	MORETTI CEREALI		
20 SHAKIRA	PADANA SEMENTI ELETTE		
21 HENRY	PADANA SEMENTI ELETTE		
22 PR46W10	PIONEER		
23 PR46W14	PIONEER		
24 <u>PR45D04</u>	PIONEER-AGROQUALITA'		
25 ECARLATE	SEMFOR		
26 ACROBATE LSC 72	SEMFOR		
27 <u>AVENIR</u>	SIS		
28 PULSAR	SIS		
29 NK PETROL	SYNGENTA		
30 NK FORMULA	SYNGENTA		
31 HORNET	VENTUROLI		
32 LIONESS	VENTUROLI		
33 TRAVIATA	KWS Italia Spa		
34 FORZA	MORETTI CEREALI		

* In neretto le cultivar ibride, in corsivo le varietà a libera impollinazione, sottolineate quelle dwarf o semi-dwarf

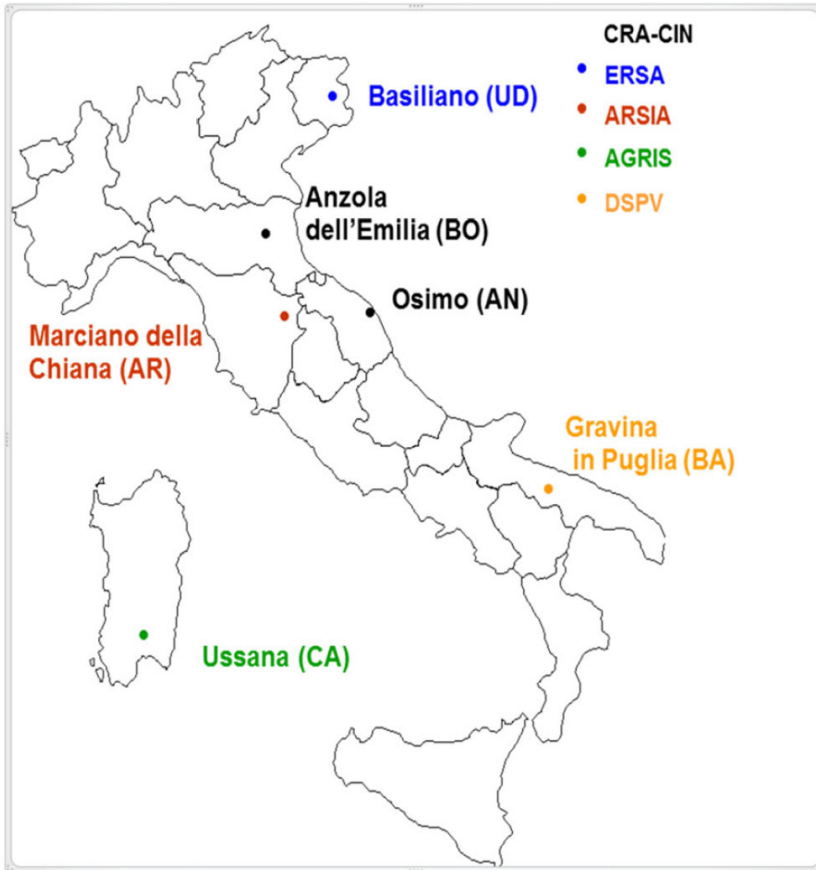


Figura 1 - Località di prova e unità operative coinvolte nella sperimentazione.

Le prove sono state effettuate in 6 località (Fig. 1), separatamente per le due specie, adottando, per entrambe, un disegno sperimentale a blocco randomizzato con 3 ripetizioni, parcelle di 15-18 m² (con una superficie utile di raccolta di almeno 10 m²), una densità di investimento di 60-65 semi germinabili m⁻² ed un'epoca di semina tale da consentire il raggiungimento dello stadio di rosetta all'arrivo dei primi freddi.

Durante l'esecuzione delle prove sono stati effettuati i seguenti rilievi: data di semina, emergenza, inizio e fine fioritura, maturazione agronomica e raccolta; investimento all'emergenza, a fine inverno, alla raccolta; precocità di ripresa vegetativa, altezza della pianta, presenza di patogeni; allettamento, deiscenza delle silique, superficie raccolta, peso campione parcellare; umidità; contenuto di olio nei semi (determinazione NMR); produzione parcellare; peso di 1.000 semi in sostanza secca; sono stati inoltre calcolati resa areica in granella e olio.

Istituzioni coinvolte e responsabili che hanno condotto le ricerche sono indicati in tabella 2.

Tabella 2 - Località, istituzioni e responsabili della sperimentazione.

Località di prova	Istituzione	Responsabile
Basiliano (UD)	Agenzia regionale per lo Sviluppo rurale –ERSA-Via Montesanto 17 - 34170 Gorizia	Dr. Marco Signor
Anzola dell'Emilia (BO)	Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura-Centro di ricerca per le Colture Industriali (CRA-CIN), Via di Corticella, 133, 40128 Bologna	Dr. Mario Di Candilo
Località Cesa Marciano della Chiana (AR)	Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel settore Agricolo Forestale-ARISA-, Via Pietrapiana 30, 50121 Firenze	Dr. Giovan Mario Ridoni
Osimo (AN)	Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura-Centro di ricerca per le Colture Industriali (CRA-CIN) Ex SOP, Via Cagiata, 90, 60027 Osimo (AN)	Dr. Andrea Del Gatto (coordinatore)
Ussana (CA)	Agris Sardegna-Dipartimento per la Ricerca nelle Produzioni Vegetali ,V.le Trieste, 111, - 09123 Cagliari	Dr. Gianluca Carboni
Gravina in Puglia (BA)	Dipartimento Scienze Produzione Vegetali (DSPV), Facoltà di Agraria – Università degli Studi, Via Amendola 165/A, 70126 Bari	Prof. Giuseppe De Mastro

Risultati

2008-2009

Il perdurare di condizioni meteo avverse, che hanno preceduto e seguito la semina della prova in Toscana, non hanno consentito una sufficiente emergenza delle colture per cui i risultati delle prove per colza e carinata relativi alla suddetta regione non sono stati inseriti; lo stesso dicasi per quanto riguarda la *B. carinata* in Friuli ed in Puglia, dove l'emergenza è stata insufficiente ad assicurare una densità adeguata della coltura e la prova non è stata presa in considerazione; in Sardegna, invece, un eccezionale burrasca di scirocco in prossimità della raccolta ha inficiato la prova varietale di *B. napus*; non altrettanto per la *B. carinata* che gode di pregevoli caratteristiche di indeiscenza delle silique.

In relazione alle condizioni meteorologiche gli ambienti di coltivazione sono risultati quanto mai diversificati (Fig. 2). Basiliano ha presentato un decorso pluviometrico a dir poco eccezionale, con precipitazioni superiori di quasi 800 mm a quelle, già abbondanti, riscontrate nella media poliennale nel periodo novembre-marzo e temperature che raramente sono risultate sotto media; ad Anzola le temperature sono sempre state superiori alla media tranne nei mesi di dicembre-febbraio, mentre le precipitazioni, normalmente non particolarmente abbondanti, sono cadute più copiose di oltre 100 mm nel mese di novembre; ad Osimo l'andamento meteo è risultato abbastanza regolare, con precipitazioni superiori alla norma nel periodo invernale e

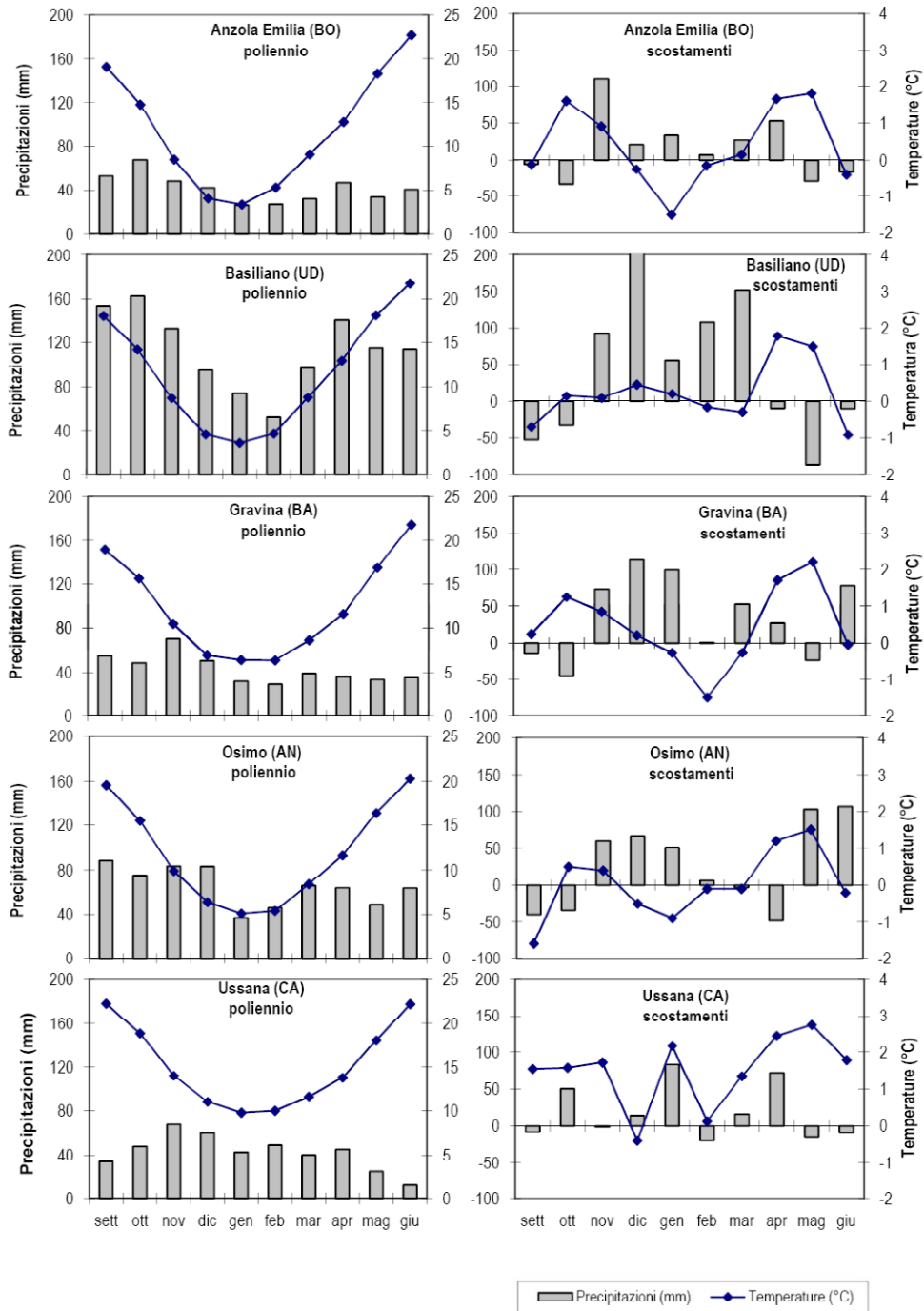


Figura 2 - Precipitazioni e temperature medie poliennali delle località e loro scostamenti rilevati nel primo anno.

di fine primavera, con temperature più basse nel mese di settembre e nel periodo invernale che si sono repentinamente innalzate nel mese di aprile e maggio. Le località meridionali hanno fruito di un incremento nelle piogge, solitamente scarse, nei mesi di ottobre, gennaio e aprile, per Ussana, e nei mesi invernali e di inizio primavera, per Gravina, con temperature, però, quasi sempre al di sopra della media poliennale.

B. napus

Riguardo la produzione in granella l'ambiente settentrionale di Anzola dell'Emilia è quello che meglio degli altri ha permesso alle accessioni di esplicitare le potenzialità produttive; si sono sfiorate, infatti, le 4 tonnellate di resa media, con una differenza di quasi 12 q rispetto alla media di campo della località marchigiana (28 q ha⁻¹), subito seguente per produttività quella emiliana. Nei due ambienti di latitudine estrema, invece, le cultivar hanno conseguito risultati decisamente inferiori, cosa presumibilmente prevedibile per la località pugliese, alquanto inusuale per quella friuliana.

In quest'ultimo caso, come già accennato, all'inverno particolarmente piovoso, che sicuramente ha influito negativamente sulla capacità di approfondimento radicale e di assorbimento dell'azoto da parte della pianta, ha fatto seguito un periodo, corrispondente alla fase di riempimento dei semi, caldo e siccitoso che ha drasticamente decurtato le produzioni che sono perciò risultate più basse di quelle realizzate negli anni passati, del tutto assimilabili a quelle ottenute nella stessa annata in altre realtà del medesimo areale. La prova ha comunque permesso una certa differenziazione produttiva fra le tesi (Tab. 3): Excalibur ed Alpaga hanno raggiunto le migliori produzioni superando, insieme ad Hornet, i 21 q ha⁻¹ nella resa in granella; hanno seguito, con produzioni assimilabili e senza differenze statisticamente significative tra loro e con le prime, PR46W10, Exagone, Ecarlate, Toccata, PR46W14, Champlain e Pulsar.

Ad Anzola la differenziazione statistica fra le performance produttive delle accessioni è stata relativa: ben 16 cultivar hanno superato o raggiunto le 4 t di resa etariale, due di esse, Hornet e ES Betty, oltrepassando 4,5 t ha⁻¹.

Ad Osimo Pulsar ha raggiunto il vertice della graduatoria (3,36 t ha⁻¹), non differenziandosi statisticamente da Alpaga, Facile, Acrobat LSC 72 e Lioness (tutte con produzioni comunque superiori ai 30 q ha⁻¹), Tassilo, Hybristar e Remy.

A Gravina di Puglia tra le migliori varietà figurano Hybristar (2,05 t ha⁻¹) e Vectra (2,03 t ha⁻¹) le uniche due a superare la soglia dei 20 q ha⁻¹, insieme a Champlain, Acrobat LSC 72, Hercules, Hornet, PR46W14, NK Formula, Alpaga ed Excalibur.

Nella colonna relativa alla media cumulata delle località la migliore e la peggiore accessione hanno presentato un divario produttivo di 75 kg, mentre la resa media di tutte le tesi ha sfiorato i 25 q ha⁻¹.

Hornet è risultata la varietà più produttiva con 28,2 q ha⁻¹; a seguire altre undici accessioni non si sono diversificate statisticamente da queste: tra esse figura una sola linea pura, Alpaga, con la seconda prestazione in assoluto insieme ad altri dieci ibridi (Hybristar, PR46W14, Excalibur, Pulsar, Vectra, NK Formula, ES Betty, Champlain, Hercules e Toccata).

Tabella 3 - Produzione di granella al 9% di umidità nella stagione 2008-2009.

Varietà	Anzola Emilia (BO)		Basiliano (UD)		Gravina (BA)		Osimo (AN)		Media 2009	
	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.
HORNET	4,54 a	1	2,15 ab	3	1,77 ae	6	2,83 bg	15	2,82 a	1
ALPAGA	4,00 ad	16	2,16 a	2	1,69 ag	9	3,24 ab	2	2,77 ab	2
HYBRISTAR	4,23 abc	7	1,73 cj	15	2,05 a	1	2,93 af	8	2,73 ac	3
PR46W14	4,37 ac	5	1,94 ae	8	1,73 af	7	2,68 dg	23	2,68 ad	4
EXCALIBUR	3,87 ad	20	2,18 a	1	1,67 ah	10	2,89 bf	10	2,65 ae	5
PULSAR	4,11 ad	12	1,85 ag	10	1,25 hm	21	3,36 a	1	2,65 ae	6
VECTRA	4,22 ac	8	1,71 cj	16	2,03 ab	2	2,61 dg	25	2,64 ae	7
NK FORMULA	4,35 ac	6	1,66 cj	21	1,71 ag	8	2,84 bg	14	2,64 ae	8
ES BETTY	4,53 a	2	1,81 bh	11	1,29 gm	20	2,72 dg	21	2,59 af	9
CHAMPLAIN	3,71 ad	26	1,88 af	9	1,99 ac	3	2,76 cg	19	2,59 af	10
HERCULES	4,09 ad	13	1,71 cj	17	1,83 ad	5	2,71 dg	22	2,58 af	11
TOCCATA	4,06 ad	14	1,94 ae	7	1,53 dj	13	2,79 bg	16	2,58 ag	12
ACROBATE LSC 72	3,57 bd	28	1,50 hj	28	1,97 ac	4	3,03 ad	5	2,52 bg	13
NK PETROL	3,97 ad	17	1,81 ch	12	1,52 dj	14	2,73 dg	20	2,51 bh	14
TASSILO	4,37 ac	4	1,09 k	32	1,61 bi	11	2,96 ae	6	2,51 bh	15
REMY	4,13 ad	10	1,69 cj	19	1,21 im	24	2,93 af	7	2,49 bi	16
LIONESS	4,14 ad	9	1,56 fj	26	1,21 im	23	3,03 ad	4	2,49 bi	17
FACILE	3,97 ad	18	1,74 cj	14	0,99 km	29	3,20 ac	3	2,47 bi	18
ECARLATE	3,80 ad	22	1,95 ad	6	1,37 el	17	2,77 cg	17	2,47 ci	19
CATALINA	3,87 ad	21	1,80 ci	13	1,34 em	18	2,88 bf	11	2,47 ci	20
HYBRIGOLD	4,47 ab	3	1,71 cj	18	0,94 mn	31	2,77 cg	18	2,47 ci	21
AVENIR	4,12 ad	11	1,63 dj	22	1,20 im	25	2,87 bf	12	2,46 ci	22
PR46W10	4,03 ad	15	1,98 ac	4	1,21 im	22	2,52 eg	30	2,44 di	23
EXAGONE	3,63 ad	27	1,97 ad	5	1,14 im	27	2,90 bf	9	2,41 di	24
PR45D04	3,78 ad	23	1,66 cj	20	1,57 ci	12	2,60 dg	26	2,40 di	25
ES ARTIST	3,96 ad	19	1,46 ij	30	1,19 im	26	2,85 bg	13	2,37 ei	26
SHAKIRA	3,74 ad	25	1,54 gj	27	1,51 dj	15	2,54 eg	29	2,33 fj	27
SAVANNAH	3,77 ad	24	1,58 fj	24	1,12 im	28	2,66 dg	24	2,28 gj	28
ILIA	3,47 cd	31	1,56 fj	25	1,42 dk	16	2,41 g	32	2,21 hj	29
HENRY	3,56 bd	30	1,44 j	31	1,32 flm	19	2,48 fg	31	2,20 ij	30
KUTIBA	3,57 bd	29	1,60 ej	23	0,52 n	32	2,59 dg	28	2,07 j	31
MAKILA	3,26 d	32	1,48 hj	29	0,95 lm	30	2,59 dg	27	2,07 j	32
Medie	3,98		1,73		1,43		2,80		2,49	
C.V. %	14,48		12,11		18,30		9,95		14,90	
LSD 0,05	0,94		0,34		0,43		0,45		0,30	

Tabella 4 - Contenuto di olio in sostanza secca nella stagione 2008-2009.

Varietà	Anzola Emilia (BO)		Basiliano (UD)		Gravina (BA)		Osimo (AN)		Media 2009						
	%	grad.	%	grad.	%	grad.	%	grad.	%	grad.					
HORNET	44,7	af	9	42,2	bg	21	43,4	gh	29	44,4	ci	16	43,7	fn	18
ALPAGA	45,7	ab	2	42,9	ae	10	47,3	a	1	46,3	a	1	45,6	a	1
HYBRISTAR	43,3	dj	25	42,4	bg	19	45,5	af	9	42,8	jk	28	43,5	ip	24
PR46W14	44,4	ai	13	42,9	ae	11	46,1	ac	4	45,2	ad	6	44,7	ae	6
EXCALIBUR	45,0	ae	7	43,2	ad	5	45,2	bh	12	43,6	ej	20	44,2	ci	11
PULSAR	42,0	j	32	42,7	af	14	44,6	ch	19	44,9	bd	9	43,6	gp	20
VECTRA	42,4	hj	30	42,5	bg	17	44,5	ch	20	42,8	jk	29	43,0	mp	29
NK FORMULA	45,2	ad	5	43,5	ac	3	45,3	bg	10	44,5	ch	14	44,6	bf	7
ES BETTY	42,7	fj	28	42,0	dg	28	43,3	gh	31	42,7	jk	30	42,7	op	31
CHAMPLAIN	44,5	ah	11	42,2	cg	25	44,9	ch	14	43,5	fk	23	43,7	en	17
HERCULES	42,5	gj	29	41,3	g	32	44,7	ch	16	42,7	jk	31	42,8	np	30
TOCCATA	44,6	ag	10	43,6	ab	2	45,8	ad	7	43,9	dj	19	44,5	bg	8
ACROBATE LSC 72	45,6	ac	3	43,2	ae	6	47,1	ab	2	45,2	ad	4	45,3	ab	3
NK PETROL	43,8	bj	21	42,2	cg	23	43,8	eh	27	43,2	hk	26	43,2	kp	26
TASSILO	44,8	af	8	43,4	ad	4	46,9	ab	3	45,0	ad	8	45,0	ac	4
REMY	43,5	cj	22	42,2	cg	22	44,0	dh	26	43,4	gk	25	43,3	ip	25
LIONESS	45,2	ad	4	43,9	a	1	45,9	ad	5	46,2	ab	2	45,3	ab	2
FACILE	44,4	ai	16	43,1	ae	7	44,5	ch	21	44,4	ci	15	44,1	cl	14
ECARLATE	44,4	ai	14	42,6	ag	15	44,7	ch	17	43,5	ek	21	43,8	dm	16
CATALINA	44,2	bi	19	43,0	ae	9	44,9	ch	13	45,2	ad	5	44,3	ci	10
HYBRIGOLD	42,3	ij	31	41,8	eg	30	44,3	ch	22	44,2	ci	17	43,1	lp	28
AVENIR	43,1	dj	26	42,0	dg	29	43,3	h	32	42,2	k	32	42,7	p	32
PR46W10	44,2	bi	18	42,8	af	12	44,1	dh	25	43,4	gk	24	43,6	go	19
EXAGONE	43,4	dj	24	43,0	ae	8	45,7	ae	8	44,1	dj	18	44,0	dl	15
PR45D04	45,1	ad	6	42,1	cg	26	45,9	ad	6	44,8	cf	11	44,5	bh	9
ES ARTIST	42,9	ej	27	42,1	cg	27	44,2	dh	23	43,5	ek	22	43,2	lp	27
SHAKIRA	44,4	ai	15	42,7	af	13	44,8	ch	15	44,8	be	10	44,2	cj	12
SAVANNAH	44,5	ah	12	42,6	ag	16	44,1	dh	24	45,4	ac	3	44,2	ck	13
ILIA	43,5	dj	23	42,2	cg	24	43,7	fh	28	44,7	cg	12	43,5	ip	22
HENRY	44,0	bj	20	42,3	bg	20	44,7	ch	18	43,0	ik	27	43,5	ip	23
KUTIBA	44,3	ai	17	41,4	fg	31	43,4	gh	30	45,1	ad	7	43,6	hp	21
MAKILA	46,3	a	1	42,5	bg	18	45,3	bg	11	44,7	cg	13	44,7	ad	5
Medie	44,1			42,6			44,9			44,2			43,9		
C.V. %	2,9			2,0			2,7			1,9			2,7		
LSD 0,05	2,1			1,4			2,0			1,4			0,9		

Il contenuto in olio dei semi (Tab. 4), espresso come percentuale del peso secco, è risultato più o meno equivalente in tutte le località, risultando mediamente inferiore di meno di due punti percentuali a Basiliano, a conferma del fatto che il carattere risulta fortemente legato al genotipo. Le differenze tra varietà sono state poco marcate, oscillando tra i 2,6 punti percentuali della località udinese ed i quasi 4 delle altre. Il valore più alto è stato raggiunto in Puglia con Alpaga (47,3 %), che ha anche fatto registrare il contenuto più elevato (45,6 %) nella media generale, il valore più basso a Basiliano con Hercules (41,3 %), mentre nella media complessiva è Avenir che è risultata la cultivar con il tenore inferiore.

Anche per la produzione in olio (Tab. 5) Anzola ed Osimo sono risultati gli ambienti più favorevoli, mentre a Basiliano e a Gravina le rese medie sono rimaste lontane dalla tonnellata di olio ha⁻¹, valore sfiorato nella media fra le località. In quest'ultima graduatoria non tutte le costituzioni hanno confermato le posizioni di vertice raggiunte per la resa in acheni: Vectra, Champlain, Hercules ed ES Betty a causa dello scarso tenore in olio non possono più essere annoverate fra le migliori, al contrario di Acrobat LSC 72, che, proprio grazie all'espressione di un buon contenuto in olio, guadagna quattro posizioni rientrando tra le migliori nove accessioni. Nelle singole località i cambiamenti maggiori rispetto alle graduatorie produttive illustrate per la granella riguardano Anzola e Osimo: nel primo caso i cambiamenti (Pulsar ha perso sette posizioni, altrettante ne ha guadagnate Alpaga; Hercules e Vectra ne hanno perse quattro ed altrettante ne hanno risalite Excalibur e NK Formula) non hanno riguardato le differenze statistiche tra cultivar, come, invece, nella località marchigiana, dove Catalina è entrata nel gruppo delle migliori, mentre Hybristar e Remy lo hanno abbandonato.

Riguardo la precocità, intesa come numero di giorni dall'emergenza alla fioritura, la risposta agli ambienti delle accessioni è stata simile, con un intervallo medio tra la più precoce (Catalina) e la più tardiva (Avenir) di 10 giorni. Mediamente gli ibridi sono risultati i più precoci (96 giorni), con un giorno di ritardo le varietà a libera impollinazione e, più tardivi, gli ibridi semi-dwarf (100 giorni). Tali differenziazioni si sono alquanto attenuate considerando l'intervallo dell'intero ciclo semina-maturazione agronomica, dove le cultivar in prova hanno mostrato uno scarto di appena 3 giorni.

Queste hanno presentato una taglia contenuta superando appena il metro e mezzo di altezza, con uno scarto tra la più alta e la più bassa (rispettivamente Exagone, con 164 cm e Savannah, con 135) di circa 29 cm. Come atteso gli ibridi hanno mostrato una maggiore vigoria con, mediamente, 9 cm più delle varietà. Gli ibridi semi-dwarf, con una statura media di 144 cm, sono i genotipi che hanno presentato, fra i vari tipi, il minor allettamento; tra le più sensibili a questo carattere si sono invece dimostrate Exagone, la più alta, e Hercules ed Henry. Tutte le tesi in prova hanno fatto riscontrare un buon investimento, valutabile mediamente in poco più della metà di quello previsto alla semina (65 semi germinabili m⁻²), che non è mai sceso sotto le 30 pp m⁻², tranne che per Savannah, Ilia e Kutiba, che hanno presentato maggiori problemi di emergenza rispetto alle altre.

Tabella 5 - Produzione di olio in sostanza secca nella stagione 2008-2009.

Varietà	Anzola Emilia (BO)		Basiliano (UD)		Gravina (BA)		Osimo (AN)		Media 2009	
	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.
HORNET	1,85 a	1	0,82 ac	3	0,70 af	9	1,14 bg	12	1,13 ab	2
ALPAGA	1,66 ae	9	0,84 ab	2	0,73 ae	6	1,37 a	2	1,15 a	1
HYBRISTAR	1,66 ae	8	0,67 dj	15	0,85 a	1	1,14 bg	13	1,08 ac	4
PR46W14	1,77 ab	4	0,76 af	8	0,72 ae	7	1,10 bg	18	1,09 ac	3
EXCALIBUR	1,58 ae	16	0,86 a	1	0,69 ag	10	1,15 bg	11	1,07 ae	6
PULSAR	1,57 ae	19	0,72 bg	10	0,51 gj	21	1,38 a	1	1,04 af	7
VECTRA	1,63 ae	12	0,66 dj	16	0,82 ab	3	1,01 eg	29	1,03 bh	10
NK FORMULA	1,78 ab	2	0,65 dj	17	0,70 af	8	1,15 bg	10	1,07 ad	5
ES BETTY	1,76 ac	5	0,69 ci	13	0,51 gj	20	1,06 dg	25	1,00 ch	15
CHAMPLAIN	1,49 be	26	0,72 ag	9	0,81 ac	4	1,09 cg	21	1,03 bh	11
HERCULES	1,58 ae	17	0,64 dj	20	0,75 ad	5	1,05 dg	26	1,01 ch	14
TOCCATA	1,64 ae	10	0,77 ae	6	0,64 ci	13	1,12 bg	15	1,04 ag	8
ACROBATE LSC 72	1,48 be	27	0,59 gj	28	0,85 a	2	1,25 ad	5	1,04 ag	9
NK PETROL	1,58 ae	18	0,69 ci	12	0,60 di	15	1,08 dg	22	0,99 ci	18
TASSILO	1,78 ab	3	0,43 k	32	0,69 ag	11	1,21 ae	6	1,03 bh	12
REMY	1,63 ae	11	0,65 dj	19	0,48 hj	24	1,16 bg	9	0,98 cj	20
LIONESS	1,70 ad	7	0,62 fj	22	0,51 gj	22	1,28 ac	4	1,03 bh	13
FACILE	1,60 ae	15	0,68 dj	14	0,40 j	29	1,30 ab	3	1,00 ch	17
ECARLATE	1,53 ae	23	0,76 af	7	0,56 ej	17	1,10 bg	19	0,99 cj	19
CATALINA	1,55 ae	20	0,70 ch	11	0,55 ej	18	1,18 af	7	1,00 ch	16
HYBRIGOLD	1,71 ad	6	0,65 dj	18	0,38 jk	31	1,11 bg	16	0,96 dj	23
AVENIR	1,62 ae	13	0,62 fj	23	0,47 hj	26	1,10 bg	20	0,95 fk	25
PR46W10	1,61 ae	14	0,77 ad	4	0,49 hj	23	0,99 fg	30	0,97 dj	22
EXAGONE	1,43 de	29	0,77 ae	5	0,47 hj	27	1,16 bg	8	0,96 ek	24
PR45D04	1,55 ae	22	0,64 ej	21	0,65 bh	12	1,06 dg	24	0,98 cj	21
ES ARTIST	1,55 ae	21	0,56 ik	30	0,48 hj	25	1,13 bg	14	0,93 gl	27
SHAKIRA	1,51 be	25	0,60 gj	27	0,62 di	14	1,03 eg	28	0,94 fk	26
SAVANNAH	1,52 ae	24	0,61 gj	24	0,45 ij	28	1,11 bg	17	0,92 hl	28
ILIA	1,37 e	32	0,60 gj	26	0,56 ej	16	0,98 g	31	0,88 il	29
HENRY	1,43 de	30	0,55 jk	31	0,54 fj	19	0,97 g	32	0,87 jl	30
KUTIBA	1,43 ce	28	0,60 gj	25	0,20 k	32	1,06 dg	23	0,83 l	32
MAKILA	1,37 e	31	0,57 hj	29	0,39 j	30	1,05 dg	27	0,85 kl	31
Medie	1,59		0,67		0,59		1,13		0,99	
C.V. %	12,71		12,40		19,22		10,92		14,17	
LSD 0,05	0,33		0,14		0,18		0,20		0,11	

B. carinata

Le produzioni di seme (Tab. 6) sono risultate, tutto sommato, soddisfacenti, sia ad Anzola Emilia (2,3/t ha⁻¹) che ad Osimo (2,8 t ha⁻¹), località che, per questa specie, ha scalzato l'ambiente emiliano dalla posizione di vertice raggiunta per il colza. Riguardo Basiliano valgono le considerazioni già espresse per il colza, mentre ad Ussana, località inserita in sostituzione di Gravina di Puglia, dove la densità della coltura era particolarmente critica e che, perciò, non è stata considerata, si è prodotto lo stesso quantitativo di granella ottenuto con il colza nella località pugliese.

Tabella 6 - Produzione di granella al 9% di umidità nell'annata 2008-2009.

Varietà	Anzola Emilia (BO)		Basiliano (UD)		Osimo (AN)		Ussana (CA)		Media 2009	
	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.
CT 180	3,00 a	1	1,20 ab	2	3,34 a	1	2,17 a	1	2,42 a	1
CT 204	2,15 c	5	1,37 a	1	3,25 a	2	1,77 ab	2	2,14 ab	2
ISCI 7	2,37 ac	3	1,10 ac	3	2,83 a	4	1,55 bc	3	1,96 bc	3
SINCRON	1,33 d	6	0,58 d	6	1,89 b	6	1,10 cd	5	1,22 d	6
SERENA	2,20 bc	4	1,03 bc	4	3,07 a	3	0,70 d	6	1,75 c	5
CARINA	2,80 ab	2	0,87 c	5	2,78 ab	5	1,33 bc	4	1,95 bc	4
Medie	2,31		1,02		2,86		1,43		1,91	
C.V. %	15,39		15,12		17,45		23,01		18,93	
LSD 0,05	0,65		0,28		0,91		0,60		0,30	

Fra le varietà risalta CT 180, che ha primeggiato in tutte le località considerate, risultando, in assoluto, la migliore nella media degli ambienti (2,42 t ha⁻¹). Da essa non si è distinta CT 204 (2,14 t ha⁻¹) che, invece, ha leggermente difettato nella località emiliana; le altre hanno prodotto mediamente sotto i 20 q ha⁻¹, anche se ISCI 7 e Carina vi si sono approssimate.

Tabella 7 - Contenuto di olio s.s. nell'annata 2008-2009.

Varietà	Anzola Emilia (BO)		Basiliano (UD)		Osimo (AN)		Ussana (CA)		Media 2009	
	%	grad.	%	grad.	%	grad.	%	grad.	%	grad.
CT 180	33,5 a	1	32,1 ab	4	31,5 b	5	36,9 a	3	33,5 a	3
CT 204	31,2 ab	5	32,0 b	5	34,6 a	1	37,0 a	2	33,7 a	2
ISCI 7	33,2 a	2	32,3 ab	3	33,0 ab	4	34,7 ab	5	33,3 a	4
SINCRON	27,2 b	6	29,8 c	6	29,5 c	6	37,2 a	1	30,9 b	6
SERENA	31,7 ab	4	33,5 a	1	33,9 a	3	32,4 b	6	32,9 a	5
CARINA	31,9 ab	3	33,5 ab	2	34,2 a	2	36,5 a	4	34,0 a	1
Medie	31,4		32,2		32,8		35,8		33,1	
C.V. %	8,7		2,6		2,7		6,2		5,5	
LSD 0,05	5,0		1,5		1,6		4,0		1,5	

Il contenuto in olio (Tab. 7) evidenziato dalla *B. carinata* è nettamente più basso di quello della *B. napus*, risultando mediamente inferiore di oltre 10 punti percentuali.

Ad Ussana si sono espressi i valori migliori, mentre tra le varietà Carina ha mostrato il tenore più alto.

Tabella 8 - Produzione di olio s.s. nell'annata 2008-2009.

Varietà	Anzola Emilia (BO)		Basiliano (UD)		Osimo (AN)		Ussana (CA)		Media 2009	
	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.
CT 180	0,91 a	1	0,35 ab	2	0,95 a	2	0,73 a	1	0,74 a	1
CT 204	0,61 b	5	0,40 a	1	1,02 a	1	0,60 ab	2	0,66 ab	2
ISCI 7	0,71 ab	3	0,32 ac	3	0,85 a	5	0,49 bc	3	0,59 bc	4
SINCRON	0,33 c	6	0,16 d	6	0,51 b	6	0,37 cd	5	0,34 d	6
SERENA	0,63 b	4	0,31 bc	4	0,95 a	3	0,21 d	6	0,53 c	5
CARINA	0,82 ab	2	0,26 c	5	0,86 a	4	0,44 bc	4	0,60 bc	3
Medie	0,67		0,30		0,86		0,47		0,58	
C.V. %	17,96		14,19		17,58		24,92		20,13	
LSD 0,05	0,22		0,08		0,27		0,21		0,10	

La produzione in olio, che, in definitiva, risulta determinante ai fini della coltura (Tab. 8), è stata, in assoluto, decisamente scarsa, di gran lunga inferiore a quella ottenibile con il colza, nella media degli ambienti circa la metà (0,99 VS 0,58 t ha⁻¹). Nulla cambia rispetto alla graduatoria relativa al precedente carattere produttivo per le posizioni di vertice, mentre ISCI 7 e Carina hanno invertito le loro posizioni in virtù del differente tenore in olio dei semi.

La specie ha mostrato una maggiore tardività in relazione al colza, con, mediamente, cinque giorni di ritardo per la fioritura e undici per l'intero ciclo.

CT 180 è risultata, in ogni caso, la cultivar più precoce, Serena quella che ha fiorito più tardi, ISCI 7 e Sincron quelle con il ciclo più lungo.

L'altezza delle piante è stata, in media, del tutto simile al colza: 60 cm hanno separato la statura della più alta, ISCI 7 (170 cm), dalla più bassa, Sincron (110 cm).

Su carinata si è registrato un maggiore allettamento, carattere che si è maggiormente evidenziato nei tipi più alti (Serena e ISCI 7), evidenziando una diretta correlazione con la taglia delle piante.

L'investimento alla raccolta è stato più basso che nel colza: la coltura ha mostrato problemi di fittezza fin dall'emergenza risultata più problematica che nell'altra specie, dimostrando, però, notevoli capacità di ripresa e compensazione.

2009-2010

L'andamento climatico della stagione 2009-2010 (Fig. 3) ha fortemente condizionato le colture specialmente nelle località estreme della rete di prove, spostando il baricentro della produttività dal Nord verso le regioni centro-meridionali. Se da un lato il picco di gelo verificatosi nella notte tra il 19 e 20 dicembre (-18,6 °C) ha causato

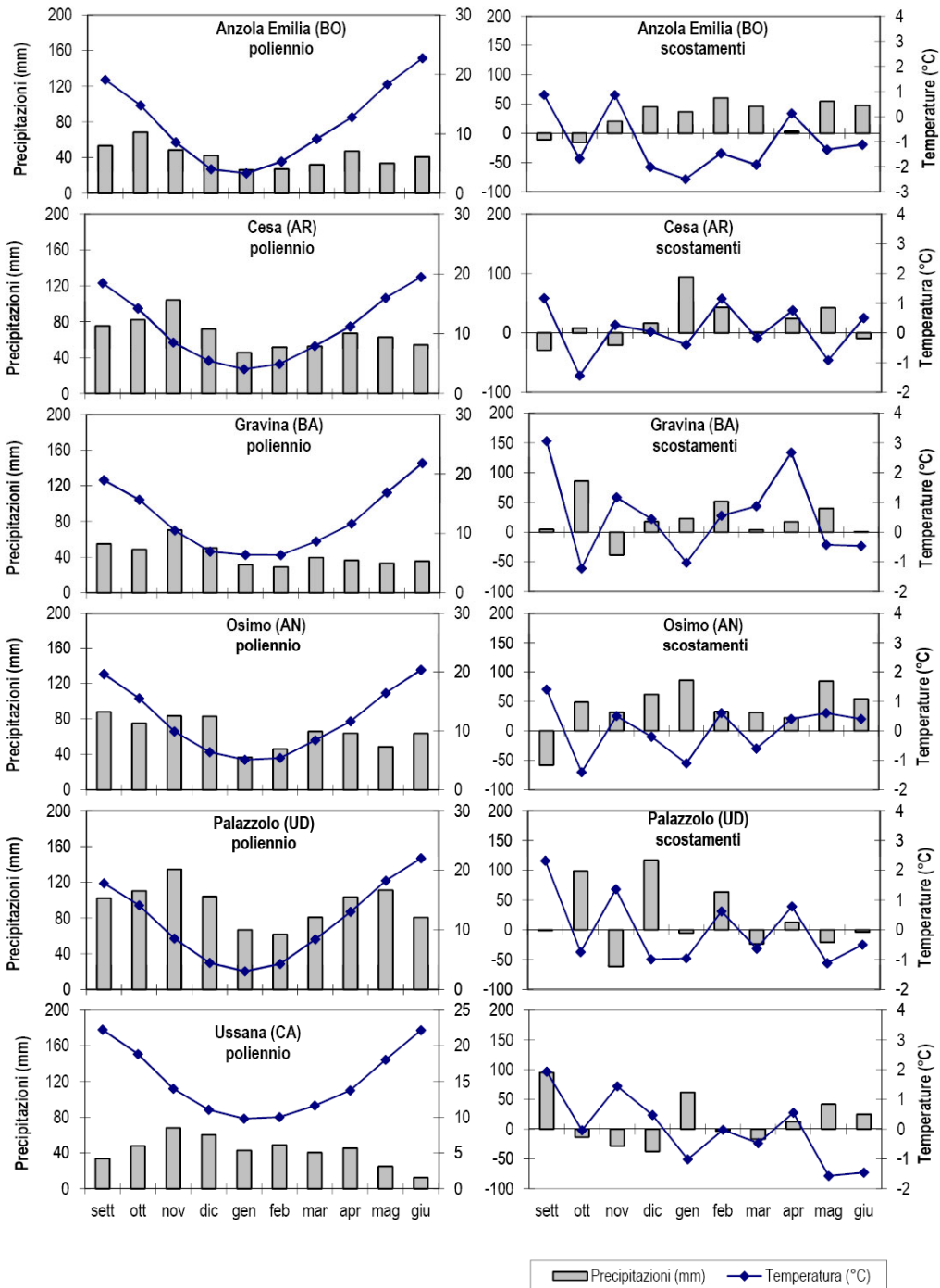


Figura 3 - Precipitazioni e temperature medie poliennali delle località e loro scostamenti rilevati nel secondo anno.

danni irreversibili alle piante di *Brassica carinata* in Friuli, dove la coltura è risultata irrimediabilmente compromessa ed il protrarsi di temperature molto basse durante la stagione invernale, unitamente alla abbondante piovosità dello stesso periodo, molto superiore alla media dell'ultimo decennio, ha condizionato drasticamente lo sviluppo della *B. napus*, causando evidenti danni da freddo e limitando l'altezza delle piante di almeno una trentina di centimetri rispetto alla media dello scorso anno, penalizzando drasticamente la produzione, mediamente la più bassa fra quelle di tutti gli ambienti di prova, d'altro canto, in Puglia le condizioni termo-pluviometriche sono risultate eccezionalmente favorevoli, con precipitazioni che hanno ben accompagnato le colture in tutte le fasi di sviluppo, consentendo produzioni del tutto inusuali per l'ambiente, ma paragonabili a quelle di pieno campo realizzate in aziende limitrofe a quelle oggetto di sperimentazione.

B. napus

Le migliori rese in granella (Tab. 9) sono state realizzate ad Osimo e Gravina (4,20 e 4,09 t ha⁻¹, rispettivamente); in Emilia si sono più o meno confermati i risultati raggiunti nella passata stagione, con una flessione di appena il 10%, mentre in Toscana ed in Sardegna, dove l'anno precedente le colture erano risultate compromesse, si sono superate le due tonnellate per ettaro. Mediamente l'annata è risultata migliore di quella precedente, con un incremento medio di circa il 16%. Nelle Marche Pulsar ha raggiunto, come il 2009, la migliore produzione in assoluto, con 47,5 q ha⁻¹, non differenziandosi statisticamente da altre diciotto accessioni, tutte con prestazioni superiori alle 4 t ha⁻¹. In Puglia diciannove cultivar hanno superato tale valore, ben tre di queste, tutte indifferenti tra loro statisticamente, con rese superiori alle 5 t ha⁻¹: Excalibur (5,75), Tassilo (5,65) e Savannah (5,40). In Emilia le due nuove entrate, Forza, al primo posto della graduatoria assoluta e Traviata hanno superato i 40 q ha⁻¹, non differenziandosi statisticamente da altre dodici accessioni. Nell'ambiente toscano Vectra ha sortito i migliori risultati superando, da sola, i 30 q ha⁻¹, non differenziandosi, però, da Hercules, Ecarlate ed Excalibur, che le si sono approssimate. In Sardegna Exagone si è posizionata al vertice della graduatoria, con 32,2 q ha⁻¹, seguita da Excalibur e Pulsar, entrambe con 30,8 q ha⁻¹, ed altre nove varietà, tutte al di sotto delle 3 t ha⁻¹, ma non differenti statisticamente dalle prime tre. In Friuli si è realizzata la maggiore differenziazione tra cultivar: Excalibur (2,84 t ha⁻¹) ha raggiunto il vertice, seguita da Exagone, che, con 190 kg in meno, non si è differenziata statisticamente da questa; in tale ambiente altre dieci cultivar hanno superato o eguagliato le 2 t ha⁻¹. Nella media delle sei località, venti accessioni hanno superato o eguagliato le 3 t ha⁻¹, mentre nessuna aveva raggiunto tale valore nella passata sperimentazione. Tra queste spiccano Excalibur, con la migliore resa (3,79 t ha⁻¹), sempre nelle posizioni di vertice in tutte le prove, la già menzionata Exagone e Tassilo, al vertice quattro volte su sei, poi, nell'ordine, Pulsar, Traviata, ES Artist, PR46W10, Vectra ed Hercules, nelle posizioni di vertice in tre delle sei località.

Tabella 9 - Produzione di granella al 9 % di umidità nella stagione 2009-2010.

Varietà	Anzola E. (BO)		Cesa (AR)		Gravina (BA)		Osimo (AN)		Palazzolo (UD)		Ussana (CA)		Media 2010	
	t.ha ⁻¹	grad.	t.ha ⁻¹	grad.	t.ha ⁻¹	grad.	t.ha ⁻¹	grad.	t.ha ⁻¹	grad.	t.ha ⁻¹	grad.	t.ha ⁻¹	grad.
EXCALIBUR	3,75 ag	11	2,72 ad	4	5,75 a	1	4,61 ab	4	2,84 a	1	3,08 ab	2	3,79 a	1
EXAGONE	3,87 ae	6	2,20 ei	18	4,61 cd	6	4,28 ag	15	2,65 ab	2	3,22 a	1	3,47 ab	2
TASSILO	3,97 ac	3	2,40 cg	9	5,65 a	2	4,37 af	13	1,93 fh	13	2,48 af	9	3,47 ab	3
PULSAR	3,85 ae	8	2,31 ch	15	4,00 eh	21	4,75 a	1	2,46 bc	5	3,08 ab	3	3,41 bc	4
TRAVIATA	4,05 ab	2	2,33 cg	13	4,64 cd	5	4,45 af	12	2,06 df	12	2,43 af	11	3,33 bd	5
NK FORMULA	3,53 bh	17	2,53 bf	8	4,88 bc	4	3,99 bi	21	2,47 bc	4	2,33 ag	12	3,29 be	6
ES ARTIST	3,70 ah	13	2,35 cg	11	4,12 dh	18	4,48 af	11	2,00 eg	12	2,64 af	7	3,21 be	7
PR46W10	3,73 ag	12	2,25 ei	17	3,66 gi	24	4,63 ab	3	1,92 fi	15	2,61 af	8	3,13 cf	8
ALPAGA	3,91 ad	4	2,34 cg	12	4,00 eh	20	4,64 ab	2	1,67 il	19	2,22 bh	14	3,13 cf	9
FORZA	4,14 a	1	2,18 ei	21	4,32 ce	11	4,57 ad	6	1,50 ko	23	1,93 ci	18	3,11 cg	10
VECTRA	3,87 ae	5	3,10 a	1	3,66 gi	23	4,55 ae	7	2,06 df	8	1,35 hj	29	3,10 cg	11
ES BETTY	3,30 ek	25	2,60 be	5	3,02 j	30	4,29 ag	14	2,58 b	3	2,80 ac	4	3,10 cg	12
HORNET	3,43 cj	23	2,36 cg	10	4,22 dg	14	3,50 i	32	2,30 cd	6	2,66 ae	6	3,08 cg	13
CHAMPLAIN	3,60 ah	14	2,18 ei	20	4,15 dh	15	4,51 ae	8	2,25 ce	7	1,77 ei	21	3,08 cg	14
PR46W14	3,75 ag	10	1,85 hk	25	4,47 ce	9	4,60 ac	5	1,90 fi	16	1,86 di	19	3,07 dg	15
FACILE	3,54 bh	16	2,28 dh	16	4,56 ce	7	3,91 ci	24	1,60 jm	20	2,48 af	10	3,06 dg	16
CATALINA	3,51 bi	18	2,31 ch	14	4,47 ce	10	4,23 ah	16	2,01 eg	10	1,78 di	20	3,05 dh	17
HERCULES	3,80 af	9	2,93 ab	2	4,26 df	13	4,08 ai	19	1,73 hk	18	1,36 hj	28	3,03 dh	18
ECARLATE	3,50 bi	19	2,76 ac	3	3,61 hi	26	3,87 ei	28	1,59 jm	21	2,67 ad	5	3,00 dh	19
NK PETROL	3,86 ae	7	2,12 fj	22	3,71 fi	22	4,49 af	10	1,80 gj	17	2,02 ch	17	3,00 dh	20
TOCCATA	3,50 bi	20	2,55 bf	7	4,14 dh	16	3,65 gi	30	1,92 fi	14	2,17 ch	15	2,99 eh	21
AVENIR	3,48 bi	22	2,06 gk	23	4,14 dh	17	4,04 bi	20	1,57 jn	22	1,75 fi	22	2,84 fi	22
HENRY	3,17 gk	28	1,68 jm	28	4,47 ce	8	3,80 fi	29	1,48 ko	24	2,22 bh	13	2,80 fj	23
ACROBATE LSC 72	3,49 bi	21	1,79 il	26	3,61 hi	25	4,23 ah	17	1,47 lo	25	2,16 ch	16	2,79 gj	24
HYBRISTAR	3,20 gk	27	2,58 bf	6	3,60 hi	27	3,95 bi	23	2,00 eg	11	1,38 hj	26	2,79 gj	25
SAVANNAH	3,59 ah	15	1,30 m	31	5,40 ab	3	3,90 di	25	1,15 pr	30	1,37 hj	27	2,79 gj	26
KUTIBA	3,26 fk	26	2,05 gk	24	4,09 dh	19	4,50 ae	9	1,06 r	32	1,43 gi	24	2,73 hj	27
MAKILA	2,95 ik	30	1,61 km	29	4,30 de	12	3,88 di	27	1,32 nq	27	1,06 ij	31	2,52 ik	28
SHAKIRA	3,36 dk	24	1,70 jm	27	3,25 ij	28	4,21 ah	18	1,38 mp	26	1,09 ij	30	2,50 jk	29
LIONESS	3,14 hk	29	2,19 ei	19	2,96 j	31	3,95 bi	22	1,25 or	29	1,43 hj	25	2,49 jk	30
PR45D04	2,83 k	32	1,36 lm	30	3,21 lj	29	3,56 hi	31	1,32 oq	28	1,51 gi	23	2,30 k	31
ILIA	2,87 jk	31	1,28 m	32	1,93 k	32	3,89 di	26	1,08 qr	31	0,58 j	32	1,94 l	32
Medie	3,55		2,19		4,09		4,20		1,82		2,03		2,98	
C.V. %	10,03		12,98		8,55		10,13		8,51		27,29		16,95	
LSD 0,05	0,58		0,47		0,57		0,69		0,25		0,90		0,33	

Tabella 10 - Contenuto di olio su sostanza secca nella stagione 2009-2010.

Varietà	Anzola E. (BO)		Cesa (AR)		Gravina (BA)		Osimo (AN)		Palazzolo (UD)		Ussana (CA)		Media 2010	
	(%)	grad.	(%)	grad.	(%)	grad.	(%)	grad.	(%)	grad.	(%)	grad.	t ha ⁻¹	grad.
EXCALIBUR	45,7 ae	6	46,5 fg	12	42,8 ab	10	46,0 ah	9	46,0 ae	7	42,8 d	12	45,0 ae	6
EXAGONE	44,2 fl	21	47,1 ce	5	44,6 a	3	44,7 gk	22	45,5 ch	12	44,0 bc	7	45,0 ad	5
TASSILO	45,6 af	8	47,4 bc	3	43,2 ab	4	46,8 ab	2	45,6 bg	10	40,3 fg	22	44,8 af	9
PULSAR	43,6 il	29	44,6 lm	27	41,7 ab	21	44,5 hk	26	44,5 il	25	38,9 hi	30	43,0 m	32
TRAVIATA	46,0 ac	4	47,7 b	2	42,4 ab	14	46,4 ad	4	46,4 ac	3	43,8 c	9	45,4 ab	3
NK FORMULA	45,8 ad	5	47,0 cf	6	40,9 ab	27	45,8 bi	12	46,1 ae	6	39,1 hi	27	44,1 ck	18
ES ARTIST	43,0 kl	31	45,8 hi	17	42,0 ab	18	44,5 ik	27	43,4 m	32	43,9 bc	8	43,7 gm	22
PR46W10	44,0 gl	23	45,6 ij	18	41,1 ab	26	44,8 fk	19	44,5 il	24	40,4 eg	21	43,4 im	24
ALPAGA	46,3 a	1	45,8 hi	16	42,0 ab	17	46,7 ac	3	46,6 a	1	47,1 a	1	45,7 a	1
FORZA	43,8 hl	27	42,6 p	32	42,1 ab	16	44,9 ek	18	43,7 lm	30	41,1 ef	19	43,0 lm	30
VECTRA	42,8 i	32	46,3 gh	14	42,7 ab	11	43,5 kl	30	43,8 lm	29	39,0 hi	29	43,0 lm	29
ES BETTY	43,9 hl	25	45,3 ij	23	42,9 ab	9	44,6 gk	24	44,8 gj	19	42,8 d	11	44,1 dk	19
HORNET	45,2 ah	14	46,5 eg	11	42,3 ab	15	45,6 bi	14	46,3 ad	4	44,6 b	3	45,1 ac	4
CHAMPLAIN	43,8 hl	28	46,8 dg	7	39,6 b	32	44,6 hk	25	44,0 jm	27	40,1 g	25	43,1 km	28
PR46W14	45,2 ah	12	45,1 jl	25	42,9 ab	8	46,1 ag	7	45,6 bh	11	44,5 bc	4	44,9 af	8
FACILE	45,4 ag	11	45,5 ij	19	43,1 ab	5	46,0 ah	10	45,8 af	8	44,0 bc	6	45,0 ae	7
CATALINA	44,4 dj	19	44,0 o	31	43,0 ab	7	45,1 dj	17	45,7 af	17	41,1 e	18	43,9 fm	21
HERCULES	43,9 hl	24	46,7 dg	10	40,8 ab	28	43,5 kl	31	44,1 im	26	38,9 hi	31	43,0 lm	31
ECARLATE	45,5 af	10	45,3 ik	24	41,4 ab	23	45,8 bi	11	44,7 hk	22	42,8 d	10	44,2 ci	13
NK PETROL	44,3 ek	20	44,5 ln	28	41,8 ab	20	44,6 gk	23	44,7 hk	21	39,1 hi	28	43,2 jm	26
TOCCATA	45,7 ae	7	47,1 bd	4	42,7 ab	12	45,7 bi	13	44,8 gj	18	42,4 d	14	44,7 bg	10
AVENIR	44,8 bj	17	44,2 mo	29	44,7 a	1	43,0 l	32	43,8 km	28	39,7 gh	26	43,4 im	25
HENRY	44,2 fl	22	45,4 ij	22	44,7 a	2	44,0 jl	21	43,6 m	31	42,0 d	17	44,0 el	20
ACROBATE LSC 72	43,4 fl	30	46,3 gh	13	40,1 b	31	44,7 fk	21	45,3 ei	14	46,7 a	2	44,4 ch	11
HYBRISTAR	45,1 ah	15	46,7 dg	8	42,5 ab	13	44,0 jl	28	44,7 gj	20	42,3 d	15	44,2 ci	14
SAVANNAH	44,9 ai	16	46,7 dg	9	40,6 ab	30	46,3 ae	5	46,2 ad	5	40,2 g	23	44,2 cj	17
KUTIBA	44,6 cj	18	45,4 ij	21	41,1 ab	25	46,0 ah	8	44,7 hk	23	40,5 eg	20	43,7 hm	23
MAKILA	46,2 ab	2	45,4 ij	20	41,6 ab	22	47,4 a	1	45,4 dh	13	38,8 i	32	44,2 ci	15
SHAKIRA	45,2 ah	13	44,7 km	26	41,2 ab	24	46,1 af	6	45,1 fi	16	42,6 d	13	44,2 cj	16
LIONESS	46,0 ac	3	49,0 a	1	43,0 ab	6	44,8 fk	20	46,4 ab	2	44,1 bc	5	45,6 ab	2
PR45D04	45,5 af	9	45,8 hi	15	41,8 ab	19	45,3 cj	15	45,3 ei	15	42,3 d	16	44,3 ci	12
ILIA	43,9 hl	26	44,0 no	30	40,7 ab	29	45,3 cj	16	44,8 gj	17	40,2 g	24	43,2 jm	27
Medie	44,8		45,8		42,1		45,2		45,1		41,9		44,1	
C.V. %	2,0		0,8		6,1		2,0		1,2		1,2		3,5	
LSD 0,05	1,4		0,6		n.s.		1,5		0,9		0,8		1,0	

Tabella 11 - Produzione di olio in sostanza secca nella stagione 2009-2010.

Varietà	Anzola E. (BO)		Cesa (AR)		Gravina (BA)		Osimo (AN)		Palazzolo (UD)		Ussana (CA)		Media 2010	
	t/ha ⁻¹	grad.	t/ha ⁻¹	grad.	t/ha ⁻¹	grad.	t/ha ⁻¹	grad.	t/ha ⁻¹	grad.	t/ha ⁻¹	grad.	t/ha ⁻¹	grad.
EXCALIBUR	1,56 ad	5	1,15 ac	3	2,24 a	1	1,93 ab	2	1,19 a	1	1,20 ab	2	1,55 a	1
EXAGONE	1,56 ad	6	0,94 dg	16	1,87 bc	4	1,74 ah	17	1,10 ab	2	1,29 a	1	1,42 ab	2
TASSILO	1,65 ab	3	1,03 cde	9	2,22 a	2	1,86 ae	9	0,80 fi	12	0,91 bg	13	1,41 ab	3
PULSAR	1,52 ae	9	0,94 dg	17	1,51 gk	20	1,92 ab	4	1,00 bd	5	0,99 ac	3	1,33 bd	5
TRAVIATA	1,69 a	1	1,01 cf	10	1,79 be	7	1,88 ad	7	0,87 eg	8	0,97 af	9	1,37 bc	4
NK FORMULA	1,47 bg	13	1,08 bd	7	1,82 bd	5	1,66 bh	20	1,04 bc	4	0,83 cj	16	1,32 be	6
ES ARTIST	1,45 bh	17	0,98 cf	12	1,57 dk	17	1,81 af	12	0,79 gj	13	1,05 ad	6	1,28 ce	8
PR46W10	1,49 ag	12	0,93 dg	18	1,37 im	25	1,89 ac	5	0,78 gj	16	0,96 af	10	1,24 ch	13
ALPAGA	1,65 ab	4	0,98 cf	14	1,53 ek	18	1,97 a	1	0,71 il	18	0,95 af	11	1,30 be	7
FORZA	1,64 ac	4	0,84 eh	23	1,66 ch	22	1,87 ae	8	0,59 mp	24	0,72 dk	18	1,22 dh	16
VECTRA	1,51 af	11	1,31 a	1	1,42 hi	12	1,80 ag	13	0,82 fh	10	0,48 km	29	1,22 di	14
ES BETTY	1,32 ej	25	1,07 bd	8	1,18 lm	30	1,74 ah	15	1,05 bc	3	1,09 ac	4	1,24 cg	12
HORNET	1,41 dh	22	1,00 cf	11	1,63 ci	13	1,46 h	32	0,97 ce	6	1,08 ac	5	1,26 cf	9
CHAMPLAIN	1,43 ch	19	0,93 dg	19	1,50 gk	21	1,83 af	10	0,90 df	7	0,64 el	21	1,21 di	19
PR46W14	1,54 ad	8	0,76 gi	25	1,74 bg	10	1,93 ab	3	0,78 gj	14	0,75 ck	17	1,25 cf	10
FACILE	1,46 bg	14	0,94 dg	15	1,79 bf	8	1,63 ch	22	0,67 kn	20	0,99 ae	8	1,25 cg	11
CATALINA	1,42 dh	20	0,92 dg	20	1,75 bg	9	1,74 ah	16	0,84 fh	16	0,67 el	20	1,22 dh	15
HERCULES	1,52 af	10	1,24 ab	2	1,57 dk	6	1,62 ch	25	0,69 jm	19	0,48 jm	28	1,19 ei	20
ECARLATE	1,45 bh	18	1,14 ac	4	1,36 jm	26	1,62 ch	24	0,65 ko	21	1,04 ad	7	1,21 di	18
NK PETROL	1,55 ad	7	0,86 eh	21	1,41 hm	23	1,82 af	11	0,73 hk	17	0,72 dl	19	1,18 ei	21
TOCCATA	1,45 bg	16	1,09 bd	6	1,60 dj	15	1,52 gh	30	0,78 gj	15	0,83 ci	15	1,21 di	17
AVENIR	1,41 dh	21	0,83 fh	24	1,68 cg	11	1,57 fh	28	0,63 lp	22	0,63 fl	22	1,13 fj	22
HENRY	1,28 gj	29	0,70 hj	27	1,81 bd	6	1,52 gh	29	0,59 nq	25	0,85 ch	14	1,12 fj	23
ACROBATE LSC 72	1,37 di	24	0,76 gi	26	1,32 km	27	1,72 ah	18	0,60 lp	23	0,92 bg	12	1,12 gj	25
HYBRISTAR	1,31 fj	28	1,10 bd	5	1,40 hm	24	1,58 eh	27	0,81 fi	11	0,53 hm	25	1,12 gj	24
SAVANNAH	1,46 bg	15	0,55 j	31	2,00 ab	3	1,64 bh	21	0,49 qs	30	0,50 im	27	1,11 hj	26
KUTIBA	1,32 ej	26	0,85 eh	22	1,53 fk	19	1,88 ad	6	0,43 s	32	0,53 hm	26	1,09 ij	27
MAKILA	1,24 hj	30	0,67 hj	29	1,63 ci	14	1,68 bh	19	0,55 or	27	0,37 lm	31	1,02 jk	29
SHAKIRA	1,38 di	23	0,69 hj	28	1,21 lm	29	1,77 ag	14	0,57 nq	26	0,42 km	30	1,01 jk	30
LIONESS	1,31 ej	27	0,98 cf	13	1,15 m	31	1,63 ch	23	0,53 ps	29	0,57 gl	24	1,03 jk	28
PR45D04	1,17 ij	31	0,57 ij	30	1,22 lm	28	1,46 h	31	0,54 or	28	0,58 gl	23	0,92 k	31
ILIA	1,14 j	32	0,51 j	32	0,72 n	32	1,60 dh	26	0,44 rs	31	0,21 m	32	0,77 l	32
Medie	1,44		0,92		1,57		1,73		0,75		0,78		1,20	
C.V. %	9,08		12,98		10,24		10,23		8,75		27,51		17,21	
LSD 0,05	0,21		0,19		0,26		0,29		0,11		0,35		0,13	

Il contenuto in olio dei semi (Tab. 10) è variato tra gli ambienti in maniera più sensibile di quanto non sia avvenuto nella stagione precedente; è anche vero che i siti considerati sono stati quest'anno in numero superiore. La percentuale è oscillata tra il 45,8 di Cesa ed il 41,9 di Ussana, con un divario del 3,9%. La maggiore differenziazione si è realizzata in Sardegna dove 8,3 punti percentuali hanno separato il contenuto di Alpaga (47,1%) e Makila, il più basso, unico a scendere sotto il 39%. Le

minori oscillazioni si sono verificate a Palazzolo e Anzola (rispettivamente 3,2 e 3,5%), mentre il valore più alto fra tutti quelli ottenuti dall'intera rete è stato registrato con Lioness (49%) a Cesa, dove si sono distinte anche Traviata (47,7%) ed Exagone (47,1%). Mediamente il migliore tenore è stato riscontrato in Alpaga, Lioness, Traviata, Hornet, Exagone, Excalibur e Facile, in tutte pari o superiore al 45%.

Per la produzione in olio le località hanno mantenuto le stesse posizioni osservate per la resa in granella, con un incremento produttivo medio rispetto allo scorso anno di circa il 18 % (Tab. 11). Ad Osimo, dove si è raggiunta una resa media di 1,73 t ha⁻¹, si è distinta Alpaga (1,97 t ha⁻¹), insieme ad altre diciassette accessioni. A Gravina tre varietà hanno raggiunto (Savannah), o superato (Excalibur e Tassilo) le 2 t ha⁻¹ di produzione, mentre solo quindici hanno presentato un risultato inferiore a quello medio. Ad Anzola si è distinta Traviata, da cui non si sono differenziate undici varietà. Né a Ussana, né a Palazzolo i genotipi in prova hanno conseguito mediamente una resa teorica di 1 t ha⁻¹ di olio: nella prima località, dove si è distinta Exagone, questo valore è stato raggiunto o approssimato da undici varietà, nella seconda, dove si è posta in evidenza Excalibur, solo da cinque. Nella graduatoria generale le posizioni di vertice sono state mantenute dalle stesse cultivar evidenziate per la produzione in granella. Da rilevare che, grazie ad un buon tenore in olio, Hornet ha guadagnato quattro posizioni, così come PR46W14 e Facile sono avanzate di cinque; per il motivo opposto, Forza ha perso sei posti, cinque PR46W10 e Champlain, tre Vectra.

La risposta delle varietà agli ambienti, circa la precocità di fioritura è stata simile, con un intervallo di una settimana tra la più precoce, Vectra, e la più tardiva, Ilia. Anche quest'anno, mediamente, gli ibridi hanno mostrato una maggiore precocità, con lo stesso scarto (1 giorno) rispetto alle varietà a libera impollinazione; più tardi vi gli ibridi semi - dwarf, con un ulteriore ritardo di 3 giorni. Le differenziazioni fra cultivar in relazione all'intervallo dell'intero ciclo semina-maturazione agronomica si sono alquanto attenuate, con una differenza di appena 4 giorni.

Come precedentemente accennato, nel 2010 la taglia delle piante è risultata piuttosto contenuta, non raggiungendo, in media, il metro e mezzo di altezza, compresa tra i 163 cm di Exagone ed i 131 di Henry; gli ibridi si sono confermati come i tipi più alti con circa 10 cm più delle varietà, a loro volta di 4 cm superiori ai semi-dwarf; anche per questo motivo questi ultimi, con un'altezza media di 139 cm, non hanno praticamente presentato problemi di allettamento, cosa che, invece, si è verificata per Ecarlate, NK Formula e NK Petrol ed, in misura minore, per Es Artist. Più contenuto il problema per Exagone che, viceversa, l'anno precedente aveva mostrato la maggiore suscettibilità.

Tutte le accessioni hanno fatto riscontrare un buon investimento finale con una riduzione di poco più del 30% rispetto a quanto previsto all'impianto. Solo quattro di esse hanno presentato un valore inferiore alle 40 pp m⁻².

B. carinata

Riguardo questa specie (Tab. 12) l'annata è risultata generalmente soddisfacente: la resa media si è approssimata a quella del colza, riducendo la differenza dal 58%

dell'anno precedente ad appena il 10 %. In tutti gli ambienti si è osservata una buona risposta produttiva tranne in Toscana, dove si è raggiunta la metà della produzione media della rete. Spicca il dato di Ussana dove le condizioni ambientali, più confacenti rispetto all'anno precedente, hanno permesso alla coltura di estrinsecare ottime prestazioni, con un incremento medio del 54 %. In tale areale si è distinta CT 180 che, con 4,14 t ha⁻¹, ha raggiunto il migliore risultato fra tutti gli ambienti; da questa non si sono differenziate Serena e CT 207, entrambe con produzioni superiori ai 30 q ha⁻¹. Per Gravina, località dove la coltura è stata maggiormente valorizzata, vale il discorso già affrontato per la *B. napus*. Anche in questo caso si è distinta CT 180 (3,7 t ha⁻¹), ma solo ISCI 7 ha prodotto meno di 3 t ha⁻¹, approssimandovisi. Osimo ed Anzola hanno confermato i risultati del 2009: nella località marchigiana spicca il risultato di Serena, in quella emiliana, dove la differenziazione varietale è stata minima, quello di CT 207, uniche a oltrepassare, nei rispettivi ambienti, la soglia dei 30 q ha⁻¹ di resa. A Cesa Serena ed ISCI 7 si sono distinte superando i 17 q ha⁻¹; Sincron è risultata del tutto insoddisfacente a causa dei problemi di investimento dovuti alla scarsa emergenza. Mediamente CT 180 e Serena sono risultate le migliori accessioni, seguite, senza differenze statisticamente significative, da CT 207 e CT 204.

Tabella 12 - Produzione granella al 9% di umidità nell'annata 2009-2010.

Varietà	Anzola E. (BO)		Cesa (AR)		Gravina (BA)		Osimo (AN)		Ussana (CA)		Media 2010	
	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.
CT 207	3,01 a	1	1,19 c	5	3,00 bc	5	2,88 ab	3	3,25 ac	3	2,67 ab	3
CT 180	2,82 a	4	1,62 ab	3	3,70 a	1	2,38 b	6	4,14 a	1	2,93 a	1
CT 204	2,84 a	3	1,33 bc	4	3,55 ab	2	2,86 ab	4	2,55 cd	5	2,63 ac	4
ISCI 7	2,74 a	5	1,71 a	2	2,87 c	6	2,88 ab	2	2,32 d	6	2,50 bc	5
SERENA	2,88 a	2	1,75 a	1	3,31 ac	3	3,16 a	1	3,48 ab	2	2,91 a	2
SINCRON	2,25 b	6	0,53 d	6	3,12 bc	4	2,81 ab	5	2,84 bd	4	2,31 c	6
Medie	2,76		1,35		3,26		2,83		3,10		2,66	
C.V. %	8,49		13,43		9,67		13,15		16,06		17,31	
LSD 0,05	0,43		0,33		0,57		0,68		0,91		0,34	

Il punto nevralgico della coltura, come precedentemente osservato, risulta il contenuto in olio dei semi che, seppur ridotto rispetto al 2009, mostra pur sempre un gap di 8,3 punti percentuali rispetto al colza. Ad Ussana (Tab. 13) si sono registrati i valori più alti (38,7 % di media), mentre, nell'insieme delle località, CT 204 è risultata la migliore.

Per la produzione di sostanza grassa (Tab. 14) ad Ussana e Gravina si sono riscontrati i migliori risultati con la stessa produzione media ambientale (1,08 t/ha), mentre Serena, sfiorando la tonnellata per ettaro, può dirsi la varietà più produttiva, seguita, senza differenze significative, da CT 180 e CT 204.

Nel 2010 si è confermata la maggiore tardività della specie rispetto al colza con 11 giorni di ritardo per l'inizio fioritura e 4 per l'intero ciclo. CT 180 si è mostrata la più precoce a fiorire, come nel 2009, CT 207 la più tardiva e quella col ciclo più lungo, mentre Sincron col più breve.

Tabella 13 - Contenuto di olio su sostanza secca nell'annata 2009-2010.

Varietà	Anzola E. (BO)		Cesa (AR)		Gravina (BA)		Osimo (AN)		Ussana (CA)		Media 2010	
	%	grad.	%	grad.	%	grad.	%	grad.	%	grad.	%	grad.
CT 207	32,0	b 6	34,1	c 5	35,0	ab 5	35,5	a 1	34,9	e 5	34,3	c 6
CT 180	34,0	b 3	36,0	b 2	37,9	a 2	35,1	a 3	34,7	e 6	35,5	bc 4
CT 204	36,9	a 1	38,5	a 1	37,0	ab 3	34,2	a 5	43,3	a 1	38,0	a 1
ISCI 7	34,0	b 4	36,0	b 3	36,6	ab 4	33,8	a 6	37,9	d 4	35,6	bc 3
SERENA	34,2	b 2	35,6	b 4	33,5	b 6	35,2	a 2	41,6	b 2	36,0	b 2
SINCRON	33,3	b 5	30,3	d 6	38,3	a 1	34,4	a 4	39,9	c 3	35,3	bc 5
Medie	34,1		35,1		36,4		34,7		38,7		35,8	
C.V. %	4,1		1,1		6,2		5,2		1,2		6,6	
LSD 0,05	2,5		0,7		4,1		n.s.		0,8		1,7	

Tabella 14 - Produzione di olio su sostanza secca nell'annata 2009-2010.

Varietà	Anzola E. (BO)		Cesa (AR)		Gravina (BA)		Osimo (AN)		Ussana (CA)		Media 2010	
	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.	t ha ⁻¹	grad.
CT 207	0,88	a 3	0,37	b 5	0,95	c 6	0,93	a 2	1,03	ab 4	0,83	bd 4
CT 180	0,87	a 4	0,53	a 3	1,28	a 1	0,76	a 6	1,31	a 2	0,95	ab 2
CT 204	0,95	a 1	0,46	ab 4	1,19	ab 2	0,89	a 3	1,00	ab 5	0,90	ac 3
ISCI 7	0,85	a 5	0,56	a 2	0,96	c 5	0,89	a 4	0,80	b 6	0,81	cd 5
SERENA	0,90	a 2	0,57	a 1	1,01	bc 4	1,02	a 1	1,32	a 1	0,96	a 1
SINCRON	0,68	b 6	0,15	c 6	1,09	ac 3	0,88	a 5	1,03	ab 3	0,77	d 6
Medie	0,85		0,44		1,08		0,89		1,08		0,87	
C.V. %	9,38		13,80		10,60		18,06		16,96		18,66	
LSD 0,05	0,15		0,11		0,21		n.s.		0,33		0,12	

La pianta ha dimostrato anche quest'anno una maggiore vigoria superando mediamente di 13 cm il colza: fra le più alte (CT 207 e ISCI 7) e la più bassa (CT 180) sono intercorsi 57 cm.

Sviluppando una maggiore biomassa la *B. carinata* risulta più suscettibile all'allettamento (34% vs. 8,4%) che, pur non presentando differenze significative tra le tesi a confronto, si è maggiormente evidenziato, in valore assoluto, in ISCI 7 (47,9%) e CT 207 (45,8%).

Sia il peso medio dei semi che l'investimento non si sono discostati dai valori registrati per il colza; per quest'ultimo carattere Sincron ha evidenziato maggiori problemi.

Risultati del biennio

La pregevolezza di una varietà dipende dal raggiungimento di risultati positivi e dalla capacità di mantenere tali risultati nel tempo e al variare delle condizioni ambientali, cioè da caratteristiche di produttività e stabilità. Le informazioni disponibili permettono la costruzione delle tabelle 15 e 16, dove sono riportati i risultati relativi al confronto di trenta genotipi saggiati in dieci ambienti nei due anni di esperienza.

B. napus

Il colza (Tab. 15) ha generalmente fornito produzioni soddisfacenti; la resa media in granella ha infatti sfiorato le 2,8 t ha⁻¹, apprezzabile, considerando che tra gli ambienti di sperimentazione ne sono annoverati alcuni dove la coltura non dispone abitualmente di condizioni climatiche ottimali. Inoltre i 2/3 delle accessioni presentavano valori pari o superiori a tale limite, a dimostrazione della validità del materiale in valutazione.

Tabella 15 - Caratteri produttivi e morfo fenologici di 30 varietà comuni nel biennio 2008-2009 e 2009-2010.

Varietà	Prod. granella al 9% di um. t ha ⁻¹	Olio sostanza secca		Inizio fioritura data	Durata ciclo d	Altezza fusto cm	Allettamento %	Investimento alla raccolta piante m ⁻²	Peso 1000 semi g
		contenuto %	produzione t ha ⁻¹						
		ce	a						
EXCALIBUR	3,34 a	44,7 ce	1,36 a	11/4 bc	254 ej	145 ko	3,5 ik	34,3 fh	4,16 ln
PULSAR	3,10 ab	43,2 ln	1,22 bf	12/4 ab	256 a	148 hm	17,4 ch	30,7 h	3,94 pq
TASSILO	3,08 bc	44,9 bc	1,26 ab	4/4 p	255 be	152 ej	11,1 ek	43,1 ac	4,92 ab
EXAGONE	3,05 bd	44,6 cf	1,23 bd	4/4 op	253 kl	155 bh	17,4 ch	43,5 ab	4,93 a
NK FORMULA	3,03 be	44,3 ch	1,22 be	8/4 eg	255 di	153 di	2,8 ik	37,2 dg	4,23 im
ALPAGA	2,99 bf	45,7 a	1,24 bc	8/4 fj	255 ei	138 pr	5,6 hk	36,1 eg	4,33 gk
HORNET	2,98 bf	44,5 cf	1,21 bg	9/4 de	254 hl	140 nq	6,3 gk	42,1 ac	3,79 q
VECTRA	2,92 bg	43,0 mn	1,15 ci	7/4 hl	255 ch	160 ac	6,3 gk	43,6 ab	4,67 de
PR46W14	2,91 bg	44,8 bd	1,19 bh	5/4 np	254 ej	147 jn	12,5 ej	44,7 ab	4,64 df
ES BETTY	2,89 bg	43,5 in	1,15 ci	4/4 p	255 ei	139 or	17,4 ch	43,6 ab	4,92 ab
CHAMPLAIN	2,88 bg	43,4 jn	1,14 di	6/4 km	256 ab	150 gl	35,4 a	43,8 ab	4,22 jm
ES ARTIST	2,88 bg	43,5 in	1,14 di	6/4 ln	256 ad	155 bg	9,0 fk	45,7 a	4,88 ac
PR46W10	2,85 cg	43,5 in	1,13 ej	7/4 gk	255 ch	156 bg	6,9 gk	42,7 ac	4,74 ce
HERCULES	2,85 cg	42,9 n	1,11 gk	8/4 fi	255 di	152 ej	2,1 ik	42,0 ad	4,36 gj
FACILE	2,83 dh	44,6 cf	1,15 ci	13/4 a	254 il	145 lo	3,5 ik	42,0 ad	4,04 np
TOCCATA	2,82 dh	44,6 cf	1,14 ci	6/4 km	254 ej	153 ei	9,0 fk	33,5 gh	4,13 lo
CATALINA	2,82 dh	44,1 ej	1,13 ei	8/4 eh	255 bf	157 bf	18,1 cg	35,5 fh	4,38 gi
NK PETROL	2,80 ei	43,2 ln	1,10 hk	7/4 im	255 bf	143 mp	2,1 ik	40,9 ad	4,15 ln
ECARLATE	2,79 ei	44,1 ej	1,12 fk	8/4 ef	255 cf	159 ad	19,4 cf	45,0 ab	4,72 ce
HYBRISTAR	2,77 fi	43,9 fk	1,11 hk	7/4 hl	254 gl	154 ch	5,6 hk	42,2 ac	4,42 gh
AVENIR	2,69 gj	43,1 mn	1,06 il	6/4 jm	255 ei	141 nq	0,0 k	45,0 ab	3,98 op
ACROBATE LSC 72	2,68 gj	44,8 be	1,08 ik	5/4 mo	254 ej	147 im	0,7 jk	41,8 ad	4,20 kn
SAVANNAH	2,59 hk	44,2 di	1,03 jm	8/4 eg	254 jl	158 ae	25,0 ad	45,5 ab	4,16 ln
HENRY	2,56 il	43,8 gl	1,02 km	7/4 im	255 ch	160 ab	27,8 ac	43,4 ab	4,60 ef
LIONESS	2,49 jl	45,5 ab	1,03 km	6/4 ln	256 ac	152 ej	1,4 ik	43,8 ab	4,27 hl
KUTIBA	2,47 jl	43,6 hm	0,98 lm	8/4 fj	254 fk	140 oq	13,2 di	44,4 ab	4,77 bd
SHAKIRA	2,43 kl	44,2 di	0,98 lm	6/4 km	255 cg	134 r	22,2 be	42,3 ac	4,42 gh
PR45D04	2,34 l	44,4 cg	0,94 m	6/4 kn	254 ej	151 fk	4,9 ik	38,4 cf	4,49 fg
MAKILA	2,34 l	44,4 cg	0,95 m	9/4 ef	256 ad	163 a	34,0 ab	42,1 ac	4,07 mp
ILIA	2,05 m	43,3 kn	0,81 n	10/4 cd	253 l	136 qr	6,9 gk	40,7 be	4,25 il
Medie	2,77	44,1	1,11	7/4	255	149	11,6	41,3	4,39
C.V. %	17,42	3,1	17,56	2,5	0,7	7,7	158,4	21,9	6,77
LSD 0,05	0,24	0,7	9,90	1,3	1,0	6,2	12,0	4,8	0,16

Excalibur è risultata la cultivar più produttiva ($3,34 \text{ t ha}^{-1}$) da cui non si è diversificata statisticamente Pulsar; hanno fatto seguito altre 10 varietà, tutte con produzioni prossime o superiori alle $2,9 \text{ t ha}^{-1}$ tra cui possono essere menzionate Tassilo, Exagone e NK Formula, che hanno prodotto più di 3 t ha^{-1} di granella. Non va dimenticata Alpaga, unica varietà a libera impollinazione nelle posizioni di vertice. Va fatto notare, infatti, come gli ibridi occupino la parte alta della graduatoria, mentre le varietà a libera impollinazione siano raggruppate in fondo, con, inframmezzati, i tipi semi-dwarf: la media produttiva fra gruppi ha visto primeggiare le cultivar ibride con $2,92 \text{ t ha}^{-1}$, seguite dai tipi dwarf e, quindi, dalle varietà, con uno scarto produttivo del 10 e 12%, rispettivamente.

Il tenore in olio dei semi, è risultato abbastanza uniforme fra le tesi, superando di poco il 44% di media e oscillando tra il 45,7% di Alpaga (unica, insieme a Lioness a superare la soglia del 45%) e il 42,9% di Hercules.

L'andamento della resa in olio, carattere derivante dalla combinazione delle due precedenti componenti, ha rispecchiato, generalmente, quello già descritto per la granella, specialmente per i 7 ibridi al vertice della graduatoria che, anche se in ordine diverso, sono rimasti gli stessi. Sono comunque state apprezzate alcune differenze: talune accessioni hanno migliorato il giudizio ottenuto per la resa in granella grazie al miglior contenuto lipidico dei semi, come Alpaga, Facile e Toccata, in grado di guadagnare 3, 5 e 4 posti, rispettivamente, nella graduatoria assoluta di merito; altre lo hanno invece peggiorato retrocedendo di alcune posizioni, come Pulsar ed Hercules (4), Vectra, Champlain e PR46W10 (3).

La precocità, intesa come data di inizio della fioritura, è risultata superiore per gli ibridi, che hanno preceduto di 1 giorno le varietà e di 2 i tipi ad habitus dwarf. Tassilo ed Es Betty hanno raggiunto per prime l'antesi, Pulsar e Facile, per ultime con uno scarto di 9 giorni.

Le differenziazioni in relazione alla durata dell'intero ciclo si sono alquanto attenuate con un divario di appena tre giorni tra le più precoci (Exagone, PR64W14) e le più tardive (Pulsar, Es Artist, PR46W10, Kutiba e Ilia), evidenziando una sorta di compensazione tra i vari sottoperiodi.

La taglia delle piante è risultata abbastanza contenuta con una media inferiore al metro e mezzo; Makila, la cultivar più alta, ha superato di 29 cm Shakira, la più bassa.

Non sono stati evidenziati valori allarmanti di allettamento, che mediamente si è assestato poco al di sopra del 10%; le varietà (17,3%) sono risultate più sensibili a questo fenomeno – meno gli ibridi (9,8%) – che è risultato quasi impercettibile per i tipi dwarf (2,8%). Makila, Henry, Savannah e Shakira sono state le varietà più colpite; non va dimenticato Champlain che, pur appartenendo al gruppo degli ibridi, ha presentato la maggiore suscettibilità riscontrata in prova (35,4%).

Tutte le accessioni hanno fatto riscontrare un buon investimento alla raccolta, con una riduzione poco superiore al 35% rispetto a quanto previsto all'impianto; solo 6 di esse hanno presentato un valore inferiore alle 40 piante m^{-2} .

Il peso medio dei semi è risultato abbastanza uniforme tra le cultivar, oscillando intorno ai 4,39 mg: i tipi dwarf hanno presentato semi più piccoli (4,17 mg), leggermente più grandi gli ibridi (4,43 mg), perfettamente in media le varietà.

B. carinata

La *B. carinata* (Tab. 16) ha prodotto mediamente il 16% di granella in meno rispetto al colza. Tra tutte si è distinta CT 180, con 2,71 t ha⁻¹ di resa. Il contenuto in olio dei semi rappresenta il vero punto nevralgico della coltura che ha mostrato, nel biennio di sperimentazione, un gap di 9,4 punti percentuali rispetto alla *B. napus*. CT 204 ha evidenziato il tenore più alto, inferiore, comunque, di quasi 7 punti rispetto al valore più basso registrato su colza. Proprio a causa del basso contenuto in sostanza grassa dei semi la resa in olio ha subito una maggiore flessione. Mediamente si sono appena superati i 7 q ha⁻¹. CT 180 si è confermata la cultivar più produttiva in assoluto. Sincron è stata la prima a iniziare la fioritura, mentre Serena quella che ha concluso per prima il ciclo colturale. In media la *B. carinata* è stata più tardiva di 8 giorni riguardo l'antesi, senza apprezzabili differenze per la lunghezza del ciclo. La taglia delle piante è stata del tutto paragonabile tra le due specie, anche se la differenziazione varietale, in questa specie, per questo carattere, è stata molto pronunciata: tra Sincron (la più bassa) e Serena e ISCI 7 (le più alte) la differenza è stata di quasi 60 cm. L'allettamento ha mediamente raggiunto proporzioni superiori; ISCI 7 si è dimostrata la più suscettibile, seguita da Sincron e CT 180, tutte con valori superiori al 40%. L'investimento, leggermente più basso del colza, ha evidenziato il valore minore con CT 204.

Tabella 16 - Caratteri produttivi e morfo-fenologici di 5 varietà comuni di *B. carinata* nel biennio 2008-2009 e 2009-2010.

Varietà	Prod. granella	Olio sostanza secca		Inizio fioritura	Durata ciclo	Altezza fusto	Investimento alla raccolta	Allettamento	Peso 1000 semi
	al 9% di um.	contenuto	produzione						
	t ha ⁻¹	%	t ha ⁻¹	data	d	cm	piante m ⁻²	%	g
CT 180	2,71 a	34,6 b	0,85 a	20/4 a	256 a	145 b	44,1 a	41,7 a	4,4 b
CT 204	2,41 b	36,1 a	0,79 ab	18/4 a	258 a	155 b	28,2 c	25,8 b	4,5 ab
ISCI 7	2,26 b	34,6 b	0,71 b	18/4 a	258 a	175 a	37,1 ab	47,5 a	4,3 b
Serena	2,40 b	34,6 b	0,77 ab	18/4 a	252 b	173 a	37,4 ab	15,8 b	4,4 b
Sincron	1,83 c	33,3 b	0,58 c	13/4 b	258 a	117 c	32,4 bc	43,3 a	4,6 a
Medie	2,32	34,7	0,74	17/4	256	153	35,8	34,8	4,4
C.V. %	20,76	7,0	22,69	3,9	2,9	12,1	35,2	47,1	8,0
LSD 0,05	0,26	1,3	0,09	2,6	4,2	10,0	7,2	12,0	0,2

Considerazioni conclusive

I risultati della rete di sperimentazione istituita nell'ambito del progetto SuSCACE hanno confermato la necessità di dotare gli agricoltori di informazioni di supporto in sede di scelta varietale, che resta uno dei nodi cruciali nell'ambito della gestione agronomica di una coltura, da questo punto di vista, così sensibile. Le differenze tra genotipi, infatti, sono state sostanziali, ammontando finanche a circa il 40% della migliore produzione. Non va trascurato, inoltre, il rapido rinnovamento del panorama varietale che, introducendo nuove cultivar selezionate per ambienti diversi dal nostro, dove la coltura è molto più diffusa, rende necessario puntualizzare le informazioni relative alla adattabilità dei genotipi. Le cultivar ibride hanno confermato la loro superiorità, denotando, generalmente, una maggiore vigoria e produttività delle altre, con l'eccezione di Alpaga, unica linea pura del gruppo di merito, che ha denotato il miglior contenuto in olio. Excalibur, Pulsar, Tassilo, Exagone, NK Formula, si sono dimostrate, inoltre, in grado di fornire sufficienti garanzie di stabilità.

La *Brassica carinata* ha denotato minori capacità produttive, non tanto per la rese in seme, quanto relativamente al tenore in olio, mediamente inferiore di oltre 9 punti percentuali. L'ampio scarto nel tenore lipidico suggerisce il consolidamento di programmi di selezione per la costituzione di varietà a più alto contenuto di olio per colmare un gap dovuto, essenzialmente, al relativamente recente interesse per questa pianta ed al conseguente scarso progresso nel miglioramento genetico ottenuto, per sfruttare al meglio gli innegabili vantaggi che la *B. carinata* presenta rispetto alla *B. napus*. A tal proposito potrebbe più favorevolmente essere impiegata in areali dove le particolari condizioni meteo rendono particolarmente problematico praticare la coltura del colza. È esemplificativo il fatto che in Sardegna la prova varietale relativa a questa specie sia stata compromessa alla raccolta a causa delle critiche condizioni di vento in prossimità di questa fase, accentuando il già delicato problema della spontanea deiscenza delle silique e sia stata, al contrario, regolarmente eseguita nello stesso ambiente quella della *B. carinata*, notoriamente insensibile a tale problematica. In ogni caso, fra le varietà a confronto si sono distinte CT 180 CT 204 e Serena, che hanno evidenziato risultati apprezzabili.

Bibliografia

- Boschetti A., 2008. I contratti per la prossima campagna colza. L'Informatore Agrario, LXIV, 33, 33.
- De Mastro G., Bona E., 1998. Oleaginose non alimentari. Colza. Edagricole, 29-35.
- Del Gatto A., Pieri S., Mangoni L., Di Candilo M., Diozzi M., De Mastro G., Verdini L., Signor M., Barbiani G., Carboni G., Cauli F., Ridoni G., Fabbrini L., 2010. Le varietà di Brassica carinata per le prossime semine. L'Informatore Agrario, LXVI, 38, 52-54

- Innocenti A., Poli M., Dal Re L., 2008. Coltivazione del colza: esperienze nel Ravennate. *Agricoltura*, Novembre, 77-79
- Laureti D., 1989. la coltivazione del colza da olio in Italia: scelta varietale Marche interne. *L'Informatore Agrario XLV*, 32, 37-38
- Lazzeri L., D'Avino L., Leoni O., Mazzoncini M., Antichi D., Mosca G., Zanetti F., Del Gatto A., Pieri S., De Mastro G., Grassano N., Cosentino S., Copani V., Ledda L., Farci R., Bezzi G., Lazzari A., Dainelli R., Spugnoli P., 2009. On farm agronomic and first environmental evaluation of oil crop for sustainable bioenergy chains. *Italian Journal of Agronomy*, 4, 171-180
- Marinelli G., 2009. Dalle bietole al colza, l'impegno di Sada. *L'Informatore Agrario*, LXV, 35, 70-71
- Menguzzato A., Rossetto L., 2007. Le aspettative sul biodiesel fanno da traino al colza italiano. *L'Informatore Agrario*, LXIII, 33,33-36.
- Mosca G., Zanetti F., 2007. Ottime rese del colza con le giuste scelte agronomiche. *L'Informatore Agrario*, LXIII, 33, 38-42.
- Onofri A., Laureti D., Peccetti G., Zanetti F., 2005. Panorama varietale del colza. *Agroindustria*, 4,1,81-90.
- Palmieri S., Leoni O., Iori R., 1992. Il colza oleaginosa di buone prospettive: aspetti fisiologici, tecnologici e qualitativi. *Agricoltura Ricerca*, 134, 63-70
- Toniolo L., Mosca G., Berti A., Miceli F., Fontana F., Paradisi U., Laureti D., Ciriocofolo E., Bonari E., Marzi V., Sarli G., Perniola M., Copani V., Leto C., 1992. Risultati della rete nazionale di valutazione varietale del colza (1980-89). *Agricoltura Ricerca*, 14 (134), 9-18.

c - Concimazione azotata e densità di semina in colza (*B. napus* L.)

*Nitrogenous fertilization and seed density in rape seed (*B. napus* L.)*

Andrea Del Gatto*, **Sandro Pieri***, **Lorella Mangoni***,
Marcello Mastrorilli **, **Pasquale Campi****

Riassunto

Il colza è una specie che presenta delle peculiarità che le consentirebbero facilmente l'introduzione negli ordinamenti colturali di numerose aree italiane. Purtroppo, alcuni problemi come la competizione con i cereali, con cui condivide il ciclo vegetativo, difficoltà nella raccolta dovute alla scarsa resistenza alla deiscenza delle silique, nel tempo ne hanno limitato l'introduzione negli ordinamenti produttivi. La possibilità di utilizzare l'olio di colza per la produzione di biodiesel, ha, negli ultimi anni, ampliato la possibilità della sua diffusione, con nuove possibilità di reddito per l'agricoltore, ma è imprescindibile l'adozione di una tecnica agronomica che le permetta di raggiungere rese soddisfacenti e stabili.

Per fornire un contributo sull'argomento nel progetto nazionale SuSCACE finanziato dal MiPAAF è stata impostata una apposita sperimentazione realizzata ad Osimo (AN) e a Rutigliano (BA). Questa ha previsto il confronto di quattro dosi di concimazione azotata, 50, 100, 150, 200 kg ha⁻¹ di N, in combinazione con due densità d'investimento, 50 e 100 semi germinabili m⁻², in due varietà ibride, una a taglia normale (NK FORMULA), l'altra semi-dwarf (AVENIR). È stato adottato un disegno sperimentale a parcella suddivisa con le varietà nelle parcelle, le densità di semina nelle sub parcelle e le dosi di

* Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura, Centro di ricerca per le Colture Industriali (CRA-CIN), Osimo (AN).

** Unità di Ricerca per i Sistemi Colturali degli Ambienti caldo aridi (CRA-SCA), Bari.

concimazione azotata nelle sub-sub parcelle; queste ultime misuravano una superficie di 18 m².

I risultati hanno evidenziato che con le nuove varietà ibride è inutile abbondare nella distribuzione di seme all'impianto della coltura. Questa, infatti, non ha mostrato alcun vantaggio passando dall'investimento di 50 a quello di 100 semi germinabili m⁻²: in quest'ultimo caso, infatti, pur presentando un numero medio di piante alla raccolta pressoché doppio rispetto a quello riscontrato sulla tesi con investimento dimezzato, non ha fatto apprezzare alcun incremento di resa, evidenziando, invece, le caratteristiche di plasticità e compensazione tipiche di questa specie.

Lo stesso vale riguardo la concimazione azotata per la quale non è conveniente spingersi oltre le 150 unità di N ha⁻¹: non si ottengono apprezzabili vantaggi dal punto di vista produttivo, ma si va incontro alla concreta possibilità di riduzione del tenore in olio dei semi, oltre all'aumento del rischio di allettamento

Parole chiave: colza, concime azotato, densità di semina, ibrido, dwarf.

Abstract

Rape seed has certain characteristics that would easily introduce it in the production localities in many Italian areas. Unfortunately some problems as competition with cereals, since they have the same vegetative cycle, problems during the harvesting phase due to the weak resistance to the siliques' dehiscence, they gradually limited its diffusion in Italian production systems. The possibility of using oil rape seed to produce biodiesel has lately extended the possibility of its diffusion, with new income possibilities for the farmer, but it is essential to use an adequate agronomic technique in order to obtain successful results.

In order to contribute to the "Scientific Support to Agronomical Conversion towards Energetic Cultivation" (SUSCACE) national project sponsored by MiPAAF an apposite experimentation carried out at Osimo (AN) and at Rutigliano (BA) as been made. The tests provided the comparison of four doses of nitrogenous fertilization (50, 100, 150, 200 Kg ha⁻¹ of N) in combination with two planting density applied on two hybrid varieties (NK Formula and Avenir). A split-plot experimental scheme has been chosen arranging the varieties in the plots, seed density in the sub-plots and the nitrogenous fertilization doses in the sub-sub-plots (which had a surface of 18 m²).

The results obtained with the new cultivars showed the uselessness in abounding with the distribution of seed in the culture implanting process; Infact the passage from 50 to 100 germinable seeds m⁻² did not show any benefit. The same result was observed with nitrogenous fertilization, it is not convenient to use it at a concentration higher than 150 units ha⁻¹: since no significant advantages in terms of production are not obtained, on the contrary, it will probably cause the reduction of seeds' oil content.

The results obtained with the new cultivars showed the uselessness in abounding with the distribution of seed in the culture implanting process; In fact the passage from 50 to 100 germinable seeds m⁻² did not show any benefit, the spite the number of plants ob-

tained from the 100 seeds m^{-2} seeding area was double compared to the number obtained from the other seeding area. The same result was observed with nitrogenous fertilization it is not convenient to use it at a concentration higher than 150 units ha^{-1} : since no significant advantages in terms of production are not obtained, on the contrary, it will probably cause the reduction of seeds' oil content.

Keywords: rape seed, nitrogenous fertilization, seed density, hybrid, dwarf.

Introduzione

Il colza è una specie che presenta delle peculiarità che le consentirebbero facilmente l'introduzione negli ordinamenti colturali di numerose aree italiane (Copani *et al.*, 1988; De Mastro *et al.*, 1992; Toniolo *et al.*, 1992; Del Gatto *et al.*, 2010). Infatti, oltre a richiedere modesti investimenti di capitale (Laureti, 1989), essendo una coltura di testa, con cui aprire, cioè, la rotazione, libera presto il terreno favorendo le lavorazioni per gli impianti successivi, apportando un cospicuo quantitativo di residui colturali restituisce macroelementi minerali organicati, copre presto il terreno all'inizio dell'inverno, ostacolando lo sviluppo delle infestanti invernali e proteggendo il suolo da tutte le insidie cui è suscettibile senza una coltura di copertura

Purtroppo, nonostante le premesse, alcuni problemi, come la competizione con altre specie con cui condivide il ciclo vegetativo (ad esempio i cereali), la scarsa resistenza alla deiscenza delle silique, associata ad una accentuata scalarità di fioritura-maturazione, la limitata disponibilità di erbicidi specifici efficaci ed alcune problematiche tecniche alla raccolta, nel tempo ne hanno limitato l'introduzione negli ordinamenti produttivi (Zanetti *et al.*, 2008).

La possibilità di utilizzare l'olio di colza per la produzione di biodiesel, ha, negli ultimi anni, ampliato la possibilità della sua diffusione, con nuove possibilità di reddito per l'agricoltore (Mosca e Bona, 1994), ma è imprescindibile l'adozione di una tecnica agronomica che le permetta di raggiungere rese soddisfacenti e stabili (Zanetti *et al.*, 2005).

Il colza viene infatti comunemente ritenuta una specie abbastanza tecnica, per la cui coltivazione è necessario adottare accorgimenti mirati alla riduzione dei costi di produzione e al conseguimento di un prodotto per la trasformazione in linea con le più recenti esigenze e regolamentazioni per un'agricoltura moderna e rispettosa dell'ambiente (Bona *et al.*, 2000).

Se da un lato può essere considerata una coltura a basso input per quanto concerne la lavorazione del terreno (Bonari *et al.*, 1992; Ciricofolo *et al.*, 1992), altre operazioni non vanno sicuramente trascurate, come la scelta varietale, l'epoca, la densità di semina e il livello di concimazione azotata.

In relazione a quest'ultimo aspetto va considerato che, se da un lato occorre garantire alla pianta una buona sopravvivenza invernale, dall'altro la somministrazione

dell'azoto in inverno è particolarmente pericolosa, in quanto rende disponibili nel terreno ingenti quantitativi di nitrati (Gabrielle e Gosse, 1995) in un periodo solitamente ricco di precipitazioni, aumentando notevolmente il rischio di lisciviazione. Questo dualismo può essere risolto solamente con una oculata gestione della concimazione azotata per una coltura non food che possa rappresentare una alternativa agronomicamente ed economicamente valida (Zanetti *et al.*, 2003)

Dato per assodato che, procedendo dal Nord verso il Sud Italia, sia raccomandabile effettuare la semina a partire dalla 2° decade di settembre (Ciricofolo *et al.*, 2000), per permettere alla pianta di raggiungere uno stadio che le conferisca una buona resistenza al freddo (6-8 foglie vere e 8 mm di diametro al colletto), l'intenso e rapido rinnovamento del panorama varietale che introduce sul territorio nazionale varietà selezionate per ambienti diversi dal nostro, dove magari la coltura è più diffusa, rende necessario adeguare e puntualizzare le informazioni a disposizione in relazione alla concimazione azotata e alla densità di investimento, non sempre improntate a criteri di univocità.

Metodologia

Per fornire un contributo sull'argomento nel progetto nazionale SuSCACE finanziato dal MiPAAF (Del Gatto *et al.*, 2009) è stata impostata una apposita sperimentazione realizzata ad Osimo, presso l'azienda agraria della ex SOP del CRA-CIN (Centro di ricerca per le colture industriali) e a Bari, presso il CRA-SCA (Unità di Ricerca per i Sistemi Colturali degli Ambienti caldo aridi). Questa ha previsto, in due anni di indagine (2008-09/2009-10) il confronto di quattro dosi di concimazione azotata, 50, 100, 150, 200 kg ha⁻¹ di N, distribuite in due frazioni, in copertura, a distanza di un mese l'una dall'altra, a partire dall'uscita dell'inverno, oltre al testimone non concimato, in combinazione con due densità d'investimento, 50 e 100 semi germinabili m⁻², in due varietà ibride, una a taglia normale (NK FORMULA), l'altra semi-dwarf (AVENIR). È stato adottato un disegno sperimentale a parcella suddivisa con le varietà nelle parcelle, le densità di semina nelle sub parcelle e le dosi di concimazione azotata nelle sub-sub parcelle; queste ultime misuravano una superficie di 18 m².

I rilievi effettuati hanno riguardato la data di emergenza, inizio, fine fioritura, e maturazione agronomica, l'altezza delle piante, l'allettamento, l'investimento iniziale e alla raccolta, il peso medio dei semi (1000) e il loro contenuto in olio tramite analisi NMR. Sul campione parcellare sono poi stati calcolati resa ettariale in seme e olio.

I risultati ottenuti sono stati sottoposti ad analisi statistica della varianza; di seguito verranno illustrati solo quelli risultati significativi.

Risultati

Relativamente alle varietà (Tab. 1) nessuno dei caratteri esaminati ha subito influenza se non in maniera combinata con la località di indagine.

Tabella 1 - Effetti della varietà in funzione della località di prova sui caratteri produttivi.

Località	Produzione granella al 9 % di um. (t ha ⁻¹)		Contenuto olio su s.s. (%)		Produzione olio s.s. (t ha ⁻¹)	
	Rutigliano	Osimo	Rutigliano	Osimo	Rutigliano	Osimo
Avenir	1,40 c	2,88 a	41 d	45 b	0,51 c	1,18 a
NK Formula	2,14 b	2,84 a	44 c	46 a	0,85 b	1,20 a
Medie	1,77	2,86	42,0	45,8	0,68	1,19
C.V. %	16,10		5,63		18,20	
LSD 0,05	0,13		0,89		0,06	

Dal punto di vista produttivo la differenziazione varietale si è evidenziata esclusivamente nella località pugliese, a vantaggio di NK Formula, risultata superiore per la resa in seme e olio, con uno scarto del 35 e 40%, rispettivamente; ad Osimo mediamente si sono registrate le migliori produzioni con risultati superiori del 38 e 43% relativamente alla resa in seme e olio, nell'ordine, rispetto all'altra località. Il contenuto in olio più elevato si è ottenuto nella località marchigiana con la varietà più produttiva, che ha fatto comunque registrare i valori più alti in entrambi gli ambienti di prova.

Tabella 2 - Effetti della varietà sui caratteri morfo-fenologici in funzione della località di prova.

Località	Ciclo (g)		Altezza (cm)		Investimento (piante m ⁻²)		Peso 1000 al 9 % di um. (g)	
	Rutigliano	Osimo	Rutigliano	Osimo	Rutigliano	Osimo	Rutigliano	Osimo
Avenir	219 d	260 b	98,8 d	154,3 b	66 a	43 b	3,8 c	4,5 b
NK Formula	221 c	261 a	123,3 c	161,4 a	69 a	41 b	4,4 b	4,8 a
Medie	220	260	111,1	157,9	67,6	41,8	4,07	4,64
C.V. %	0,48		7,16		15,81		11,40	
LSD 0,05	0,42		3,47		3,11		0,18	

Il ciclo colturale (Tab. 2), inteso come intervallo semina–maturazione agronomica, ha fatto registrare differenze minime fra varietà, denotando una maggiore tardività di NK Formula, mentre tra località l'ampio divario è attribuibile esclusivamente alle diverse date di impianto, ritardata in Puglia dello stesso intervallo che ha separato le due località.

NK Formula ha fatto registrare una superiore taglia e peso medio dei semi; i valori di tali caratteri sono risultati superiori nella località marchigiana.

Riguardo all'investimento alla raccolta non si è avuta influenza da parte della varietà, ma ad Osimo è stata evidenziata la flessione maggiore (di circa il 38%) rispetto all'impianto, dovuta quasi esclusivamente al diverso rapporto di sopravvivenza invernale tra le due località, caratterizzate da decorsi termici stagionali abbastanza diversificati.

Tabella 3 - Effetti della densità su ciclo, altezza e investimento in funzione della località di prova; sul peso dei semi in base al genotipo.

Località	Ciclo (g)		Altezza (cm)		Investimento (piante m ⁻²)		Peso 1000 al 9 % di um. (g)	
	Rutigliano	Osimo	Rutigliano	Osimo	Rutigliano	Osimo	Avenir	NK Formula
50 semi m⁻²	220 c	261 a	109,2 c	159,5 a	45 c	31 d	4,1 b	4,63 a
100 semi m⁻²	220 c	260 b	113,0 b	156,2 a	90 a	53 b	4,2 b	4,50 a
Medie	220	260	111,1	157,9	67,6	41,8	4,15	4,57
C.V. %	0,48		7,16		15,81		11,40	
LSD 0,05	0,42		3,47		3,11		0,18	

La densità di semina non ha influenzato significativamente i caratteri produttivi. Relativamente al ciclo colturale (Tab. 3) le differenze sono da imputare, come già esposto, quasi esclusivamente alle diverse date di impianto fra i due areali a confronto, mentre si è registrato un minimo ritardo nelle Marche con la densità inferiore.

L'altezza delle piante, di quasi mezzo metro superiore nella località marchigiana, ha evidenziato differenze solo in Puglia dove le piante hanno mostrato una statura superiore di 4 cm con la maggiore densità.

L'investimento finale, superiore mediamente a Rutigliano, ha fatto apprezzare in questa località una riduzione rispetto a quello teorico del 10% per entrambe le densità adottate, del 38 e 47%, invece, ad Osimo, rispettivamente con l'impianto di 50 e 100 semi germinabili.

Per il peso dei 1000 semi non si è avuta alcuna differenza statistica entro varietà, indipendentemente dall'investimento adottato; Avenir ha presentato un peso medio comunque inferiore ad NK Formula.

Gli effetti della concimazione azotata (Tab. 4) sono risultati anch'essi condizionati dalle località di prova, tranne che per la resa in olio.

In quest'ultimo, la migliore produzione si è ottenuta già con 150 Kg ha⁻¹ di elemento fertilizzante, mentre la dose successiva non ha fatto apprezzare ulteriori incrementi; riducendo l'apporto azotato si è evidenziato un gradiente decrescente.

Tabella 4 - Effetti delle dosi di azoto su resa in olio e, in funzione della località, su altezza, peso, contenuto in olio e produzione di semi.

N kg ha ⁻¹	Altezza (cm)		Peso 1000 al 9 % di um. (g)		Produzione granella al 9 % di um. (t ha ⁻¹)		Contenuto olio su s.s. (%)		Produzione olio s.s (t ha ⁻¹)
	Rutigliano	Osimo	Rutigliano	Osimo	Rutigliano	Osimo	Rutigliano	Osimo	
0	86,0 f	151,4 b	4,5 ab	4,6 a	0,93 g	2,18 d	43,2 cd	46,1 a	0,64 d
50	100,3 e	153,3 b	4,3 bc	4,6 a	1,36 f	2,73 b	44,2 bc	45,9 a	0,84 c
100	116,5 d	159,8 a	4,0 cd	4,6 a	1,81 e	2,91 b	42,3 de	46,0 a	0,96 b
150	124,5 c	162,3 a	3,7 e	4,7 a	2,42 c	3,22 a	41,3 e	45,4 ab	1,13 a
200	128,1 c	162,5 a	3,8 de	4,7 a	2,31 cd	3,26 a	39,1 f	45,5 ab	1,10 a
Medie	111,1	157,9	4,1	4,6	1,77	2,86	42,0	45,8	0,93
C.V. %	7,16		11,40		16,10		5,63		18,20
LSD 0,05	5,49		0,28		0,21		1,41		0,07

Lo stesso andamento ha caratterizzato la resa in granella entro località: a Rutigliano concimare con 150 o 200 unità di N ha⁻¹ è risultato indifferente, sortendo comunque i migliori risultati, mentre al diminuire dell'azoto la produzione è decresciuta proporzionalmente; lo stesso è avvenuto ad Osimo, con la differenza che anche le dosi di 50 e 100 Kg ha⁻¹ non si sono differenziate statisticamente. In quest'ultimo ambiente si sono ottenuti valori produttivi mediamente superiori del 38% rispetto a quello pugliese, dove il migliore risultato è comunque stato inferiore rispetto a quello ottenuto nelle Marche con la dose di concime più basso.

Ad Osimo si è registrato un contenuto in olio dei semi mediamente superiore di quasi 4 punti percentuali rispetto a Rutigliano, e senza differenze imputabili alla concimazione; nella località pugliese, invece, i valori di tale carattere sono proporzionalmente peggiorati all'aumentare della dose di azoto somministrata.

Per l'altezza delle piante la differenziazione è risultata più evidente in Puglia dove la taglia maggiore è stata raggiunta, indifferentemente, con le dosi più alte; ad Osimo invece il fattore discriminante si è posizionato tra la dose di 50 e 100 Kg ha⁻¹ di N.

La coltura ha evidenziato, come già detto, un peso medio dei semi superiore ad Osimo, dove non si è osservata alcuna differenziazione relativamente alla concimazione azotata; a Rutigliano, invece, questo carattere, assimilabile al dato medio osimano in assenza di concimazione, è decresciuto all'aumentare della disponibilità di azoto fino ad un valore inferiore del 15%.

Conclusioni

La prova di confronto fra densità di semina e concimazione azotata effettuata ad Osimo e Bari, nell'ambito del progetto SuSCACE, nelle annate 2008/09-2009/10 ha permesso di ottenere alcune utili indicazioni.

Con le nuove varietà ibride è inutile abbondare nella distribuzione di seme all'impianto della coltura. Questa, infatti, non ha mostrato alcun vantaggio passando dall'investimento di 50 a quello di 100 semi germinabili m⁻²: in quest'ultimo caso, infatti, pur presentando un numero medio di piante alla raccolta pressoché doppio rispetto a quello riscontrato sulla tesi con investimento dimezzato, non ha fatto apprezzare alcun incremento di resa, evidenziando, invece, le caratteristiche di plasticità e compensazione tipiche di questa specie.

Lo stesso vale riguardo la concimazione azotata per la quale non è conveniente spingersi oltre le 150 unità di N ha⁻¹: non si ottengono apprezzabili vantaggi dal punto di vista produttivo, ma si va incontro alla concreta possibilità di riduzione del tenore in olio dei semi, oltre all'aumento del rischio di allettamento.

Bibliografia

- Bonari E., Mazzoncini M., Peruzzi A., Silvestri N., 1992. Esperienze di aratura e di lavorazione minima per la coltura del colza invernale da granella. *Agricoltura Ricerca* 14, 33-42.
- Bona S., Mosca G., Vamerli T., 2000. Energy and CO₂ balance in biodiesel fuel production: the role of variability in agriculture practices. *Proceedings of 1st "World International Conference and Exhibition on Biomass for Energy and Industry"*. Sevilla, Spain, 5-9 June, 159-162.
- Ciriciofolo E., Laureti D., Luciani F., Sarli G., 1992. Diversi sistemi di lavorazione del terreno nel colza invernale da olio. *Agricoltura Ricerca* 14, 19-32.
- Ciriciofolo E., Natalizi G., Bruni R., 2000. Manuale di corretta prassi per la coltivazione integrata del colza Edito da 3A parco Tecnologico Agroalimentare dell'Umbria, 1-29.
- Copani V., Patanè C., Foti S., 1988. Ricerche sulla potenzialità produttiva del colza, nuova coltura autunno-vernina in Sicilia. In "Stato attuale e prospettive delle colture oleaginose in Italia". Pisa, 24-26 febbraio. Pacini Editore, 513-525.
- De Mastro G., Lamacchia M., Sarli G., Castrignano A., 1992. un biennio di osservazioni sul ritmo di accrescimento del colza (*Brassica napus* L. var. oleifera D.C.) in ambiente meridionale. *Agricoltura ricerca*, 14, 85-94.
- Del Gatto A., Pieri S., Mangoni L., Di Candilo M., De Mastro G., Grassano N., Signor M., Barbiani G., Carboni M., Cauli F., 2009. Le varietà per uso energetico di colza e *Brassica carinata*. *L'Informatore Agrario*, 35, 37-42.
- Del Gatto A., Pieri S., Mangoni L., 2010. Introduzione del colza negli ordinamenti colturali marchigiani. *Dal seme* 4, 59-67.
- Gabrielle B., Gosse G., 1995. Bilan environnemental du colza: premiers résultats expérimentaux. *Oleagineux Crop gras Lipides*, 6, 443-444.
- Laureti D., 1989. La coltivazione del colza da olio in Italia: tecnica colturale. *L'Informatore Agrario*, XLV (32), 59-64.

- Mosca G., Bona S., 1994. Oil seed crops for methylester production: Energy analysis and productivity of some species. *Rivista di Ingegneria Agraria*, 3, 151-161.
- Toniolo L., Mosca G., Berti A., Miceli F., Fontana F., paradisi U., Laureti D., Ciriocofolo E., Bonari E., Marzi V., Sarli G., Perniola M., Copani V., Leto C., 1992. Risultati della rete nazionale di valutazione varietale del colza (1980-89). *Agricoltura Ricerca*, 14, 9-18.
- Zanetti F., Bona S., Berto R., Massignan A., 2003. Non sempre abbondare con l'azoto favorisce maggiori rese in granella. *L'Informatore Agrario* 35, 39-41.
- Zanetti F., Bezzi, G., Pannacci E., Amaducci M.T., Ciriocofolo E., Mosca G., 2005. Itinerari culturali sostenibili in colza invernale. *Agroindustria*, 4, 1, 91-100.
- Zanetti F., Mosca G., Loddo S., 2008. Colza, remunerativo ma da specialisti. *L'Informatore Agrario*, LXIV, 33, 31-36.

3

Coltivazione nel Sud Italia

a - Brassicacee da olio per biodiesel in Sicilia

Oilseed Brassicas for biodiesel in Sicily

Umberto Anastasi*, Venera Copani*, Salvatore Cosentino*

Riassunto

I biocarburanti, tra i quali il biodiesel, rappresentano una fonte energetica rinnovabile di cui è auspicata la diffusione nell'Unione Europea per ridurre progressivamente la dipendenza dai carburanti convenzionali e l'emissione di gas serra. L'implementazione di questa filiera bioenergetica passa attraverso l'individuazione di specie da olio idonee ad essere coltivate nei diversi ambienti. Tra queste specie, le Brassicacee come il colza (*Brassica napus* L. var. *oleifera* D.C.) e la mostarda etiopica (*Brassica carinata* A. Braun) sono considerate opzioni valide per gli ambienti caldo-aridi del meridione italiano. Dopo avere richiamato i principali caratteri botanici, la biologia e le esigenze, sono descritti i criteri di scelta delle varietà e i diversi aspetti della gestione agronomica di entrambe le specie, alla luce della pluriennale sperimentazione condotta dal DISPA dell'Università di Catania in alcuni ambienti siciliani. I risultati indicano l'opportunità di puntare su genotipi precoci e su semine autunnali anticipate, una volta valutate le disponibilità idriche naturali del periodo di semina. È emerso, inoltre, che nella pianura costiera siciliana le produzioni di granella e il contenuto di olio in *B. carinata*, alla quale recentemente è stata rivolta maggiore attenzione, superano quelle di *B. napus*. Il bilancio energetico per *B. carinata* nelle condizioni ambientali siciliane, evidenzia che nonostante la resa energetica sia notevolmente inferiore a quella di specie lignocellulosiche, la coltura rappresenta comunque un'opportunità, poiché la filiera del biodiesel può essere facilmente organizzata in tempi brevi. I margini per il miglioramento dell'efficienza energetica della coltura sono da ricercare in una riduzione degli input rappresentati soprattutto dalla concimazione azotata, attraverso l'adozione di precessioni colturali che prevedano la presenza di leguminose.

Parole chiave: Colza, Mostarda etiopica, biodiesel, bilancio energetico.

* Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agrarie e Alimentari (DISPA), Università degli Studi di Catania.

Abstract

*Biofuels, including biodiesel, are a renewable energy source of which the spreading in the European Union is hoped in order to gradually reduce dependence from the conventional fuels and the emission of greenhouse gases. The implementation of this bio-energy sector is possible first of all through the identification of oilseed species suitable for cultivation in different environments. Among these species, Brassicaceae such as oilseed rape (*Brassica napus* L. var. *oleifera* DC) and Ethiopian mustard (*Brassica carinata* A. Braun) are considered viable options for semi-arid environments of southern Italy. After the recalling of the main botanical traits, biology and requirements, are described the criteria of choice of varieties and the different aspects of agronomic management of both species, taking into account the pluriannual experimentation conducted by the DI-SPA Department of Catania University in some Sicilian environments. The results indicate the opportunity to focus on earliness genotypes and to early autumn sowing, taking into consideration the availability of rainfall during the sowing period. It also emerged that in the Sicilian coastal plain grain yield and the average content of oil in *B. carinata*, which has recently been received more attention, exceed those of *B. napus*. The energy balance for *B. carinata* under the environmental conditions of Sicily shows that, despite the energy yield of this crop is significantly lower than that of lignocellulosic species, its cultivation is still an opportunity, because the biodiesel sector can be easily organized in a short time. The margins for improving energy efficiency of the crop can be found in a reduction of inputs represented mainly by nitrogen fertilization, through the insertion of legume species in the cultural rotation.*

Keywords: Rapeseed, Ethiopian mustard, biodiesel, energy balance.

Il quadro di riferimento europeo sui biocarburanti

Nell'Unione Europea la quota di energia destinata al settore trasporti rappresenta oltre il 30% di quella complessivamente consumata (DIR 2003/30/CE); di questa, l'80% è utilizzata per i trasporti su strada. Le fonti di approvvigionamento sono rappresentate dal gas naturale e dal petrolio, provenienti quasi esclusivamente da giacimenti extra-comunitari, limitati e circoscritti. Negli ultimi anni, il prezzo dei carburanti convenzionali, è andato incontro a un progressivo aumento a causa della politica attuata dai paesi detentori delle riserve, dell'aumento della domanda internazionale e in vista di un esaurimento a breve di tali risorse. Secondo le stime disponibili, sempre i trasporti sono responsabili del 21% delle emissioni di gas serra (COM 2006 34 dell'8/2/2006), alla cui riduzione i paesi dell'Unione si sono impegnati sottoscrivendo il protocollo di Kyoto. In questo quadro i biocarburanti rappresentano la risposta più immediata all'obiettivo comunitario di aumentare la quota di energia da fonti rinnovabili, limitando così la dipendenza dai paesi produttori e contribuendo alla riduzione dei gas ser-

ra. Il documento 20 20 by 2020 - Europe's climate change opportunity (COM 2008) fissa i tempi per una svolta significativa nelle politiche ambientali ed energetiche dell'Europa che puntano decisamente sulle energie rinnovabili.

L'evidenza che biodiesel e bioetanolo possano essere facilmente ricavati dalle più importanti specie agrarie (frumento, orzo, mais, colza, soia, girasole, sorgo da granello, barbabietola da zucchero, etc.) comporta implicazioni favorevoli di natura economica, tecnica e sociale, dal momento che si tratta di colture di solida ed antica coltivazione. Com'è noto, tuttavia, l'utilizzazione di piante a fini energetici è fortemente avversata a causa dell'incremento dei prezzi cui vanno incontro le stesse materie prime destinate all'alimentazione umana ed animale (Cosentino *et al.*, 2007).

Il biodiesel, in particolare, è considerato un ottimo sostituto del gasolio, e può essere ricavato da oli vegetali usati o grassi animali ma anche da colture oleaginose dedicate (Cardone *et al.*, 2003). Per queste ultime è richiesto che il rapporto input/output sia basso, in modo che l'energia utilizzata nel processo produttivo superi quella resa disponibile dal biocarburante. Questo è generalmente sotto forma di metilestere (diestere), facilmente prodotto attraverso un processo di transesterificazione (trasformazione di un estere in un altro per reazione con un alcool) degli acidi grassi di oli vegetali che prevede l'impiego di metanolo (o etanolo) in presenza di un catalizzatore (generalmente idrossido di Na o di K).

Specie da olio per biodiesel adatte agli ambienti caldo-aridi

Nel meridione italiano, la filiera biodiesel ha trovato concrete prospettive di implementazione nei tradizionali areali cerealicoli, nei quali, per ottemperare ai dettami della nuova PAC è necessario disporre di specie alternative da avvicinare con il grano duro.

Tenendo presenti i vincoli di natura climatica di queste regioni e il fatto che l'acqua disponibile per l'irrigazione è destinata prevalentemente a colture più redditizie, la scelta di specie a ciclo autunno-primaverile è stata quasi obbligata. Tra queste le Brassicacee quali, il colza (*Brassica napus* L. var. *oleifera* D.C.), la mostarda etiopica (*Brassica carinata* A. Braun) e altre specie minori (*Brassica juncea* L. Czern, *Brassica rapa* L., *Sinapis alba* L. e *Crambe abyssinica* Hochst ex Fries.) sono state tra quelle di più facile introduzione.

Il colza in Italia e nel meridione in particolare, è specie a diffusione alquanto limitata se paragonata alle superfici dei paesi dell'Europa continentale; può contare comunque su una ricerca agronomica che ha efficacemente analizzato e risolto i principali quesiti posti nel momento del suo ingresso nel panorama colturale italiano (Foti *et al.*, 1997; Cosentino *et al.*, 2005, 2008). I risultati produttivi relativi a prove realizzate nel corso di una pluriennale sperimentazione rivelano una elevata variabilità tra gli anni (Tab. 1). Produzioni analoghe a quelle del Nord si alternano a rese aleatorie inferiori a 1 t ha^{-1} (campo di variabilità $0,8\text{-}3,8 \text{ t ha}^{-1}$).

Tabella 1 - Prove su Brassicacee da olio per energia realizzate in ambienti del sud Italia: aspetti agronomici e risultati produttivi (*).

<i>Specie</i>	<i>Semina (mese/stagione)</i>	<i>Raccolta (mese)</i>	<i>Resa (t ha⁻¹ s. s.)</i>	<i>Contenuto di olio (%)</i>	<i>Riferimento bibliografico</i>
<i>Brassica napus (Colza)</i>	X-XI	V-VI	0,8-3,1	34-44	Toniolo <i>et al.</i> , 1992
	X-XI	V-VI	1, 0-3,8		Abbate <i>et al.</i> , 1993
			1,6-2,2	41-43	Mazzoncini e Angelini, 2002
	Autunno		2,5-2,9		De Mastro <i>et al.</i> , 2006
	Autunno		0,8-2,1	33	De Mastro <i>et al.</i> , 1999
	Primavera		0,9-1,6	32	De Mastro <i>et al.</i> , 1999
<i>Brassica juncea</i>	X	V-VI	1,2	34	Copani <i>et al.</i> , 2007
	XI-XII	VI	0,7-2,1	31-42	Copani <i>et al.</i> , 1999
	Autunno		0,7-1,6	31	De Mastro <i>et al.</i> , 1999
	Primavera		0,7-0,9	29	De Mastro <i>et al.</i> , 1999
<i>Brassica carinata</i>	X	V-VI	2,7	34	Copani <i>et al.</i> , 2007
	Autunno		1,0-3,4	31	De Mastro <i>et al.</i> , 1999
	Primavera		0,6-3,5	30	De Mastro <i>et al.</i> , 1999
			1,9-3,5	34-38	Mazzoncini e Angelini, 2002
<i>Crambe abyssinica</i>	XII	V	1,6	30	Copani <i>et al.</i> , 1999
	Autunno		0,9-2,4	33	De Mastro <i>et al.</i> , 1999
	Primavera		1,0	21	De Mastro <i>et al.</i> , 1999
			1,5-2,1	33-34	Mazzoncini e Angelini, 2002

 (*) Tabella rielaborata da Cosentino *et al.*, 2007

Dagli anni '90 l'attenzione è stata rivolta ad altre *Brassicaceae* contenenti acido erucico (eliminato per via genetica nel colza per uso alimentare), per il quale esiste un forte interesse da parte dell'industria nei settori della motoristica e della lipochimica (Mazzoncini e Angelini, 2002). Sono state valutate a questo scopo varietà e linee HEAR (High Erucic Acid Rapeseed) di colza, e genotipi di *Brassica carinata* A. Braun, *Brassica juncea* L. Czern, *Brassica rapa* L., *Sinapis alba* L. e *Crambe abyssinica* Hochst ex Fries. La sperimentazione condotta in Italia (Cosentino *et al.*, 2007) ha reso evidenti soddisfacenti livelli produttivi delle cultivar di *Brassica napus*. *Brassica carinata* ha manifestato ottima adattabilità agli ambienti meridionali, grazie alla precocità di fioritura, alla indeiscenza delle silique a maturazione, alla resistenza all'allettamento, allo stress idrico e alle principali avversità biotiche, che si sono tra-

dotti in una maggiore stabilità produttiva rispetto al colza. Il contenuto di olio nei semi e di acido erucico nell'olio è risultato quasi sempre inferiore nella *B. carinata* rispetto alla *B. napus*, ma la resa in olio non si è discostata da quella del colza. Maggiori limitazioni in relazione alla scelta dell'areale di coltivazione hanno posto *Crambe abyssinica*, *Brassica juncea* e *Sinapis alba*. In particolare, per il Crambe è stata sottolineata la scarsa resistenza alle basse temperature, che ne consiglierebbe la coltivazione solo al sud (Copani *et al.*, 2007).

Si riportano di seguito le principali informazioni su scelta varietale, tecnica colturale e bilancio energetico relative alle specie di maggiore interesse per la Sicilia.

1 - *Brassica napus* L. var. *oleifera* D.C.

Principali caratteri botanici, biologia ed esigenze

Il colza è una pianta ad *habitus* annuale o biennale, provvista di apparato radicale fittonante e robusto, lateralmente poco espanso. Il fusto, eretto, è alto da 0,5 a 1,5 m, ramificato nella parte mediana e distale. Le foglie, glauche e pruinose, sono peduncolate, semplici, lirato-pennatosette quelle basali, e parzialmente amplessicauli, oblunghe quelle mediano-distali. I fiori gialli sono riuniti a formare grappoli terminali e presentano la struttura a croce tipica della famiglia. La fioritura è asincrona. Il frutto è una siliqua più o meno deiscente a maturità, contenente 20-30 semi. Questi sono di forma tondeggianti e di colore rosso-bruno o nero, con un peso unitario di 35-45 mg.

Per quanto riguarda le esigenze, è importante soprattutto che la pianta riesca a formare 6-8 foglie e raggiunga un diametro della radice al colletto di circa un cm prima dell'inverno, poiché a questo stadio (rosetta) può agevolmente fronteggiare le basse temperature. Predilige terreni profondi, di medio impasto o tendenzialmente argillosi con buona capacità di ritenzione idrica, che riesce a valorizzare meglio dei cereali vernini grazie alla maggiore precocità. Il colza è una specie annuale, a ciclo autunno-primaverile, potendosi inserire vantaggiosamente negli avvicendamenti delle zone asciutte (colza-cereale vernino; colza-cereale vernino-leguminosa; colza cereale vernino-erbaio) (Copani *et al.*, 2008). In Sicilia e nel meridione italiano in generale, di norma, riesce a completare il ciclo entro la prima decade di giugno (Santonoceto e Anastasi, 1999; Santonoceto e Anastasi, 2003). È una specie competitiva nei confronti delle infestanti, grazie alla buona copertura del suolo nel periodo primaverile, e malgrado abbia elevate esigenze nutrizionali, restituisce al suolo, con i residui colturali (6-8 t ha⁻¹ di biomassa secca) buona parte degli elementi minerali somministrati con la concimazione. La granella di colza, oltre ad essere una ricca fonte di olio (43-44%), presenta un contenuto proteico del 21-24%, il 4-5% di carboidrati e il 7-11% di fibra. La presenza di acido erucico nell'olio (35-48%), così come di glucosinolati nelle farine disoleate (120-200 μmoli g⁻¹) possono rappresen-

tare un problema o una risorsa in rapporto alla destinazione del prodotto. Infatti, l'olio di colza, se privo di acido erucico può essere utilizzato nelle filiere alimentare ed energetica (biodiesel), se ricco di acido erucico presenta un esteso campo di applicazioni per l'ottenimento di numerosi prodotti industriali (plastiche, lubrificanti, cosmetici, detergenti) (Copani *et al.*, 1999). La presenza dei glucosinolati nel pannello residuo costituisce un limite per l'impiego zootecnico, perché tossici per gli organismi animali in elevata concentrazione, ma più recentemente è stata valutata la possibilità di valorizzare questi composti sia come agrochimici per l'azione biocida nei confronti di diversi parassiti e patogeni del suolo (biofumigazione), sia come principi attivi farmaceutici e nutraceutici utili per la riduzione del rischio di insorgenza di diversi tipi di cancro.

Scelta delle varietà

La disponibilità varietale del colza, grazie all'intenso lavoro di breeding condotto soprattutto all'estero, è ampia e articolata. Una prima distinzione ormai classica delle cultivar di colza, operata in rapporto alle esigenze di vernalizzazione, è quella tra:

- genotipi “invernali” (*B. napus* L. var. *oleifera* D.C. forma *biennis*). Richiedono un periodo di freddo per fiorire (vernalizzazione). Sono ampiamente diffuse in Europa poiché assicurano rese più elevate rispetto alle “primaverili” per la maggiore durata del ciclo biologico. La sperimentazione effettuata in Sicilia indica che i migliori risultati si ottengono con le varietà “invernali” precoci (Abbate *et al.*, 1993);
- genotipi “primaverili” (*B. napus* L. var. *oleifera* D.C. forma *annua*), non richiedono un periodo di freddo per fiorire (alternativi).

Le condizioni climatiche della Sicilia consentono la semina autunnale dei tipi primaverili che dimostrano una buona capacità produttiva grazie alla maggiore durata del ciclo, alla maturazione precoce quando nel suolo sono ancora presenti riserve idriche disponibili per la pianta. Nel caso di semine tardive (dicembre), o di ambienti della pianura costiera in cui i valori termici del periodo invernale non sono in grado di soddisfare le esigenze in freddo delle cv “invernali”, la scelta delle “primaverili” appare obbligata. In base al contenuto di acido erucico e di glucosinolati esistono quattro categorie di genotipi:

- “doppio alto”, ad alto tenore di acido erucico e glucosinolati;
- “0”, a basso tenore di acido erucico;
- “00” o “doppio zero”, quasi privi di acido erucico e con di 5-10 μmol di glucosinolati g^{-1} di farina disoleata;
- “000”, privi sia di acido erucico che di glucosinolati, e a ridotto tenore in fibra.

A queste categorie si sono recentemente aggiunte le “linee ibride composte” (CHL, composite hybrid line) ottenute mettendo insieme una linea maschio sterile (80%) e una impollinante (20%), oggi soppiantate dai cosiddetti “veri ibridi” (CHH composite hybrid hybrid) con fertilità maschile completamente ristorata. Questi ultimi a loro volta possono essere: “CHH a taglia normale”, che essendo vigorosi sono in grado in condizioni agronomiche adeguate di esprimere una elevata potenzialità produttiva; “CHH nani o semi-nani” (dwarf o semi-dwarf), meno sensibili all’allettamento, ma che avendo minore capacità di crescita necessitano di essere seminate precocemente, all’inizio dell’autunno. Tuttavia, i vantaggi agronomici di utilizzazione degli ibridi rispetto alle varietà tradizionali, si riducono fino a scomparire se sono coltivati in condizioni ambientali sfavorevoli o in regime low input.

Tecnica colturale

Avvicendamento

Per il corretto inserimento del colza nell’avvicendamento è essenziale prendere in considerazione le implicazioni di ordine fitopatologico determinate dalle altre specie coltivate che ospitano i medesimi parassiti e patogeni. Il colza infatti è ospite di *Heterodera schachtii*, il nematode della barbabietola da zucchero, e di *Sclerotinia sclerotiorum*, fungo che parassitizza anche il girasole e la soia e che permane nel terreno per molto tempo sotto forma di “sclerozi”. Pertanto si richiedono avvicendamenti ampi, destinando a colza soltanto una quota non superiore al 30% della superficie aziendale e/o coltivandolo in areali dove non siano diffusi questi parassiti e patogeni.

Preparazione del terreno e semina

Il letto di semina deve essere accuratamente preparato per permettere un adeguato contatto dei piccoli semi con le particelle del terreno. Lo strato profondo deve essere soffice per favorire la penetrazione dell’apparato radicale. Normalmente le lavorazioni del terreno consistono in un’aratura a 25-30 cm, generalmente estiva, seguita durante l’autunno da lavorazioni complementari con estirpatori, frangizolle e/o altri erpici che hanno il duplice compito di rinettare il suolo dalla flora spontanea e di amminutarlo rendendolo idoneo alla semina. Una sperimentazione recente del DISPA ha verificato la possibilità di impiegare la minima lavorazione che richiede comunque un controllo più attento delle erbe infestanti.

Seminare per tempo è un imperativo categorico. In Sicilia, come in tutte le regioni caldo-aride, l’epoca di semina è condizionata dall’andamento delle piogge. La semina deve ricadere in un periodo in cui la piovosità raggiunge almeno i 50 mm. Sulla base della piovosità media mensile di circa un trentennio, rilevata da stazioni dislocate uniformemente su tutto il territorio siciliano, è stato possibile stimare l’inizio del periodo di semina, compreso tra la prima decade di ottobre nelle aree a

piovosità autunnale elevata (collina e montagna) e la seconda decade di dicembre nelle aree a piovosità ridotta (pianura costiera) (Tab. 2).

Tabella 2 - Epoca di semina del colza in Sicilia in relazione alla distribuzione delle piogge (Foti *et al.*, 1997).

Ambiente	Epoca di semina
<i>Pianura</i>	
Piana di Catania	III decade ottobre
Piana di Gela	III decade dicembre
<i>Collina</i>	
Palazzolo Acreide	III decade ottobre
Caltagirone	II decade novembre
Mazzarino	III decade ottobre
Barrafranca	I decade novembre
<i>Montagna</i>	
Nebrodi	I decade ottobre

In relazione alle esigenze della coltura è utile ricordare che le cv invernali garantiscono i migliori risultati produttivi con semine intorno alla fine del mese di ottobre e non oltre la prima decade di novembre; le varietà primaverili consentono di programmare le semine in un più ampio arco di tempo (da ottobre a dicembre) e risultano, quindi, più adatte a semine forzatamente tardive.

La dose di seme è funzione della densità d'investimento prevista (da 50 a 70 piante m²), delle condizioni di semina (grado di affinamento del suolo, profondità, regolarità, attacchi parassitari), delle condizioni meteorologiche subito dopo la semina, del peso del seme. A tale riguardo, la dose di seme può variare tra 5 e 9 Kg ha⁻¹.

La semina a fila continua con seminatrici da grano è la norma, ma se le condizioni del terreno e la preparazione del letto di semina lo consentono, la semina con macchine pneumatiche di precisione può assicurare maggiore regolarità. Nel primo caso valgono le seguenti regole: velocità di avanzamento inferiore a 6 Km h⁻¹, distanza tra le file tra 17 e 40 cm, profondità di semina intorno a 2 cm. L'interfila adottata con la semina di precisione, di norma, è di 45 cm con distanza sulla fila di 2-2,5 cm.

Concimazione

Per una corretta nutrizione della coltura è necessario considerare che il colza presenta elevati fabbisogni dei principali elementi nutritivi che tuttavia restituisce in buona parte al terreno con la biomassa residua qualora questa non venga asportata. L'azoto (N) può essere frazionato tenendo presente che dall'emergenza allo stadio di rosetta (dicembre-gennaio) la pianta assorbe circa il 20% del fabbisogno complessivo, dal-

l'inizio della levata alla fioritura viene utilizzato circa il 70% dell'elemento ed il restante 10% viene assorbito durante la fase di riempimento del seme. Il fosforo (P_2O_5) e il potassio (K_2O) devono essere interrati, preferibilmente con la lavorazione principale, e sono assorbiti in quantità non superiore al 20% nel corso dell'inverno, la restante parte viene utilizzata dalla coltura alla levata e durante la fioritura.

La dose di concime è calcolata in funzione della presumibile produzione, dipendente dal genotipo, dalla dotazione del terreno in elementi nutritivi e dalle condizioni meteoriche. Per una resa di 2 t ha^{-1} di seme il fabbisogno di azoto è considerato di circa 140 Kg ha^{-1} , quello di fosforo da 50 a 100 Kg^{-1} . Per questi ultimi elementi, comunque, se i residui colturali sono interrati, può essere sufficiente restituire le asportazioni (Tab. 3).

Tabella 3 - Fabbisogni (per ogni 100 Kg di seme prodotto) di macroelementi e percentuali di questi presenti nel seme e nei residui colturali.

Elementi nutritivi	Fabbisogno (Kg)	% nel seme	% nei residui colturali
Azoto	7	50	50
Fosforo	2,5	60	40
Potassio	10	10	90
Zolfo	6	40	60
Calcio	5	10	90
Magnesio	2,5	20	80

Il colza presenta elevate esigenze di zolfo (S). Le carenze si manifestano con l'ingiallimento dei lembi delle foglie giovani mentre le nervature rimangono verdi; alla fioritura i fiori si decolorano e abortiscono. È consigliabile, pertanto, somministrare concimi contenenti zolfo (es. tra gli azotati, solfato ammonico)

Controllo delle infestanti

Le strategie d'intervento sono legate principalmente alla conoscenza della flora dell'ambiente di coltivazione e alla modalità di semina. Le infestanti più temibili sono le graminacee invernali appartenenti ai generi *Alopecurus*, *Lolium*, *Avena*, *Phalaris*, *Poa*, e tra le dicotiledoni annuali, le Brassicacee afferenti ai generi *Sinapis*, *Rapistrum*, *Brassica*, *Myagrum*, ed altre specie, comuni anche ai cereali vernini, ascritte ai generi *Veronica*, *Stellaria*, *Papaver*, *Matricaria*, *Galium*, *Fallopia*, *Polygonum*. Tra le perenni si riscontrano talora i generi *Cirsium*, *Sylibum*, *Equisetum*. Un ulteriore problema possono costituire le rinascite di orzo e frumento.

In generale, con semina a file spaziate (interfila 45 cm) è consigliato un intervento chimico pre-emergenza seguito eventualmente da una sarchiatura meccanica prima che la coltura chiuda la fila; nel caso di semina fitta (interfila 17-20 cm) si potrà eseguire un trattamento erbicida pre-emergenza, seguito se necessario da altri interventi

chimici post-emergenza contro graminacee annuali. La presenza di infestanti appartenenti alla famiglia delle *Brassicaceae* rappresenta l'aspetto critico principale, perché oltre alla competizione per le risorse ambientali, può comportare uno scadimento della qualità dell'olio. In questi casi sono suggeriti l'avvicendamento abbinato all'interfila più ampia e alla sarchiatura in quanto mancano erbicidi selettivi efficaci. Tra gli erbicidi da utilizzare pre-semina si segnalano il glyphosate e il glufosinate ammonio, il cui ampio spettro d'azione è in grado di controllare numerose specie graminacee, dicotiledoni e perenni. Pre-emergenza il metazaclor, che in questa fase è selettivo per la coltura, riesce a controllare efficacemente oltre a diverse graminacee, le dicotiledoni appartenenti ai generi *Amaranthus*, *Diploaxis*, *Solanum*, *Stellaria*, *Veronica*, *Polygonum*, e in parte le Brassicacee (*Capsella*, *Sinapis*, etc.). Lo stesso p.a. può essere utilizzato, con la dovuta cautela, per interventi post-emergenza insieme a graminicidi come haloxyfop-ethoxyethyl oppure cycloxydim, fluazifop-p-butyl, quizalofop-ethyl eventualmente addizionati con olio. Tali erbicidi sono disponibili in diverse formulazioni commerciali cui fare riferimento per la dose da impiegare.

Raccolta

La raccolta è eseguita quando le foglie si disseccano, benché spesso gli steli rimangono ancora verdi, le silique virano dal verde al bruno e i semi si colorano presentando un'umidità inferiore al 15%. Dato che per la parziale deiscenza delle silique le perdite possono essere anche molto elevate, è consigliato evitare la raccolta nelle ore più calde della giornata. Si utilizzano mietitrebbie con testate specifiche oppure quelle per la raccolta dei cereali adattate allo scopo. L'altezza di taglio deve essere la più alta possibile, specie se ci sono steli ancora verdi e se sono presenti infestanti. La macchina deve essere opportunamente regolata come segue:

- velocità battitore: circa 600 giri al minuto,
- distanza tra battitore e controbattitore: anteriore 13 mm e posteriore 3 mm,
- vagli: superiore chiuso per $\frac{3}{4}$, inferiore con fori \varnothing 4-5 mm,
- ventilazione: ridotta al minimo.

La granella di colza deve essere conservata e avviata alla commercializzazione e trasformazione con un contenuto di umidità pari a 8-9%.

2. *Brassica carinata* A. Braun

Principali caratteri botanici, biologia ed esigenze

La mostarda etiopica è una specie erbacea a ciclo annuale. L'apparato radicale è di tipo fittonante con scarse ramificazioni, ma profondo ed in grado di esplorare meglio di *B. napus* il suolo e attingere meglio l'acqua. Sul fusto, che è robusto e parzialmente lignificato alla base, s'inseriscono numerose ramificazioni a partire dalla por-

zione mediana e distale. La pianta può raggiungere e superare un'altezza di 2 m. Le foglie, glabre e dal colore glauco, sono picciolate nella fase di rosetta; dopo la levata si differenziano foglie intere, lanceolate e semiamplexicauli.

L'infiorescenza è un racemo terminale con un numero di fiori variabile in relazione allo sviluppo della pianta, da 50 a 200 e più. La fioritura è scalare, inizia dai fiori basali e procede verso l'apice. Il fiore, ermafrodita, ha petali di colore variabile dal giallo al bianco o, talvolta, bicolore con venature violacee (Fig. 1). I petali hanno generalmente dimensioni maggiori rispetto a quelli di *B. napus*. *B. carinata* è specie autofertile ma la quota di incrocio per effetto del vento e dei pronubi può arrivare al 30%. Il frutto è una siliqua di forma e dimensioni anche molto diverse; la lunghezza può raggiungere i 10 cm (Fig. 2), la sezione è generalmente ovale. A differenza di quanto accade per il colza, le silique di *B. carinata* non sono deiscenti. Ogni siliqua contiene da 10 ai 20 semi globosi, di colore marrone scuro, chiaro o giallo. Il peso di un seme è pari a circa 4 mg.



Figura 1 - Fiori di *B. carinata* di colore bianco (Foto DISPA).



Figura 2 - Silique di *B. carinata* in fase di maturazione (Foto DISPA).

Il contenuto di olio dei semi supera quasi sempre il 40%. Gli acidi grassi maggiormente presenti nella frazione lipidica dell'olio sono l'erucico (dal 35 al 48%), il linoleico (dal 15 al 19%), l'oleico dal 10-15% ed il linolenico dal 9-15%. Il contenuto proteico medio è pari al 17%.

Il ciclo biologico di *B. carinata* è autunno-primaverile. I dati di recenti sperimentazioni effettuate in Sicilia (Copani *et al.*, 2009, 2011; Sortino *et al.*, 2007) indicano che la durata media del ciclo, dalla semina alla maturazione fisiologica del seme, è pari a circa 170 giorni, con oscillazioni in relazione al genotipo, alle condizioni ambientali e all'epoca di semina, che possono variare da un minimo di 130 giorni ad un massimo di 202 giorni (Tab. 4). La fase di germinazione dura in media 15 giorni (da 5 giorni con semina ad ottobre in pianura a 27 giorni con semina a novembre in collina). La fase successiva, emergenza-inizio fioritura, dura in media 130 giorni; anche

in questo caso le oscillazioni possono essere notevoli (da 117 a 152 giorni). L'intervallo fioritura-maturazione, che dipende ampiamente dalla temperatura dell'aria, ma anche dalla disponibilità idrica del suolo, dura poco più di 60 giorni. Nel complesso, la durata media del ciclo biologico di *B. carinata* può anche superare quella di *B. napus* (specie nel caso di cv invernali), tuttavia non sono stati osservati fenomeni di scarso riempimento e di striminzimento del seme. È opportuno porre l'accento sul fatto che *B. carinata* non richiede la vernalizzazione, per cui la scelta della varietà di questa specie è più semplice che per *B. napus*.

Tabella 4 - Genotipi in prova in diversi ambienti della Sicilia, e date di semina dei principali stadi del ciclo culturale e di raccolta.

<i>Genotipo</i>	<i>Semina</i>	<i>Emergenza</i>	<i>Fioritura (F1)</i>	<i>Maturazione (G5)</i>	<i>Trebbiatura</i>
Catania					
ISCI 7	26/11/2007	10/12/2007	03/04/2008	03/06/2008	23/06/2008
CT 207	26/11/2007	10/12/2007	08/04/2008	07/06/2008	24/06/2008
CT 204	26/11/2007	10/12/2007	03/04/2008	03/06/2008	21/06/2008
CT 180	26/11/2007	10/12/2007	26/03/2008	29/05/2008	21/06/2008
Enna					
ISCI 7	08/11/2007	05/12/2007	11/04/2008	11/06/2008	26/06/2008
CT 207	08/11/2007	05/12/2007	21/04/2008	20/06/2008	26/06/2008
CT 204	08/11/2007	05/12/2007	05/04/2008	16/06/2008	26/06/2008
CT 180	08/11/2007	05/12/2007	02/04/2008	05/06/2008	26/06/2008
Ispica					
ISCI 7	31/10/2007	05/11/2007	04/04/2008	18/06/2008	01/07/2008
CT 207	31/10/2007	05/11/2007	19/04/2008	28/06/2008	01/07/2008
CT 204	31/10/2007	05/11/2007	24/03/2008	06/06/2008	01/07/2008

La coltura predilige gli ambienti caldo-aridi più che quelli di tipo continentale. Le ricerche effettuate in Sicilia indicano che nella pianura costiera le produzioni di *B. carinata* ed il contenuto medio di olio superano quelle di *B. napus*.

Le esigenze idriche della specie non sono state oggetto di studi specifici, ma alla luce dei risultati della sperimentazione si può affermare che le precipitazioni autunno-vernine e quelle primaverili di minore entità hanno consentito alla coltura di raggiungere livelli produttivi soddisfacenti. Negli ambienti in cui sono state condotte le

prove la piovosità complessiva del periodo utile ai fini dell'utilizzazione da parte della coltura ha superato i 450 mm con punte intorno a 600 mm (Fig. 3). I suddetti dati di piovosità, registrati nel 2008-2009 sono risultati in linea con la piovosità media pluriennale di questi ambienti. Le fasi critiche sono quelle della germinazione, della fioritura e della formazione delle silique.

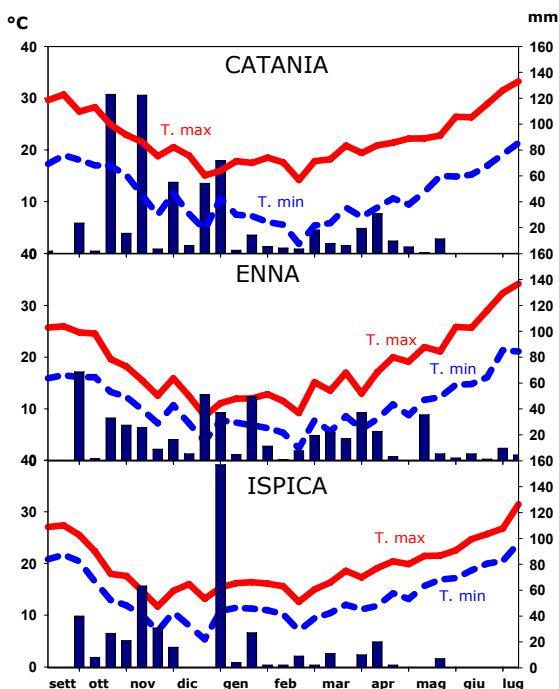


Figura 3 - Andamento meteorologico nel 2007-2008 in tre ambienti della Sicilia a diversa quota altimetrica sede delle prove (Copani *et al.*, 2009).

Scelta delle varietà

In Italia l'attività di miglioramento genetico su *B. carinata* è stata realizzata solo da poche ditte sementiere (Cerealtoscana, PRO.SE.ME.). Cerealtoscana ha selezionato, in collaborazione con il CRA-CIN di Bologna alcuni genotipi contrassegnati dalla sigla CT (204, 207, 180) ed ISCI 7. PRO.SE.ME. ha costituito le cv Sincron e Serena. Questi genotipi saggiati in diversi ambienti, si sono differenziati, tra l'altro, per la durata del ciclo. Nelle prove realizzate in Sicilia CT180 è stata la più precoce, completando il ciclo biologico in 185 (pianura) e 210 giorni (collina); CT207 la più tardiva con un ritardo di circa 10-15 giorni rispetto alla precedente (Copani *et al.*, 2009, 2011).

Tecnica colturale

La tecnica colturale di *B. carinata* è riconducibile, nelle linee essenziali, a quella di *B. napus*, alla quale si rimanda per maggiori particolari. Si sottolineano comunque alcuni aspetti peculiari riguardanti questa specie.

Avvicendamento

B. carinata per la sua buona resistenza a stress biotici e abiotici, può trovare spazio in ambienti caratterizzati da piovosità non superiore a 400 mm, condizione che si verifica frequentemente nelle aree costiere meridionali della Sicilia, dove il colza non trova spazi di coltivazione. In generale, questa brassicacea può essere utilizzata in avvicendamento con i cereali vernini come pure dopo il carciofo, usufruendo, in questo secondo caso, dell'acqua che residua nel suolo dopo l'irrigazione della coltura precedente. I residui colturali interrati costituiscono una precessione colturale di elevato valore agronomico, non solo in termini ponderali (oltre il 30% della biomassa totale della pianta, dati del DISPA non pubblicati) ma anche perché particolarmente ricchi di azoto e come precedentemente segnalato di composti attivi (glucosinolati) nel controllo di parassiti e patogeni del suolo.

Preparazione del terreno e semina

La preparazione del terreno per la semina segue lo stesso itinerario descritto per il colza.

L'epoca di semina dipende dalla disponibilità di acqua nel suolo, pertanto si colloca in un periodo compreso tra la fine di ottobre e dicembre in rapporto all'entità delle piogge utili. Le semine precoci sono sempre da preferire perché garantiscono un più lungo periodo di crescita ed accumulo di fotosintetati che influenzano positivamente la fioritura, la formazione delle silique e il riempimento della granella.

Le semine tardive sono da sconsigliare per la maggiore sensibilità al freddo della specie rispetto al colza che ritarda i tempi di emergenza e può compromettere l'investimento unitario. A questo proposito, le indicazioni emerse dalla sperimentazione fanno ritenere che un numero di piante sull'unità di superficie pari a 50 sia da considerare ottimale. Tuttavia, l'elevata plasticità della pianta riesce a compensare fittezze anche inferiori, intorno a 20 piante m². Un'investimento unitario basso, comunque, può avere ripercussioni sul controllo delle infestanti.

Raccolta

La meccanizzazione delle operazioni di raccolta effettuata nelle prove del 2007-2008 in Sicilia ha potuto accertare la scarsa perdita di seme nel corso della trebbiatura, grazie alla non deiscenza delle silique. Questa caratteristica aumenta i margini di sicurezza al momento della trebbiatura nel senso che non è richiesta la tempestività della raccolta, pena la perdita di quote significative di seme. È stata accertata, anche, la piena idoneità della specie alla raccolta meccanizzata, e la possibilità di utilizzare una normale mietitrebbia da grano, con l'unico accorgimento della riduzione della ventilazione e della velocità di avanzamento del battitore.

Produzione areica di granella e di olio

La produzione di seme può variare significativamente, in relazione ad alcune scelte di ordine agronomico (epoca di semina, genotipo) e ai fattori meteorologici. Nelle prove effettuate in Sicilia, la produzione areica media di seme è stata di quasi 2 t ha⁻¹, sia a Catania che a Enna (Fig. 4, a sinistra). A Ispica non era presente il genotipo precoce CT 180, che è stato il più produttivo negli altri due ambienti (resa media, 2 t ha⁻¹), mentre ISCI 7 ha raggiunto una produzione di granella di quasi 3 t ha⁻¹.

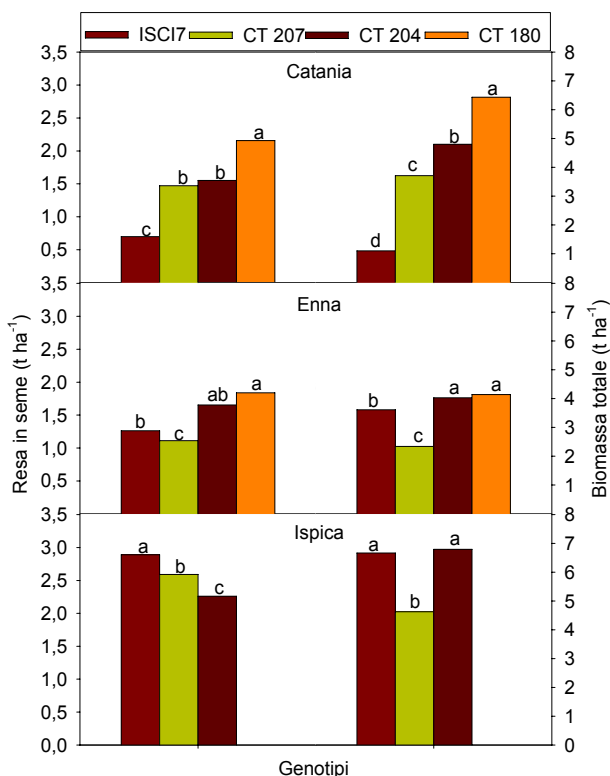


Figura 4 - Resa in seme e biomassa residua (t ha⁻¹ s.s.) nelle prove realizzate in Sicilia nel 2007-2008 (Copani *et al.*, 2009).

Nella stessa prova la biomassa aerea è stata pari in media a 4,5 t ha⁻¹, ed è variata soprattutto per effetto dell'investimento unitario (Fig. 4, a destra). Il migliore risultato in termini di biomassa secca è stato conseguito a Ispica con quasi 7 t ha⁻¹.

Qualità dei semi e della biomassa residua

In generale, gli ambienti di pianura, caratterizzati da un andamento termico con valori delle temperature massime e minime più elevati rispetto alla collina, hanno favorito l'accumulo dell'olio (Fig. 5). A Catania e Ispica, infatti, il contenuto di olio nei semi è stato pari al 39,5% e 41,0% rispettivamente, valori significativamente più e-

levati di quello di Enna (34,1%). Il valore massimo è stato ottenuto a Ispica (CT 204, 44,5%), il più basso a Enna (CT 204, 29,0%). La resa in olio più elevata è stata ottenuta a Ispica (1,1 t ha⁻¹).

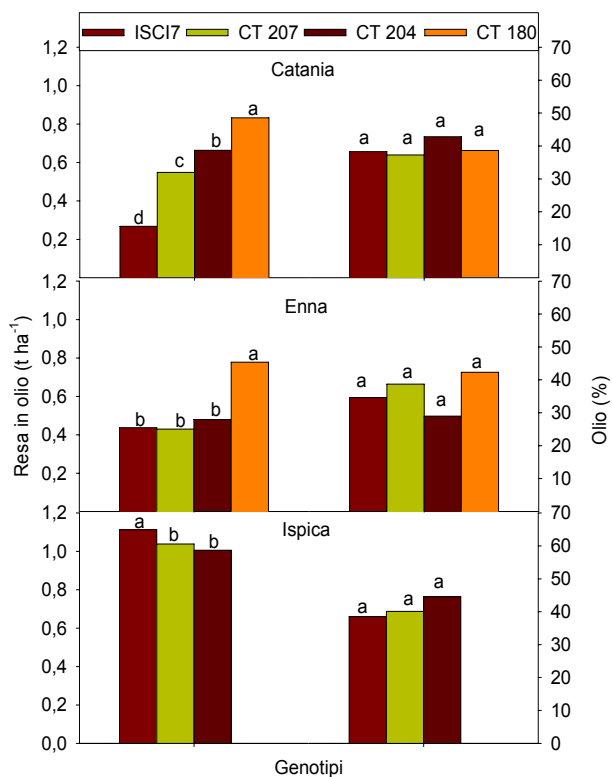


Figura 5 - Contenuto di olio nei semi e produzione areica di olio nelle prove realizzate in Sicilia nel 2007-2008 (Copani *et al.*, 2009).

Bilancio energetico della coltura

Al fine di quantificare l'energia impiegata nel processo produttivo, nel bilancio della coltura devono essere considerati le operazioni colturali, i mezzi tecnici impiegati, i materiali utilizzati ed i tempi di esecuzione (Mantineo *et al.*, 2007, 2009). Da questi dati sono calcolati, sia gli input energetici relativi alla meccanizzazione, irrigazione, concimazione e trattamenti antiparassitari, sia i costi diretti (carburante, lubrificanti, ecc.) che quelli indiretti (contenuto di energia dei materiali che costituiscono le macchine agricole, il loro assemblaggio, mantenimento e riparazione). Il valore dei costi indiretti è calcolato tenendo conto del peso delle macchine e utilizzando costi energetici unitari riportati in letteratura per ciascun'operazione colturale (aratura, irrigazione, semina, concimazione, diserbo, raccolta).

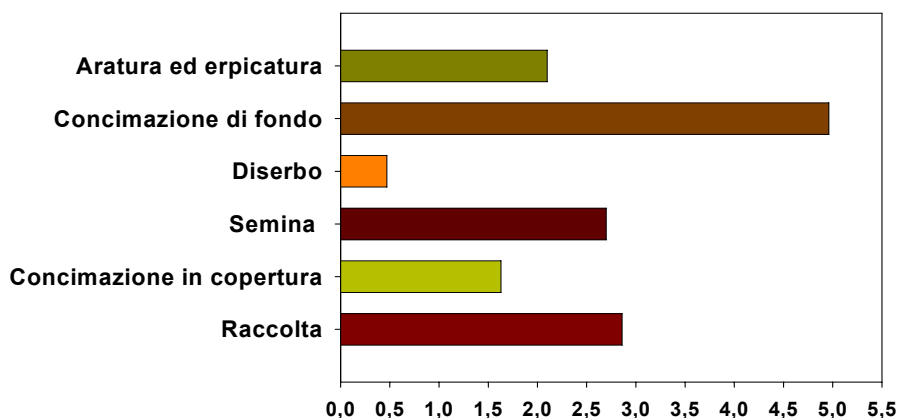


Figura 6 - Costo energetico delle operazioni colturali (GJ ha⁻¹) delle prove condotte in Sicilia nel 2008-2009 (Copani *et al.*, 2007).

L'energia contenuta nella biomassa prodotta è determinata sulla base della sua composizione in proteine, carboidrati e lipidi, utilizzando un fattore di conversione proposto da Odum (1988): 0.0167 MJ g⁻¹ s.s. per i carboidrati, 0.0209 MJ g⁻¹ s.s. per le proteine e 0.0385 MJ g⁻¹ s.s. per i lipidi.

La valutazione dell'energia prodotta è stimata come “energia netta” (differenza tra l'energia contenuta nell'output meno quella dell'input per ha) e come “efficienza energetica” (rapporto tra output e input per ha).

L'energia ausiliaria impiegata (input) negli itinerari tecnici utilizzati è risultata pari a 14,7 GJ ha⁻¹ pari all'8-16% (rispettivamente a Catania e Ispica) dell'energia prodotta (output). La voce di spesa energetica più onerosa, pari a quasi il 50% del totale, è stata quella per la concimazione, seguita da quella per le operazioni di raccolta (19%), semina (18%), preparazione del terreno (142%) (Fig. 6).

Il contenuto medio di energia contenuta nella biomassa prodotta è stato pari a 93 GJ ha⁻¹, con variazioni comprese tra 18 GJ ha⁻¹ (seme) e 13 GJ ha⁻¹ (biomassa residua) a Catania (ISCI 7) e 74 GJ ha⁻¹ (seme) e 111 GJ ha⁻¹ (biomassa residua) a Ispica con lo stesso genotipo.

La resa energetica è variata tra 16,7 GJ ha⁻¹ (ISCI 7) e 135,2 GJ ha⁻¹ (CT 180) a Catania; tra 47,8 GJ ha⁻¹ (CT 207) e 74,2 (CT 180) a Enna; tra 129,1 GJ ha⁻¹ (CT 207) and 171,2 GJ ha⁻¹ (ISCI 7) a Ispica.

L'efficienza energetica più elevata, nelle condizioni in cui si è operato, con la tecnica colturale utilizzata è stata raggiunta con i genotipi che hanno fatto rilevare la resa più alta: 10,2 (CT 180, Catania), 7,1 (CT 204, Enna), 12,6 (ISCI 7, Ispica).

Considerazioni conclusive

La durata del ciclo colturale rappresenta uno degli aspetti di maggior criticità ai fini della coltivazione delle Brassicacee negli ambienti caldo-aridi. Un ciclo troppo lungo, infatti, rischia di collocare la fase di maturazione del seme (che avviene tra maggio e giugno) in un periodo non più favorevole a causa della progressiva riduzione delle riserve idriche del terreno. Ciò è tanto più importante per la mostarda etiopica dal momento che, dalle prove effettuate, è risultato che il ciclo colturale di questa specie è più lungo di quello di altre specie Brassicacee come il colza, la *Brassica juncea*, la *Sinapis alba*, ecc. (Copani *et al.*, 2007, 2009), e mediamente più lungo di alcuni giorni del ciclo del frumento duro negli stessi ambienti.

Nelle ricerche effettuate, la durata del ciclo di *Brassica carinata* è stata influenzata dal genotipo, dall'ambiente e dall'itinerario tecnico. Nell'ambito dei quattro genotipi studiati sono stati individuati tipi quali CT 180 e CT 204 che hanno concluso il ciclo con un anticipo di circa di 10-15 giorni rispetto al genotipo più tardivo (CT 207).

La più lunga durata del ciclo osservata nell'ambiente della pianura costiera (Ispica) può essere in parte spiegata con la più lunga durata dell'intervallo emergenza-fioritura (163 giorni) rispetto a quella di Catania e Enna (114 e 129, rispettivamente), come conseguenza della semina più anticipata a Ispica rispetto alle altre due località (di 26 e 8 giorni rispetto a Catania e Enna).

Sullo sviluppo delle piante oltre ai fattori genetici hanno influito fattori tecnici quali il basso investimento unitario. Questo è stato osservato, sia a Catania sia a Enna, ed è da imputare in parte al decorso meteorico (abbassamenti termici dopo la semina) al quale, a Catania, si è aggiunta la scarsa azione di controllo esercitata dal diserbante sulle infestanti, in larga parte anch'esse brassicacee (*Sinapis arvensis* L.). È noto, tuttavia, che le brassicacee sono dotate di elevata plasticità morfologica, per cui sono in grado di occupare lo spazio disponibile attraverso l'aumento delle ramificazioni.

Il mancato controllo delle infestanti, da un lato suggerisce l'opportunità di aumentare la dose di seme per la semina fino a 7-10 kg ha⁻¹, che avrebbe anche il vantaggio di accelerare la maturazione di silique più coeve tra loro, dall'altro pone l'accento sull'esigenza di potere disporre di erbicidi selettivi con i quali eventualmente assistere la coltura con interventi post-emergenza tardiva.

La produzione di seme e di biomassa rappresenta l'aspetto al quale si presta la maggiore attenzione. Anche in questo caso il risultato finale è stato condizionato in una certa misura dall'investimento unitario, ma la ripetizione dell'esperimento in ambienti diversi dal punto di vista climatico consente di isolare gli aspetti più interessanti. Infatti, il risultato produttivo migliore è quello di Ispica con una resa media di 2,6 t ha⁻¹ di granella, proprio grazie anche alla regolarità dell'investimento unitario. A Catania ed Enna, tuttavia, la varietà CT 180 (non presente a Ispica), la più precoce e quella con l'investimento unitario più alto, raggiunge livelli produttivi

prossimi o superiori a 2 t ha⁻¹ e si differenzia nettamente in entrambe le località soprattutto dalla più tardiva CT 207, a conferma dell'importanza del carattere precocità in questi ambienti.

La migliore risposta produttiva a Ispica rispetto agli altri due ambienti può essere spiegata con la precocità di semina, che garantisce una lunga fase vegetativa e le condizioni termiche più favorevoli. Quest'ultima condizione è in linea con precedenti prove condotte negli stessi ambienti che dimostrano come *Brassica carinata* manifesti le sue potenzialità, nelle condizioni di soddisfacente rifornimento idrico, negli ambienti della pianura piuttosto che in collina, caratterizzati da temperature più elevate, in accordo con l'origine della specie (dati non pubblicati). Il livello produttivo raggiunto dai genotipi allo studio può essere considerato vicino a quello potenziale per l'area in esame, giacché dal punto di vista meteorologico l'annata 2007-2008 ha beneficiato di livelli termici ottimali senza improvvisi eccessi e di una piovosità soddisfacente per le esigenze della coltura. Dati precedenti di prove condotte su colza negli stessi ambienti indicano, infatti, che esiste una relazione tra i valori della piovosità e la produzione areica che non aumenta oltre i 450 mm (Abbate *et al.*, 1993).

La meccanizzazione delle operazioni di raccolta ha potuto accertare (anche se non quantificare in maniera precisa) la scarsa perdita di seme nel corso della trebbiatura, grazie alla non deiscenza delle silique. Questo dato è del tutto nuovo rispetto a quanto osservato in *B. napus* o *B. juncea* (DISPA dati non pubblicati); questa caratteristica aumenta i margini di sicurezza al momento della trebbiatura nel senso che non è richiesta la tempestività nella realizzazione di questa operazione, pena la perdita di quote significative di seme. È stata accertata, anche, la piena idoneità della specie alla raccolta meccanizzata, nonché la possibilità di utilizzare una normale mietitrebbia da grano opportunamente modificata.

Anche la produzione di biomassa segue esattamente il comportamento descritto in relazione ai genotipi e agli ambienti.

L'accumulo di olio nei semi, così come accertato in precedenti ricerche, è maggiore negli ambienti più caldi e nelle varietà precoci per effetto del più lungo periodo disponibile per la traslocazione. Per cui, i genotipi precoci, CT 180, CT 204, garantiscono produzioni più elevate rispetto ai genotipi tardivi, e contenuto di olio nei semi più alto.

Infine, il bilancio energetico di questa oleaginosa indica chiaramente come anche nelle migliori condizioni la resa energetica sia di gran lunga inferiore a quella delle specie lignocellulosiche (arundo, miscanto, cardo) che potrebbero trovare spazi per la coltivazione negli ambienti caldo-aridi (Cosentino *et al.*, 2005a,b, 2006, 2007, 2009). Tuttavia, nella fase attuale in cui la Unione Europea punta alla crescita strategica dei biocarburanti liquidi per i quali accusa la maggiore dipendenza, lo sfruttamento della biomassa lignocellulosica per la produzione di bioetanolo di seconda generazione (attraverso processi chimici per la rottura delle catene lunghe e il successivo attacco enzimatico) appare lontano dall'essere una realtà operativa. In questo

scenario, le brassicacee e la *Brassica carinata* in particolare rappresentano un'opportunità di facile realizzazione, dal momento che la filiera in molti casi esiste e comunque può essere approntata in tempi brevi.

I margini per il miglioramento dell'efficienza del sistema colturale possono derivare essenzialmente da una riduzione delle voci di spesa (input) più onerose che in questo caso sono rappresentate dalla concimazione e di quella azotata in particolare. Una soluzione possibile che non pregiudichi il soddisfacimento delle esigenze nutritive della coltura potrebbe essere trovata in ambito agronomico attraverso l'adozione di precessioni colturali che prevedano la presenza di specie leguminose.

Bibliografia

- Abbate V., Cosentino S., Copani V., 1993. La produzione di colza (*Brassica Napus* L. var. *oleifera* DC.) in ambiente mediterraneo. Riv. Agron., 2:125-134.
- Cardone M., Mazzoncini M., Menini S., Rocco V., Senatore A., Seggiani M., Vitolo S., 2003. *Brassica carinata* as an alternative oil crop for the production of biodiesel in Italy: agronomic evaluation, fuel production by transesterification and characterization. Biomass and Bioenergy, 25: 623-636.
- COM 2006 34 dell'8/2/2006 - Strategia dell'UE per i biocarburanti.
- Commissione delle Comunità Europee 2008. 20 20 by 2020 Europe's climate change. 30 final, Brussels, 23.1.2008.
- Copani V., Cammarata M., Abbate V., Ruberto G., 1999. Caratteristiche biologiche e qualità dell'olio di crucifere diverse in ambiente mediterraneo. Atti XXXIII Convegno della Società Italiana di Agronomia su «Le colture "non alimentari"», Legnaro (PD), 20-23 Settembre.
- Copani V., Cosentino S. L., Anastasi U., Sortino O., Lazzeri L., Virgillito S., 2011. Ethiopian mustard as a novel multifunctional crop for the Mediterranean environment. 19th European Biomass Conference and Exhibition, Berlin, Germany, 6-10 June 2011.
- Copani V., Cosentino S.L., Sortino O., Terranova G., Mantineo M., Virgillito S., 2009. Agronomic and energetic performance of *Brassica carinata* A. Braun in Southern Italy. 17th European Biomass Conference and Exhibition, Hamburg, Germany, 29 June- 3 July 2009, 166-170.
- Copani V., Cosentino S.L., Mantineo M., Testa G., Cosentino A., 2007. High erucic acid genotypes for oil crops biorefinery in the South of Italy. On: 15th European Biomass Conference & Exhibition, 7-11 May 2007, Berlin, Germany, 795-798.
- Copani V., Mantineo M., Sortino O., Patanè C., Terranova G., 2007. Comportamento agronomico di brassicaceae diverse ad alto contenuto di acido erucico per lo sviluppo di bioraffinerie nel sud Italia. Atti XXXVII Convegno della Società Italiana di Agronomia. Catania, 13-14 settembre 2007, 139-140.

- Copani V., Testa G., Cosentino A. D., Litrico A., 2008. Sustainable Crop Rotations for the Production of Biodiesel from Rapeseed (*Brassica napus* L. var. *oleifera* D.C.) in the semi-arid Mediterranean environment. 10th Congress of European Society of Agronomy, Bologna, 15-19 settembre 2008. Italian Journal of Agronomy, 3, 3 supplemento, 513-514.
- Cosentino S.L., Copani V., Patanè C., Mantineo M., D'Agosta G. M., 2007. Le colture da biomassa per energia per gli ambienti italiani. Attualità e prospettive. I Georgogili. Quaderni, 2007-II, 1-48.
- Cosentino S., Bona S., Copani V., Patanè C., Mantineo M., D'Agosta G., 2006. Aspetti agronomici, energetici e ambientali di colture da biomassa per energia per gli ambienti italiani. Atti Workshop «L'Agricoltura per l'Energia Rinnovabile: I Futuri Scenari». Potenza, 23-24 novembre 2006.
- Cosentino S., Copani V., D'Agosta G.M., Mantineo, M. 2005. Performance of different biomass crops for energy in Mediterranean environment. Proc. 14th European Biomass Conference & Exhibition. Biomass for energy, Industry and Climate Protection. Paris, 17-21 October 2005.
- Cosentino S., Copani V., Mantineo M., D'Agosta G., Virgillito S., 2009. Annual and perennial biomass energy crops suitable for South Europe environments. 2° Convegno SIBA, Roma 4/5 maggio 2009.
- Cosentino S., Foti S., D'Agosta G.M., Mantineo V., Copani V., 2005. Confronto tra gli impatti di biocombustibili e di combustibili fossili per mezzo della «Life Cycle Assesment» (LCA). Agroindustria 4: 109-127.
- Cosentino S.L., D'Agosta G.M., Mantineo M., Copani V., 2005. Colture poliennali ed annuali da biomassa per energia in ambiente mediterraneo. Atti XXXVI Convegno Società Italiana di Agronomi «Ricerca ed innovazione per le produzioni vegetali e la gestione delle risorse agro-alimentari». Foggia, 20-22 settembre 2005, 254-255.
- Cosentino S.L., Copani V., Patanè C., Mantineo M., D'Agosta G.M., 2008. Agronomic, Energetic and Environmental Aspects of Biomass Energy Crops Suitable for Italian Environments. Italian Journal of Agronomy. 3, No. 2, 81-95.
- De Mastro G., Grassano N., Verdini L., Manolio G., 2006. Confronto tra sistemi colturali per la produzione di colza (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) ad uso energetico «Congresso piante mediterranee», Bari, 27-28 Ottobre.
- De Mastro G., Tedone L., Rotondo G., Marzi V., 1999. Valutazione bioagronomica di Crocifere ad alto erucico in Basilicata. Atti XXXIII Convegno Società Italiana di Agronomia. Legnaro (PD) 20-23 settembre, 237-238.
- Direttiva 2003/30/CE del Parlamento europeo e del Consiglio dell'8 maggio 2003 sulla «Promozione dell'uso dei biocarburanti di altri carburanti nei trasporti».
- Foti S., Cosentino S., Copani V., Patanè C., Guarnaccia P., 1997. «Land suitability» di colza (*Brassica napus* var. *oleifera* D.C.) e sorgo zuccherino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) in Sicilia. Rivista di Agronomia, 31, 2, 454-464.

- Mantineo M., D'Agosta M., Copani V., Patanè C., 2007. Energy balance of three perennial crops for energy in Southern Italy. Proceedings Farming Systems design 2007: an international symposium on Methodologies for Integrated Analysis Of Farm Production Systems, I. 43-44.
- Mantineo M., D'agosta G.M., Copani V., Patanè C., Cosentino S.L., 2009. Biomass yield and energy balance of three perennial crops for energy use in the semi-arid Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 114: 204-213.
- Mazzoncini M., Angelini L., 2002. *Brassicaceae* e nuove specie oleaginose per usi industriali non alimentari. *Rivista di Agronomia* 36, 1:53-68.
- Odum, E.P., *Basi di Ecologia*, Piccin, Padova, (1988) pp. 584.
- Santonoceto C., Anastasi U., 1999. Phenological response of an annual and a biennial oilseed rape cultivar to southern Italy environmental conditions. Proceeding of 10nd International Rapeseed Congress. «New Horizons for an Old Crop». Canberra-Australia 26-29 September 1999, 8 pp, (CD ROM).
- Santonoceto C., Anastasi U., 2003. Biological and productive responses of different oilseed rape (*Brassica napus* L. var. *oleifera* D.C.) varieties to the southern Italy environmental conditions. Proceedings 11th International Rapeseed Congress «Toward Enhanced Value of Cruciferous Oilseed Crops by Optimal Production and use of the High Quality Seed Components». Copenhagen, Denmark 6-10 July 2003, 3: 829-831.
- Sortino O., Cartabellotta D., Terranova G., Copani V., Cosentino S.L., 2007. Primi risultati sulla coltivazione di Brassicacee diverse per la produzione di biodiesel nell'Altopiano ibleo. Atti XXXVII Convegno della Società Italiana di Agronomia. Catania, 13-14 settembre 2007, 141-142.
- Toniolo L., Mosca G., Berti A., Miceli F., Fontana F., Paradisi U., Laureti D., Ciriocofolo E., Bonari E., Marzi V., Sarli G., Perniola M., Copani V., Leto C., 1992. Risultati della rete nazionale di valutazione varietale del colza (1980-89). *Agricoltura e ricerca* 134:9-18.

4

Meccanizzazione

a - Brassicacee: scelta della raccoglitrice in funzione delle perdite

Brassicacee: choice of the harvester on the seed losses

Luigi Pari*, Alberto Assirelli*, Alessandro Suardi*

Riassunto

Alla famiglia botanica delle Brassicaceae appartengono molte specie di piante di elevato interesse economico ed ambientale. Tra queste, la *Brassica carinata* e la *Brassica napus* vengono coltivate soprattutto per scopi energetici. La loro coltivazione in Italia ha avuto un notevole sviluppo negli ultimi anni e le perdite di granella oltre al danno diretto come perdita di produzione comportano negative ripercussioni sulle colture successive. In molti areali italiani la coltivazione in particolar modo di *Brassica napus* ha incontrato serie limitazioni a causa delle perdite di granella causate dalla naturale deiscenza del seme maturo, elemento che ha spostato l'interesse dei produttori verso la *Brassica carinata*, specie più resistente a tale fenomeno. La raccolta meccanica è stata frequentemente ritenuta responsabile delle scarse produzioni ottenute in alcune realtà a causa dell'apertura delle silique sia per deiscenza naturale sia durante la mietitrebbiatura. La generale mancanza di valori attendibili sulle reali perdite imputabili alla sola operazione meccanica ha contribuito ad alimentare tali responsabilità. Il CRA-ING, coinvolto fin dal 2007 nella valutazione della problematica ha svolto prove in diverse realtà nazionali cercando di fare chiarezza in merito. Sono state svolte prove su *Brassica napus* in Piemonte (2007), su entrambe le specie in Emilia-romagna (2008) oltre a rilievi diretti su *Brassica carinata* in Sicilia utilizzando sia mietitrebbiatrici in versione tradizionale da frumento sia dotate di soluzioni specifiche per Brassicacee. Nel 2009, in località Bizzuno (RA) Italy, si sono svolti gli ultimi test su entrambe le specie (napus e carinata) per verificare quanto già riscontrato nei due anni precedenti di sperimentazione.

Parole chiave: perdite di granella, raccolta, Brassicacee, *Brassica napus*, colza, *Brassica carinata*.

* CRA-ING - Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria, Monterotondo (Roma).

Abstract

To the botanical family of Brassicaceae belong plants of many species of great economic and environmental. Among these, *Brassica carinata* and *Brassica napus* are grown especially for energy purposes. Their cultivation in Italy has had a remarkable development in recent years and losses of grain in addition to direct damage such a crop losses entail negative effects on subsequent crops.

In many Italian areas, the cultivation of *Brassica napus* in particular has encountered serious limitations due to the loss of grain caused by the natural dehiscence of the mature seed, a factor that has shifted the interest of producers to the *Brassica carinata*, species more resistant to this phenomenon. Mechanical harvesting has been frequently held responsible for poor production obtained in some places due to the opening of the siliques for both natural and dehiscence during harvesting. The general lack of reliable values on the real losses attributable solely to the mechanical operation has contributed to these responsibilities. CRA-ING, involved since 2007 in the assessment of the issue has held various national tests in trying to shed light on this. Tests on *Brassica napus* in Piedmont (2007) and on both species in Emilia-Romagna (2008) have been carried out as well as direct measurements of *Brassica carinata* in Sicily, using both the traditional wheat combine harvester and the same equipped with solutions specific to Brassicaceae. In 2009, in the locality Bizzuno (RA) - Italy-last tests were conducted on both species (*Brassica napus* and *B. carinata*) to verify what has already been found in the two previous years of experimentation.

Keywords: loss of grain, harvest, Brassicaceae, *Brassica napus*, oilseed rape, *Brassica carinata*.

Introduzione

Le Brassicacee contemplano alcune importanti colture per la produzione di biodiesel e la loro diffusione ha avuto un notevole incremento in Italia negli ultimi anni (I-STAT). La coltivazione di *Brassica napus* e *Brassica carinata* non presenta particolari problematiche in molti areali, le perdite di seme a terra invece oltre alla perdita diretta di prodotto comportano anche un'ulteriore complicazione legata all'infestazione per le colture successive a volte difficilmente controllabili (Gulden *et al.*, 2003). La maturazione scalare della coltura con contemporanea presenza di siliques a diverso stadio di maturazione sulla stessa piante riveste particolare importanza sulla gestione delle operazioni di raccolta.

La raccolta delle brassicacee negli areali italiani viene comunemente eseguita tramite mietitrebbiatura diretta con coltura eretta, diversamente alle latitudini in cui per l'essiccazione occorre prevedere lo sfalcio e la messa in andana della coltura alcuni giorni prima dell'ideale data di raccolta. Le mietitrebbiatrici utilizzate, pur non

presentando particolari necessità di adeguamento possono essere equipaggiate secondo diverse possibilità offerte sia dai costruttori delle raccogliatrici stesse sia da costruttori di componenti specializzati in allestimenti, spesso specifici per coltura, volti alla massimizzazione delle capacità operative delle macchine, al miglioramento degli aspetti qualitativi ed alla riduzione delle perdite di raccolta. Nella raccolta delle brassicacee già da alcuni anni sono presenti sul mercato diverse possibilità di allestimento della raccogliitrice prevedendo l'installazione di componenti progressivamente più complesse in grado di modificare le possibilità operative della macchina. Sono frequentemente riscontrabili al lavoro su brassicacee sia comuni mietitrebbiatrici in allestimento da frumento senza alcun intervento dedicato, sia macchine equipaggiate con soluzioni specifiche con testate a lama avanzata con possibilità di variazione in continuo della distanza lama/coclea e separatori laterali a lama alternata. Sono inoltre disponibili componenti accessorie collocabili in posizione intermedia rispetto alle due soluzioni precedenti, di diverso impegno anche economico, potenzialmente in grado di influire sul processo di raccolta.

Le soluzioni attualmente utilizzate per la raccolta pur utilizzando le medesime raccogliatrici vedono impegnate soluzioni diversificate a seconda della coltura, della tipologia di fruttificazione e del portamento che interessano prevalentemente la testata di raccolta.

B. napus (Colza) e *B. carinata* sono spesso state limitate nella coltivazione dalle scarse produzioni riscontrate in parte attribuite alle perdite di granella imputabili alla deiscenza del seme maturo, tipiche del colza, che hanno in alcune realtà spostato l'interesse verso la specie carinata, notoriamente più resistente. Anche la raccolta meccanica è stata ritenuta responsabile di perdite e la carenza di valori attendibili ha spinto CRA-ING, nel triennio 2007-09, ad affrontare tale problematica svolgendo prove in diverse realtà italiane e cercando di monitorare tutte le soluzioni disponibili per operare la raccolta della granella cercando di quantificare le perdite dovute alla stessa operazione di raccolta, le sue origini ed eventuali possibilità di riduzione.

Materiali e metodi

La metodica utilizzata, anche se con diverse modalità di applicazione nei tre anni, è sempre stata basata sul rilievo diretto delle perdite a terra in pre e post raccolta, per permettere di scindere in modo inequivocabile le perdite dovute a deiscenza naturale e ad eventi atmosferici, da quelle dovute a cause meccaniche legate alle operazioni di taglio, trebbiatura e separazione. I rilievi delle perdite di raccolta sono stati eseguiti sempre su tre settori ben definiti ("A", "B" e "C" riportati in figura 1) ben identificabili nella proiezione a terra della mietitrebbia. Il settore A rappresenta il lato intermedio della testata di raccolta privo degli effetti imputabili sia agli organi interni della mietitrebbia sia dell'effetto di separazione fra passaggi successivi della testata di raccolta; il settore B rappresenta la zona centrale della mietitrebbiatrici localizza-

to nell'area di scarico dei residui di trebbiatura cumulando le perdite di testata con quelle imputabili agli organi interni della raccogliitrice; il settore C rappresenta il lato esterno dx per la valutazione delle perdite dovute alla separazione dei vari passaggi della mietitrebbia. Tale metodologia è stata applicata al fine di rilevare le perdite dovute all'azione della testata separatamente da quelle dovute agli altri organi di trebbiatura, separazione e pulizia (settore B); suddividendo inoltre a livello di testata di raccolta la zona di separazione delle piante fra un passaggio e l'altro della mietitrebbiatrice (lato dx settore C) dalla zona di solo sfalcio (lato sx settore A). Questo ultimo accorgimento è stato definito per valutare l'efficienza dei dispositivi di separazione a lama verticale frequentemente proposti dai costruttori di mietitrebbiatrici e di testate di raccolta per agevolare la raccolta e ridurre le perdite in colture molto intricate e di complessa separazione naturale.

Le aree di rilievo sono sempre state posizionate ad una distanza di oltre 50 m dal bordo del campo. In tal modo si consentiva all'operatrice di giungere in area di rilievo sempre con i vari apparati a regime ed in ordinarie condizioni di lavoro.

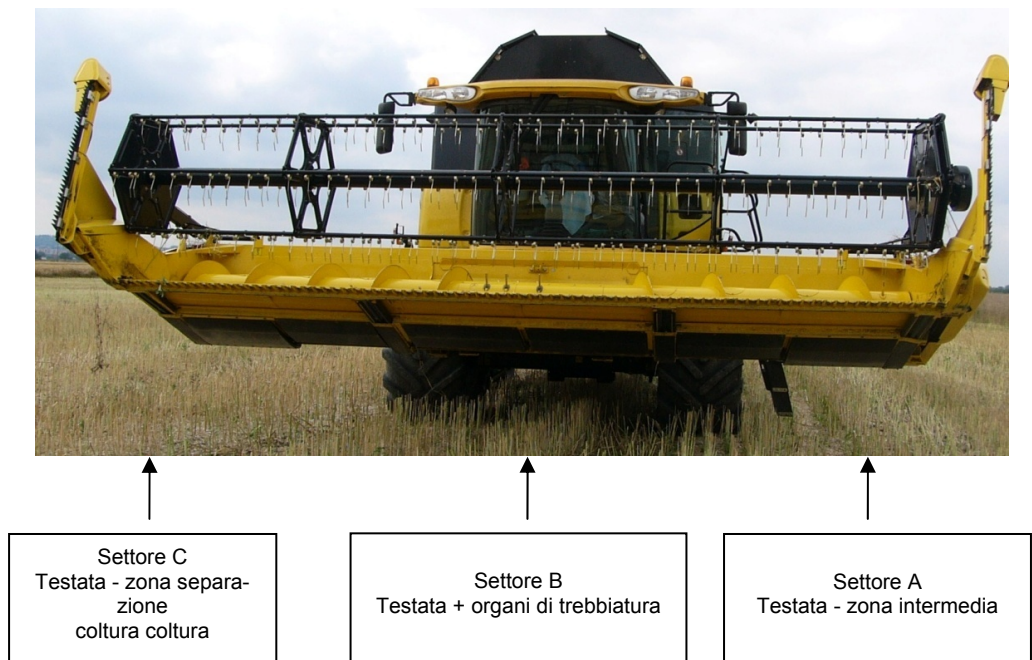


Figura 1 - Particolare dei settori monitorati per il rilievo delle perdite in raccolta.

Nel 2007 e 2009 si è utilizzato il metodo delle vaschette di contenimento (Fig. 2) posizionate nei tre settori definiti. Tali vaschette, realizzate in materiale plastico di dimensioni adeguate all'interfila di semina sono state posizionate immediatamente prima del passaggio della raccogliitrice per evitare di inquinare i dati a causa delle perdite per deiscenza naturale. Le vaschette sono state numerate e posizionate se-

condo preciso schema di rilievo e successivamente al passaggio della raccoglitrice sono state vuotate in sacchetti identificati, ne è stato quindi pesato il contenuto totale, in silique ed in granella.



Figura 2 - Vaschette di contenimento posizionate nelle interfile di semina.

Per quanto riguarda la deiscenza naturale, questa è stata monitorata a partire dalla virata cromatica delle silique verso la maturazione, posizionando i raccoglitori due settimane prima della presunta data di raccolta. Essendo di complessa suddivisione la componente di perdita derivata da deiscenza naturale rispetto a quella provocata da eventi atmosferici, il dato è stato rilevato complessivo e mantenuto tale prendendo nota degli eventi climatici rilevati dalle stazioni metereologiche limitrofe (Stazioni meteo regionali nel 2007-2008, con centralina dedicata nel 2009). I rilievi sulla deiscenza in pre-raccolta sono stati eseguiti in aree dedicate in prossimità dei settori di rilievo in post-raccolta, nel medesimo appezzamento e varietà. Gli schemi di posizionamento delle vaschette sono stati i medesimi per le due tipologie di testate e di colture.

Nel 2008 la rilevazione delle perdite in pre e post raccolta meccanica è stata eseguita mediante rilievo diretto a terra con metro quadro metallico suddiviso in decimetri; tale metodologia è stata resa possibile dopo attenta valutazione della tessitura e granulometria del terreno che confermando l'assenza di crepacciature di rilievo, ne ha consentito l'applicazione. I rilievi sono stati eseguiti separando le silique integre

dalla granella rilevata e conteggiata. Tramite campionamento di seme raccolto si è ottenuto il peso medio di 1000 semi e si è proceduto alla quantificazione delle perdite rilevate nei diversi settori. I campi prove sono stati individuati prima della ripresa vegetativa primaverile e monitorati con cadenza mensile fino alla raccolta per rilevare le fasi vegetative finali di produzione e maturazione della granella.

Le sperimentazioni eseguite hanno consentito oltre a quantificare con precisione l'entità del prodotto non raccolto nelle diverse esperienze condotte anche di valutare l'importanza di una corretta conduzione delle operazioni di raccolta sia in termini di individuazione del reale stadio di maturazione della coltura, sia di regolazioni della raccogliatrice, al fine di ottenere i migliori risultati produttivi.

Nei rilievi 2007 e 2008 oltre ai rilievi si è intervenuto anche a livello di regolazioni della mietitrebbiatrice; successivamente si è deciso di modificare il protocollo di prova non intervenendo direttamente sulle regolazioni impostate dagli operatori in modo da poterne poi valutarne l'incidenza sulle perdite attraverso la metodologia nel frattempo messa a punto (settori monitorati A+B+C).

L'esperienza piemontese del 2007 su colza ha consentito di effettuare un primo confronto fra raccogliatrice dotata di testata specifica da colza dotata di separatori laterali a lama verticale e possibilità di modificazione in continuo dal posto guida della distanza lama coclea, nel 2008 l'allestimento della mietitrebbiatrice su carinata non prevedeva applicazioni specifiche rispetto alla comune dotazione da cereali, mentre nel 2009 sia su colza sia su carinata l'applicazione specifica prevedeva il solo separatore laterale a lama alternata con posizionamento fisso ravvicinato della lama di taglio. Non sono state oggetto della presente sperimentazione le applicazioni fisse di allontanamento della lama di taglio disponibili in molti areali europei per le testate frumento in quanto non riscontrate nelle dotazioni delle aziende agromeccaniche interpellate e strutturalmente molto simili alla soluzione specifica utilizzata nell'esperienza piemontese del 2007.

Risultati

Brassica napus

Le esperienze su colza condotte nel 2007 in Piemonte e nel 2009 in Emilia-Romagna hanno visto realtà produttive locali piuttosto diversificate anche se gli aspetti produttivi non sono risultati molto diversificati.

Le principali caratteristiche delle colture incontrate sono riportate in tabella 1.

Tabella 1 - Caratteristiche delle coltivazioni di colza raccolte nel biennio di sperimentazione.

<i>Descrizione</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Piemonte</i>	<i>Emilia-Romagna</i>
Anno		2007	2009
Località		Castelnuovo Scivia (Al)	Belricetto (Ra)
Data di semina	gg/mm/aa	27/10/2006	15/10/2009
Interfila di semina	m	0,15	0,45
Densità	n m ⁻²	34	18
Altezza piante	m	1,55	1,35
Granella prodotta	t ha ⁻¹	2,58	2,87
Umidità granella	%	9,44	8,36
Data di raccolta	gg/mm/aa	18/06/2007	25/06/2009
Cantiere utilizzato		New Holland CX 8090	New Holland Tx 62

Grazie alla possibilità di rapida rimozione dei dispositivi separatori verticali a lama alternata nelle due esperienze ed alla possibilità di variazione della distanza lama/colea nell'esperienza piemontese è stato possibile monitorare le due maggiori soluzioni disponibili per la raccolta. In prossimità della raccolta del campo di Castelnuovo Scivia un importante evento piovoso ha interessato il campo prove influenzando direttamente sulla deiscenza naturale pre-raccolta che comunque si è mantenuta al di sotto del 10% (7,93). Nel campo di Belricetto di Lugo (Ra) nel 2009 invece non si sono evidenziati fenomeni di rilievo nel periodo compreso fra la maturità delle silique fino alla raccolta. I diversi settori monitorati hanno permesso di valutare l'influenza sulle perdite degli apparati di trebbiatura e pulizia, rispetto all'apparato di taglio della testata, e nell'ambito di quest'ultima, l'efficienza delle diverse soluzioni meccaniche adottate per contenere le perdite alla barra.

In tabella 2 sono riportate le perdite in pre-raccolta dovute a fenomeni di deiscenza naturale ed eventi atmosferici, oltre alle perdite complessive rilevate sul colza dovute alla raccolta meccanica nel biennio di sperimentazione.

Tabella 2 - Perdite di raccolta riscontrate nelle esperienze su *B. napus*.

<i>Descrizione</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Piemonte</i>	<i>Emilia-Romagna</i>
Anno		2007	2009
Località		Castelnuovo Scivia (Al)	Belricetto (Ra)
Deiscenza+eventi climatici	%	7,93	0,39
Raccolta meccanica	%	2,58	7,10
Trebbiatura+separazione+pulizia	%	0,60	5,04
Testata di raccolta	%	1,98	2,06

Come evidenziabile in tabella 2 le perdite pre-raccolta risentono notevolmente dell'andamento climatico precedente al momento della raccolta e della tempestività d'intervento una volta raggiunta la completa maturazione della coltura. Presso il campo prove di Belricetto ove la raccogliatrice è intervenuta non appena la coltura era idonea alla raccolta il valore di deiscenza naturale riscontrato (0,39%) può ritenersi molto contenuto considerando anche la potenziale influenza climatica.

Per quanto riguarda invece le perdite complessive di raccolta attribuibili alla raccogliatrice l'aumento di oltre il 4,5% a prevalente carico degli organi di trebbiatura e pulizia, pur rimanendo ugualmente piuttosto contenuto denota una notevole importanza della corretta regolazione della macchina in relazione allo stato della coltura.

Brassica carinata

Le esperienze su *B. carinata* condotte nel 2008 e nel 2009 in Emilia-Romagna avevano anche lo scopo di verificare le perdite di prodotto in pre-raccolta che ci si aspettava fossero inferiori rispetto alla *B. napus*, dato che la siliqua di questa specie non presenta il fenomeno di deiscenza una volta matura.

Le principali caratteristiche delle colture sono riportate in tabella 3.

Tabella 3 - Caratteristiche delle coltivazioni di carinata raccolte nel biennio di sperimentazione.

Descrizione	Unità di misura	Emilia-Romagna	
Anno		2008	2009
Località		Bizzuno (Ra)	Belricetto (Ra)
Data di semina		03/11/2007	07/11/2008
Interfila di semina	m	0,15	0,15
Densità	n°/m ²	51	49
Altezza piante	m	1,68	1,42
Granella prodotta	t/ha	3,23	2,47
Biomassa prodotta (*)	t/ha	5,21	8,11
Data di raccolta		01/07/2008	09/07/2009
Cantiere di raccolta		New Holland CX 8060	New Holland TX 65 Plus

(*) – Produzione stimata

La produzione media in granella delle due coltivazioni di *B. carinata* valutate (2,85 t/ha) ha superato quella ottenuta con la *B. napus* (2,72 t/ha) nonostante la carinata venga considerata di maggior rusticità ma minor produttività; nelle esperienze condotte negli stessi areali, la produttività del colza può ritenersi molto simile a quella della *B. carinata*.

In entrambe le località di prova le fasi finali del ciclo produttivo non hanno evidenziato andamenti climatici sfavorevoli per cui l'epoca di raccolta è stata individuata e rispettata monitorando pressoché quotidianamente i campi prova una volta iniziata la virata cromatica della granella.

Come per il colza anche in questo caso sono stati monitorati i diversi settori per consentire la valutazione dell'influenza degli apparati di trebbiatura e pulizia della raccogliitrice, rispetto alla testata di raccolta.

In tabella 4 sono riportate le perdite in pre-raccolta dovute a fenomeni di deiscenza naturale ed eventi atmosferici, oltre alle perdite complessive legate alla raccolta meccanica ripartite per anno di rilievo.

Tabella 4 - Perdite di raccolta riscontrate nelle esperienze su *B. carinata*.

Descrizione	Unità di misura	Emilia-Romagna	
Anno		2008	2009
Località		Bizzuno (Ra)	Belricetto (Ra)
Deiscenza+eventi climatici	%	0,01	0,07
Raccolta meccanica	%	2,79	9,29
Trebbiatura+separazione+pulizia	%	0,34	6,82
Testata di raccolta	%	2,45	2,47

Come evidenziabile in tabella 4 su *B. carinata* le perdite pre-raccolta non risentono di fenomeni di deiscenza naturale, mentre l'assenza di eventi climatici di rilievo non ha permesso la valutazione della resistenza della coltura all'apertura delle silique ed al potenziale rilascio della granella.

Per quanto riguarda le perdite complessive di raccolta attribuibili alla raccogliitrice su *carinata* si è evidenziato un aumento di oltre il 6 % prevalente dovute agli apparati di trebbiatura e pulizia del seme; tale valore può iniziare ad incidere sulla produttività complessiva della coltura.

Influenza delle soluzioni adottate per la raccolta

Nei tre anni di sperimentazione è stato possibile verificare la funzionalità di tutte le soluzioni attualmente diffuse per la raccolta di granella a partire dalle comuni testate da frumento, fino alle versioni specifiche da colza caratterizzate da doppio separatore verticale a lama alternata e possibilità di variazione in continuo della distanza lama - coclea convogliatrice. Applicazione molto diffusa che rappresenta una sorta di compromesso fra la versione tradizionale da frumento e quella specifica da colza appena descritta è rappresentata dall'applicazione di una singola lama verticale sulla comune testata da frumento posizionata sul lato destro comunemente utilizzato per

la delimitazione della larghezza di taglio. Tale applicazione è stata valutata nel 2009 sia su colza sia su carinata.

Brassica napus

In tabella 5 sono rappresentate le perdite in granella riscontrate nei settori C ed A in riferimento alla soluzione adottata nei due anni di sperimentazione.

Tabella 5 - Perdite alla barra in funzione del posizionamento e della testata di raccolta adottata.

Anno	Soluzione tecnica adottata	Perdita % settore C	Perdita % settore A
2007	Testata frumento	2,19	1,65
2007	Testata specifica colza	1,57	1,19
2009	Testata frumento	7,27	2,06
2009	Testata frumento + lama verticale Dx	4,78	2,06

Come rilevabile i valori più contenuti sono stati riscontrati nel 2007 con testata specifica per brassicacee dal quale è evidenziabile come anche in zona intermedia l'avanzamento della lama rispetto alla coclea convogliatrice consente una ulteriore riduzione delle perdite dello 0,46%. Non disponendo di soluzioni specifiche anche l'applicazione laterale di un solo spartitore a lama alternata sul solo lato di spartizione consente comunque un abbattimento delle perdite di oltre il 30%.

Brassica carinata

Nel primo anno di sperimentazione con la *B. carinata* (2008) si è utilizzata una mietitrebbiatrice senza allestimenti specifici, con barra da frumento; nel 2009 invece si è utilizzata una raccogliatrice sia in versione standard come nel 2008 e sia equipaggiata con lama verticale singola sul lato destro.

In tabella 6 sono riportati i dati ottenuti nella sperimentazione su carinata in Emilia-Romagna nel biennio di prova.

Tabella 6 - Ubicazione delle perdite su *B. Carinata* in funzione della testata utilizzata.

Anno	Soluzione tecnica adottata	Settore C Perdite %	Settore A Perdite %
2008	Testata frumento	3,59	1,33
2009	Testata frumento	2,69	0,36
2009	Testata frumento + lama verticale Dx	4,58	0,36

L'impiego dello spartitore laterale a lama alternata nell'esperienza 2009 ha determinato un aumento delle perdite rispetto alla testata tradizionale da frumento. Tale risultato, nella prova riportata, può essere dovuto al fatto che le silique, una volta sezionate, hanno lasciato cadere a terra la granella contenuta, mentre ciò non è avvenuto quando le piante si sono districate tra di loro al passaggio della mietitrebbia.

Regolazione della mietitrebbiatrice

La sperimentazione condotta può essere indicativamente suddivisa in due periodi: nel primo (2007 ed 2008) dove il CRA-ING ha provveduto direttamente alla regolazione della mietitrebbia, nel secondo (2009) in cui si è solo preso nota della regolazione di volta in volta impostata dall'operatore addetto.

In tabella 7 viene evidenziata l'influenza dell'idonea regolazione dell'operatrice in funzione delle condizioni di coltura e di lavoro nelle esperienze condotte su colza e carinata nel triennio 2007-09.

Tabella 7 - Valutazione delle perdite agli apparati di trebbiatura e separazione (settore B) in funzione della regolazione della mietitrebbiatrice.

Valutazione	<i>Brassica napus</i>		<i>Brassica carinata</i>	
	Operatrice verificata	Operatrice non verificata	Operatrice verificata	Operatrice non verificata
	Perdite %	Perdite %	Perdite %	Perdite %
C. Scrivia (Al) 07	0,60			
Bizzuno (Ra) 08			0,34	
Belricetto (Ra) 09		7,10		
Bericetto (Ra) 09				6,46

Come evidenziabile dalla tabella 7 l'influenza di una corretta regolazione della mietitrebbiatrice incide sulle perdite di granella in modo superiore alle soluzioni più specifiche ed innovative. Per quanto riguarda il colza l'aumento di perdita rilevato è risultato pari al 6,5 % della produzione raccolta, mentre relativamente alla *B. carinata* tale differenza è stata del 6,12 %.

La corretta regolazione degli organi della mietitrebbiatrice rappresenta un'operazione di notevole importanza operando su colture caratterizzate da ridotte dimensioni della granella e buona capacità di trattenimento della stessa da parte della frazione che deve essere scaricata a terra (fusti, foglie e silique).

A seguito delle esperienze maturate nelle tre Regioni (Piemonte, Emilia-romagna e Sicilia), in contesti operativi diversi e utilizzando cantieri di raccolta di diversa età, soluzioni costruttive ed allestimento, ed a seguito del rilievo delle regolazioni che hanno consentito i migliori risultati, sono state sintetizzate le indicazioni riportate in tabella 8.

Le indicazioni di massima vengono fornite facendo riferimento alle più diffuse impostazioni da frumento conosciute ed utilizzate dalla maggior parte degli operatori, tenendo in considerazione i diversi aspetti costruttivi, dimensionale e funzionali delle mietitrebbiatrici attualmente commercializzate.

Tabella 8 - Indicazioni di massima per la regolazione degli organi della mietitrebbia per operare su Brassicacee, rispetto alla regolazione utilizzata su frumento.

<i>Parametro</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Battitore	giri/minuto	<20-30%
Apertura Controbattitore	mm	>100-150%(*)
Ventilatore/i	giri/minuto	<15-20%
Crivello/vaglio superiore	mm	8-10/7-9
Crivello/vaglio inferiore	mm	3-3,5/3,5-4

(*) Valutare eventuale presenza di rotorii ausiliari di separazione

Le indicazioni riportate in tabella 8 rappresentano una sintesi delle esperienze condotte e vogliono rappresentare un'indicazione di massima sulla quale definire in funzione della coltura e delle condizioni di raccolta la regolazione più specifiche di lavoro.

Conclusioni

Le attività di sperimentazione sulla raccolta delle principali brassicacee da granella condotta in un triennio, hanno portato alle seguenti conclusioni:

- Le perdite di raccolta riscontrate influiscono al massimo per 10% della produzione, anche nelle condizioni più negative caratterizzate da eventi atmosferici avversi o regolazioni di lavoro non ottimali; non possono quindi influire oltre questa percentuale nella determinazione della produttività colturale per la definizione dell'attitudine produttiva delle due specie;
- L'adozione delle principali soluzioni meccaniche disponibili sul mercato per agevolare la raccolta della granella siano esse specifiche per le brassicacee o di adattamento delle testate da frumento, comportano vantaggi riassumibili frequentemente in pochi punti percentuali di recupero di granella per cui, considerando una produzione media di 3 t ha⁻¹, possono comportare un aumento di prodotto raccolto di 60-70 kg ha⁻¹;
- La puntuale regolazione della mietitrebbia rappresenta il principale aspetto emerso ed in grado di influire decisamente sulla percentuale di granella perduta;
- La valutazione dell'ottimale epoca di raccolta e dello stato della coltura, intesa come grado di sviluppo ed intreccio delle ramificazioni, dovrebbe essere l'aspetto prevalente per definire i requisiti dell'idoneo cantiere di raccolta e delle sue regolazioni.

Bibliografia

Gulden R.H., Shirliffe S.J., Thomas A.G., 2003. Harvest losses of canola (*Brassica napus*) cause large seedbank inputs. *Weed Science* 51, 83-86.
ISTAT (Italian Statistic Institute) - Statistical annual industrial crops – www.agri.istat.it.

b - Girasole: valutazione delle soluzioni commerciali disponibili per la raccolta

Sunflower: evaluation of commercial solutions available for harvesting

Alberto Assirelli*

Riassunto

La raccolta meccanizzata della granella di girasole, indipendentemente dal successivo impiego, viene eseguita tramite mietitrebbiatura diretta di coltura eretta equipaggiando la raccogliatrice con diverse soluzioni riguardanti prevalentemente la testata di raccolta. Tali soluzioni possono prevedere diverse modalità applicative e funzionali andando ad interessare sia gli aspetti legati alla qualità del prodotto raccolto sia le perdite a terra con successive complicazioni per le altre colture in rotazione. Le soluzioni disponibili in ordine di complessità crescente prevedono, partendo da quelle più semplici l'allestimento della testata da frumento, la realizzazione di testate specifiche concettualmente piuttosto essenziali, l'adattamento di testate da mais fino alla realizzazione di testate specifiche da girasole dotate di tutti gli accorgimenti necessari per gestire al meglio le diverse fasi di raccolta, soprattutto presa e recisione dello stelo al di sotto della calatide. Quest'ultimo aspetto ed in particolare la capacità di mantenere salda la presa della calatide fino all'inserimento nella coclea convogliatrice rappresenta l'aspetto maggiormente influenzante le perdite di raccolta. Non essendo state svolte specifiche sperimentazioni volte alla determinazione dell'efficienza delle diverse soluzioni disponibili come effettuato da CRA-ING per le Brassicacee nel presente lavoro vengono riportate alcune indicazioni tecniche, funzionali ed economiche per un miglior gestione delle possibilità operative di raccolta.

Parole chiave: raccolta girasole, testate girasole, kit girasole, perdite granella girasole.

* CRA-ING - Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria, Monterotondo (Roma).

Abstract

The mechanical harvesting of sunflower kernels, regardless of subsequent employment is done by threshing the direct crop equipping the harvester with different solutions mainly concerning the harvesting head. These solutions may provide different application methods and functional affecting the quality aspects of the harvested product and losses on the ground with subsequent complications for other crops in rotation. The solutions available in order of increasing complexity involving, from the most simple setting up of the head of wheat, the production of specific warheads conceptually quite basic, the adaptation of maize to be tested until the creation of specifications from sunflower heads with all necessary steps to better manage the different stages of harvesting, especially gripping and severing the stem below the calatide. This latter aspect, with particular reference, to the ability of gripping the calatide up to the insertion in the feeder screw, is the main aspect influencing harvesting losses. Having not been carried out specific experiments aimed at determining the efficiency of different solutions available as made by CRA-ING for the Brassicaceae, in this paper some technical, functional and economic informations for better management of operational capabilities of harvesting, are showed.

Keywords: *harvest sunflower, sunflower heads, sunflower kit, sunflower grain losses.*

Nell'ambito della raccolta meccanizzata del girasole ad uso energetico le modalità di raccolta seguite non si discostano molto da quelle seguite per le comuni varietà di girasole.

Le modalità di raccolta prevedono sempre l'impiego di mietitrebbiatrici con possibilità di diverso allestimento soprattutto a livello di testata di raccolta con diverse tipologie di sistemi di convogliamento delle piante, di presa e di recisione degli steli in posizione prossimale alla calatide per ridurre l'ingresso di residui nella mietitrebbiatura che potrebbero alterare le qualità della granella (es. umidità).

Le soluzioni attualmente percorribili per la raccolta del girasole prevedono quattro diverse modalità di allestimento della raccogliitrice tutte caratterizzate da diversa efficienza operativa, funzionalità ed economicità di esercizio.

La prima riguarda l'allestimento delle tradizionali testate da frumento, realizzate installando appositi componenti sull'apparato di taglio e sull'aspo abbattitore (Fig. 1). La prima operazione consiste nell'inserimento di elementi separatori inferiori fissati ai denti portalama dell'apparato di taglio, di larghezza inferiore all'interfila di semina appuntiti ed in grado di penetrare all'interno della coltura prima che venga effettuata la recisione degli steli con lo scopo di impedire la caduta anteriore delle calatidi una volta recise ad opera del sistema di taglio originario della testata. Generalmente accoppiato a questo dispositivo si prevede anche un'altra tipologia di inter-

vento sull'aspo abbattitore. Tali interventi possono essere caratterizzati o dall'occlusione dell'aspo stesso, operazione eseguibile mediante eliminazione di tutti gli elementi di presa originariamente fissati sulle barre dell'aspo o mediante sostituzione integrale dell'organo con altro elemento a raggiere completamente chiuse in modo da impedire l'aggancio e l'impigliamento sia delle calatidi sia degli steli recisi.

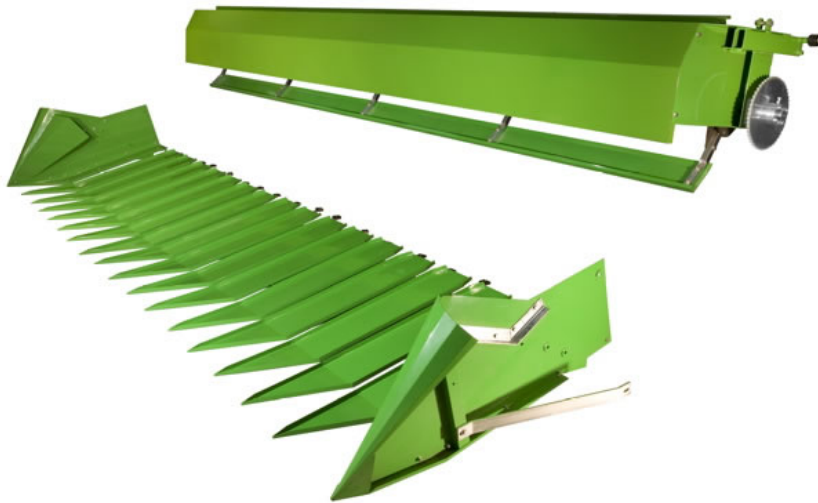


Figura 1 - L'adeguamento delle tradizionali testate da frumento permette l'impiego della maggior parte di mietitrebbiatrici disponibili.

Tale soluzione applicativa rappresenta frequentemente quella più economica per allestire una mietitrebbiatrice in versione frumento senza richiedere la necessità di ulteriori testate, presenta una discreta efficienza operativa e le principali perdite risultano rappresentate o da calatidi intere che una volta recise sfuggono all'aspo a causa del proprio peso ribaltandosi in avanti e sfuggendo così alle piastre inferiori di presa oppure possono anche essere rappresentate da singoli semi che staccati dalle barre dell'aspo cadono a terra senza venire intercettati dalla superficie piana e convergente in mezzera delle piastre stesse. Limiti piuttosto marcati di tale sistema di raccolta possono considerarsi le colture non perfettamente erette ma inclinate soprattutto in verso opposto alla direzione d'avanzamento della mietitrebbiatrice o in presenza di colture allettate; condizione di per se molto difficile per tutte le soluzioni disponibili limitando le perdite di calatidi e granella a terra. Altro elemento da tenere in considerazione è rappresentato dai tempi necessari per l'installazione e la successiva rimozione del kit di adeguamento che nel caso di frequente ripetizione può portare ad una riduzione dell'aspetto economico prima accennato in quanto per una testata da 4 metri di larghezza di lavoro possono essere necessarie 2-3 ore di lavoro per l'installazione e circa il medesimo tempo per la rimozione delle varie componenti.



Figura 2 - L'adozione di testate specifiche consente di eliminare i tempi di adeguamento.

Una seconda possibilità di allestimento riguarda l'impiego di testate specifiche (Fig. 2) realizzate secondo criteri di economicità per permettere la diffusione di una dotazione dedicata senza richiedere impegni finanziari elevati. Tali soluzioni, costruttivamente e funzionalmente molto simili a quella precedente prevedono testate piuttosto semplificate con medesimo sistema di presa a piastre parallele e convogliamento delle calatidi, sistema di taglio a lama alternata e coclea convogliatrice posteriore. Il vantaggio principale di tale soluzione consiste nell'eliminazione dei tempi necessari per l'allestimento di una testata da frumento, impegno che occorre valutare due volte per considerare anche la successiva rimozione dei componenti installati per la successiva raccolta dei cereali. Un ulteriore aspetto favorevole è rappresentato dalla semplicità costruttiva e quindi anche dalla ridotta massa che rende tale soluzione piuttosto apprezzata in collina ove l'impiego in pendenza con masse contenute rappresenta frequentemente una soluzione molto apprezzata dagli operatori. I principali limiti operativi possono considerarsi simili a quelli della soluzione precedente se non ancora inferiori in quanto queste testate presentano sempre aspo dedicato riducendo il rischio di impigliamento delle calatidi recise e successivo trasporto al di fuori dell'area di presa della coclea convogliatrice tipico di un aspo da frumento. In talune applicazioni per ridurre il volume di sottoprodotti al gruppo trebbiante possono essere inseriti dispositivi atti a scaricare a terra una maggior percentuale di stelo prima della fase di taglio (Fig. 3).

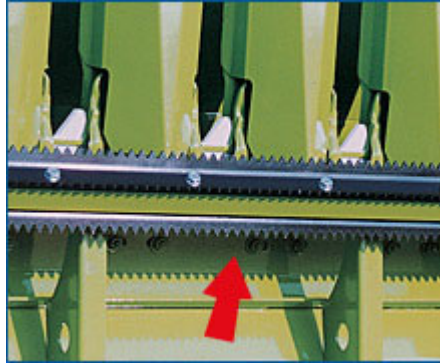


Figura 3 - Per ridurre il volume di sottoprodotti in ingresso e favorire l'operazione di taglio possono essere inseriti alcuni accorgimenti funzionali.

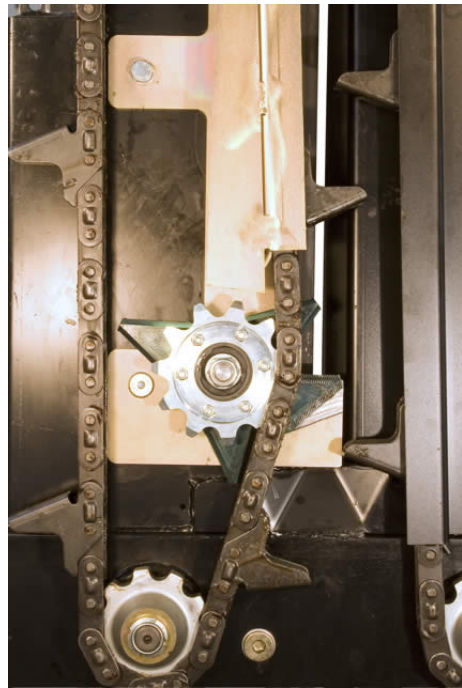


Figura 4 - L'installazione di sistemi di taglio fissi o rotanti consente di aumentare la versatilità delle testate da mais consentendone l'impiego anche su girasole.

La terza possibilità offerta dai costruttori generalmente di sole testate riguarda la possibilità di installazione di un apposito kit su testate da mais (Fig.4) che generalmente prevede il posizionamento di un sistema ausiliario di taglio, assente nelle testate da mais, fisso o mobile e la modifica del percorso delle catene trasportatrici soprattutto con funzione di migliorare la presa degli steli prima di operare la recisione

delle calatidi. Tale sistema può collocarsi in posizione intermedia rispetto ai due precedenti in quanto sono sempre da prevedere tempi di lavoro di diversa durata a seconda del numero di elementi da installare direttamente legato al numero di file della testata e quindi all'interfila di semina della coltura. In condizioni ottimali l'efficienza del sistema può essere anche superiore alle due soluzioni precedenti ma l'assenza di un dispositivo specifico di presa degli steli come si vedrà in seguito limita molto la produttività se ci si allontana dalle condizioni ottimali di steli perfettamente eretti con calatidi rivolte verso la direzione di avanzamento della raccogli-trice. Sul piano economico non presenta particolari rilevanza ma la disponibilità di una testata mais o ad interfila regolabile o ad interfila uguale a quella del girasole ne determina una limitata diffusione. La presenza di dispositivi di presa rende il sistema abbastanza performante anche in presenza di coltura inclinata o non completamente allettata.



Figura 5 - L'impiego di testate specifiche da girasole consente le migliori performance anche su colture non in ottimali condizioni di raccolta.

La quarta possibilità è rappresentata dalle soluzioni appositamente progettate e realizzate per la raccolta del girasole con le più attuali funzionalità disponibili (Fig. 5). Sono generalmente rappresentate da testate ad elementi multipli pari al numero di file raccolte per ogni passaggio che provvedono alla raccolta delle singole calatidi e convogliamento verso il gruppo di trebbiatura della mietitrebbiatrice. Queste testate prevedono generalmente organi di presa dello stelo, organi di recisione dello stesso ed organi di convogliamento delle calatidi verso il canale di alimentazione della mietitrebbia. I sistemi di presa prevedono generalmente una coppia di catene contro-rotanti, mentre nei modelli più datati tali catene venivano utilizzate scoperte con elementi di presa metallici oggi possono prevedere la presenza di dispositivi di trattenimento ad elementi singoli (Fig. 6) o a nastro continuo (Fig. 7); aspetto molto importante è rappresentato dalla possibilità e capacità di presa solidale dello stelo soprattutto una volta reciso cioè quando il peso della calatide tende a determinare il ri-

baltamento, principale forma di perdita delle soluzioni precedentemente descritte. La capacità del sistema di presa di mantenere eretto lo stelo con la calatide superiore permette alla calatide di essere accompagnata verso la coclea convogliatrice e quindi di garantirne la raccolta.



Figura 6 - Particolare di dispositivo di presa a catena con supporti di tenuta in materiale sintetico ed apparato di taglio a doppi disco rotante.



Figura 7 - L'adozione di sistemi di presa a nastro consentono una buona tenuta dello stelo reciso.

La soluzione appena descritta si applica alle testate specifiche e sotto l'aspetto della capacità di lavoro rappresentano sicuramente le soluzioni più performanti in ogni condizione di lavoro.

I limiti principali rappresentati dal prodotto allestito non senza difficoltà possono comunque essere superati con questa soluzione il cui unico aspetto limitante è generalmente rappresentato dall'aspetto economico che difficilmente ne permette l'applicabilità su superfici contenute, o su raccoglitori piuttosto datate.

Conclusioni

Le soluzioni disponibili per la raccolta del girasole tramite mietitrebbiatura consentono possibilità applicative per la maggior parte degli utilizzatori. I principi funzionali e la qualità del lavoro svolto, intesa come limitazione delle perdite e dei sottoprodotti inviati al gruppo di trebbiatura principale si comportano in modo piuttosto diversificato a seconda della soluzione adottata.



Figura 8 - L'allestimento delle testate da frumento rappresenta una delle soluzioni più utilizzate per aumentare la versatilità delle raccoglitori.

L'allestimento delle comuni testate da frumento (Fig.8) rappresenta frequentemente la soluzione più diffusa, presenta alcuni limiti nei tempi di montaggio e rimozione dei componenti, nella raccolta del prodotto allestito, inclinato ed in presenza di infestanti. L'operatività in condizioni ottimali cioè con coltura eretta può considerarsi buona.

L'adozione di testate specifiche di elevata semplicità costruttiva e funzionale rispecchia qualità e limiti già citati per la soluzione precedente, riducendo i costi di allestimento del caso precedente a fronte del maggior impegno finanziario legato al-

l'acquisto di una seconda testata; sotto l'aspetto operativo inteso come contenimento delle perdite ed ingresso di sottoprodotti può considerarsi simile od appena superiore al precedente.

L'allestimento delle testate mais con appositi kit girasole presenta il vantaggio di avere un sistema di presa e trasporto attivo verso la coclea convogliatrice, permettendo un certo successo anche con colture parzialmente allettate od inclinate, presenta un buon contenimento delle perdite anche se l'assenza di un sistema di presa continuativa può determinare il ribaltamento anteriore di alcune calatidi con aumento delle perdite, elemento non trascurabile soprattutto operando in collina può essere rappresentato dalla massa complessiva delle testate da mais generalmente molto più elevata di una testata da frumento.

L'impiego di testate specifiche caratterizzata da elementi di presa degli steli e loro trasporto prima al dispositivo di taglio e poi alla coclea convogliatrice rappresenta la soluzione più performante per la raccolta della granella di girasole sia per destinazione alimentare zootecnica sia energetica, il limite prevalente all'impiego generalizzato è rappresentato dall'aspetto economico che ne rende conveniente l'impiego su superfici minime di raccolta superiori ai 100 ettari annui.

5

Valutazioni economiche

Valutazioni economiche: colza, girasole e *Brassica carinata*

Economic evaluations: rapeseed, sunflower and Brassica carinata

Domenico Coaloa*, Alessandra Grignetti*

Riassunto

La riduzione della coltivazione della barbabietola ha portato alla conversione di migliaia di ettari di terreno agricolo a colture energetiche dal 2008. Grazie al progetto nazionale di ricerca “SuSCACE”, a supporto tecnico-scientifico per la conversione delle coltivazioni agricole verso colture energetiche, è stato possibile raccogliere ed elaborare dati sulle colture energetiche attualmente esistenti. Il database è attualmente costituito da 2.969 ettari coltivati in 386 appezzamenti, sono coinvolte 312 aziende agricole dislocate in 11 regioni d’Italia. I risultati ottenuti riguardano le superfici investite a ciascuna coltura, il relativo numero di campi e la loro distribuzione regionale, le produzioni, i costi di coltivazione e di produzione il bilancio economico. I dati raccolti riguardanti tutte le operazioni colturali agricole, gli input energetici ha permesso di stimare l’impatto ambientale e il bilancio energetico delle diverse colture. Le produzioni ottenute per le colture annuali, come il girasole, colza e *Brassica carinata*, sono risultate mediamente buone con differenze significative a livello regionale. Le analisi della produzione e redditività delle specie più diffuse delle colture oleaginose, ha mostrato risultati generalmente positivi nel mercato attuale. Le piantagioni per la biomassa hanno raggiunto già buoni risultati produttivi nei primi anni di coltivazione, anche se migliorabili. Nelle attuali condizioni di mercato la redditività è fortemente dipendente dalle particolari condizioni di prezzo che si possono ottenere mediante contratti di lungo periodo con le imprese di trasformazione energetica.

* CRA-PLF Unità di Ricerca per le Produzioni Legnose fuori Foresta, Casale Monferrato (AL) - Italy.

Parole chiave: colture energetiche, costi di coltivazione, bilanci culturali, colza, girasole e *Brassica carinata*.

Abstract

The reduction of beet cultivation has led to the conversion of thousands of hectares of agricultural land to energy crops since 2008. Thanks to the national research project "SuSCACE", set up as a technical-scientific support for the cultivation of energy crops, it has been possible to gather and process data on the currently existing energy crops. The database currently concern of 2,969 hectares in 386 plots, 312 farms and 11 regions of Italy affected. The results obtained regard the areas planted to each crop, the relative number of fields and their regional distribution, their yields, cultivation and production costs and their economic balance. The data collected regarding all farming operations and energy inputs allowed us to estimate the environmental impact and energy balance of the different crops. The products obtained for annual field crops, such as sunflower, rapeseed and Brassica carinata, are good on average, significant differences at the regional level. The analysis of the production and profitability of the most widespread oilseed species, has shown generally positive results in the current market. Plantations for biomass have reached, in the first years of cultivation, good, though improvable, yields; however in the present market conditions profitability is highly dependant on special price conditions agreed on in contract with the processing industries.

Keywords: energy crops, cultivation cost, crop balance, rapeseed, sunflower, Brassica carinata.

1. Introduzione

L'applicazione della riforma della OCM zucchero ha comportato una riduzione di oltre il 50% della capacità produttiva nazionale dello zucchero e di conseguenza anche una sensibile riduzione della superficie coltivata a barbabietola. Alcune società produttrici di zucchero hanno presentato piani di riconversione della filiera bieticolo-saccarifera verso le filiere agroenergetiche con l'obiettivo di ottenere energia elettrica da biomasse ligno-cellulosiche, biodiesel da esterificazione di oli vegetali e bioetanolo da fermentazione di cereali. Il raggiungimento di tali obiettivi richiede elevate produzioni di biomasse, soprattutto ligno-cellulosiche per far fronte alle esigenze di attivazione di nuovi centri di trasformazione energetica da fonti rinnovabili. Una ulteriore spinta verso i programmi di produzioni energetiche alternative è derivata anche dalle misure di sostegno ed incentivi riguardanti i nuovi coefficienti moltiplicatori dei certificati verdi per le filiere corte (Legge n. 244/2007).

Sulla base delle caratteristiche e sulle potenzialità produttive dei diversi ambiti agricoli, tenuti in considerazione gli obiettivi progettuali per la diversificazione della produzione di energia da parte dei vari distretti energetici (Loi, 2008), le aziende agricole stanno affrontando la riconversione con colture erbacee annuali e perenni (girasole, colza, brassica, sorgo da fibra e canna comune), e con colture arboree (pioppo, robinia, eucalipto).

Nell'ambito dell'attività del progetto SuSCACE "Supporto Scientifico alla Conversione Agricola verso le Colture Energetiche", finanziato dal Mipaaf e coordinato dal Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura (C.R.A.), è stato possibile raccogliere, con la collaborazione delle aziende agricole, informazioni necessarie per analizzare e valutare sotto l'aspetto economico e organizzativo la riconversione agricola che coinvolge il settore.

2. Metodologia

Costituiscono il database i dati relativi a 350 appezzamenti coltivati per complessivi 2.514 ettari in 11 regioni; 255 sono le aziende agricole coinvolte. Le informazioni riguardano colture poliennali, pioppo, robinia, eucalipto, canna comune, e colture erbacee annuali, colza, girasole, brassica carinata e sorgo da fibra. Per le prime sono stati raccolti dati di localizzazione secondo coordinate geografiche nel sistema metrico WGS84UTM32, riferite al punto centrale degli appezzamenti interessati, invece per quelle annuali al momento si dispongono di dati di localizzazione riferiti soltanto a livello comunale in attesa di dati puntuali.

Grazie alla georeferenziazione degli appezzamenti, tutti i dati acquisiti, riguardanti le caratteristiche ambientali e organizzative delle singole aziende coinvolte, le colture praticate e gli interventi rilevati in tutte le fasi operative, sono stati organizzati in un geo-database (ArcGIS 9.2), gestito dal C.R.A.-PLF (Unità di Ricerca per le Produzioni Legnose fuori Foresta, ex Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura di Casale Monferrato).

Lo strumento per il rilevamento e la registrazione dei dati è costituito da fogli elettronici in formato Excel appositamente predisposti. In particolare si tratta di tre fogli, "Anagrafica azienda", "Anagrafica appezzamento", "Anagrafica coltura". Il primo contiene le informazioni e dati identificativi dell'azienda agricola: id_società, id_tecnico, id_azienda, cod_azienda, denominazione, indirizzo della sede, località, cap, provincia, referente, telefono, cellulare, centralina meteorologica, dimensione azienda, forma di conduzione, valore indicativo dei terreni.

Il foglio relativo all'appezzamento riporta informazioni che riguardano: indirizzo, località, coltura precedente, produttività coltura precedente, altre colture praticate in rotazione, superficie coltivata, giacitura, tessitura, irrigazione e tipo di irrigazione, posizione geografica secondo coordinate di longitudine e latitudine.

Il foglio relativo alla coltura “anagrafica coltura”, che può cambiare di anno in anno per appezzamento, almeno per quelle erbacee annuali, considera oltre ai caratteri identificativi codificati nei precedenti fogli: coltura, varietà, materiale di propagazione, data di semina/impianto, densità, spaziature, centro di conferimento delle produzioni.

Il foglio “diario appezzamento” nel quale sono descritte tutte le operazioni e interventi in modo cronologico: data, tipo intervento, tipo prodotto, quantità, costo unitario, trattore, potenza, tipo attrezzo, larghezza di lavoro, profondità di lavoro, operai impiegati, superficie lavorata, tempo impiegato, costo complessivo contoterzista.

Sulla base dei dati finora raccolti relative alle colture erbacee e arboree destinate alla produzione di biomasse per uso energetico è stato creato l’archivio cartografico su base GIS. Tale base di dati qualitativi stagionali caratterizzanti i siti di coltivazione e livelli produttivi, consentirà di implementare a livello nazionale la correlazione tra le caratteristiche ambientali con i livelli produttivi potenziali.

Il coordinamento, la verifica e la validazione dei dati rilevati, ha costituito un importante impegno ed ha comportato una attenta valutazione delle criticità registrate in molte fasi di rilevamento e registrazione dei dati di campo relativi alle coltivazioni praticate nel 2009 e nel 2010 secondo il programma di attuazione delle conversioni agricole.

Dall’analisi dei dati rilevati direttamente dai tecnici aziendali, riguardanti l’impiego delle macchine, della manodopera, carburanti, sementi, fertilizzanti, erbicidi ed eventuali interventi di terzisti, sono stati calcolati i costi complessivi di coltivazione per ogni coltura e per tutte le superfici interessate.

Il costo orario delle macchine motrici e degli attrezzi è stato calcolato utilizzando software dedicato (Maso *et al.*, 2006). In alcuni casi gli interventi sono stati svolti da imprese esterne all’azienda agricola, i cui costi sono comprensivi del costo della manodopera e del costo delle macchine.

Le produzioni per le colture annuali considerate sono riferite secondo parametri commerciali al 9% di umidità, e i prezzi unitari sono quelli rilevati e trattati per ogni azienda agricola.

Le valutazioni economiche hanno riguardato in sintesi i bilanci colturali (Torquati, 2003) in considerazione delle attuali condizioni di mercato.

3. Risultati

Localizzazione delle colture

Le elaborazioni hanno interessato complessivamente, per le tre colture annuali oleaginose considerate, 2242 ettari, circa 200 appezzamenti in 171 aziende agricole. In termini di localizzazione territoriale le regioni interessate sono nove. In particolare il 72% della superficie complessiva dedicata al **girasole** è localizzata soprattutto nelle regioni centrali, Marche e Toscana, il resto in Emilia Romagna. Il **colza** coltivato su

quasi 1522 ettari interessa principalmente le regioni del nord (65%). Al sud si trova quasi tutta la parte restante (34%) poiché soltanto l'1% dell'intera superficie è dislocata nelle regioni del centro. La *brassica carinata* è coltivata nelle Marche e in Sardegna. (tab. 1)

Tabella 1 - Distribuzione per regione delle colture annuali in conversione, superficie e (appezzamenti).

	girasole ha (n)	colza ha (n)	brassica carinata ha (n)
Emilia R.	198,22 (9)	944,80 (90)	–
Veneto	–	33,70 (1)	–
Lombardia	–	9,00 (1)	–
Toscana	151,10 (19)	4,81 (4)	1,57 (2)
Marche	333,82 (36)	8,75 (5)	10,26 (8)
Umbria	17,87 (5)	2,40 (3)	–
Basilicata	–	327,64 (9)	–
Puglia	–	190,89 (9)	–
Sardegna	–	–	7,42 (10)
totale	701,01 (69)	1521,99 (122)	19,25 (20)

Girasole

La coltivazione a girasole (tabella 1) comprende una superficie complessiva di 701 ettari in 69 appezzamenti di 54 aziende agricole. Il girasole è coltivato prevalentemente (75%) in zone collinari delle regioni centrali, il restante 28% è localizzato in Pianura Padana (Nord) (fig. 1). La superficie media per appezzamento è di oltre 10 ettari ma con evidenti differenze tra le regioni del nord, mediamente 22 ha per appezzamento, mentre le dimensioni medie degli appezzamenti delle regioni centrali sono pari a 8,4 ettari).

Mediamente la manodopera ha assorbito circa 7 ore, di poco superiore alle 6 ore invece è risultata la richiesta di macchine per le operazioni dalla preparazione del terreno per la semina alla raccolta. Le produzioni medie nel 2010 hanno raggiunto 2,46 t·ha⁻¹ (tab. 2) di seme (9% di umidità), 2,9 al Nord, 2,3 al Centro. Complessivamente il costo delle operazioni colturali svolte comprensive del costo delle macchine e della manodopera ammonta mediamente a 493 Euro per ettaro (tab. 3), fino a 548 €·ha⁻¹ nelle situazioni più disagiate di collina. Le operazioni colturali sono effettuate esclusivamente da contoterzisti sul 35% della superficie, svolte direttamente dall'azienda sul 21% della superficie, mentre sul resto intervengono sia le aziende agricole che le ditte di contoterzi. I costi delle lavorazioni svolte direttamente dall'a-

zienda risultano mediamente inferiori del 20% rispetto a quelle affidate a terzi. I prodotti impiegati per la coltivazione, sementi, erbicidi e concimi, ammontano complessivamente a 196 Euro per ettaro. Per quanto riguarda in particolare i concimi minerali impiegati, l'apporto di azoto è stato mediamente di 95 kg per ettaro con prevalenza nelle coltivazioni delle regioni settentrionali. Gli apporti di concimi fosfopotassici, come P_2O_5 e K_2O , hanno interessato soltanto il 60% delle superfici con apporti di circa 46 kg per ettaro. Gli erbicidi impiegati sono quantificati in 2,6 kg per ettaro, nelle colture di girasole al Nord sono state impiegate quantità doppie rispetto alle coltivazioni del Centro. I costi totali raggiungono mediamente $689 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$, costi di circa il 30% in meno per le aziende al Nord rispetto a quelle del Centro.

Secondo le quotazioni dei prezzi unitari registrati e dichiarati dalle aziende agricole nel 2010 mediamente di $423 \text{ €}\cdot\text{t}^{-1}$, è risultata una PLV di circa $1.041 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$. Il calcolo del flusso delle entrate rispetto al flusso delle uscite determina un bilancio nettamente positivo; l'utile raggiunge $352 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$, maggiore dell'80% nelle aziende del Nord rispetto a quelle delle regioni centrali che si attesta intorno a $297 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nel calcolo dell'utile non si è tenuto conto dei sostegni finanziari PAC e degli incentivi per le colture energetiche.

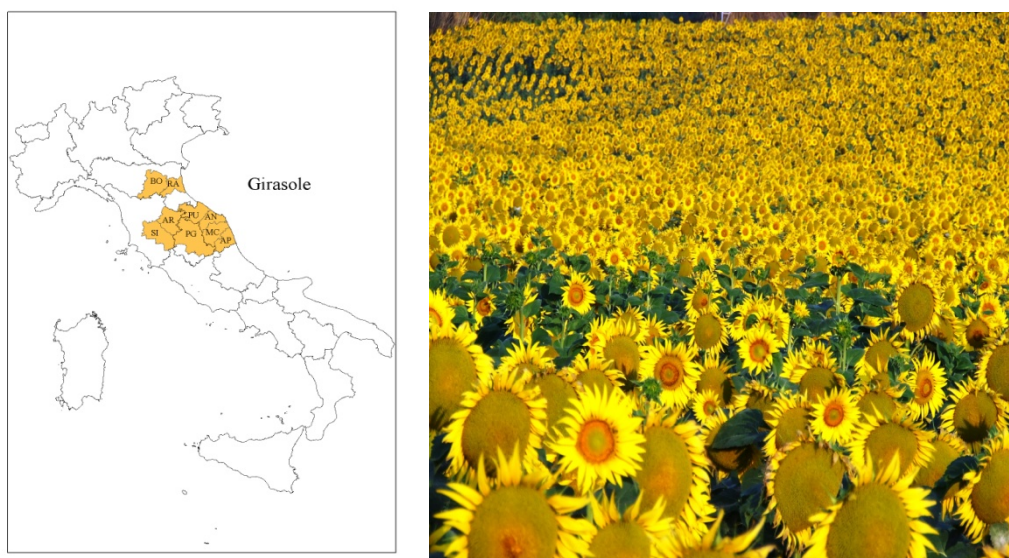


Figura 1 - Distribuzione provinciale delle superfici coltivate a girasole.

Colza

Il colza comprende 1522 ettari coltivati in 122 appezzamenti di 109 aziende (tab. 1). Il 65% della superficie coltivata è situata in Pianura Padana, il 34% nelle zone collinari delle regioni meridionali mentre soltanto l'1% in zone collinari delle regioni

centrali (fig. 2). La superficie media per appezzamento è risultato di circa 12,5 ettari; nelle regioni centrali gli appezzamenti risultano di piccole dimensioni (1,33 ha), in Pianura Padana e in particolare nelle regioni meridionali sono presenti invece appezzamenti molto grandi (rispettivamente di 11 ha e di 28,8 ha).

Mediamente sia la manodopera che i tempi di impiego delle macchine per le operazioni dalla preparazione del terreno per la semina alla raccolta hanno assorbito meno di 4 ore per ettaro. Le produzioni medie nel 2010 hanno raggiunto $2,40 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 2) di seme (9% di umidità), $2,9$ tonnellate al Nord, $1,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ al Centro e $1,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ al Sud. Complessivamente il costo delle operazioni colturali svolte, comprensive del costo delle macchine e della manodopera, ammonta a circa $333 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 3), fino a $473 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$ nelle situazioni più sfavorevoli di collina. I costi delle operazioni colturali sono attribuiti principalmente agli interventi di contoterzisti nelle aziende localizzate al Centro e al Nord, al Sud è preponderante l'intervento diretto con mezzi aziendali.

I prodotti impiegati per la coltivazione, sementi, erbicidi e concimi, ammontano complessivamente a 193 Euro per ettaro. Per quanto riguarda in particolare i concimi minerali impiegati, l'apporto di azoto è stato mediamente di 108 kg per ettaro senza particolari differenziazioni nelle tre ripartizioni territoriali (Nord, Centro, Sud).

Sono stati inoltre distribuiti erbicidi per circa 1,8 kg per ettaro, quantità più elevate (2,7) sono state impiegate negli appezzamenti di piccole dimensioni di colza localizzate nelle regioni centrali.

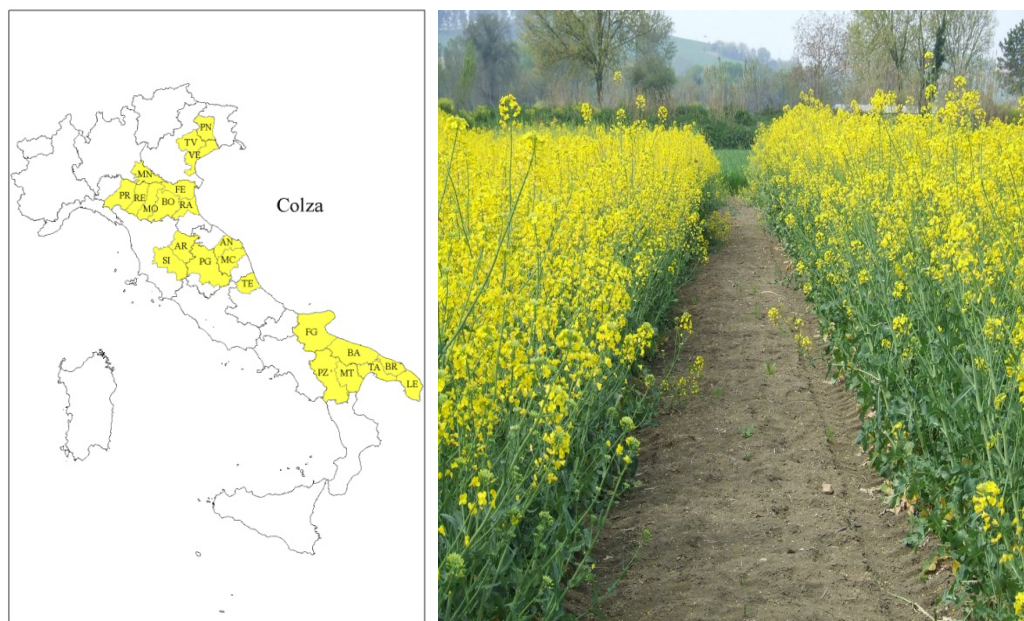


Figura 2 - Distribuzione provinciale delle superfici coltivate a colza.

I costi totali raggiungono mediamente $526 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$; nelle aziende di collina dell'Italia centrale si evidenziano costi superiori del 60%.

Secondo le quotazioni dei prezzi unitari registrati e dichiarati dalle aziende agricole nel 2010 mediamente di $302 \text{ €}\cdot\text{t}^{-1}$ (da 270 a $450 \text{ €}\cdot\text{t}^{-1}$), è risultata una PLV di circa $725 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$. A livello aziendale in base al calcolo del flusso delle entrate rispetto al quello delle uscite, l'utile risulta mediamente pari a circa $200 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$, con forti differenze tra le regioni analizzate: nelle aziende del Centro è risultato negativo ($-64 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$), nelle regioni dell'Italia meridionale è emerso un utile appena positivo mentre nelle aziende della Pianura Padana è pari a circa $300 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nel calcolo dell'utile non si è tenuto conto dei sostegni finanziari PAC e degli incentivi per le colture energetiche.

Brassica carinata

La *brassica carinata* è stata coltivata in 8 aziende, 20 appezzamenti per complessivi 19,25 ettari (tab. 1). Il 61% della superficie coltivata è situata nelle regioni centrali, il resto in Sardegna (fig. 3). La superficie media per appezzamento è di circa un ettaro.

Mediamente sia la manodopera che i tempi di impiego delle macchine per le operazioni dalla preparazione del terreno per la semina alla raccolta hanno assorbito circa 7 ore per ettaro. Le produzioni nel 2010 hanno raggiunto in media $2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 2) di seme (9% di umidità); oltre 2,4 al centro, di poco superiore a $1,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ in Sardegna. Complessivamente il costo delle operazioni colturali svolte comprensive del costo delle macchine e della manodopera ammonta a circa $519 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 3). I costi delle operazioni colturali sono attribuiti principalmente agli interventi di contoterzisti nelle aziende localizzate al Centro, nelle altre è preponderante l'intervento diretto con mezzi aziendali.

I prodotti impiegati per la coltivazione, sementi, erbicidi e concimi, ammontano complessivamente a 324 Euro per ettaro. Per quanto riguarda i concimi minerali impiegati, l'apporto di azoto è stato mediamente di 46 kg per ettaro, sono stati invece distribuiti quantità di concimi fosfo-potassici (P_2O_5 e K_2O) pari a 60 kg per ettaro.

Gli erbicidi impiegati mediamente in Sardegna non superano 1 kg per ettaro, quantità molto più elevate (circa 3 kg) sono state impiegate nelle colture di brassica nelle regioni centrali.

I costi totali superano mediamente $843 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$, costi maggiori del 50% sono stati rilevati nelle aziende di collina nell'Italia centrale rispetto a quelle localizzate in Sardegna.

Secondo le quotazioni dei prezzi unitari registrati e dichiarati dalle aziende agricole nel 2010 mediamente di $450 \text{ €}\cdot\text{t}^{-1}$, è risultata una PLV di circa $942 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$. In base al calcolo del flusso delle entrate rispetto al quello delle uscite a livello aziendale, è emerso un utile mediamente di $99 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$, negativo nelle aziende della Sardegna, appena positivo ($182 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$) nelle altre. Nel calcolo dell'utile non si è tenuto conto dei sostegni finanziari PAC e degli incentivi per le colture energetiche.

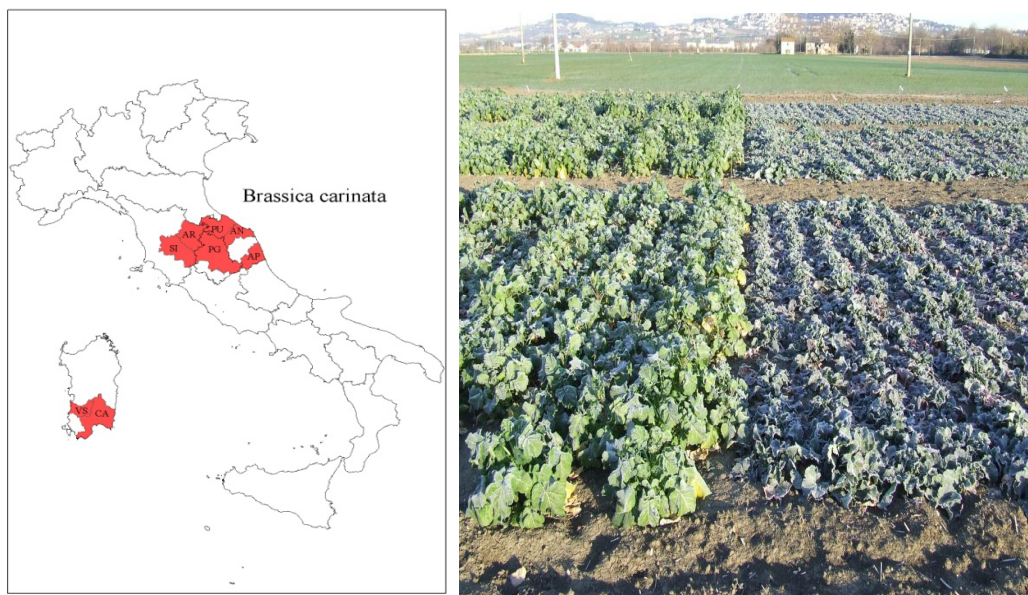


Figura 3 - Distribuzione provinciale delle superfici coltivate a *Brassica carinata*.

Discussioni e conclusioni

Tempi per la coltivazione

Per quanto concerne i tempi complessivi della manodopera impiegata coincidono con quelli delle macchine e variano da 3,8 per il colza a circa 7 ore per ettaro per il girasole e *brassica carinata* (Fig. 4). Lievi differenze tra tempi della manodopera e tempi macchine che si rilevano nel caso del girasole sono da attribuire a maggiori esigenze di manodopera per le fasi di concimazioni in particolari condizioni legati al territorio e alle organizzazioni aziendali.

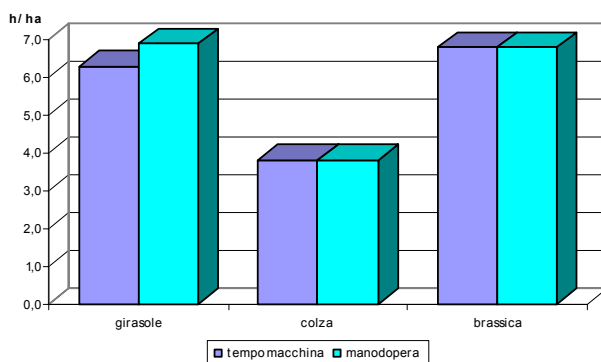


Figura 4 - Tempo impiegato dalle macchine e manodopera per la coltivazione.

Il consumo di carburanti per l'impiego delle macchine nella coltivazione del colza è risultato minore rispetto al girasole e *brassica carinata* che hanno raggiunto rispettivamente 154 e 180 kg di gasolio per ettaro. (Fig. 5).

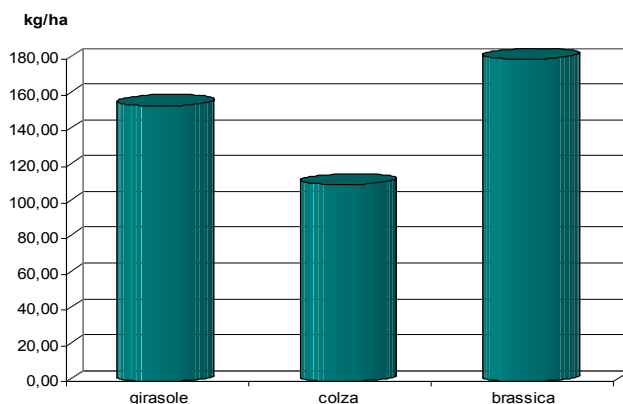


Figura 5 - Carburante per le operazioni meccaniche nella coltivazione.

Le quantità di fertilizzanti impiegati per ciascuna coltura sono espressi in unità di azoto (N), fosforo (P_2O_5) e potassio (K_2O). Nei casi di girasole e colza gli apporti di azoto hanno oscillato tra 95 e 100 $kg\ ha^{-1}$, decisamente minori quantità sono state impiegate per la *brassica carinata*. Per gli altri due elementi non sono stati superati 60 kg per ettaro (Fig. 6).

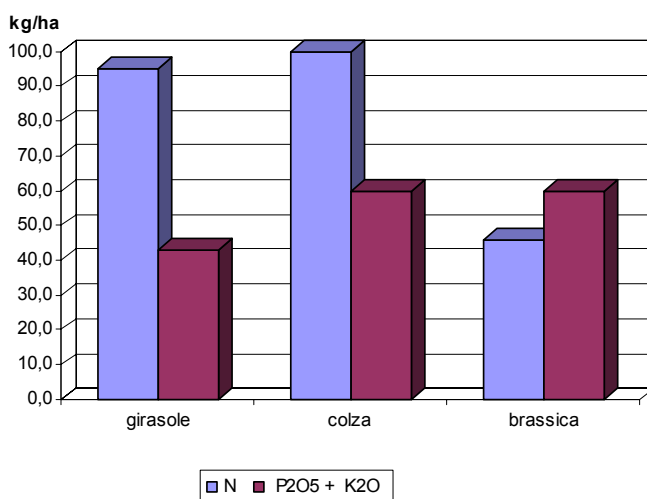


Figura 6 - Fertilizzanti.

L'impiego di erbicidi per il contenimento delle infestanti ha interessato la quasi totalità delle superfici e delle specie coltivate. Nel caso del colza mediamente sono stati impiegati 1,8 kg ha⁻¹, fino a 2,6 kg ha⁻¹ in pre e post emergenza nella coltivazione del girasole (Fig. 7).

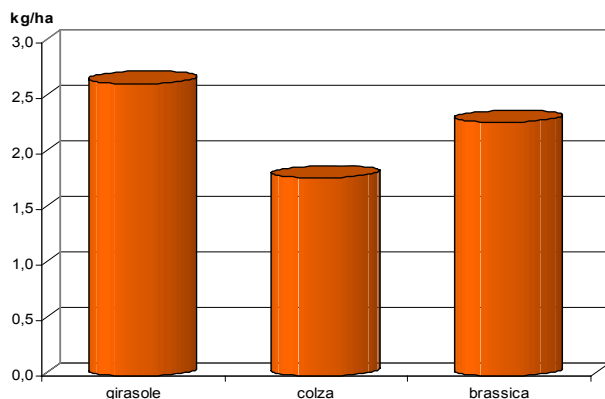


Figura 7 - Quantità di erbicidi impiegate per la coltivazione.

Produzioni

La tabella 2 riporta i dati relativi alle produzioni medie annuali rilevate nel corso di due anni. Colza e *brassica carinata* hanno aumentato notevolmente le produzioni nel 2010 con oltre 2 tonnellate per ettaro di prodotto commerciale, con massimi livelli produttivi che hanno superato 4 t·ha⁻¹, Nel caso del girasole le rese unitarie sono diminuite, si sono assestate intorno a 2,5 t·ha⁻¹ con valori massimi di 4,4 t·ha⁻¹,

Tabella 2 - Superfici raccolte e produzioni 2009 e 2010 a confronto.

	2009		2010	
	produzione t·ha ⁻¹	superficie raccolta ha	produzione t·ha ⁻¹	superficie raccolta ha
girasole	2,82	779,36	2,46	692,43
colza	1,88	1.090,45	2,40	1.519,69
brassica carinata	1,01	18,60	2,09	18,48

Costi di produzione

Le elaborazioni delle componenti di costo degli interventi colturali (costo macchine, manodopera, fattori della produzione) hanno consentito di calcolare separatamente i costi delle operazioni colturali e i costi dei prodotti impiegati per ogni coltura e per tutte le superfici interessate (tab. 3).

Maggiori costi si evidenziano per le colture di girasole e *brassica carinata*. Nel caso del girasole sono da attribuire alle condizioni più impegnative di operatività

delle macchine in località collinari dove si trova la gran parte delle superfici coltivate, per quanto riguarda la *brassica carinata* invece, hanno influito certamente le ridotte superfici degli appezzamenti che non hanno favorito l'ottimizzazione dell'impiego delle macchine, e i maggiori costi dei prodotti impiegati.

Tabella 3 - Costi e produzione lorda vendibile (PLV) per le colture realizzate nel 2010.

	costo operazioni € ha ⁻¹	costo prodotti € ha ⁻¹	costo totale € ha ⁻¹	PLV € ha ⁻¹	PLV-costo totale € ha ⁻¹
girasole	493,05	196,14	689,19	1.041,32	352,13
colza	332,65	193,07	525,72	724,72	199,01
brassica carinata	519,42	324,07	843,49	942,50	99,01

Per la determinazione della produzione lorda vendibile sono stati adottati i prezzi di mercato mediamente registrati nella vendita operata dalle aziende; i prezzi per tonnellata applicati alle quantità prodotte di semi di girasole colza e *brassica carinata* sono rispettivamente di 423, 302 e 450 Euro. Dalla differenza tra PLV e costi totali si sono ottenuti gli utili riportati in tabella 3; per girasole e colza si ottengono risultati positivi rispettivamente di 325 e di circa 200 €·ha⁻¹, per la *brassica carinata* il bilancio è positivo di circa 100 €·ha⁻¹ (Coaloa *et al.*, 2010). Nel calcolo dell'utile non si è tenuto conto dei sostegni finanziari PAC e degli incentivi per le colture energetiche.

Bibliografia

- Coaloa D., Grignetti A. "Arboricoltura a fini energetici: nuova opportunità per l'agricoltore?", Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi (2010). 169, pp. 29-33.
- Loi A., Come procede la riconversione degli ex zuccherifici. L'Informatore Agrario (2008), 44, pp. 40-43.
- Maso D., Pettenella D. Valutazione degli investimenti in arboricoltura da legno, Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi (2006). 128, pp. 43-45.
- Torquati B. Economia gestionale dell'impresa agraria. Edagricole, Bologna. (2003), p. 365.

B

Sorgo da fibra

1

Botanica, biologia, genetica

II. Colture erbacee annuali

Classificazione botanica, caratteristiche morfologiche e risorse genetiche del sorgo

Botanic classification, morphological traits and genetic resources of sugar and fiber sorghum

Mario Di Candilo*

Riassunto

Dopo una breve sintesi sull'origine e sulla classificazione botanica del sorgo, vengono evidenziate le principali caratteristiche morfologiche e le esigenze ambientali della specie. Inoltre, si sottolinea la necessità di una attività di miglioramento genetico per la costituzione di varietà da biomassa (tipi zuccherini e tipi da fibra) più rispondenti alle condizioni pedoclimatiche italiane, rispetto alle cultivar attualmente disponibili, quasi tutte di provenienza estera. A tal fine particolare importanza viene data alla vasta gamma di risorse genetiche disponibili, da cui è possibile attingere per il breeding.

Parole chiave: sorgo zuccherino, sorgo da fibra, risorse genetiche, breeding

Abstract

After a brief description of the origin and botanical classification of sorghum, the main morphological traits and climatic requirements of the species are highlighted. Moreover, it is underscored the need of specific breeding activity with the purpose of obtaining new cultivars of both sugar and fiber sorghum with better adaptation to Italian conditions, since most of the cultivars available on the market has been selected in foreign

* CRA – Centro di Ricerca per le Colture Industriali, Bologna.

countries. In order to do so, it is important to consider the wide genetic variability of the species that could be utilized for breeding programs.

Key words: *sugar sorghum, fiber sorghum, genetic resources, breeding.*

Origine e classificazione

Il sorgo (*Sorghum bicolor* L., Moench) è una monocotiledone appartenente alla famiglia delle Poaceae o graminaceae, tribù delle *Antropogoneae*. Si ritiene che la specie abbia avuto origine nell’Africa Centro-Orientale (Sudan, Etiopia) e si sia poi diffusa in Asia ed Europa e successivamente anche in America e Australia. È stata una delle prime specie ad essere coltivata e oggi è il quarto cereale per importanza nell’economia agricola mondiale dopo frumento, riso e mais. Sulla base del grado di appaiamento cromosomico il genere *Sorghum* comprenderebbe 6 sottogeneri; a uno di questi, l’*Eusorghum*, appartenerebbero anche il *S. bicolor* (L.) Moench ($2n=20$) ed il *S. halepense* ($2n=40$). Quest’ultimo è un allopoliploide derivante dall’incrocio di due specie affini con 20 cromosomi. I sorghi coltivati appartengono al *S. bicolor*; il *S. halepense*, detto anche sorghetta, è una infestante molto diffusa nelle aree coltivate a mais. Il *S. bicolor* comprende molteplici forme, le quali possono essere classificate in base alla loro destinazione d’uso in:

- 1) sorgo da scope o saggina (*S. bicolor*, var. *technicum*). Si contraddistingue per l’asse del panicolo molto corto, sul quale si inseriscono ramificazioni lunghissime elastiche che formano una infiorescenza ad ombrella. Quest’ultima, privata del seme, viene impiegata per la fabbricazione di scope;
- 2) sorgo da fibra (*S. bicolor*, var. *technicum* o suoi ibridi), caratterizzato da una pianta molto alta, 2-5 m, con culmo grosso;
- 3) sorgo zuccherino (var. *saccharatum*), pianta molto alta, 2-5 m, con culmi grossi e midollo succoso, ricco di saccarosio (15-20%), non è adatto alla produzione di zucchero, poiché oltre al saccarosio presenta notevoli quantità di zucchero invertito che inibisce la cristallizzazione. Può essere destinato alla produzione di sciroppi e bioetanolo;
- 4) sorgo da foraggio (varr. *sudangrass* e *saccharatum*), con culmi esili ad elevata capacità di accestimento nel caso della var. *sudangrass*;
- 5) sorgo da granella (ibridi diversi), caratterizzato da piante basse (1-1,5 m) a scarso accestimento, granella nuda senza tannini, utilizzata per l’alimentazione umana nei paesi in via di sviluppo e per l’alimentazione del bestiame nei paesi avanzati.

Morfologia e biologia della pianta

Il sorgo presenta un apparato radicale molto espanso sia in profondità (oltre 1,5 m) che orizzontalmente (oltre 2 m). La massa radicale è formata da radici embrionali primarie e da radici avventizie. Il complesso di radici avventizie, costituente la parte preponderante dell'apparato radicale, è formato da 6-8 palchi emessi in tempi successivi dai nodi basali del culmo. Le radici sono robuste, fibrose, molto ramificate e con elevata capacità di suzione dell'acqua dal terreno (Foto 1 a,b,c).



Foto 1 a,b,c - Le immagini evidenziano i palchi di radici emessi dai nodi basali del culmo, e l'elevata massa radicale della pianta (Foto dell'autore).

Il culmo ha portamento eretto, di altezza molto variabile, in relazione al genotipo e alle condizioni colturali: normalmente varia da 1-1,5 m nelle varietà da granella, a 3-5 m nelle varietà da fibra. Il fusto presenta un numero di nodi anch'esso variabile con il genotipo. Gli internodi contengono internamente il midollo che può essere fibroso o succulento (Foto 2). Nei tipi da foraggio il culmo presenta elevata capacità di accostimento.

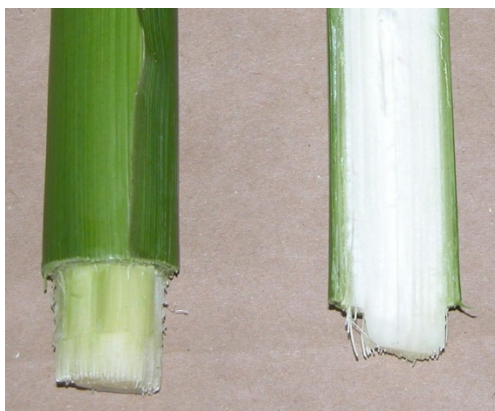


Foto 2 - Sezioni del fusto evidenzianti il midollo interno spugnoso (Foto dell'autore).

Le foglie sono parallelinervie (Foto 3) e in numero crescente con la maggiore durata del ciclo vegetativo. Il lembo fogliare, con margine lievemente seghettato, è glabro, cutinizzato e ricoperto di pruina. Inoltre, rispetto al mais presenta un maggior numero di stomi, ma di dimensioni più piccole. Tale caratteristica, unitamente alla forte cutinizzazione dell'epidermide e alla presenza di uno strato ceroso, conferiscono al sorgo una forte capacità di risparmiare acqua, resistendo così alla siccità. In pratica, la pianta è in grado di ridurre al minimo la traspirazione fino a bloccare la crescita nei periodi più siccitosi, per riprendere poi la vegetazione al ritorno di condizioni normali di umidità.



Foto 3 - Particolari di foglie di sorgo (Foto dell'autore).



Foto 4 - Panicoli di sorgo da biomassa (Foto dell'autore).

L'infiorescenza è un racemo detto panicolo, posto all'estremità de fusto, di forma e dimensioni variabili (Foto 4). Sulle ramificazioni del panicolo si inseriscono le spighe a coppie, di cui una fertile e l'altra sterile. I fiori sono costituiti da due glumette, due lodicole ciliate, un ovario con stigma bifido, e un androceo formato da tre stami. La fioritura inizia nella parte apicale del panicolo e procede verso la base, per completarsi in 6-10 giorni. La fecondazione è prevalentemente autogama, tuttavia non vi sono ostacoli alla fecondazione incrociata che interessa il 5-6% dei fiori. Il seme giunge a maturazione fisiologica in 40-60 giorni in relazione all'andamento stagionale e soprattutto alla temperatura. Mediamente un panicolo porta a maturazione 2-3000 cariossidi. Queste ultime presentano caratteristiche morfologiche molto variabili: vi sono tipi con cariossidi 'vestite', altri con cariossidi nude, anche il colore può variare dal marrone al bianco (Foto 5).

La prima fase di crescita della pianta è molto lenta, in genere dopo l'emergenza impiega circa un mese per emettere 7-8 foglie, subito dopo ha inizio la fase di levata, caratterizzata da un rapido accrescimento in altezza del culmo principale, fino alla emissione del panicolo. La durata della fase vegetativa varia sensibilmente in relazione alla temperatura e al genotipo. La produzione, come in molte altre specie, aumenta con la durata della fase vegetativa. D'altro canto, nel Nord Italia è sconsiglia-

bile coltivare varietà tardive che giungono a maturazione oltre metà settembre, poiché aumenta sensibilmente il rischio di condizioni pedo-climatiche sfavorevoli (eventi piovosi, rugiade, abbassamenti termici) che influirebbero negativamente sull'esito della raccolta meccanica e sui tempi di essiccazione della biomassa.



Foto 5 - Cariossidi di sorgo da biomassa (a dx) e da granella (Foto dell'autore).

Il sorgo ha un ciclo fotosintetico C_4 , ovvero elevata efficienza nella intercettazione e conversione della radiazione luminosa: dote che si esalta particolarmente in ambienti caratterizzati da elevata intensità luminosa ed elevata temperatura, tipici del clima mediterraneo.

Esigenze ambientali

Il sorgo è fra le specie più esigenti dal punto di vista termico: richiede almeno 12-14°C per la germinazione (2°C in più del mais) e 16°C per lo sviluppo della pianta, mentre le temperature ottimali di crescita sono di 27-28°C.

La specie presenta buon adattamento ad una vasta gamma di terreni, compresi quelli salini, non tollera invece i suoli soggetti a ristagno idrico. Inoltre, le ridotte dimensioni del seme e lo scarso vigore dei germogli rendono la coltura molto sensibile alla crosta superficiale nei terreni limosi.

Risorse genetiche

Negli ultimi 3-4 anni, al crescere dell'interesse per la realizzazione di colture ad uso energetico, ha fatto riscontro un sensibile ampliamento della gamma varietale dei sorghi da biomassa in commercio. Si tratta di cultivar selezionate quasi interamente in paesi d'Oltralpe, alcune delle quali (4-5) presentano, tuttavia, buon adattamento

ambientale e livelli produttivi interessanti anche in Italia. In prospettiva però servono interventi di miglioramento genetico ad hoc per i nostri ambienti al fine di aumentare le rese. A questo riguardo, come già accennato, va considerato che la produzione di biomassa è fortemente dipendente dalla lunghezza del ciclo biologico della pianta che, in ambiente temperato, è condizionato dal momento in cui può essere realizzata la semina, a sua volta dipendente da fattori genetici che controllano germinabilità e sviluppo sotto i 16°C. La disponibilità di genotipi resistenti alle basse temperature permetterebbe di praticare semine anticipate (prima quindicina di marzo) di tipi tardivi e più produttivi. Altri importanti obiettivi del miglioramento genetico del sorgo da biomassa riguardano: la resistenza all'allettamento delle piante (Foto 6); l'incremento della produzione di biomassa attraverso il miglioramento della resistenza agli stress idrici e ai parassiti, il miglioramento dell'efficienza d'uso dell'acqua e dell'azoto; l'aumento del contenuto di saccarosio nei tipi zuccherini.



Foto 6 - Variabilità fra genotipi per suscettibilità all'allettamento delle piante (Foto dell'autore).

Per il raggiungimento di tali obiettivi occorre disporre di una vasta collezione delle diverse tipologie di sorgo (Foto 7): oltre ai genotipi europei, occorre collezionare le linee e le cultivar africane, nordamericane, brasiliane, indiane e cinesi. Le risorse genetiche collezionate dovranno essere mantenute in purezza, caratterizzate dal punto di vista morfo-fenologico, fisiologico e biochimico e moltiplicate al fine di promuovere da un lato la sperimentazione nei vari ambienti di possibile coltivazione del Paese, dall'altro lo sviluppo di nuovi ibridi commerciali di sorgo più idonei alle nostre specifiche condizioni ambientali. A tal fine è fondamentale la valutazione dell'attitudine combinatoria dei genotipi disponibili attraverso la realizzazione di programmi d'incrocio, usando linee maschio-sterili di tipo genetico-citoplasmatico quali portaseme ed uno o più impollinanti a larga base genetica. L'individuazione di linee ad elevata attitudine combinatoria permetterà la produzione di ibridi a più alta

potenzialità produttiva per le diverse destinazioni (energia termo-elettrica, bioetanolo, biogas).



Foto 7 - Panoramica di una serie di differenti tipologie di sorgo: molto evidente la variabilità fra genotipi per portamento ed altezza della pianta, nonché per epoca di spigatura (Foto dell'autore).

2

Tecnica colturale

a - La coltivazione del sorgo da biomassa (*Sorghum bicolor* L.) nel Centro-Nord Italia

The cultivation of biomass sorghum (Sorghum bicolor L.) in Central and Northern Italy

Mario Di Candilo*, Andrea Del Gatto*

Riassunto

Dopo un accenno alle caratteristiche del sorgo da biomassa come coltura da bioenergia, gli autori ne illustrano le tecniche colturali con particolare riferimento agli ambienti del Centro-Nord Italia, evidenziando fra l'altro le acquisizioni della recente sperimentazione. Più in particolare, ci si sofferma sui criteri e sulle scelte inerenti la fitotecnica della specie, quali: i) l'avvicendamento colturale e l'approntamento del terreno; ii) la scelta delle varietà; iii) l'epoca e le modalità di semina; iv) le esigenze nutritive della coltura e la concimazione; v) le esigenze idriche e l'irrigazione; vi) la scarsa competitività iniziale della coltura verso la flora infestante e le esigenze di diserbo; vii) le epoche di raccolta in relazione al tipo di conversione energetica della biomassa. Inoltre, vengono illustrati i livelli produttivi raggiunti dalla coltura in periodi più o meno lunghi in ambienti del Centro-Nord Italia. Infine, vengono evidenziati i punti di forza della coltura e le prospettive di diffusione.

Parole chiave: agro-energia, biomassa ligno-cellulosica, tecnica colturale, potenzialità produttive.

* CRA – Centro di Ricerca per le Colture Industriali, Bologna.

Abstract

The authors highlight the advantages in the use of biomass sorghum as a bioenergy crop, and the main agronomical techniques applied, particularly for Central and Northern Italy environments; the results of the most recent researches in this field are also outlined. The phytotechnical choices and strategies concerning this species are highlighted, and particularly are considered: i) the soil preparation and the rotation; ii) variety selection; iii) sowing date and technique; iv) nutritional and manuring needs of the crop; v) water balance and irrigation; vi) low initial competitiveness of the crop towards weeds, and weeding strategies; vii) harvest dates and their relationships with the energetic conversion of the biomass. The productive levels reached by the crop in the medium- or long-range period in different Central and Northern Italy environments are illustrated. Finally, the weak and strong points of sorghum as energy crop are highlighted and its perspectives of diffusion are discussed.

Keywords: *agroenergy, lignocellulosic biomass, management practices, yield performances.*

Fra le erbacee a ciclo annuale il sorgo da biomassa è indubbiamente la specie di maggiore interesse per la produzione di bioenergia, grazie alle sue caratteristiche di rusticità, rapidità di crescita, resistenza allo stress idrico e termico, adattabilità ambientale, semplicità di coltivazione e produttività. Altri aspetti positivi della coltura sono il facile inserimento negli avvicendamenti colturali e la possibilità di utilizzare un parco macchine già presente nelle aziende. L'interesse crescente per questa specie deriva anche dal fatto che, trattandosi di pianta erbacea a ciclo annuale, consente, a differenza delle poliennali, un indirizzo produttivo flessibile.

Al sorgo da biomassa appartengono sia i tipi da fibra, sia i tipi zuccherini: le due tipologie, simili dal punto di vista morfologico, si caratterizzano per avere una elevata efficienza fotosintetica (C4), dote che si esalta particolarmente in ambienti caratterizzati da elevata intensità luminosa ed elevata temperatura, tipici del clima mediterraneo (Heichel, 1976).

Questa specie, a seconda delle tipologie, può alimentare le filiere: termoelettrica, biogas e, in prospettiva, bioetanolo di seconda generazione.

Di seguito vengono descritte le tecniche colturali della pianta con particolare riferimento alle aree del Centro-Nord Italia, ed evidenziando in particolar modo le recenti acquisizioni della ricerca.

Scelta del terreno ed avvicendamento colturale. Il sorgo, come la maggioranza delle specie d'interesse agrario, predilige terreni di medio impasto ben strutturati, fertili e profondi, tuttavia possiede notevoli capacità di adattamento ad una vasta gamma di

suoli compresi quelli argillosi pesanti, dove riesce ugualmente a sviluppare un apparato radicale sufficientemente profondo ed efficiente. Rifugge, invece, i terreni soggetti a ristagno idrico, in quanto asfittici e freddi. La pianta presenta notevole adattamento anche alla reazione del terreno (pH compreso fra 5.5 e 8.5) e buona tolleranza alla salinità (Rivelli *et al.* 2002; Yang *et al.* 1990).

Riguardo all'avvicendamento il sorgo da biomassa può essere considerato una coltura da rinnovo a semina primaverile tardiva che precede e segue in generale un cereale autunno-vernino. La omosuccessione è sconsigliabile, poiché provoca generalmente la diffusione di malerbe difficilmente controllabili con il diserbo chimico.

Preparazione del terreno. Il sorgo richiede una accurata preparazione del terreno, tale da consentire il massimo immagazzinamento di acqua, una regolare ed uniforme emergenza delle plantule ed un buon approfondimento radicale. Va considerato che in fase di germinazione il sorgo è molto sensibile agli eccessi idrici e ristagni; perciò, se necessario occorre provvedere innanzitutto al livellamento e alla sistemazione superficiale del terreno, nonché alla manutenzione o eventuale ripristino della rete di scolo.

Per la lavorazione del terreno l'intervento principale normalmente adottato consiste in una aratura a media profondità (30-35 cm) da eseguire già in estate o in autunno nei suoli argillosi. In alternativa, è preferibile eseguire una ripuntatura (a 40-50 cm), seguita da lavorazioni medio-superficiali tramite erpici a dischi o a denti. Le lavorazioni secondarie per rifinire il letto di semina devono essere eseguite possibilmente per tempo, in modo che le successive piogge possano uniformare l'umidità nello strato superficiale del terreno. Perciò prima della semina, è essenziale ridurre al minimo i passaggi sul terreno ed anche i movimenti del terreno stesso. Questi ultimi, in particolare, possono creare una minuta zollosità e favorire la dispersione di umidità pregiudicando le nascite, soprattutto se la semina non è seguita da piogge. L'eventuale inerbimento va eliminato mediante un trattamento chimico dissecante, subito prima della semina del sorgo. Al momento della semina il terreno non deve presentare grumi troppo grossi, che ostacolerebbero una regolare distribuzione del seme ed una uniforme profondità di semina, con effetti negativi sull'emergenza.

Scelta del germoplasma. I materiali genetici commercializzati sono ibridi con ciclo di 120-150 giorni, ottenuti dall'incrocio di linee maschiosterili da granella con linee da saggina.

Parallelamente al crescere dell'interesse per la realizzazione di colture ad uso energetico sta crescendo anche la gamma varietale dei sorghi da biomassa. Si tratta quasi esclusivamente di genotipi di costituzione Nord europea e, dunque, selezionati per ambienti pedo-climatici molto differenti dai nostri. Tuttavia vi sono fra essi tipi che rispondono molto bene anche nel Centro-Nord Italia (Di Candilo *et al.*, 2010). Le prove di confronto varietale svolte nel biennio 2009-2010 a Rovigo, Anzola dell'Emilia (BO), Conselice (RA) e Osimo (AN) hanno messo in particolare evidenza

gli ibridi da fibra ‘PSE 98456’, ‘Biomass 150’ e ‘Bulldozer’ per vigore vegetativo, resistenza all’allettamento, rapporto culmi/biomassa e resa in sostanza secca. Per contro, hanno mostrato un ciclo medio-tardivo, che implica la raccolta non prima di metà settembre. Riguardo ai sorghi zuccherini i risultati ottenuti non sono chiari, in quanto i tipi commercializzati come tali hanno presentato concentrazioni zuccherine inferiori ad altri genotipi indicati come tipi da fibra. Ciò farebbe pensare ad una scarsa selezione dei materiali per questo carattere, oppure ad inadeguatezza del criterio di valutazione del carattere: oltre al Brix bisognerebbe valutare anche l’estraibilità del succo. Il sorgo, anche a causa della notevole altezza delle piante, è soggetto ad allettarsi con conseguenze negative sulla produzione e, soprattutto, sulla raccolta meccanica della biomassa. Perciò nella scelta delle cultivar, oltre alla produttività, occorre tenere in grande considerazione la resistenza all’allettamento (Foto 1).



Foto 1 - Confronto fra due genotipi resistenti all’allettamento (ai lati esterni dell’immagine) ed uno suscettibile, al centro.

Epoca e modalità di semina. Riguardo all’epoca di semina è necessario tener presente che il sorgo ha elevate esigenze termiche: i limiti minimi sono di 12-14°C per la germinazione e 16-18°C per lo sviluppo della pianta, mentre la temperatura ottimale di crescita è indicata in 27-28°C.

I risultati di un recente studio, svolto presso l’azienda agraria del Centro di Ricerca per le Colture Industriali ad Anzola dell’Emilia (BO), indicano che nel Nord Italia l’anticipo della semina, rispetto all’epoca consuetudinaria, non consente di anticipare

la raccolta, al fine di favorire l'essiccazione naturale della biomassa in campo dopo lo sfalcio. Di fatto, le massime rese sono state ottenute dalle coltivazioni impiantate a fine aprile-metà maggio e raccolte tardivamente a fine settembre. Le piante derivate dalle semine di marzo - inizio aprile, a causa delle temperature ancora relativamente basse, hanno manifestato uno sviluppo iniziale molto più lento rispetto a quelle ottenute dagli impianti di fine aprile-metà maggio. Paradossalmente l'anticipo della semina ha determinato un allungamento del ciclo colturale (Di Candilo *et al.*, 2011).

Semine tardive, oltre metà maggio, sono egualmente sconsigliabili, poiché sin dalle primissime fasi la pianta verrebbe a trovarsi in condizioni molto sfavorevoli a causa della siccità, tali da non riuscire ad affrancare un apparato radicale sufficientemente sviluppato e di elevata efficienza.

La semina del sorgo viene normalmente eseguita con seminatrici di precisione pneumatiche con distanze fra le file pari a 45-50 o 70-75 cm, a seconda del tipo di meccanizzazione in uso (Bezzi *et al.*, 2006). La densità di semina va calcolata tenendo conto che normalmente l'emergenza si aggira intorno al 60-75% del seme deposto e che l'investimento ottimale è di 10-12 piante m⁻². Ovviamente la quantità di seme ha⁻¹ varia in relazione al peso 1000 semi. La bassa fittezza di piante, sensibilmente inferiore al sorgo da granella, ha lo scopo di favorire la formazione di culmi con diametro piuttosto elevato, meno sensibili all'allettamento.

Riguardo alla distanza fra le file, da un primo confronto fra colture con interfile da 45 e 75 cm, svolto ad Anzola dell'Emilia nel bolognese, è stato riscontrato che l'interfila stretta ha fornito risultati produttivi migliori. Di fatto, a parità d'investimento, l'interfila da 45 cm ha consentito una maggiore spaziatura delle piante sulla fila, con conseguente minore competizione fra le piante stesse per la ricerca di acqua ed elementi nutritivi.

La profondità di semina varia da 2-2.5 cm nei terreni argillosi a 3-3.5 cm in quelli sciolti. In questi ultimi subito dopo la semina è buona norma eseguire la rullatura per evitare che il terreno vicino al seme si asciughi. Tecnica da sconsigliare, invece, nei terreni limosi notoriamente soggetti alla formazione di crosta superficiale.

Esigenze nutritive e concimazione. Il sorgo è una graminacea e come tale ha notevole potere depauperante della fertilità del terreno, grosso modo le esigenze nutritive della coltura sono analoghe a quelle del mais. Le asportazioni si aggirano intorno a 10 kg di N, 3 kg di P₂O₅ e 12 kg di K₂O per tonnellata di sostanza secca prodotta (Sandona *et al.*, 2009), che per una produzione media di 20 t ha⁻¹ equivalgono ad un fabbisogno di 200 kg di N, 60 kg di P₂O₅ e 240 kg di K₂O. Tuttavia, gli apporti possono essere sensibilmente contenuti in virtù delle notevoli capacità della pianta di sfruttare le riserve presenti nel terreno (Barbanti *et al.*, 2006) e pertanto le risposte alle somministrazioni azotate sono normalmente poco vistose. Ad ogni modo la concimazione deve tener conto anche del precedente colturale e della fertilità del terreno. Va anche considerato che il sorgo ha una buona efficienza d'uso dell'azoto (Fagnano *et al.*, 2002; Lovelli *et al.*, 2001). A conferma di quanto sopra evidenziato i

risultati di una prova realizzata nel bolognese confrontando quattro tesi di concimazione, di cui due organiche (con liquami zootecnici), una minerale (120 kg ha^{-1} di N e 120 kg ha^{-1} di P_2O_5) ed un testimone non concimato, non hanno evidenziato differenze produttive di rilievo fra le tesi.

Indicativamente, in terreni argillosi di media fertilità del Centro-Nord Italia sono sufficienti apporti di $100\text{-}120 \text{ kg ha}^{-1}$ di N e $60\text{-}80 \text{ kg ha}^{-1}$ di P_2O_5 . Il potassio, pur essendo l'elemento assorbito in maggior quantità, può non essere distribuito nei terreni argillosi e di medio impasto, poiché normalmente ricchi di tale elemento.

Riguardo all'epoca è bene somministrare buona parte dell'azoto in pre-semina, come urea, e la parte rimanente in copertura, tenendo conto che gli apporti eccessivi e/o tardivi vanno evitati in quanto rendono molto più sensibile la coltura a fenomeni di allettamento.

Esigenze idriche e irrigazione. La coltura del sorgo è fra le più resistenti alla siccità. Di fatto, la specie si contraddistingue per elevata capacità di suzione dell'acqua dal terreno, grazie al vasto e profondo apparato radicale, nonché alla sua capacità di estrarre l'acqua dal suolo anche a valori tensiometrici molto bassi: segni di avvizzimento vengono evidenziati dalla pianta solo dopo che la disponibilità idrica nel terreno scende sotto il 20-30% della capacità di campo. La pianta riesce a contenere le perdite di acqua per evapotraspirazione, grazie alle piccole dimensioni degli stomi e alla cuticola cerosa che riveste sia il culmo che le foglie. Inoltre, quando la carenza idrica raggiunge livelli elevati per intensità e durata la pianta entra in stasi vegetativa, per riprendere poi l'accrescimento quando le condizioni ridiventano favorevoli. Va aggiunto infine che il sorgo ha una elevata efficienza d'uso dell'acqua (Habyarimana *et al.*, 2004; Cosentino, 1996). In condizioni ottimali di rifornimento idrico è in grado di raggiungere produzioni superiori a 40 t ha^{-1} di sostanza secca ed una efficienza d'uso dell'acqua (WUE) pari a $4.8\text{-}5.3 \text{ gl}^{-1}$, assai elevata, specie se comparata con quella di altre colture nello stesso ambiente (Cosentino *et al.*, 2006); in condizioni opposte la WUE migliora per effetto di una serie di modificazioni morfologiche, che gli garantiscono buona tolleranza agli stress idrici (Habyarimana *et al.*, 2002; Kebede *et al.*, 2001).

Considerando che il fabbisogno idrico complessivo della coltura, per una produzione di $20\text{-}25 \text{ t ha}^{-1}$ di sostanza secca, è di $400\text{-}450 \text{ mm}$ e che la coltura può attingere circa 300 mm dalle riserve idriche del terreno, l'apporto minimo di acqua da precipitazioni e/o da irrigazione, in terreni con buone risorse idriche, deve essere di almeno $100\text{-}150 \text{ mm}$.

Nel Centro-Nord Italia la coltura del sorgo da biomassa viene realizzata in asciutta, dato che nel corso del ciclo vegetativo le precipitazioni mediamente superano i $250\text{-}300 \text{ mm}$. Tuttavia, in considerazione dell'epoca di semina tardiva (fine aprile – metà maggio) si può rendere necessario un intervento irriguo alla semina per garantire la nascita delle piantine. Al riguardo, per evitare la formazione di crosta superficiale nei suoli limosi o molto argillosi è bene adottare impianti a bassa pressione.

Una volta superata la fase di insediamento della coltura l'irrigazione può risultare economica solo nei casi di forte deficit idrico (Habyarimana *et al.*, 2004).

Diserbo. Subito dopo l'emergenza, per oltre un mese, il sorgo presenta un accrescimento molto lento e per questo le malerbe possono prendere il sopravvento. Di qui la necessità di mettere in atto interventi di vario tipo per la lotta contro la flora infestante. Ci si riferisce in particolare alla tecnica della falsa semina e ad interventi di diserbo chimico di pre- e post-emergenza. La disponibilità di erbicidi registrati per il sorgo è molto scarsa; d'altro canto l'epoca di semina tardiva (fine aprile - metà maggio) consente di valorizzare appieno la pratica della falsa semina, con azzeramento della flora infestante al momento della semina tramite trattamento chimico dissecante (glifosate). Per interventi chimici di pre-emergenza buoni risultati contro le dicotiledoni possono essere ottenuti con aclonifen (p.c. Challenge) in dose di 1-1,5 l ha⁻¹. Contro le graminacee, invece, è possibile utilizzare la miscela già formulata "terbutilazina+S-metolaclo" (Primagram Gold) in dose di 2-3,5 l ha⁻¹, con la cautela di intervenire in post-emergenza della coltura, precocemente (2-3 foglie) e con infestanti appena emerse o ancora in fase di germinazione. Per interventi di post-emergenza più tardivi, contro la maggior parte delle infestanti dicotiledoni, si può ricorrere alla miscela "2,4-D+MCPA" (p.c. U46 Combi Fluid) alla dose di 0,3-0,5 l ha⁻¹, attivata con 2-3 l ha⁻¹ di olio minerale.



Foto 2 - Raccolta del sorgo con falcia-trincia-caricatrice (Conselice-RA, agosto 2009).

Epoche di raccolta e potenzialità produttive. L'epoca di raccolta del sorgo varia in relazione alla destinazione del prodotto, all'ambiente di coltivazione e al ciclo della varietà. Per l'impiego in digestori per la produzione di biogas è consigliabile raccogliere dopo la fioritura quando la sostanza secca è superiore al 30%. Per impieghi in impianti di termo-conversione è preferibile ritardare la raccolta alla prima metà di settembre per massimizzare la resa. Oltre tale termine negli areali del Nord Italia aumentano notevolmente le probabilità di eventi piovosi, che uniti agli abbassamenti termici, rendono difficoltoso l'essiccazione della biomassa in campo dopo lo sfalcio. Di fatto, a causa della presenza di midollo spugnoso all'interno del culmo e del rivestimento ceroso della pianta la perdita di umidità avviene molto lentamente; di qui la necessità di eseguire la raccolta quando il decorso stagionale è ancora abbastanza caldo e asciutto. In ogni caso, per favorire il processo di disidratazione e ridurre i tempi di esposizione in campo del prodotto sfalcio è fondamentale impiegare falcia-condizionatrici in grado di realizzare una frequente ed omogenea fessurazione dello stelo (Foto 3), oltre ad una uniforme deposizione a terra, evitando accumuli e facilitando la circolazione dell'aria (Pari *et al.*, 2009).



Foto 3 a,b - Fasi di raccolta del sorgo da biomassa per termo-conversione: sfalcio con falcia-condizionatrice (a sinistra) e pressatura della biomassa dopo l'essiccazione (a destra).

Le potenzialità produttive della coltura negli ambienti del Centro-Nord Italia sono di assoluto interesse (Di Candilo *et al.*, 2008 e 2009): mediamente vengono raggiunte le 18-20 t ha⁻¹ di sostanza secca in "asciutta". Rese che potrebbero anche aumentare con una più oculata scelta varietale e con lieve intensificazione culturale. Riguardo al primo aspetto va rimarcato che il miglioramento genetico della specie ha reso disponibili genotipi a ciclo medio-tardivo, resistenti all'allettamento, dotati di notevole adattamento ambientale ed elevate capacità produttive. Relativamente alla fitotecnica è molto importante adottare densità di semine adeguate, dosare bene la concimazione azotata ed eventualmente, laddove possibile, supportare la coltura con un intervento irriguo di soccorso durante la levata in caso di andamento stagionale particolarmente siccitoso.

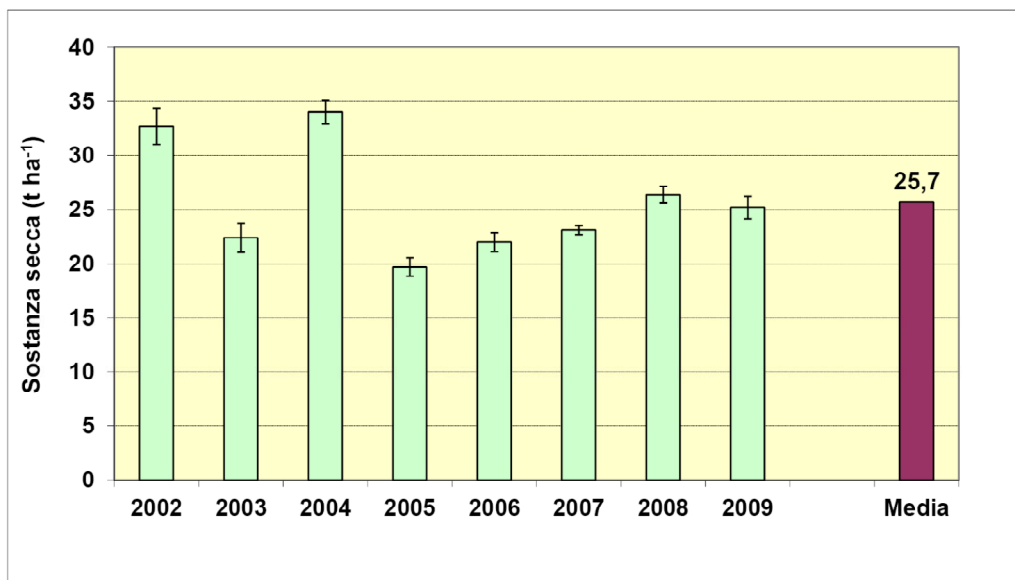


Figura 1 - Andamento delle rese del sorgo da biomassa nel bolognese negli anni 2002-2009.

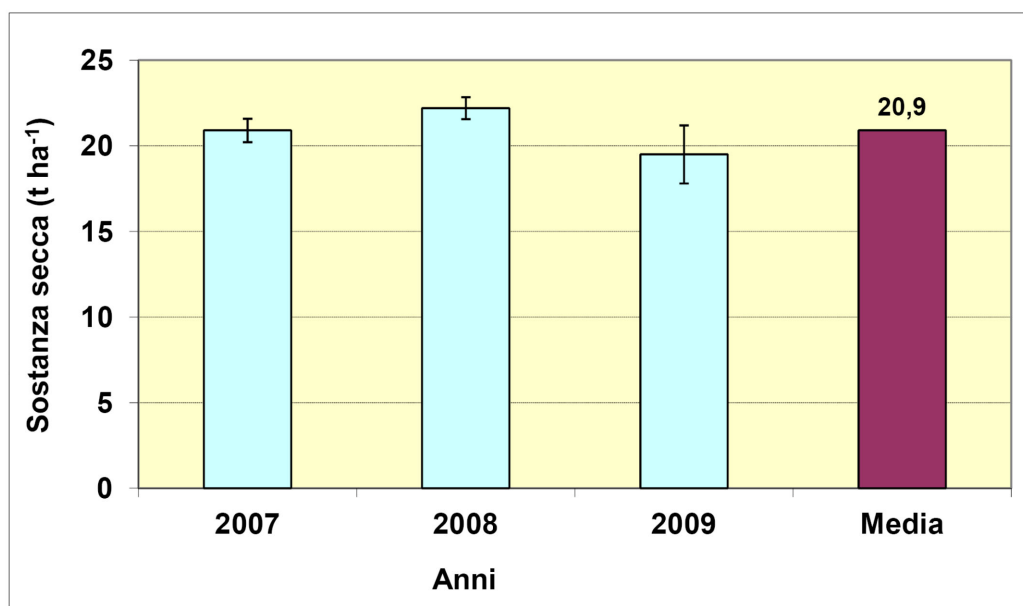


Figura 2 - Produzioni di sorgo da fibra (cv. B. 133) ottenute a Conselice-RA nel triennio 2007-09.

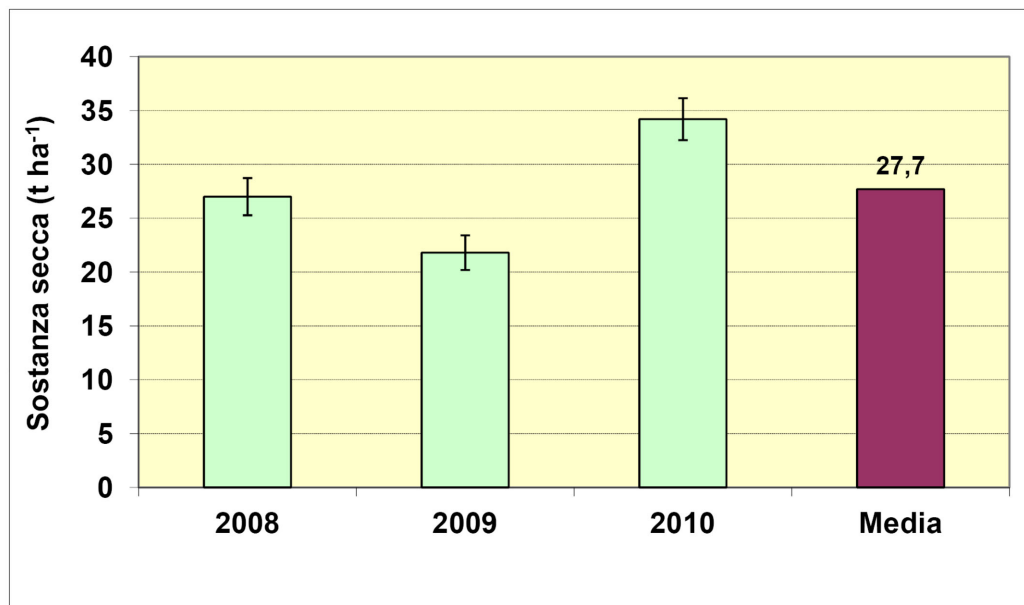


Figura 3 - Produzioni di sorgo da fibra (cv. B. 133) ottenute ad Osimo-AN nel triennio 2008-2010.

Nelle figure 1, 2 e 3 sono riportate, rispettivamente, le produzioni medie di sostanza secca ottenute da prove parcellari realizzate in asciutta ad Anzola dell'Emilia-BO (negli anni 2002-2009), a Conselice-RA (nel triennio 2007-2009) e ad Osimo-AN (nel triennio 2008-2010). Le sensibili variazioni di resa fra annate registrate ad Anzola e ad Osimo sono state indotte principalmente dai diversi andamenti stagionali più o meno siccitosi: ad Osimo, per esempio, nei mesi di luglio e agosto si sono avute precipitazioni per 110 mm nel 2010 e 70 mm nel 2009.

Destinazioni. Il prodotto, a seconda delle tipologie varietali, può essere destinato alla conversione termochimica per la produzione di calore ed energia elettrica (sorgo da fibra), alla produzione di biogas (sorgo zuccherino) o, in prospettiva, alla produzione di bioetanolo di "II generazione" previa idrolisi della cellulosa in zuccheri semplici.

Riguardo alla filiera termo-elettrica la principale criticità del sorgo da fibra è rappresentata dalla bassa qualità della biomassa, per l'alto contenuto in ceneri e silice.

Prospettive della coltura. Il sorgo da biomassa è indubbiamente la specie più interessante fra le erbacee a ciclo annuale per la produzione di bioenergia, e la sua coltivazione ha buone prospettive di notevole espansione in Italia, ancor prima di altre specie. Il principale punto di forza di questa coltura è che avendo un ciclo di vita annuale non impegna permanentemente il terreno per un lungo periodo e, pertanto, si inserisce bene nei cicli tradizionali di rotazione colturale. Tale flessibilità, in una fase di mercato ancora incerto, quale è quella attuale, rassicura molto l'imprenditore

agricolo che intende avviare nella sua azienda la produzione di biomassa ad uso energetico senza vincoli a lungo termine.

Altro fattore che spinge alla coltivazione del sorgo è rappresentato dalla sua elevata adattabilità ambientale: grazie alla resistenza alla siccità è una delle poche specie che si adatta anche alle condizioni caldo-aride del Mezzogiorno, con il supporto di qualche intervento irriguo di soccorso. Inoltre, a differenza delle colture arboree a breve turno di ceduzione e dell'Arundo, ad esempio, non richiede elevati costi d'impianto, né attrezzature particolari, ma può essere gestito, dalla semina alla raccolta, con le normali macchine da fienagione normalmente già disponibili nelle aziende agricole.

Il terzo vantaggio di questa coltivazione, di non poco conto, è la grande flessibilità della destinazione d'uso del prodotto. La sua biomassa può alimentare impianti di combustione per la produzione di calore e/o impianti di cogenerazione per l'ottenimento di calore ed elettricità. Per tale tipo d'impiego, come già accennato, la qualità della biomassa è piuttosto carente a causa dell'alto contenuto in ceneri e silicio, problema che tuttavia non provoca conseguenze di rilievo sulle centrali di nuova concezione.

Il sorgo zuccherino, oltre che alla conversione termochimica, può essere destinato alla filiera del bioetanolo attraverso spremitura e fermentazione del succo dei culmi; la bagassa invece può essere combusta per la produzione di calore ed elettricità necessari al funzionamento dello stabilimento.

Inoltre, il sorgo zuccherino può trovare un vastissimo impiego nella filiera del biogas. In Germania sono circa 500.000 ettari le colture dedicate alla produzione di biogas, fra le quali c'è anche il sorgo. L'Italia al momento è al terzo-quarto posto per produzione di biogas a parità di merito con la Francia. Gli impianti già esistenti sono 200, altri 74 sono in costruzione e vista l'ottima riuscita delle filiere attivate, quasi interamente nel Nord Italia, se ne può prevedere una espansione nel breve-medio periodo in tutta la Penisola.

In prospettiva, altra possibile destinazione d'uso della biomassa di entrambe le tipologie di sorgo (da fibra e da zucchero) sarà la produzione del bioetanolo di "II generazione".

In vista dell'espansione della coltura occorre promuovere la ricerca per la risoluzione delle problematiche ancora aperte, quali:

- i) selezione di genotipi resistenti a temperature relativamente basse in fase di germinazione, tale da poter anticipare l'epoca di semina, beneficiando così della piovosità di fine inverno-inizio primavera nel Centro-Sud, e poter anticipare la raccolta nel Nord in epoca più favorevole all'essiccazione naturale della biomassa in campo, dopo lo sfalcio;
- ii) selezione di nuove cultivar più produttive e più resistenti all'allettamento, nonché con maggiore contenuto zuccherino (nelle tipologie da zucchero);
- iii) razionalizzazione dei cantieri di raccolta,

- iv) nel caso di filiera lunga, occorre valutare meglio l'impatto ambientale connesso con la logistica dei trasporti come la distanza dal centro di stoccaggio ed i costi ambientali del trasporto della biomassa stessa.
- v) Miglioramento dell'efficienza della fase agricola e di quella di trasformazione.

Bibliografia

- Barbanti L., Grandi S., Vecchi A., Venturi G. (2006). Sweet and fibre sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), energy crops in the frame of environmental protection from excessive nitrogen loads. *European Journal of Agronomy*, 25: 30-39.
- Bezzi, G., Monti, A., Venturi, G. (2006). Colture da energia: tecniche di coltivazione e gestione economica. *Agricoltura*, 30 (suppl.): 24-30.
- Cosentino S. (1996). Crop physiology of sweet *Sorghum* (*Sorghum bicolor* L. Moench) in relation to water and nitrose stress. Proceedings of the "First European Seminar on Sorghum", Tolosa, april 1-3, 30-41.
- Cosentino S., Foti S., Venturi G., Giovanardi R., Copani V., Mantineo M., D'Agosta G., Bezzi G., Tassan Mazzocco G., 2006. *Agroindustria*, 4, 1, 35-48.
- Di Candilo M., Ceotto E., Barbanti L., Fazio S., Monti A., Venturi G. (2009). Le colture ligno-cellulosiche per la produzione di biomassa da energia. In: Ranalli P. (Ed.) *Le piante industriali per una agricoltura multifunzionale. Edizioni Avenue Media*, 2009. Capitolo 9, pp. 199-244. ISBN: 978-88-86817-53-0.
- Di Candilo M., Ceotto E., Del Gatto A., Mangoni L., Pieri S., Diozzi M., 2010. Valutazione delle caratteristiche produttive ed energetico-qualitative di varietà di sorgo da fibra e da zucchero in ambienti del Centro-nord Italia. *Dal Seme*, 3, 46-55.
- Di Candilo M., Ceotto E., Diozzi M., 2008. Comparison of 7 ligno-cellulosic biomass feedstock species: 6-years results in the Low Po Valley. In: Rossi Pisa P. (ed.) 10th Congress of the European Society of Agronomy, Bologna, Multifunctional Agriculture, Agriculture as a Resource for Energy and Environmental Preservation. *Italian Journal of Agronomy*, Vol. 3, No. 3 suppl., 481-482.
- Di Candilo M., Ceotto E., Diozzi M., 2011. Biomass yield of sweet and fiber sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) under nine combinations of sowing and harvest timing. Proceedings of 19th European Biomass conference and Exhibition, 6-10 June 2011, Berlin, Germany.
- Fagnano M., Postiglione L., 2002. Sorgo da energia in ambiente mediterraneo: effetto della concimazione azotata con limitati apporti idrici. *Rivista di Agronomia*, 36, 227-232
- Habyarimana E., Laureti D., De Ninno M., Lorenzoni C., 2004. Performances of biomass sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) under different water regimes in Mediterranean regions. *Industrial Crops and Products*, 20, 23-28

- Habyarimana E., Laureti D., Di Fonzo N., Lorenzoni C. (2002). Biomass production and drought resistance at the seedling stage and in field conditions in *Sorghum*. *Maydica* 47: 303-309.
- Heichel G.H., 1976. Agricultural production and energy resources. *Am. Scientist* 64, 64-72.
- Kebede H., Subudhi P.K., Rosenow D.T., Nguyen H.T. (2001). Quantitative trait loci influencing drought tolerance in grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Theor. Appl. Genet.* 103: 266-276.
- Lovelli S., Perniola M., Monteleone M., Nardiello I., Rivelli A.R. (2001). Bilancio e dinamica dell'azoto in coltura di sorgo zuccherino (*Sorghum vulgare* L. var. *saccharatum*): aspetti agronomici ed ambientali. *Atti del 34th Convegno della Società Italiana di Agronomia*. Pisa 17-21 settembre 2001, 188-189.
- Pari L., Assirelli A., Suardi A. (2009), Migliorato il condizionamento del sorgo da fibra alla raccolta. *L'Informatore Agrario*, Supplemento al n. 29: 16-18.
- Rivelli A.R., Lovelli S., Nardiello I., Perriola M., Gherbin P. (2002) Effetto della salinità sull'accrescimento e sulla risposta produttiva del sorgo da carta. *Rivista di Agronomia*, 36, 133-139.
- Sandona M., Giovanardi R., Campagna G., 2009. Sorgo da biomassa: i primi test sono positivi. *Agricoltura* (Gennaio 2009), 69-71.
- Yang Y.W., Newton R.J., Miller F.R. (1990). Salinity tolerance in *Sorghum*. I. Whole plant response to sodium chloride in *S. bicolor* and *S. halepense*. *Crop Science*, 30, 775-781.

b - Valutazione agronomica e caratterizzazione di genotipi di sorgo per la produzione di biomassa lignocellulosica nel Centro-Nord Italia

Agronomical evaluation and genotypic characterization of sorghum for the production of lignocellulosic biomass in central and Northern Italy

Mario Di Candilo*, Andrea Del Gatto*, Sandro Pieri*, Michele Diozzi*

Riassunto

Nel biennio 2009-2010 sono state realizzate prove di confronto fra ibridi di sorgo di differenti tipologie (tipi da fibra, tipi zuccherini e tipi da foraggio) in ambienti del Centro-Nord Italia. Nel primo anno sono stati valutati 16 ibridi in combinazione con tre epoche di raccolta ad Anzola dell'Emilia (BO), Conselice (RA) e Osimo (AN). E' stato adottato uno schema sperimentale a parcella suddivisa con tre ripetizioni, con randomizzazione delle varietà nelle parcelle e delle raccolte nelle sub-parcelle. Nel secondo anno le prove sono state svolte in due delle località precedenti (Anzola dell'Emilia e Osimo) e a Rovigo, secondo uno schema a blocco randomizzato con tre ripetizioni. La semina è stata eseguita a macchina a distanze di 45 cm fra le file e 8 cm sulla fila, per un investimento teorico atteso di 16-18 piante m⁻². Alle raccolte sono stati rilevati i caratteri biometrici delle piante (culmi m⁻², altezza e diametro dei culmi), la resistenza all'allettamento, la produzione di biomassa, l'umidità di quest'ultima, i rapporti fra le componenti della biomassa (culmi, foglie e panicoli) e la concentrazione zuccherina dei succhi (°Brix). Limitatamente alla prova del 2009 svolta ad Anzola dell'Emilia sono stati rilevati anche

* CRA – Centro di Ricerca per le Colture Industriali, Bologna.

i caratteri energetico-qualitativi della biomassa (potere calorifico, ceneri e comportamento di queste ultime alla fusione). I risultati ottenuti confermano l'elevata produttività del sorgo da biomassa: i genotipi "PSE 98456", "Biomass 150", "Bulldozer", "Biomass 140" e "Biomass 133" hanno evidenziato buona resistenza all'allettamento, alto rapporto culmi/biomassa ed alta resa in sostanza secca (oltre 30 t ha⁻¹). Per contro, hanno mostrato un ciclo medio-tardivo. Sotto il profilo energetico-qualitativo non sono state riscontrate differenze di rilievo: i valori del potere calorifico in quasi tutti i genotipi hanno superato di poco i 17 MJ kg⁻¹ di sostanza secca.

Parole chiave: sorgo da biomassa, adattamento ambientale, potenzialità produttive.

Abstract

In 2009 and 2010 trials comparing different sorghum hybrids (fiber, sugar and forage types) were carried out in Central and Northern Italy. During 2009, 16 hybrids combined with three harvesting periods were evaluated at Anzola dell'Emilia (BO), Conselice (RA) and Osimo (AN). A split plot experimental scheme has been adopted, with three replicates and random distribution of the genotypes in the main plots and harvesting date in the sub-plots. In 2010 the experiments were carried out at two of the mentioned locations (i.e. Anzola dell'Emilia and Osimo) and at Rovigo, following a randomized block design with three replicates. Mechanized sowing was performed with a 45 cm distance between the rows and 8 cm on the row. At harvest time were measured: the biometric traits stem density, stem height and stem basal diameter; the resistance to lodging; the biomass yield and its moisture content; the fraction of leaves, stems and panicles over the total above-ground biomass; and the sugar concentration of the stem juice (°Brix). As for the 2009 trial at Anzola dell'Emilia, the energy and quality traits were also measured (lower and higher heating values, ash contents and their temperature melting point). The results obtained confirmed the high productivity of biomass sorghum: the genotypes "PSE 98456", "Biomass 150", "Bulldozer", "Biomass 140" and "Biomass 133" showed good lodging resistance, high Stem/biomass ratio and high dry matter yield (over 30 t ha⁻¹). Nevertheless, the mentioned hybrids are characterized by a medium-late growing season. From the energetic-qualitative viewpoints, no substantial differences were detected, since the energy content of the harvested biomass was around 17 MJ kg⁻¹ d.m. for all genotypes.

Keywords: biomass sorghum, environmental adaptation, potential productivity.

Introduzione

Con riferimento alle filiere 'termo-elettrica' e 'bioetanolo', le ricerche svolte in questi ultimi anni hanno permesso di individuare le specie più idonee al territorio nazionale (Di Candilo *et al.*, 2009). Queste comprendono piante erbacee annuali (sorgo da fibra e sorgo zuccherino), piante erbacee perenni (canna comune, miscanto, panico e

cardo) e piante arboree a rapido accrescimento (pioppo, salice, robinia ed eucalipto) coltivate secondo la tecnica della selvicoltura a ciclo breve, conosciuta anche come Short Rotation Forestry (SRF). Al momento, solo il pioppo è coltivato su alcune migliaia di ettari fondamentalmente nel nord della Penisola (in particolare in Lombardia e Veneto), non perché sia la specie più produttiva, ma per il fatto che in questo caso è già disponibile un buon pacchetto tecnologico, in termini di conoscenze agronomiche, varietà, macchine operatrici per l'impianto delle coltivazioni e per la raccolta della biomassa (Facciotto *et al.*, 2007).

Per altre specie, talune delle quali con notevoli potenzialità produttive (canna comune, miscanto), vi sono alcuni aspetti ancora da approfondire prima di poter espandere la loro coltivazione su larga scala (Di Candilo e Ceotto, 2010).

Fra le specie erbacee a ciclo annuale il sorgo da fibra e quello zuccherino presentano notevoli potenzialità. Le due tipologie, simili dal punto di vista morfologico, si caratterizzano per avere un ciclo fotosintetico C4 (elevata efficienza di fissazione della CO₂), buona tolleranza agli stress idrici (Xu *et al.*, 2000; Kebede *et al.*, 2001; Habyarimana *et al.*, 2002), buon adattamento ad una vasta gamma di terreni, compresi quelli salini, e buona efficienza d'uso dell'acqua (Habyarimana *et al.*, 2004; Cosentino, 1996) e dell'azoto (Fagnano *et al.*, 2002; Lovelli *et al.*, 2001).

Altri aspetti positivi della coltura sono: il facile inserimento negli avvicendamenti colturali, trattandosi di specie a ciclo annuale; la buona conoscenza della tecnica di coltivazione; e la possibilità di utilizzare un parco macchine già presente in azienda.

Una criticità del sorgo, evidente soprattutto nel Nord-Italia per le varietà a ciclo più lungo, riguarda la scarsa propensione della biomassa all'essiccazione naturale in campo dopo lo sfalcio. La lenta disidratazione è dovuta a motivi strutturali della pianta, ovvero al fatto che l'umidità è concentrata soprattutto nel midollo centrale del fusto e che le foglie e lo stesso fusto sono cutinizzati e coperti di pruina.

In questi ultimi anni, parallelamente al crescere dell'interesse per la realizzazione di colture ad uso energetico, si sta ampliando anche la gamma varietale dei sorghi da biomassa. Si tratta, quasi esclusivamente di genotipi di costituzione Nord europea, e dunque selezionati per ambienti pedo-climatici molto differenti dai nostri. Pertanto, nell'ambito del progetto "Supporto Scientifico alla Conversione Agronomica verso le Colture Energetiche – SuSCACE", finanziato dal MiPAAF, si è ritenuto opportuno realizzare prove di confronto varietale in località del Centro-Nord Italia, con l'obiettivo di caratterizzare il germoplasma disponibile sotto il profilo morfo-biometrico, produttivo ed energetico-qualitativo, tale da individuare le varietà più idonee per la produzione di biomassa lignocellulosica negli areali considerati. Di seguito si riportano le metodologie e i risultati relativi a prove svolte nel biennio 2009-2010.

Materiali e metodi

Anno 2009. In tale annata le prove sono state realizzate ad Anzola dell'Emilia (BO), Conselice (RA) e Osimo (AN), mettendo a confronto 16 varietà, in combinazione

con tre epoche di raccolta. In tabella 1 sono indicate le cultivar, le ditte fornitrici del seme e le tipologie varietali dichiarate.

Tabella 1 - Varietà testate nel 2009.

Varietà	Casa sementiera	Tipologia
Biomass 133	Syngenta Seeds	fibra
Sucre 506	Syngenta Seeds	zuccherino
Biomass 140	Syngenta Seeds	fibra
S.S. 15	Caussade Semences	zuccherino
S.S. 18	Caussade Semences	zuccherino
S.S. 20	Caussade Semences	zuccherino
Bovital	Carla import Sementi	foraggio
Herkules	Carla import Sementi	fibra
Bulldozer	KWS Italia	fibra
SilageKing	KWS Italia	zuccherino
Padana 1	Padana Sementi	fibra
Padana 4	Padana Sementi	fibra
Sugargraze	Padana Sementi	zuccherino
Nectar	Padana Sementi	zuccherino
P 811	Pioneer Italia	foraggio
P 849	Pioneer Italia	foraggio

Il protocollo sperimentale, comune per le tre località, era basato sui seguenti criteri operativi:

- schema sperimentale a parcella suddivisa, con tre ripetizioni e randomizzazione delle varietà nelle parcelle e delle raccolte nelle sub-parcelle;
- parcella elementare di 20 m²;
- semina a macchina nella prima decade di maggio, con deposizione del seme a distanze di 50 cm fra le file e 8 cm sulla fila;
- densità di semina di 25 semi m⁻², per un investimento teorico atteso di 17-18 piante m⁻²;
- concimazione fosfo-azotata in relazione alle caratteristiche del terreno;
- controllo delle infestanti con interventi chimici e meccanici;
- interventi irrigui di soccorso, tranne che a Conselice;
- date di raccolta differenziate per località, in relazione al ciclo biologico delle cultivar;
- raccolta a mano nelle due località del Nord, e tramite falcia-trincia-caricatrice parcellare ad Osimo;
- rilievi per parcella alla raccolta: i) densità d'investimento; ii) altezza pianta; iii) diametro basale del culmo; iv) numero di nodi/culmo; v) produzione di biomassa fresca, ripartita nelle sue componenti (culmi, foglie e panicoli); vi) percentuali di umidità di queste ultime; vii) grado zuccherino (°Brix); e limitatamente alla prova svolta ad Anzola dell'Emilia, viii) potere calorifico; ix) contenuto in ceneri, e x) temperatura di fusione di queste ultime;

- rilievo dei principali parametri climatici (temperature e precipitazioni);
- i dati rilevati nelle tre località sono stati elaborati in modo combinato, si è quindi eseguito la scomposizione della varianza totale nelle quote relative alle diverse fonti di variazione (effetti principali ed effetti di interazione); infine, è stato svolto il confronto fra le medie secondo il test di Duncan, nel caso degli effetti principali, e con il calcolo delle differenze minime significative (DMS), nel caso delle interazioni.

In tabella 2 sono riportate per ciascuna località le principali informazioni agronomiche sulla conduzione delle prove (tipo di terreno, precessione colturale, interventi colturali, mezzi tecnici impiegati e loro dosi, ecc.).

Tabella 2 - Scheda agronomica delle prove svolte nel 2009.

	Anzola Emilia (BO)	Conselice (RA)	Osimo (AN)
Tipo terreno	limo-argilloso	argillo-limoso	medio impasto
Giacitura	pianeggiante	pianeggiante	pianeggiante
Precessione	frumento tenero	sorgo	frumento duro
Lavori preparatori	aratura	aratura	aratura
Lavori complement.	2 erpicature	2 erpicature	2 erpicature
Diserbo	propaclor in pre-emerg.	propaclor in pre-emerg.	Stomp in pre-sem.
Semina	6/5	8/5	7/5
Rullatura	--	--	7/5
Emergenza	15-18/05	17-19/05	18/5
Irrigazione ausiliaria	2 (60 mm) 21/5, 11/6	--	4 interv. (30 mm)
Sarchiatura	2 (1/6, 20/6)	1 (3/6)	1 (29/5)
Concimazione	150 kg/ha di P ₂ O ₅ 120 kg/ha di N	92 kg/ha di P ₂ O ₅ 75 kg/ha di N	90 kg/ha di P ₂ O ₅ 83 kg/ha di N
Raccolta	1/8-20/8; 2/9-20/9 4/10-20/10	11/8, 10/9, 7/10	25/8, 15/9, 5/10

Anno 2010. Anche in questo secondo anno sono state valutate 16 varietà, di cui 9 già testate nel 2009 e 7 di nuovo inserimento (Tab. 8), mentre le località considerate sono state Rovigo, Anzola dell'Emilia (BO) e Osimo (AN). La metodologia sperimentale adottata è stata quella indicata per il 2009, tranne che per la raccolta eseguita in una sola epoca, ma differenziata per varietà, in relazione alla data di emissione del panico.

Andamento meteo

La piovosità pluriennale complessiva, nel periodo compreso fra inizio aprile e fine settembre è di 270 mm ad Anzola E., 318 mm a Conselice e 372 mm ad Osimo. Nel 2009 le precipitazioni cumulate, corrispondenti allo stesso periodo, si sono differen-

ziate dalle medie poliennali in tutte le località ed in particolar modo a Conselice e Osimo. Di fatto, ad Anzola E. ha piovuto meno della norma soprattutto in maggio (-52 mm) e agosto (-16 mm), a Conselice le stesse sono risultate sensibilmente inferiori ai valori medi in giugno e luglio e sono mancate del tutto successivamente fino alla raccolta (-55%). Ad Osimo, invece, le precipitazioni sono state rilevantemente superiori alla media in aprile, maggio e giugno (+132%), mentre sono state inferiori in luglio e settembre.

Riguardo all'andamento termico, le medie decadiche delle temperature minime ad Anzola E. e ad Osimo sono state analoghe ai valori medi poliennali, a Conselice invece sono state inferiori alla norma in giugno, durante la prima fase di crescita delle plantule. Le medie decadiche delle temperature massime ad Anzola E. sono state superiori alla norma (+ 1-2 °C) nelle ultime due decadi di maggio e nelle prime due di giugno e poi nuovamente in tutto il mese di agosto (+ 3-4 °C) e a fine settembre. Andamenti analoghi si sono avuti anche nelle altre due località.

Nel 2010 nel periodo aprile-settembre si sono avute precipitazioni superiori alle medie poliennali per 84 mm a Rovigo, 130 mm ad Anzola dell'Emilia e 112 mm ad Osimo. I valori delle temperature invece non si sono discostate sensibilmente dalla norma.

Risultati

I risultati delle due annate vengono presentati separatamente, poiché sia le varietà indagate, sia le località delle prove non sono coincidenti.

Anno 2009

Fenologia delle piante e suscettibilità all'allettamento

La sufficiente umidità del terreno, assicurata dalle precipitazioni e/o da interventi irrigui, e le temperature relativamente alte in maggio hanno consentito una regolare emergenza delle plantule dopo 9-12 giorni dalla semina, in tutte le località. Successivamente, le piantine hanno assunto un buon ritmo di crescita ad Anzola e Osimo. A Conselice, invece, a causa delle scarsissime precipitazioni e della mancanza di interventi irrigui ausiliari, la coltura ha mostrato uno sviluppo lento, con conseguente minore competitività nei confronti delle infestanti.

Le varietà si sono differenziate per data di fioritura: ad Anzola il genotipo più precoce è stato 'Bovital' (7/7), sono seguite poi 'S.S.15' e 'S.S.20' (11/7), 'Padana 1' e 'Biomass 133' (15/7), nonché 'Sucre 506' (18/7); le più tardive sono state 'Biomass 140' (28/7), 'Nectar' (30/7), 'Bulldozer' (14/8), 'P.811' e 'P.849'. Queste ultime due varietà alla terza raccolta non avevano ancora differenziato l'infiorescenza. A Conselice si è avuta la stessa graduatoria di fioritura, ma con un ritardo di 3-5 giorni rispetto alla località precedente.

Il panicolo ha presentato aspetto differente a seconda della varietà; più in particolare, in ‘S.S.15’, ‘S.S.18’, ‘S.S.20’ e ‘Silageking’ si è avuta una infruttescenza compatta, analoga a quella del sorgo da granella; in ‘Padana 1’, ‘Sucre 506’, ‘Sugargraze’, ‘Nectar’ e ‘P.849’ il panicolo si è presentato inizialmente raccolto, per poi tendere ad aprirsi a maturazione; infine, ‘Biomass 133’, ‘Biomass 140’, ‘Bovital’, ‘Herkules’ e ‘Bulldozer’ hanno presentato panicolo aperto.

Ad Anzola Emilia, dove le piante hanno raggiunto le maggiori altezze, si è avuta differenziazione varietale anche per suscettibilità all’allettamento, rilevata a fine agosto. Di fatto, i genotipi più sensibili sono stati ‘Padana 1’ (100% di piante allettate), ‘S.S.18’ (90%), ‘Sugargraze’ (83%) e ‘P.849’ (78%), mentre si sono mostrate totalmente resistenti ‘Bulldozer’, ‘Biomass 140’, ‘Biomass 133’, ‘Sucre 506’, ‘S.S.15’, ‘Herkules’ e ‘P.811’.

Effetti medi delle località

Gli ambienti hanno indotto effetti significativi sia sulle caratteristiche biometriche che produttive delle piante (Tab. 3). In particolare, ad Anzola E. sono stati rilevati: maggiore altezza delle piante, maggior diametro basale dei culmi e maggiore produzione sia in biomassa fresca che in sostanza secca. Ad Osimo si è avuta la maggiore densità d’investimento alla raccolta (20 piante m⁻²), mentre a Conselice sono stati riscontrati i valori più elevati di umidità della biomassa fresca e del grado zuccherino (°Brix). Per le motivazioni precedentemente esposte, in questa località si è avuta la produzione più bassa di sostanza secca (16.5 t ha⁻¹, in media).

Tabella 3 - Effetti medi delle località sulle caratteristiche biometriche e produttive delle piante (medie relative alla raccolta più produttiva di ciascun genotipo in ciascun ambiente nel 2009).

Caratteri		Anzola E. (BO)	Conselice (RA)	Osimo (AN)
Culmi m ⁻²	(n.)	17.4 b	13.1 c	20.3 a
Altezza pianta	(cm)	317.4 a	252.1 b	184.1 c
Diametro basale culmo	(mm)	18.2 a	17.3 b	17.0 b
Biomassa fresca	(t ha ⁻¹)	78.8 a	53.3 b	55.6 b
Umidità	(%)	66.3 b	68.6 a	66.5 b
Culmi/biomassa	(%)	58.2 a	57.6 a	63.2 b
Panicoli/biomassa	(%)	19.9 a	18.8 a	16.8 b
Culmi secchi	(t ha ⁻¹)	15.2 a	9.5 c	11.7 b
Foglie secche	(t ha ⁻¹)	5.7 a	3.9 b	3.7 b
Panicoli secchi	(t ha ⁻¹)	5.2 a	3.1 b	3.1 b
Sostanza secca totale	(t ha ⁻¹)	26.1 a	16.5 c	18.5 b
°Brix		15.3 b	16.9 a	13.0 c

A lettere diverse della stessa riga corrispondono valori diversi per P≤0.05 secondo il test di Duncan.

Effetti medi delle raccolte

Passando dalla prima alla seconda raccolta (Tab. 4) è cresciuta significativamente l’altezza media delle piante (+6.1%); al contrario, la produzione di biomassa fresca è diminuita sensibilmente per effetto della riduzione dell’umidità in essa presente. Procastinando l’epoca di raccolta è aumentata l’incidenza dei culmi sulla biomassa

totale (+1.7 e +8.9%). In terza raccolta è stata ottenuta la maggiore resa in sostanza secca (20 t ha⁻¹), grazie all'incremento della produzione di steli in valore assoluto (+2.5 t ha⁻¹). Al riguardo, però, va sottolineato che vi è stata interazione significativa fra raccolte e località.

Tabella 4 - Effetti medi delle raccolte sulle caratteristiche delle piante (2009).

Caratteri		I Raccolta	II Raccolta	III Raccolta
Altezza pianta	(cm)	241.3 b	255.9 a	253.3 a
Nodi/culmo	(n.)	10.8 b	10.8 b	11.5 a
Biomassa fresca	(t ha ⁻¹)	66.2 a	58.7 b	60.4 b
Umidità	(%)	73.1	69.9	66.4
Culmi/biomassa	(%)	64.0 c	65.7 b	72.9 a
Culmi secchi	(t ha ⁻¹)	10.2 b	10.0 b	12.7 a
Foglie secche	(t ha ⁻¹)	4.8 a	4.2 b	4.0 b
Panicoli secchi	(t ha ⁻¹)	2.4 b	3.3 a	3.3 a
Sostanza secca totale	(t ha ⁻¹)	17.4 b	17.5 b	20.0 a
°Brix		10.8 c	14.7 b	17.1 a

Il grado zuccherino, ancor più della biomassa, in media ha risentito dell'epoca di raccolta aumentando significativamente sia in seconda che in terza raccolta.

Effetti dell'interazione "località x epoche di raccolta"

Come già accennato, l'andamento della produzione in sostanza secca nelle tre raccolte è variato in relazione all'ambiente di coltivazione. Così, mentre ad Anzola dell'Emilia e Conselice si sono avuti incrementi significativi di resa passando dalla prima alla seconda raccolta e da quest'ultima alla terza, ad Osimo invece la produzione media tendenzialmente più elevata è stata ottenuta in prima raccolta (Tab. 5).

Tabella 5 - Effetto dell'interazione "località x raccolte" sulla produzione di sostanza secca (2009).

Località	Raccolte		
	I	II	III
		(t ha ⁻¹)	
Anzola E.	21.4 c	23.5 b	26.3 a
Conselice	13.0 f	14.4 e	16.6 d
Osimo	17.6 d	14.6 e	17.1 d
P≤005		1.22	
DMS			
P≤001		1.61	

Effetti medi delle varietà

Le 16 varietà indagate si sono differenziate sensibilmente sia sotto il profilo morfo-biometrico che produttivo (Tab. 6). Iniziando dalla densità d'investimento, va osservato che, a fronte di una media di campo di 17 piante m⁻², le varietà 'Nectar', 'Bovital' e 'S.S. 18' hanno presentato le maggiori fittezze (21-22 piante m⁻²), al contrario 'Sucre 506', 'Biomass 133', 'Herkules' e 'Biomass 140' hanno fatto rilevare le densità più basse; per tutti gli altri genotipi sono stati riscontrati investimenti intermedi fra i valori dei due gruppi precedenti. Per l'altezza delle piante si è distinto positivamente 'Bulldozer' con il valore (357 cm) significativamente più elevato rispetto alle altre varietà; inoltre, buoni risultati per questo carattere sono stati ottenuti da 'Biomass 133', 'Herkules' e 'Biomass 140', con taglie superiori ai tre metri. Il genotipo meno interessante sotto questo profilo è stato 'S.S.15' (161 cm). Il diametro basale degli steli, mediamente di 17.5 mm, ha raggiunto i maggiori livelli nelle varietà 'Erkules', 'Biomass 140' e 'Sucre 506' (20-21 mm), mentre all'estremo opposto si sono collocate 'Bovital' e 'S.S.15' (13-15 mm). Le varietà a taglia più elevata, quali 'Bulldozer', 'Biomass 133', 'Biomass 140' ed 'Herkules', hanno presentato un maggior numero di nodi/culmo; inoltre queste stesse varietà, unitamente a 'Bovital' e 'Sucre 506', hanno mostrato internodi più lunghi rispetto alle altre. Passando all'analisi dei dati produttivi, va evidenziato ancora 'Bulldozer' per la maggiore resa in biomassa fresca (+22.7% rispetto alla media di campo); produzioni statisticamente non dissimili sono state ottenute da 'Padana 4' e 'Biomass 140', mentre 'S.S.15', 'Bovital', 'S.S. 20', 'P.849' e 'S.S.18' hanno fatto rilevare le rese più basse. Relativamente alle componenti della produzione sono state rilevate differenze significative fra le varietà per i rapporti culmi/biomassa e panicoli/biomassa. Riguardo al primo parametro si sono evidenziate in particolar modo 'Bulldozer' e 'Padana 4'; al contrario, i genotipi ove gli steli erano meno rappresentati ('S.S.15', 'Bovital', 'S.S.18', 'S.S.20' e 'P.849') hanno mostrato i più elevati rapporti panicoli/biomassa. Per la produzione di sostanza secca (Fig. 1) 'Bulldozer' si è collocata al primo posto della graduatoria con un valore rilevantemente superiore alla media di campo (+37.9%); inoltre, rese interessanti sono state ottenute dalle cultivar 'Biomass 133' e 'Biomass 140' (25 t ha⁻¹, circa). Interessante osservare che le tre varietà più produttive sopra citate, non significativamente diverse fra loro per resa in biomassa totale, si sono differenziate sensibilmente, invece, per composizione della biomassa stessa (Tab. 6). Di fatto, 'Bulldozer' si è distinta significativamente dalle altre due per maggiore resa in steli secchi (+31% in media); d'altra parte, 'Biomass 140' si è differenziata da 'Biomass 133' per maggiore produzione di foglie (+50%), mentre quest'ultima cultivar si è distinta da 'Bulldozer' per maggiore resa in panicoli (+110%).

Tabella 6 - Effetti medi indotti dalle varietà sulle caratteristiche biometriche e produttive delle piante (medie relative alla raccolta più produttiva di ciascun genotipo in ciascun ambiente nel 2009).

Varietà	Culmi/ m ² (n.)	Altezza pianta (cm)	Diametro culmo (mm)	Biomassa fresca (t ha ⁻¹)	Umidità biomassa (%)	Culmi/ biomassa (%)	Panicoli/ biomassa (%)	Culmi secchi (t ha ⁻¹)	Foglie secche (t ha ⁻¹)	Panicoli secchi (t ha ⁻¹)	°Brix
Biomass 133	13.2 d	331.2 b	18.6 bc	70.4 bc	64.5 f	68.5 bd	17.3 ce	17.4 b	3.6 df	4.4 cd	17.0 ab
Sucre 506	13.0 d	294.7 c	19.7 ab	66.8 c	67.0 cf	63.2 de	15.0 de	13.9 cd	4.8 ad	3.3 df	17.6 ab
Biomass 140	13.5 d	311.8 bc	20.4 a	76.5 ac	68.4 bd	64.0 ce	13.8 ef	15.8 bc	5.4 ac	3.4 de	13.4 de
S.S. 15	18.0 b	160.6 j	15.1 e	40.5 f	60.1 g	26.7 h	51.5 a	4.3 f	3.4 ef	8.3 a	12.5 e
S.S. 18	20.6 a	202.7 hi	17.0 d	55.5 d	65.4 ef	44.5 g	33.5 b	8.5 e	4.2 be	6.4 b	14.9 cd
S.S. 20	17.4 b	212.7 gi	16.8 d	49.5 df	65.9 df	45.8 g	33.3 b	7.7 e	3.4 ef	5.6 bc	12.8 e
SilageKing	16.7 bc	242.0 de	17.5 cd	51.8 de	67.7 ce	57.5 f	19.8 cd	9.6 e	3.9 df	3.3 df	16.0 bc
Bulldozer	18.4 b	357.0 a	17.3 cd	84.2 a	67.0 cf	77.5 a	7.5 g	21.7 a	4.1 ce	2.1 eg	18.0 a
Padana 1	16.5 bc	209.4 gi	16.1 de	53.2 d	69.2 ac	56.6 f	21.1 c	9.4 e	3.7 df	3.5 d	17.4 ab
Padana 4	18.0 b	226.1 eg	17.1 d	80.4 ab	71.8 a	73.3 ab	0.0 h	16.5 b	6.0 a	0.0 h	14.8 cd
Bovital	20.8 a	256.1 d	12.9 f	42.1 ef	61.6 g	47.5 g	36.4 b	7.7 e	2.6 f	5.9 b	14.2 ce
Herkules	13.2 d	313.5 bc	20.5 a	70.3 bc	68.3 bd	61.4 ef	17.1 ce	14.0 cd	4.9 ad	3.9 d	12.8 e
Sugargraze	17.1 bc	236.2 df	18.6 bc	65.7 c	69.2 ac	63.2 de	9.4 fg	12.7 d	5.4 ac	1.9 g	15.3 c
Nectar	21.9 a	248.2 d	16.5 d	70.8 bc	70.6 ab	62.9 de	9.7 fg	12.9 d	5.5 ab	2.0 fh	14.9 cd
P 811	15.0 cd	196.2 i	18.9 b	68.2 c	71.1 ab	68.9 bc	0.0 h	13.3 d	6.0 a	0.0 h	14.8 cd
P 849	18.2 b	220.9 fh	16.5 d	55.1 d	66.6 cf	45.2 g	34.4 b	8.4 e	3.7 df	6.4 b	14.6 cd
Medie	17.0	251.2	17.5	68.6	67.1	57.9	20.0	12.1	4.4	3.8	15.1

A lettere diverse nella stessa colonna corrispondono valori diversi per P≤0.05 secondo il test di Duncan.

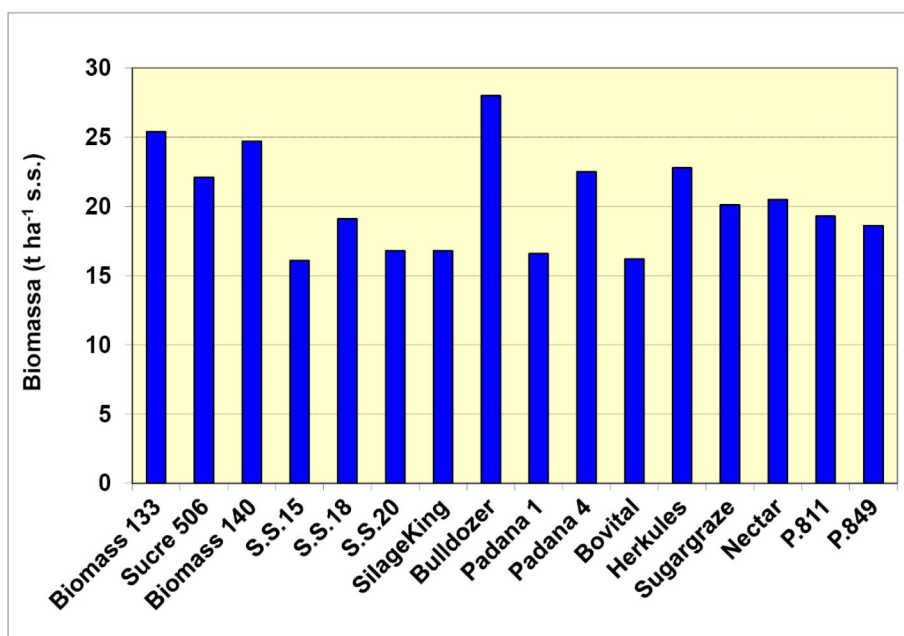


Figura 1 - Effetti medi dei genotipi sulla resa in sostanza secca per unità di superficie (anno 2009).

Riguardo al grado zuccherino (°Brix) spicca ‘Bulldozer’ con il valore più elevato (18%), anche se non significativamente diverso da ‘Sucre 506’, ‘Padana 1’ e ‘Biomass 133’. Altre varietà indicate come tipi zuccherini (‘S.S.15’, ‘S.S.20’, ‘Nectar’ e ‘Sugargraze’) hanno mostrato valori sensibilmente inferiori (Tab. 6).

Effetti dell'interazione "varietà x località"

Le performance produttive ed il grado zuccherino delle varietà si sono differenziati in relazione all'ambiente di coltivazione (Figg. 2 e 3). Di fatto, ad Anzola dell'Emilia i genotipi più produttivi sono stati nell'ordine 'Bulldozer', 'Biomass 133', 'Biomass 140', 'Padana 4' ed 'Herkules', con rese variabili da 30.5 a 37.3 t ha⁻¹; a Conselice nei primi cinque posti della graduatoria si sono collocati 'Bulldozer', 'Sucre 506', 'Biomass 133', 'Nectar' e 'S.S.18', con valori compresi fra 17.4 e 20.9 t ha⁻¹; infine, ad Osimo le corrispondenti posizioni sono state occupate da 'Bulldozer', 'Biomass 140', 'Herkules', 'Biomass 133' e 'Sugargraze', con produzioni comprese fra 21.5 e 25.8 t ha⁻¹. In sostanza, 'Bulldozer' ha mostrato la maggiore potenzialità produttiva indipendentemente dalla località; buona adattabilità ambientale e livelli produttivi fra i più alti sono stati evidenziati anche da 'Biomass 133'. Altre varietà, invece, si sono collocate fra le più produttive in due località (Biomass 140 e Herkules) o in una sola delle tre considerate ('Padana 4', 'Sugargraze', 'S.S.18').

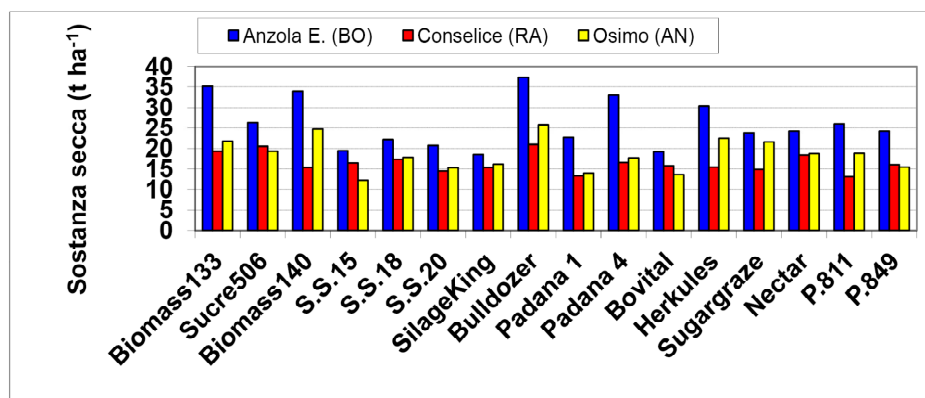


Figura 2 - Effetti dell'interazione "varietà x località" sulla produzione di biomassa (anno 2009).

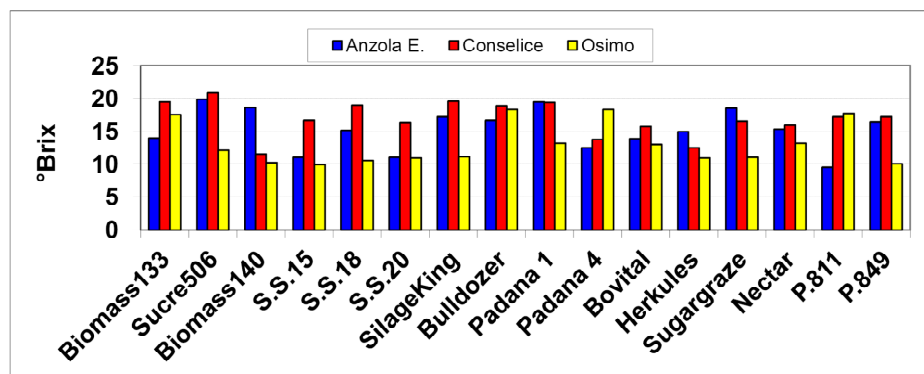


Figura 3 - Effetti dell'interazione "varietà x località" sul grado zuccherino dei succhi (anno 2009).

Analogamente, il contenuto zuccherino ad Anzola Emilia ha raggiunto i valori più elevati nelle cultivar ‘Sucre 506’, ‘Padana 1’, ‘Biomass 140’, ‘Sugargraze’ e ‘Silageking’ (17.2-19.9 °Brix), a Conselice si sono evidenziate ‘Sucre 506’, ‘Silageking’, ‘Biomass 133’, ‘Padana 1’ e ‘S.S.18’ (19.0-20.9 °Brix), mentre ad Osimo, i primi posti della graduatoria sono stati occupati da ‘Padana 4’, ‘Padana 1’, ‘P.811’, ‘Biomass 133’ e ‘Nectar’.

Caratteristiche energetico-qualitative

In tabella 7 sono riportati i dati medi relativi al potere calorifico inferiore (PCI) e al contenuto in ceneri della biomassa. Sotto il profilo energetico non sono state riscontrate differenze di rilievo: tutti i genotipi, eccetto ‘S.S.15’, hanno superato di poco i 17 MJ kg⁻¹ di sostanza secca. Tuttavia, se si considerano le rese energetiche per unità di superficie, derivanti dal prodotto della produzione di sostanza secca di ciascun genotipo per il relativo potere calorifico, emergono differenze molto rilevanti (Fig. 4). Le cultivar migliori in assoluto sono state ‘Bulldozer’, ‘Biomass 133’, ‘Biomass 140’ ed ‘Herkules’ (401-487 GJ ha⁻¹), mentre le meno interessanti sono risultate ‘S.S.15’, ‘Bovital’, ‘Padana 1’, ‘Silageking’ e ‘S.S.20’, con rese inferiori a 300 GJ ha⁻¹.

Tabella 7 - Caratteristiche energetico-qualitative dei genotipi (2009).

Varietà	PCI (MJ kg ⁻¹ s.s.)	Ceneri (%)
Biomass 133	17.4 a	5.0 de
Sucre 506	17.2 a	5.9 ad
Biomass 140	17.3 a	5.3 ce
S.S. 15	16.6 b	6.8 a
S.S. 18	17.2 a	6.9 a
S.S. 20	17.4 a	6.6 ab
SilageKing	17.2 a	5.9 ad
Bulldozer	17.4 a	4.5 e
Padana 1	17.1 a	6.3 ac
Padana 4	17.6 a	4.6 e
Bovital	17.1 a	6.2 ac
Herkules	17.6 a	5.7 bd
Sugargraze	17.5 a	6.3 ac
Nectar	17.6 a	5.7 bd
P 811	17.6 a	4.9 de
P 849	17.5 a	6.7 ab
Medie	17.3	5.8

Tabella 8 - Varietà testate nel 2010.

Varietà	Casa sementiera	Tipologia
Biomass 133	Syngenta Seeds	fibra
Biomass 140	Syngenta Seeds	zuccherino
Biomass 150	Syngenta Seeds	fibra
Sucre 506	Caussade Semences	zuccherino
Silageking	Caussade Semences	zuccherino
Bulldozer	Caussade Semences	zuccherino
Herkules	Carla import Sementi	foraggio
P 811	Carla import Sementi	fibra
P 849	KWS Italia	fibra
Padana 4	KWS Italia	zuccherino
Mitril	Padana Sementi	fibra
Goliath	Padana Sementi	fibra
PSE 27677	Padana Sementi	zuccherino
PSE 98456	Padana Sementi	zuccherino
Trudan HL	Pioneer Italia	foraggio
Zerberus	Pioneer Italia	foraggio

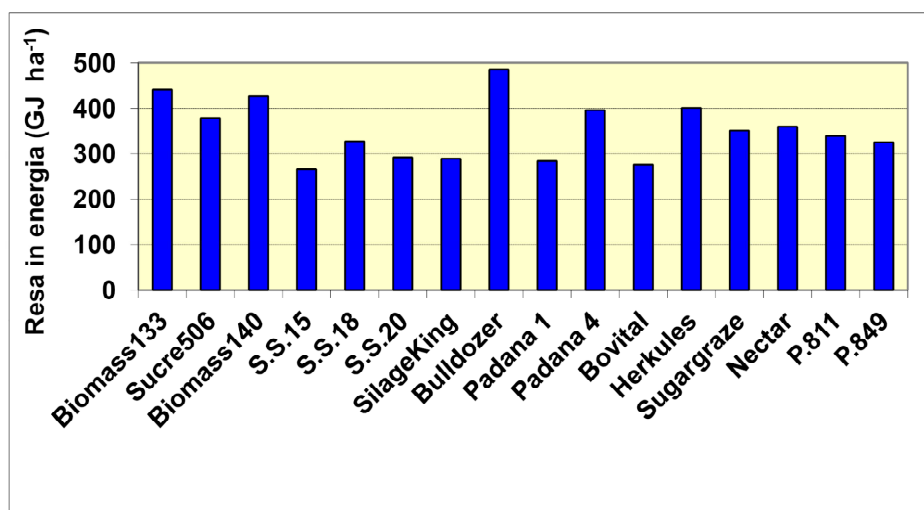


Figura 4 - Rese energetiche delle cultivar, calcolate sulla base delle produzioni e del potere calorifico rilevati ad Anzola dell'Emilia nel 2009.

Per il contenuto in ceneri i valori più bassi sono stati riscontrati in 'Bulldozer' e 'Padana 4' (4.5 e 4.6%, rispettivamente), differenziatisi significativamente da 'S.S.18' e 'S.S.15' (6.9-6.8%); tuttavia queste ultime sono risultate non dissimili dalla maggioranza delle altre varietà.

Riguardo alla temperatura di fusione delle ceneri sono stati rilevati valori molto simili fra le cultivar, compresi fra 1191 e 1214°C.

Anno 2010

L'analisi statistica dei dati rilevati, come per le prove del 2009, ha evidenziato differenze statisticamente significative indotte dalle località e dalle cultivar, nonché dall'interazione delle due stesse variabili.

Effetti degli ambienti. Nelle tabelle 9 e 10 sono riportati i dati medi relativi, rispettivamente, ai caratteri biometrici e produttivi delle piante rilevati nelle tre località. In particolare, nei due ambienti settentrionali, rispetto a quello del Centro, si sono ottenute colture caratterizzate da maggiori fittezze, maggiori dimensioni dei culmi (sia in altezza che in diametro), e stranamente da un minor numero di nodi/culmo, ovviamente con internodi sensibilmente più lunghi rispetto ad Osimo (Tab. 9).

Tabella 9 - Effetti medi delle località sulle caratteristiche biometriche del sorgo (2010).

Località	Culmi m ⁻² (n.)	Altezza culmo (cm)	Diametro basale culmo (mm)	Nodi culmo ⁻¹ (n.)
Rovigo	22.7 a	345.0 b	18.8 a	13.0 b
Anzola-BO	23.0 a	356.0 a	18.5 a	12.7 b
Osimo-AN	20.3 b	286.1 c	17.5 b	14.7 a
Medie	22.0	329.0	18.3	13.5

Tabella 10 - Effetti medi delle località sulle caratteristiche produttive del sorgo (2010).

Località	Biomassa fresca (t ha ⁻¹)	Sostanza secca (%)	Sostanza secca (t ha ⁻¹)	Culmi (%)	Foglie (%)	Panicoli (%)	°Brix
Rovigo	102.0 a	29.5 b	29.9 ab	60.2 b	27.5 a	12.3 b	13.0 b
Anzola	97.6 b	29.0 b	28.3 b	57.4 c	24.7 b	17.9 a	12.5 b
Osimo	93.5 c	33.2 a	30.6 a	68.7 a	16.9 c	14.4 b	14.5 a
Medie	97.7	30.6	29.6	62.1	23.0	14.8	13.3

La produzione di biomassa fresca più elevata è stata raggiunta a Rovigo (102 t ha⁻¹), sono seguite poi quelle riscontrate ad Anzola (-4.3%) e ad Osimo (-8.3%). D'altra parte, in quest'ultima località la biomassa ha presentato una maggiore percentuale di sostanza secca (33.2% contro 29.5 e 29.0). Conseguentemente ad Osimo è stata ottenuta la produzione media in sostanza secca (30.6 t ha⁻¹) tendenzialmente più elevata rispetto a Rovigo (+2.3%) e significativamente superiore a quella rilevata ad Anzola (+8.1%).

Altra differenza di rilievo indotta dagli ambienti ha interessato la composizione della biomassa, così mentre ad Osimo è stato riscontrato il massimo rapporto cul-

mi/biomassa totale (68.7%), a Rovigo e Anzola si sono avute rispettivamente la massima incidenza di foglie (27.5%) e di panicoli (17.9%).

Nel Centro Italia è stata raggiunta anche la gradazione zuccherina dei succhi significativamente più elevata (14.5 °Brix) rispetto ai due ambienti del Nord (Tab. 10).

Effetti delle varietà. I genotipi si sono differenziati sensibilmente sia per i caratteri biometrici (Tab. 11) che produttivi (Tab. 12). Iniziando dai primi, va evidenziato in primo luogo la diversa capacità di accestimento delle cultivar: ‘Trudan HL’, in particolare, ma anche ‘Mithril’ hanno mostrato fittezze nettamente superiori alle altre cultivar (oltre 30 culmi m⁻²).

Sensibile anche la differenziazione fra genotipi per l’altezza dei culmi: i primi due posti della graduatoria sono stati occupati da ‘Biomass 150’ e da ‘Bulldozer’ (438 e 412 cm, rispettivamente), buona l’espressione di questo carattere anche per ‘Goliath’, ‘Biomass 140’ ed ‘Herkules’, anche se con valori (380-387 cm) significativamente inferiori alle prime due varietà; al contrario, ‘PSE 27677’, ‘SilageKing’ e ‘P. 849’ sono state le più deludenti.

Tabella 11 - Effetti medi delle varietà sulle caratteristiche biometriche delle piante (2010).

Varietà	Culmi m ² (n.)	Altezza culmo (cm)	Diametro basale culmo (mm)	Nodi culmo ⁻¹ (n.)
Biomass 133	18.5 gi	359.5 d	20.5 ab	13.1 de
Biomass 140	16.9 hi	386.5 c	19.8 bc	13.7 cd
Biomass 150	18.6 gi	437.8 a	21.3 a	15.3 b
Sucre 506	17.1 hi	339.0 d	19.5 bc	13.1 de
Silageking	21.9 e	254.9 h	16.4 e	12.3 eh
Bulldozer	22.7 de	411.5 b	19.3 bc	14.8 b
Herkules	16.5 i	379.7 c	20.1 ac	12.9 df
P 811	18.5 gi	314.9 e	19.3 bc	16.7 a
P 849	21.0 ef	256.7 h	16.7 de	12.5 eg
Padana 4	20.5 eg	292.5 fg	19.1 c	14.0 c
Mitril	34.1 b	299.0 eg	13.4 f	11.5 h
Goliath	18.1 gi	386.9 c	20.5 ab	13.1 de
PSE 27677	24.5 cd	211.2 i	17.5 de	12.2 fh
PSE 98456	26.6 c	307.0 ef	17.7 d	16.4 a
Trudan HL	36.8 a	285.1 g	13.2 f	11.6 h
Zerberus	19.3 fh	342.0 d	19.0 c	12.0 gh
Medie	22.0	329.0	18.3	13.5

Anche per il diametro basale dei culmi si sono evidenziati ‘Biomass 150’, ‘Goliath’, ‘Herkules’ e ‘Biomass 140’, oltre a ‘Biomass 133’ che non era nel gruppo delle cultivar a taglia maggiore. I genotipi ‘Trudan HL’ e ‘Mithril’, invece, come conseguen-

za delle loro elevate fittezze, hanno evidenziato culmi sensibilmente più sottili (13 mm, circa).

Tabella 12 - Effetti medi delle varietà sulle caratteristiche produttive del sorgo (2010).

Varietà	Biomassa	Sostanza	Sostanza	Culmi	Foglie	Panicoli	°Brix
	fresca (t ha ⁻¹)	secca (%)	secca (t ha ⁻¹)				
Biomass 133	104.9 ce	30.0 ce	31.4 bc	66.2 cd	21.3 dg	12.5 de	12.7 bd
Biomass 140	100.1 e	31.5 bd	31.4 bc	65.4 de	23.9 bd	10.7 e	12.0 ce
Biomass 150	115.8 b	31.6 bd	36.6 a	73.0 a	19.9 eg	7.1 f	13.7 ac
Sucre 506	105.6 ce	28.7 ef	30.1 bc	62.3 e	23.6 bd	14.1 de	11.0 de
Silageking	66.5 g	29.5 de	19.5 e	48.3 h	22.0 cf	29.7 b	13.9 ac
Bulldozer	113.8 bc	33.2 b	37.8 a	73.7 a	19.3 fg	7.0 f	14.5 ab
Herkules	104.8 ce	31.6 bd	33.4 b	62.7 e	22.2 ce	15.0 d	12.4 be
P 811	102.2 de	30.6 ce	31.3 bc	71.0 ab	29.0 a	0.0 g	15.2 a
P 849	72.7 g	31.8 bc	23.0 d	47.2 h	24.2 bc	28.6 b	12.4 be
Padana 4	111.4 bd	25.1 g	28.0 c	70.9 ab	28.7 a	0.4 g	13.5 ac
Mithril	71.7 g	31.5 bd	22.4 de	57.2 f	20.5 eg	22.3 c	12.5 be
Goliath	96.9 e	31.1 bd	30.2 bc	64.2 de	20.6 eg	15.2 d	15.4 a
PSE 27677	72.6 g	30.0 ce	21.5 de	34.9 i	24.2 bc	40.9 a	10.3 e
PSE 98456	142.0 a	27.2 f	38.4 a	74.1 a	25.9 b	0.0 g	14.6 ab
Trudan HL	97.0 e	30.0 ce	28.9 c	69.3 bc	23.9 bd	6.7 f	14.3 ac
Zerberus	84.7 f	35.5 a	29.9 c	53.5 g	19.2 g	27.3 b	14.6 ab
Medie	97.7	30.6	29.6	62.1	23.0	14.8	13.3

Il numero di nodi/culmo sembra essere scarsamente correlato all'altezza del culmo stesso; di fatto le maggiori espressioni di questo carattere (16-17 nodi culmo⁻¹) sono state riscontrate in 'P. 811' e 'PSE 98456', che non sono state le varietà a taglia maggiore; d'altra parte, il minor numero di nodi/culmo (11.6) è stato rilevato in 'Mithril' e 'Trudan HL', che a loro volta non sono state le cultivar a taglia più bassa.

Per la produzione di biomassa fresca si sono evidenziate nell'ordine: 'PSE 98456', 'Biomass 150', 'Bulldozer' e 'Padana 4' (111-142 t ha⁻¹); mentre 'Silage-King', 'Mithril', 'PSE 27677' e 'P. 849' hanno fornito le rese più basse (66-72 t ha⁻¹). Il contenuto di sostanza secca della biomassa al momento dello sfalcio era del 30.6% in media: i valori più elevati sono stati rilevati in 'Zerberus' e 'Bulldozer' (35.5 e 33.2%, rispettivamente), quello più basso invece si è avuto per 'Padana 4' (25.1%). La resa in sostanza secca per unità di superficie rispecchia quanto già riferito per la biomassa fresca, tranne che per 'Padana 4'. Di fatto, 'PSE 98456', 'Bulldozer' e 'Biomass 150' hanno raggiunto i valori più elevati (38.4, 37.8 e 36.6 t ha⁻¹), in fondo alla graduatoria di merito troviamo 'SilageKing', 'PSE 27677', 'Mithril' e 'P. 849'.

Va anche sottolineato l'effetto significativo delle cultivar sulla composizione percentuale della biomassa. In particolare, in PSE 98456, Bulldozer, Biomass 150, P.

811 e Padana 4 sono stati rilevati i maggiori rapporti culmi/biomassa (71-74%), al contrario in PSE 27677, P. 849 e SilageKing l'incidenza dei culmi sulla resa totale è stata inferiore al 50%. D'altra parte in queste ultime varietà si sono avuti i maggiori rapporti panicoli/biomassa (28.6-40.9%).

Le varietà Mithril, PSE 27677, P. 849 e Zerberus sono state le più precoci (fioritura del 50% dei culmi a metà luglio), mentre le più tardive sono state Biomass 150, Bulldozer, Biomass 140 e Trudan HL, nonché PSE 98456, P. 811 e Padana 4.

Altro importante carattere per il quale è stata riscontrata differenziazione fra le cultivar è la suscettibilità all'allettamento: di fatto, si sono mostrate pienamente resistenti fino alla raccolta 'PSE 98456', 'Biomass 150', 'Bulldozer', 'Sucre 506' ed 'Herkules'; al contrario, hanno lasciato a desiderare 'SilageKing', 'P. 849', 'Padana 4' e 'Mithril'.

Tabella 13 - Effetti combinati delle località e delle varietà sulla produzione di sostanza secca (2010).

Varietà	Località		
	Rovigo	Anzola E.	Osimo
	(t ha ⁻¹)		
Biomass 133	32.1	27.8	34.2
Biomass 140	34.1	29.0	31.2
Biomass 150	35.9	37.1	36.8
Sucre 506	31.3	27.2	31.7
Silageking	20.2	16.3	22.1
Bulldozer	38.6	43.5	31.2
Herkules	28.4	29.8	42.0
P 811	32.2	30.7	31.0
P 849	25.0	22.0	21.9
Padana 4	30.0	21.6	32.5
Mitril	24.0	20.1	23.0
Goliath	27.8	32.1	30.7
PSE 27677	22.2	20.1	22.1
PSE 98456	36.2	38.2	40.8
Trudan HL	28.9	28.2	29.7
Zerberus	31.4	29.6	28.7
P≤0.05		5.2	
DMS			
P≤0.01		6.9	

Infine, riguardo al grado zuccherino dei succhi è emerso un gruppo di 9 genotipi (Goliath, P. 811, PSE 98456, Zerberus, Bulldozer, Trudan HL, SilageKing, Biomass 150 e Padana 4), con valori compresi fra 13.5 e 15.4 °Brix, non significativamente diversi fra loro; PSE 27677 e Sucre 506 hanno raggiunto le concentrazioni zuccherine più

basse (10.3 e 11.0 °Brix rispettivamente) e ciò è sorprendente se si pensa che varietà dichiarate da fibra figurano fra quelle a più alto tenore zuccherino, mentre altre come Sucre 506, dichiarate zuccherine, figurano come le meno interessanti al riguardo.

Effetto dell'interazione "località x varietà". In tabella 13 sono riportate le produzioni di sostanza secca ottenute dalle cultivar nelle tre località. 'Bulldozer' figura al primo posto della graduatoria a Rovigo ed Anzola (38.6 e 43.5 t ha⁻¹), ma non ad Osimo, dove troviamo 'Herkules' (42.0 t ha⁻¹), molto stabili invece 'PSE 98456' e 'Biomass 150' collocatisi rispettivamente al 2° e 3° posto in tutti gli ambienti. Al 4° posto delle graduatorie troviamo 'Biomassa 140' a Rovigo (con una resa non significativamente diversa dalle prime tre), 'Goliath' ad Anzola (con produzione significativamente inferiore a 'Bulldozer' e 'PSE 98456') e 'Biomass 133' ad Osimo (con resa significativamente inferiore ad 'Herkules' e 'PSE 98456').

Considerazioni conclusive

Le prove svolte hanno confermato l'elevata produttività del sorgo da biomassa. I genotipi attualmente in commercio sono stati selezionati nel Nord-Europa, per ambienti pedo-climatici molto diversi dai nostri. Tuttavia, vi sono fra essi tipi che rispondono molto bene anche nel Centro-Nord Italia. In particolare, i tipi da fibra 'PSE 98456', 'Biomass 150' e 'Bulldozer' hanno evidenziato ottimo vigore vegetativo, buona resistenza all'allettamento, alto rapporto culmi/biomassa ed elevata resa in sostanza secca. Per contro, hanno mostrato un ciclo medio-tardivo, il che implica la raccolta non prima di metà settembre.

Riguardo ai sorghi zuccherini i risultati ottenuti non sono chiari, in quanto i tipi commercializzati come tali hanno presentato concentrazioni zuccherine inferiori ad altre varietà indicate come tipi da fibra. Ciò farebbe pensare ad una scarsa selezione dei materiali per questo carattere, oppure a inadeguatezza del criterio di valutazione del carattere.

Relativamente alla tecnica colturale, là dove è possibile, si ritiene vantaggioso realizzare 1-2 interventi irrigui di soccorso, nel caso di decorso stagionale siccitoso, tenendo conto che la prevalenza dell'impiego dell'acqua va data alla fase di levata. La risposta produttiva della pianta ripaga ampiamente il costo degli interventi, grazie all'elevata efficienza d'uso dell'acqua da parte della coltura. A sostegno di quanto appena sottolineato depone anche il confronto fra le produzioni medie di biomassa ottenute ad Anzola Emilia e Conselice nel 2009 (26.1 e 16.5 t ha⁻¹, rispettivamente). La maggiore produzione ottenuta nella prima località (+58.2%) è da ascrivere in buona parte all'irrigazione (2 interventi) praticata ad Anzola e non a Conselice.

Con riferimento alle criticità del sorgo è bene tener presente che la pianta dopo lo sfalcio perde umidità molto lentamente, pertanto la raccolta del prodotto destinato alla combustione dovrebbe essere eseguita in epoca con temperature ancora alte (non oltre l'inizio di settembre), in modo da favorire l'essiccazione della biomassa in campo.

Sempre a questo riguardo è fondamentale utilizzare falcia-condizionatrici in grado di provocare fenditure lungo lo stelo (Assirelli e Pari, 2009). Nel caso in cui la biomassa è destinata alla produzione di biogas, invece, il problema non si pone, poiché il prodotto viene raccolto con falcia-trincia-caricatrice ed utilizzato allo stato fresco.

Bibliografia

- Assirelli A., Pari L. (2009). Nuova falcia condizionatrice ad hoc per il sorgo da fibra. *L'Informatore Agrario*, Suppl. al n. 5: 22-25.
- Cosentino S. (1996). Crop physiology of sweet *Sorghum* (*Sorghum bicolor* L. Moench) in relation to water and nitrose stress. Proceedings of the "First European Seminar on Sorghum", Tolosa, april 1-3, 30-41.
- Di Candilo M., Ceotto E. (2010). Effect of propagation techniques on crop establishment of giant reed (*Arundo donax* L.). Proceedings of 18th European Biomass Conference and Exhibition, 3-7 May 2010, Lyon, France, pp. 255-258.
- Di Candilo M., Ceotto E., Barbanti L., Fazio S., Monti A., Venturi G. (2009). Le colture ligno cellulose per la produzione di biomassa da energia. In: Ranalli P. (Ed.) *Le piante industriali per una agricoltura multifunzionale*. Edizioni Avenue Media, 2009. Capitolo 9, pp. 199-244. ISBN: 978-88-86817-53-0.
- Facciotto G., Bergante S., Mughini G., Gras M.L.A., Nervo G. (2007). Tecnica e modelli colturali per cedui a breve rotazione. *L'Informatore Agrario* 40. 38-42.
- Fagnano M., Postiglione L. (2002). Sorgo da energia in ambiente mediterraneo: effetto della concimazione azotata con limitati apporti idrici. *Rivista di Agronomia*, 36, 227-232
- Habyarimana E., Laureti D., De Ninno M., Lorenzoni C. (2004). Performances of biomass sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) under different water regimes in Mediterranean regions. *Industrial Crops and Products*, 20, 23-28.
- Habyarimana E., Laureti D., Di Fonzo N., Lorenzoni C. (2002). Biomass production and drought resistance at the seedling stage and in field conditions in sorghum. *Maydica* 47: 303-309.
- Kebede H., Subudhi P.K., Rosenow D.T., Nguyen H.T. (2001). Quantitative trait loci influencing drought tolerance in grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Theor. Appl. Genet.* 103: 266-276.
- Lovelli S., Perniola M., Monteleone M., Nardiello I., Rivelli A.R. (2001). Bilancio e dinamica dell'azoto in coltura di sorgo zuccherino (*Sorghum vulgare* L. var. *saccharatum*): aspetti agronomici ed ambientali. *Atti del 34th Convegno della Società Italiana di Agronomia*. Pisa 17-21 settembre 2001, 188-189.
- Xu W., Rosenow D.T., Nguyen H.T. (2000). Stay green trait in grain sorghum relationship between visual rating and leaf chlorophyll concentration. *Plant Breeding* 119: 365-367.

c - Confronto fra epoche di semina e di raccolta in sorgo zuccherino e da fibra (*Sorghum bicolor* L. Moench) nel Nord Italia

*Comparison of several combinations of sowing and harvesting times for sweet and fiber sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) in Northern Italy*

Mario Di Candilo*, **Enrico Ceotto***, **Michele Diozzi***

Riassunto

Vengono riferiti i risultati di una prova di campo svolta nella bassa Pianura Padana nel biennio 2009-2010 allo scopo di valutare la possibilità di anticipare il ciclo culturale del sorgo da biomassa nel Nord Italia, tale da poter effettuare la raccolta in condizioni più favorevoli all'essiccamento naturale della biomassa in campo. L'esperimento è stato svolto presso l'azienda agraria sperimentale "Cà Rossa" del CRA-CIN ad Anzola dell'Emilia (BO), (Lat. 44°32'N, Long. 11°80'E, 38 m a.s.l.). Il terreno utilizzato è franco-limoso, classificato come Udifluventic Haplustepts fine silty, mixed mesic (Soil Taxonomy, 2003). La piovosità media annua della località è di circa 600 mm. La prova ha previsto il confronto fra due ibridi di sorgo ('Biomass 133' e 'Sucre 506') in combinazione con tre epoche di semina e con tre epoche di raccolta. In occasione di queste ultime sono stati eseguiti rilievi inerenti le caratteristiche biometriche e produttive delle piante. I risultati ottenuti indicano che nel Nord Italia l'anticipo della semina del sorgo da biomassa non consente di anticipare la raccolta. Di fatto, le massime rese (26.0 e 25.9 t ha⁻¹) sono state ottenute dalle coltivazioni impiantate a fine aprile-metà maggio e raccolte tardivamente a fine settembre. Le piante derivate dalle semine di marzo-inizio aprile, a causa delle temperature ancora relativamente basse, hanno manifestato uno svilup-

* CRA – Centro di Ricerca per le Colture Industriali, Bologna.

po iniziale molto più lento rispetto a quelle ottenute dagli impianti di fine aprile-metà maggio. Paradossalmente l'anticipo della semina ha determinato un allungamento del ciclo colturale. I genotipi saggianti, rappresentativi della gamma varietale disponibile, hanno raggiunto il massimo accumulo di sostanza secca a di fine settembre.

Parole chiave: colture energetiche, ciclo colturale, epoche di semina e di raccolta, produzione.

Abstract

Sweet and fiber sorghum are promising highly productive annual energy crops, well suited for rainfed cultivation in Northern Italy. Unlike other lignocellulosic crops, fiber and sweet sorghum can be easily introduced in rotation of annual crops, therefore are well accepted by the farmers. Nevertheless, one major shortcoming of sorghum is represented by the high moisture content of the biomass at harvest, that might be eventually lowered by allowing natural drying of the harvested biomass in the field during the late summer. The scope of this study was to assess which combination of sowing and harvest time can allow an early harvest, and therefore the desiccation of the product in the field. A field experiment has been carried out in Anzola dell'Emilia (Lat. 44° 57' N, 11° 16' E), Low Po Valley, Northern Italy, in the years 2009 and 2010. The sorghum hybrids Biomass 133 (fiber) and Sucre 506 (sugar) were used in the trial. Both cultivars were tested on three sowing dates (17/03, 17/04 and 25/05 in 2009; 2/04, 28/04 and 18/05 in 2010) in combination with three harvesting dates (28/07, 28/08 and 30/09 2009; 2/08, 2/09 and 30/09 in 2010). The experiment was fertilized with 120 kg N ha⁻¹, splitted in two doses, and 120 kg P₂O₅. The crop was not irrigated. Results show that the biomass dry matter yield was not influenced by the sowing date. Unlike sowing dates, the harvest time had a substantial effect of dry matter yield. On average, the yield of the second harvest date was +35.4 % higher than the early harvest, and the late harvest date was +13.8 % higher than the second harvest. These higher yields were accompanied by an increase of culms height, +18.7 % in the second date, and +2.3 % for the third date. Yet, with the delay of harvest the fraction of leaves decreased (-8.8 % and -3.5 %, respectively) while the sugar concentration of the stems increased (+6.4 and +2.2 °Brix). Overall, the higher yields, about 26 Mg dry matter ha⁻¹, and the higher product quality, were obtained by the combination of second and third sowing dates with the last harvest date. Our data indicates that under our environmental conditions of Northern Italy, an early sowing does not allow to obtain higher productivity nor to anticipate the harvest date. Yet, our data confirm the excellent productivity in rainfed conditions of fiber and sugar sorghum to be used as an energy feedstock.

Keywords: energy crops, biomass moisture, biomass yield.

Introduzione

Un maggiore ricorso alle biomasse ad uso energetico, peraltro previsto dal pacchetto di misure approvato dall'UE nel marzo 2007 e noto come "principio del 20-20-20", comporterebbe numerosi vantaggi, fra cui: i) miglioramento della sicurezza dell'approvvigionamento e riduzione della dipendenza dalle importazioni di energia; ii) riduzione dell'inquinamento atmosferico; iii) aumento dell'occupazione; iv) nuove alternative di produzione e reddito per il settore agricolo; v) capacità del settore primario di fornire servizi di tipo territoriale, ambientale e sociale. Purtroppo, in Italia allo stato attuale non risultano ancora consolidati processi di filiera agro-energetici veri e propri, localizzati sul territorio e caratterizzati da una stretta connessione fra le diverse fasi delle filiere stesse. D'altra parte, nel nostro Paese l'interesse per l'utilizzo delle biomasse a fini energetici è maturato solo alla fine degli anni '90.

Con riferimento alle filiere 'termo-elettrica' e 'bioetanolo', le ricerche svolte in questi ultimi anni hanno permesso di individuare le specie più idonee al territorio nazionale (Di Candilo *et al.*, 2009). Le più promettenti manifestano buone potenzialità produttive, ridotte esigenze di input energetici e buon adattamento anche agli ambienti considerati marginali (Di Candilo *et al.*, 2008; Foti e Cosentino, 2001; Amaducci *et al.*, 2000). Fra le erbacee annuali il *Sorghum bicolor* L. Moench risulta molto interessante in relazione alle sue capacità di accumulo di sostanza secca (Di Candilo *et al.*, 2010; Loomis e Williams, 1963). A tale specie appartengono sia i sorghi da fibra, sia i sorghi zuccherini: le due tipologie, simili dal punto di vista morfologico, si caratterizzano per avere una elevata efficienza fotosintetica (C4), dote che si esalta particolarmente in ambienti caratterizzati da elevata intensità luminosa ed elevata temperatura, tipici del clima mediterraneo (Heichel, 1976). Inoltre, la pianta presenta buon adattamento ad una vasta gamma di terreni, compresi quelli salini (Rivelli *et al.* 2002; Yang *et al.* 1990) e buona efficienza d'uso dell'azoto (Fagnano *et al.*, 2002; Lovelli *et al.*, 2001) e dell'acqua (Habyarimana *et al.*, 2004; Cosentino, 1996). In condizioni ottimali di rifornimento idrico il sorgo è in grado di raggiungere produzioni superiori a 40 t ha⁻¹ di sostanza secca ed una efficienza d'uso dell'acqua (WUE) pari a 4.8-5.3 g l⁻¹, assai elevata, specie se comparata con quella di altre colture nello stesso ambiente (Cosentino *et al.*, 2006), mentre in condizioni opposte la WUE migliora per effetto di una serie di modificazioni morfologiche, che gli garantiscono buona tolleranza agli stress idrici (Habyarimana *et al.*, 2002; Kebede *et al.*, 2001).

Altri aspetti positivi della coltura sono il facile inserimento negli avvicendamenti colturali e la possibilità di utilizzare un parco macchine già presente nelle aziende. L'interesse crescente per questa specie deriva anche dal fatto che, trattandosi di pianta erbacea a ciclo annuale, consente, a differenza delle poliennali, un indirizzo produttivo flessibile. In altri termini, almeno in questa fase di avvio delle filiere agro-energetiche, molti agricoltori preferiscono impegnarsi con il sorgo, piuttosto che con la canna comune o con il pioppo, poiché permette di riconvertire prontamente il terreno.

Una criticità del sorgo, evidente soprattutto nel Nord-Italia per le varietà a ciclo più lungo, che sono anche le più produttive, riguarda la scarsa propensione della biomassa all'essiccamento naturale in campo dopo lo sfalcio. La lenta disidratazione è dovuta a motivi strutturali della pianta, ovvero al fatto che l'umidità è concentrata soprattutto nel midollo centrale del fusto e che le foglie e lo stesso fusto sono cutinizzati e coperti di pruina.

Allo scopo di valutare la possibilità di anticipare il ciclo colturale della specie è stata svolta una prova di confronto fra tre epoche di semina in combinazione con tre epoche di raccolta della biomassa.

Materiali e metodi

La prova è stata svolta nel biennio 2009-2010 presso l'azienda agraria sperimentale "Cà Rossa" del CRA-CIN ad Anzola dell'Emilia (BO), nella Bassa Pianura Padana (Lat. 44°32'N, Long. 11°80'E, 38 m a.s.l.). Il terreno utilizzato è franco-limoso, classificato come Udifluventic Haplustepts fine silty, mixed mesic (Soil Taxonomy, 2003). La piovosità media annua della località è di circa 600 mm.

L'esperimento ha previsto il confronto fra due ibridi di sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench): 'Biomass 133', commercializzato come tipo da fibra, e 'Sucre 506', indicato come tipo zuccherino. Ciascun genotipo è stato sottoposto a tre successive epoche di semina (17/3, 17/4 e 25/5 nel 2009; 2/4, 28/4 e 18/5 nel 2010) e a tre epoche di raccolta (28/7, 28/8 e 30/9 nel 2009; 2/8, 2/9 e 30/9 nel 2010). Le tesi sono state distribuite in campo secondo uno schema sperimentale a split-plot, con tre ripetizioni e randomizzazione delle epoche di semina nelle parcelle intere, delle varietà nelle sub-parcelle e delle raccolte nelle sub-sub-parcelle, la cui superficie era di 20 m².

La semina è stata eseguita con seminatrice pneumatica parcellare (Vignoli: mod. Cobra), deponendo il seme a distanze di 45 cm fra le file e 10 cm sulla fila, pari ad una densità di 22 semi m⁻², per un investimento teorico atteso di 13-15 piante m⁻². All'impianto della coltura sono stati apportati 120 kg ha⁻¹ di P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ di N sotto forma ammoniacale. Successivamente, alla levata delle piante sono stati somministrati altri 60 kg ha⁻¹ di azoto sotto forma di nitrato ammonico.

Per il controllo delle infestanti sono stati eseguiti due trattamenti chimici, di cui uno in pre-semina con Mastife (glyphosate), in dose di 5 l ha⁻¹, e l'altro in pre-emergenza con Prolex TZ (terbutilazina+propaclar), anch'esso in dose di 5 l ha⁻¹; inoltre, sono state eseguite due fresature interfilari.

Nel 2009, a causa dell'andamento stagionale particolarmente siccitoso nel periodo inizio maggio-metà giugno, soprattutto per supportare la coltura dell'ultima semina (25/5) sono stati eseguiti due interventi irrigui di soccorso in data 25 maggio e 11 giugno, per un volume complessivo di 90 mm.

In entrambe le annate si è intervenuti con la prima raccolta quando il 50% delle piante della prima epoca di semina avevano emesso il panicolo.

I rilievi in ciascuna raccolta e per ciascuna parcella hanno interessato i caratteri: i) densità d'investimento; ii) altezza dei culmi; iii) diametro basale dei culmi; iv) produzione di biomassa fresca ripartita nelle sue componenti (foglie, culmi e panicoli); v) percentuale di umidità di queste ultime; vi) produzione di sostanza secca; vii) incidenza delle componenti della biomassa; e viii) grado zuccherino dei succhi (°Brix).

Nel corso delle due annate sono stati rilevati, inoltre, i principali parametri climatici (precipitazioni e temperature).

Risultati e discussione

Andamento meteo

Nel sito aziendale la piovosità pluriennale complessiva, nel periodo compreso fra inizio marzo e fine settembre è di 315 mm. Le precipitazioni cumulate, corrispondenti allo stesso periodo, sono state di 341 mm nel 2009 e 504 mm nel 2010 (Fig. 1). In quest'ultimo anno, oltre ad aversi una maggiore piovosità nel corso della prova (+189 mm rispetto al 2009), si è avuto anche una migliore distribuzione della piovosità stessa nel tempo.

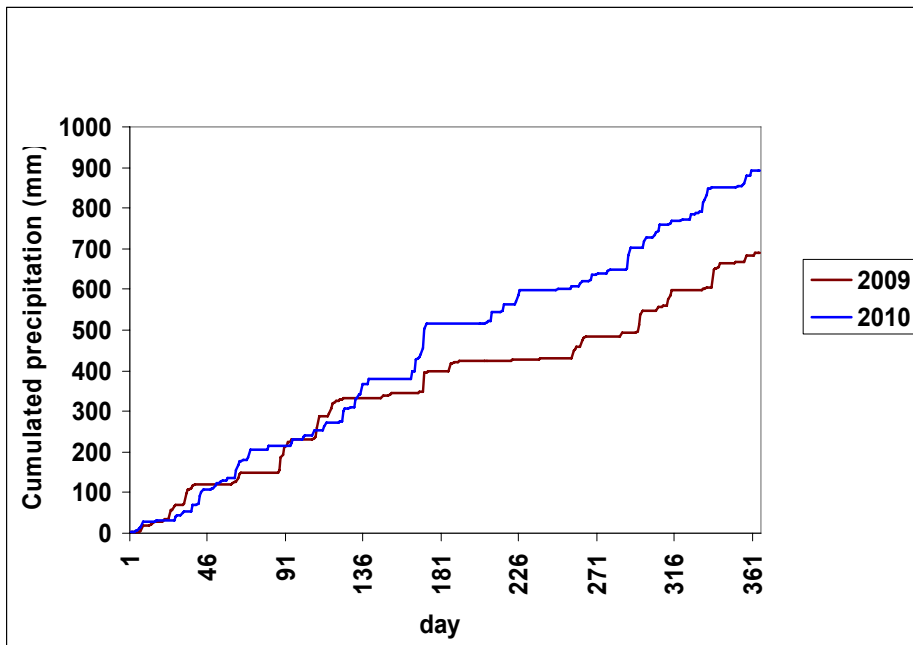


Figura 1 - Precipitazioni cumulate registrate nella località delle prove nel biennio 2009-2010.

Anche riguardo all'andamento termico si sono avute differenze fra le due annate (Fig. 2): nel 2010, rispetto al 2009, sono state riscontrate temperature minime più basse all'avvio della prova (prime due decadi di marzo e di aprile) e nell'ultima fase del ciclo colturale (agosto-settembre); inoltre, le temperature massime sono state inferiori a quelle del 2009 per tutto il mese di maggio e agosto.

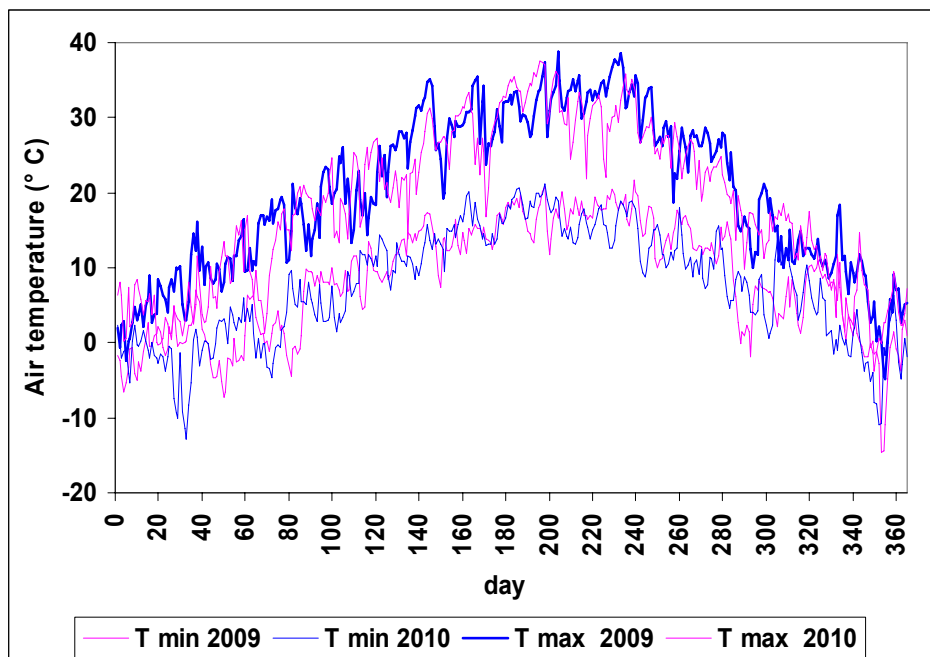


Figura 2 - Andamento delle temperature nella località delle prove nel biennio 2009-2010.

Caratteri biometrici dei culmi e produttività

L'analisi statistica dei dati ha evidenziato effetti significativi dei fattori allo studio sui caratteri biometrici e produttivi delle piante, indotti sia singolarmente che in interazione fra loro.

Effetti medi delle annate. Nel 2010, grazie alla maggiore piovosità rispetto al 2009, la coltura ha manifestato una migliore performance (Tab. 1). In particolare, si è avuta una maggiore produzione di biomassa, sia in termini di prodotto fresco (+40.2%), sia come sostanza secca (+41.6%). L'incremento di resa è conseguente alla maggiore altezza dei culmi (+25.5%) e al maggiore diametro dei culmi stessi (+13.6%). Inoltre, va evidenziato che anche la composizione della biomassa è risultata differente nelle due annate: nel 2010 si sono avuti maggiore incidenza dei culmi (64.7 contro 59.9%) e minori frazioni di foglie e panicoli.

Tabella 1 - Effetti medi delle annate sulle caratteristiche biometriche e produttive delle piante.

Caratteri		2009	2010
Biomassa fresca	(t ha ⁻¹)	61.9	86.8**
Altezza culmi	(cm)	304.9	382.5**
Diametro basale culmi	(mm)	17.7	20.1**
Nodi culmo-1	(n.)	10.7	11.7**
Sostanza secca	(t ha ⁻¹)	17.3	24.5**
Culmi	(%)	59.9	64.7**
Foglie	(%)	25.1	23.4**
Panicoli	(%)	15.0	11.8**

** : significativamente diversi per P=0.01 (test F)

Effetti medi delle epoche di semina. Le epoche d'impianto della coltura hanno influito sensibilmente sulla densità d'investimento, sulle dimensioni dei culmi, sulla incidenza delle componenti della biomassa, sulla produzione di prodotto fresco, ma non sulla resa in sostanza secca (Tab. 2). L'ultima semina, grazie ai maggiori livelli termici del terreno, ha determinato una maggiore emergenza di plantule e, quindi, una densità d'investimento superiore rispetto ai due precedenti impianti. D'altro canto, la seconda semina, ovvero quella consuetudinaria, ha dato luogo a culmi più alti, di maggiore diametro e con maggior numero di nodi rispetto alla terza semina. Tuttavia, come già accennato non sono state riscontrate differenze di rilievo fra le epoche d'impianto relativamente alla produzione di sostanza secca. Ciò, in quanto le maggiori dimensioni dei culmi delle prime due epoche di semina hanno giusto compensato le minori fittezze d'investimento. D'altra parte, le differenze di produzione in biomassa fresca riscontrate fra le tre epoche di semina erano dovute alle differenti percentuali di umidità del prodotto al momento dello sfalcio, basso per quello della prima semina (67.9%) e crescente per le altre due (+2.9 e +8.0 punti percentuali).

Tabella 2 - Effetti medi delle epoche di semina sulle caratteristiche biometriche e produttive delle piante.

Caratteri		I epoca	II epoca	III epoca
Culmi m ⁻²	(n.)	14.6 b	14.3 b	17.8 a
Biomassa fresca	(t ha ⁻¹)	64.3 c	76.6 b	82.1 a
Altezza culmi	(cm)	352.6 a	361.1 a	317.3 b
Diametro basale culmi	(mm)	17.9 c	19.9 a	19.0 b
Nodi culmo ⁻¹	(n.)	11.2 b	11.7 a	10.8 c
Umidità	(%)	67.9 c	70.8 b	75.9 a
Sostanza secca	(t ha ⁻¹)	20.5 a	22.0 a	20.2 a
Culmi	(%)	59.7 c	62.3 b	64.1 a
Foglie	(%)	19.8 c	23.8 b	29.2 a
Panicoli	(%)	20.4 a	13.9 b	6.0 c
°Brix	(%)	16.1 a	14.7 a	12.1 b

Valori della stessa riga contrassegnati da lettere diverse differiscono significativamente per P=0.05 (test di Duncan).

L'epoca di semina sembra influire sensibilmente sulla composizione della biomassa. Infatti, posticipando l'impianto sono cresciute progressivamente l'incidenza dei culmi e delle foglie, mentre è diminuita quella dei panicoli.

L'epoca d'impianto della coltura ha influenzato anche il grado zuccherino dei succhi che ha raggiunto il valore massimo nella coltura della prima epoca di semina (16.1 °Brix) e quello significativamente più basso con la terza semina.

Effetti medi delle raccolte. Contrariamente alle epoche di semina, le raccolte hanno influito rilevantemente sulla produzione di sostanza secca. Di fatto, quest'ultima, in media, è aumentata passando dalla prima alla seconda raccolta (+35.4%) e da quest'ultima alla terza (+13.8%). Tali incrementi di produzione sono spiegati dall'aumento dell'altezza delle piante (+18.7% e +2.3%). Posticipando la raccolta è diminuita progressivamente l'umidità della biomassa al momento dello sfalcio, si è ridotta l'incidenza delle foglie sulla biomassa totale (-8.8 e -3.5 punti percentuali), è aumentata l'incidenza dei panicoli sulla biomassa totale ed è cresciuto il grado zuccherino del succo spremuto dai culmi (+6.4 e +2.2 °Brix).

Tabella 3 - Effetti medi delle epoche di raccolta sulle caratteristiche biometriche e produttive delle piante.

Caratteri		I raccolta	II raccolta	III raccolta
Biomassa fresca	(t ha ⁻¹)	73.1 b	72.1 b	77.9 a
Altezza culmi	(cm)	303.2 b	359.8 a	368.0 a
Nodi culmo ⁻¹	(n.)	10.0 c	11.5 b	12.2 a
Umidità	(%)	77.6 a	69.4 b	67.7 c
Sostanza secca	(t ha ⁻¹)	16.1 c	21.8 b	24.8 a
Culmi secchi	(t ha ⁻¹)	10.0 c	13.8 b	15.6 a
Panicoli secchi	(t ha ⁻¹)	1.2 c	3.1 b	4.4 a
°Brix	(%)	9.3 c	15.7b	17.9 a

Valori della stessa riga contrassegnati da lettere diverse differiscono significativamente per P=0.05 (test di Duncan).

Effetti medi indotti dalle varietà. Pur raggiungendo lo stesso livello produttivo (21 t ha⁻¹ s.s.) le due cultivar si sono differenziate significativamente per i caratteri biometrici dei culmi, per i rapporti fra le componenti della biomassa e per l'umidità del prodotto fresco (Tab. 4). 'Biomass 133' ha mostrato culmi più alti (+11.5%) e di maggior diametro (+3.8%), minore umidità della biomassa e minore rapporto foglie/biomassa. 'Sucre 506', da parte sua, ha presentato maggiore fittezza dei culmi (+19.0%) e minore rapporto panicoli/biomassa.

Va sottolineato che i due ibridi, l'uno commercializzato come tipo da fibra (Biomass 133) e l'altro come tipo zuccherino (Sucre 506), non si sono differenziati per grado zuccherino.

Tabella 4 - Effetti medi delle varietà sulle caratteristiche biometriche e produttive delle piante.

Caratteri		Biomass 133	Sucre 506
Culmi m ⁻²	(n.)	14.2	16.9**
Biomassa fresca	(t ha ⁻¹)	71.2	77.5**
Altezza culmi	(cm)	362.4	325.0**
Diametro basale culmi	(mm)	19.3	18.6**
Umidità	(%)	70.0	73.0**
Sostanza secca	(t ha ⁻¹)	21.0	20.8 n.s.
Foglie	(%)	23.2	25.3**
Panicoli	(%)	14.9	12.0**
°Brix	(%)	14.2	14.3 n.s.

** : significativamente diverso per P=0.01 (test F); n.s.: non significativo

Effetti dell'interazione "epoche di semina x epoche di raccolta". Azioni combinate di questi due fattori hanno interessato la produzione di sostanza secca, l'altezza dei culmi e l'umidità della biomassa fresca (Tab. 5). Di fatto, le maggiori rese di sostanza secca (26.0 e 25.9 t ha⁻¹) sono state raggiunte nelle parcelle seminate in seconda e terza epoca e raccolte in ultima epoca. Con la combinazione 'seconda epoca di semina – terza raccolta' si è avuta anche la massima altezza dei culmi (378 cm), che tuttavia non si è differenziata dai valori relativi alla combinazione 'seconda epoca di semina – seconda raccolta' e 'terza epoca di semina – terza raccolta'. I minori contenuti di umidità della biomassa allo sfalcio sono stati rilevati per la prima epoca d'impianto combinata con la seconda e la terza raccolta (66.6 e 65.3%, rispettivamente).

Tabella 5 - Effetti dell'interazione "epoche di semina x epoche di raccolta" sulla resa in biomassa, sull'altezza dei culmi e sull'umidità della biomassa fresca.

Epoche di semina	Sostanza secca (t ha ⁻¹)			Altezza pianta (cm)			Umidità della biomassa (%)		
	I raccolta	II raccolta	III raccolta	I raccolta	II raccolta	III raccolta	I raccolta	II raccolta	III raccolta
I	18.8 cd	20.2 c	22.5 b	345 ef	352 de	361 bd	71.9 d	66.6 fg	65.3 g
II	17.1 d	23.0 b	26.0 a	335 f	371 ab	378 a	76.6 b	68.1 f	67.6 f
III	12.4 e	22.3 b	25.9 a	229 g	357 ce	366 ac	84.2 a	73.5 c	70.1e
P=0.05		1.91			11.89			1.52	
DMS									
P=0.05		2.55			15.86			2.03	

Altri effetti combinati dei due fattori in discorso hanno interessato la composizione della biomassa e il grado zuccherino (Tab. 6): le maggiori incidenze dei culmi sulla

biomassa totale (66.3 e 68.0%) sono state raggiunte con la coltura derivante dalla terza epoca di semina in combinazione con la seconda e con la terza raccolta. Il grado zuccherino, invece, ha raggiunto i valori tendenzialmente più elevati con la prima e la seconda semina combinate con la terza raccolta (17.8 e 18.5 °Brix).

Tabella 6 - Effetti dell'interazione "epoche di semina x epoche di raccolta" sulle componenti della biomassa e sul grado zuccherino dei succhi.

Epoche di semina	Culmi/biomassa (%)			Panicoli/biomassa (%)			°Brix (%)		
	I raccolta	II raccolta	III raccolta	I raccolta	II raccolta	III raccolta	I raccolta	II raccolta	III raccolta
I	62.3 bc	59.6 cd	57.3 d	13.8 d	20.6 b	26.8 a	12.5 c	17.4 ab	18.5 a
II	63.4 b	62.3 bc	61.2 bc	6.1 f	16.3 c	19.3 b	9.4 d	16.8 b	17.8 ab
III	60.1 cd	66.3 a	68.0 a	0.2 g	7.5 f	10.4 e	6.1 e	12.8 c	17.4 ab
P=0.05		2.72			1.94			1.22	
DMS									
P=0.01		3.63			2.59			1.62	

Effetti dell'interazione "varietà x epoche di semina". I dati relativi a tali effetti sono riportati in tabella 7. Dal loro esame si può osservare che le produzioni di sostanza secca delle due cultivar si sono differenziate in relazione all'epoca d'impianto, così mentre 'Sucre 506' ha raggiunto la massima produzione (23 t ha⁻¹) in seconda epoca di semina, 'Biomass 133', invece, non ha risentito in alcun modo dell'epoca d'impianto. L'altezza dei culmi per 'Biomass 133' è aumentata sensibilmente passando dalla prima alla seconda semina, per 'Sucre 506', invece, le altezze maggiori dei culmi si sono avute con le prime due epoche d'impianto senza differenziarsi fra loro. Analogamente, il rapporto culmi/biomassa nel caso di 'Biomass 133' è aumentato rilevantemente passando dalla prima alla seconda epoca di semina e da quest'ultima alla terza; al contrario, per 'Sucre 506' non si sono avute differenze di rilievo fra i valori delle prime due semine, né fra seconda e terza semina.

Tabella 7 - Effetti dell'interazione "epoche di semina x varietà" su resa in sostanza secca, altezza culmi e incidenza dei culmi sulla biomassa totale.

Epoche di semina	Sostanza secca (t ha ⁻¹)		Altezza culmi (cm)		Culmi/biomassa (%)	
	Biomass133	Sucre 506	Biomass133	Sucre 506	Biomass133	Sucre 506
I	20.5 b	20.5 b	369.2 b	336.0 c	58.1 d	61.4 c
II	21.0 b	23.0 a	384.9 a	337.3 c	61.4 c	63.0 bc
III	21.4 b	19.0 c	332.9 c	301.7 d	66.1 a	63.5 b
P=0.05		0.94		9.25		1.83
DMS						
P=0.01		1.32		12.97		2.57

Conclusioni

I risultati ottenuti indicano che nel Nord Italia l'anticipo della semina del sorgo da biomassa non consente di anticipare la raccolta. Di fatto, le massime rese sono state ottenute dalle coltivazioni seminate a fine aprile-metà maggio e raccolte tardivamente a fine settembre. Le piante derivate dalle semine di marzo-inizio aprile, a causa delle temperature ancora relativamente basse, hanno manifestato uno sviluppo iniziale molto più lento rispetto a quelle ottenute dagli impianti di fine aprile-metà maggio. Paradossalmente l'anticipo della semina ha determinato un allungamento del ciclo colturale. Purtroppo, il sorgo è piuttosto esigente dal punto di vista termico, con un minimo di germinazione a 10°C, un minimo di vegetazione a 13°C e un optimum di crescita a 27-28°C (Ferraris e Charles-Edwards, 1986; Vanderlip e Reeves, 1972).

I genotipi saggiati, rappresentativi della gamma varietale disponibile, raggiungono il massimo accumulo di sostanza secca non prima di fine settembre. D'altro canto è sconsigliabile posticipare la raccolta oltre metà settembre, poiché aumenta sensibilmente il rischio di condizioni pedo-climatiche sfavorevoli (eventi piovosi, rugiade, abbassamenti termici) che influirebbero negativamente sull'esito della raccolta meccanica e sui tempi di essiccazione della biomassa. Per favorire il processo di disidratazione e ridurre i tempi di esposizione del prodotto sfalciato in campo è fondamentale impiegare falcia-condizionatrici in grado di realizzare una frequente ed omogenea fessurazione dello stelo, oltre ad una uniforme deposizione a terra, evitando accumuli e facilitando la circolazione dell'aria (Pari *et al.*, 2009). Ovviamente, questo problema non si pone per il sorgo zuccherino se destinato alla produzione di biogas, poiché in questo caso viene raccolta la biomassa fresca tramite falcia-trincia-caricatrice.

Sotto il profilo produttivo, il sorgo si è confermato molto interessante per la realizzazione di colture dedicate alla produzione di bioenergia. L'interesse per questa specie deriva anche dal fatto che, trattandosi di pianta erbacea a ciclo annuale, consente, a differenza delle poliennali, un indirizzo produttivo flessibile, aspetto non di poco conto in presenza di incertezza imprenditoriale, come in questo periodo.

Bibliografia

- Amaducci S., Amaducci M.T., Beneti R., Venturi G., 2000. Crop yield and quality parameters of four annual fibre crops (hemo, kenaf, maize and sorghum) in the North of Italy. *Industrial Crops and Products* 11, 179-186.
- Cosentino S. (1996). Crop physiology of sweet *Sorghum* (*Sorghum bicolor* L. Moench) in relation to water and nitrose stress. Proceedings of the "First European Seminar on Sorghum", Tolosa, april 1-3, 30-41.

- Cosentino S., Foti S., Venturi G., Giovanardi R., Copani V., Mantineo M., D'Agosta G., Bezzi G., Tassan Mazzocco G., 2006. Agroindustria, 4, 1, 35-48.
- Di Candilo M., Ceotto E., Barbanti L., Fazio S., Monti A., Venturi G., 2009. Le colture ligno-cellulosiche per la produzione di biomassa da energia. In: Ranalli P. (Ed.) Le piante industriali per una agricoltura multifunzionale. Edizioni Avenue Media, 2009. Capitolo 9, pp. 199-244. ISBN: 978-88-86817-53-0.
- Di Candilo M., Ceotto E., Del Gatto A., Mangoni L., Pieri S., Diozzi M., 2010. Valutazione delle caratteristiche produttive ed energetico-qualitative di varietà di sorgo da fibra e da zucchero in ambienti del Centro-nord Italia. Dal Seme, 3, 46-55.
- Di Candilo M., Ceotto E., Diozzi M., 2008. Comparison of 7 ligno-cellulosic biomass feedstock species: 6-years results in the Low Po Valley. In: Rossi Pisa P. (ed.) 10th Congress of the European Society of Agronomy, Bologna, Multifunctional Agriculture, Agriculture as a Resource for Energy and Environmental Preservation. Italian Journal of Agronomy, Vol. 3, No. 3 suppl., 481-482.
- Fagnano M., Postiglione L., 2002. Sorgo da energia in ambiente mediterraneo: effetto della concimazione azotata con limitati apporti idrici. Rivista di Agronomia, 36, 227-232.
- Ferraris R., Charles-Edwards D.A., 1986. A comparative analysis of the growth of sweet and forage sorghum crops. I. Dry matter production, phenology and morphology. Australian Journal of Agricultural Research, 37, 495-512.
- Foti S., Cosentino S., L., 2001. Colture erbacee annuali e poliennali da energia. Rivista di Agronomia 35, 200-215.
- Habyarimana E., Laureti D., De Ninno M., Lorenzoni C., 2004. Performances of biomass sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) under different water regimes in Mediterranean regions. Industrial Crops and Products, 20, 23-28.
- Habyarimana E., Laureti D., Di Fonzo N., Lorenzoni C., 2002. Biomass production and drought resistance at the seedling stage and in field conditions in *Sorghum*. Maydica 47, 303-309.
- Heichel G.H., 1976. Agricultural production and energy resources. Am. Scientist 64, 64-72.
- Kebede H., Subudhi P.K., Rosenow D.T., Nguyen H.T., 2001. Quantitative trait loci influencing drought tolerance in grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Theor. Appl. Genet. 103, 266-276.
- Loomis R.S., Williams W.A., 1963. Maximum crop productivity: an estimate. Crop Science 3, 67-71.
- Lovelli S., Perniola M., Monteleone M., Nardiello I., Rivelli A.R., 2001. Bilancio e dinamica dell'azoto in coltura di sorgo zuccherino (*Sorghum vulgare* L. var. *saccharatum*): aspetti agronomici ed ambientali. Atti del 34th Convegno della Società Italiana di Agronomia. Pisa 17-21 settembre 2001, 188-189.
- Pari L., Assirelli A., Suardi A., 2009. Migliorato il condizionamento del sorgo da fibra alla raccolta. L'Informatore Agrario, Supplemento al n. 29, 16-18.

- Rivelli A.R., Lovelli S., Nardiello I., Perriola M., Gherbin P., 2002. Effetto della salinità sull'accrescimento e sulla risposta produttiva del sorgo da carta. *Rivista di Agronomia*, 36, 133-139.
- Soil Survey Staff, 2003. *Keys to Soil Taxonomy*, 9th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- Vanderlip R.L., Reeves, H.E., 1972. Growth stages of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Agronomy Journal*, 64, 13-16.
- Yang Y.W., Newton R.J., Miller F.R., 1990. Salinity tolerance in *Sorghum*. I. Whole plant response to sodium chloride in *S. bicolor* and *S. halepense*. *Crop Science*, 30, 775-781.

3

Coltivazione nel Sud Italia

a - Tecnica colturale del sorgo da biomassa nel Sud Italia

The cultivation of biomass sorghum in southern Italy

Salvatore Luciano Cosentino*, **Marcello Mastrorilli****,
Alessandro Saita*, **Giovanni Scalici***

Riassunto

In questo lavoro vengono passati in rassegna i principali risultati ottenuti sul sorgo da biomassa (zuccherino e da fibra) [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] in ambiente caldo-arido mediterraneo. In particolare vengono riportati alcuni aspetti della tecnica colturale relativi a: lavorazione del terreno, epoca di semina, rotazione colturale, concimazione (azotata e fosfatica), irrigazione, trattamenti antiparassitari e raccolta. Sono stati riportati inoltre i risultati di una prova sperimentale condotta nell'ambito del progetto "FAESI" (Filiera bioenergetica del Sud Italia), finanziato dal Ministero italiano dell'Agricoltura (MiPAF), nella Piana di Catania che aveva l'obiettivo di valutare la produttività di 19 genotipi di sorgo zuccherino e da fibra (M81-E, Topper76-6, Dale, Sugargraze, Nectar, Padana 4, Nicol, Sucro 506, Bulldozer, Silage King, Maja, Padana 1, Hayday, Jumbo, PR849, PR811, PR895, Biomass H133, Sucro 405) coltivati con differenti disponibilità idriche: fino all'insediamento delle plantule (I_0), I_0 + restituzione del 50% dell'ETm (Partial rootzone drying), I_0 + restituzione del 100% dell'ETm (I_{100}). La coltura è stata seminata il 3 giugno 2010 e sono stati apportati 192,5 mm e 345 mm di acqua rispettivamente nella tesi 50% e 100% di restituzione dell'ETm. La produzione di biomassa fresca, nella media dei genotipi e dei trattamenti ($50,5 \text{ t ha}^{-1}$), è variata significativamente tra i due fattori allo studio. Nelle migliori condizioni di irrigazione (I_{100}) è stata registrata una resa di $69,0 \text{ t ha}^{-1}$, mentre nelle tesi 50% e 0% si sono registrati valori di $58,1 \text{ t}$

* Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agrarie e Alimentari (DISPA), Università degli Studi di Catania.

** Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura - Unità di ricerca per i sistemi colturali degli ambienti caldo-aridi CRA-SCA.

ha⁻¹ e 24,3 t ha⁻¹ rispettivamente; mentre i valori di biomassa secca sono stati di 16,9 t ha⁻¹, 15,6 t ha⁻¹ e 5,6 t ha⁻¹ rispettivamente per la tesi 100%, 50% e 0%. La tecnica della Partial rootzone drying che ha permesso di risparmiare circa il 35% di acqua rispetto alla restituzione del 100% dell'ETp, ha determinato valori più elevati di WUE.

Parole chiave: *Sorghum bicolor* L. Moench; resa; stress idrico; ambiente mediterraneo.

Abstract

*In this paper the main results obtained on sorghum biomass (sugar and fiber types) [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] in a semi-arid Mediterranean environment are reviewed. In particular some aspects of cultural practices as soil tillage, time of planting, crop rotation, fertilization (nitrogen and phosphate), irrigation, treatments against parasites and harvest are discussed. The results of a research carried out within the project "FAESI" (Filiera bioenergetica del Sud Italia) funded by the Italian Ministry of Agriculture (MiPAF) with the aim of evaluating the productivity of nineteen sweet and fiber sorghum genotypes (M81-E; Topper 76-6; Dale; Sugargraze; Nectar; Padana 4; Nicol; Sucro 506; Bulldozer; SilageKing; Maja; Padana 1; Hayday; Jumbo; PR849; PR811; PR895; H133; Sucro 405) with different irrigation treatments (I_0 -0% ETc restoration; I_{50} -50% ETc restoration PRD (Partial Root Zone Drying); I_{100} -100% ETc restoration are also reported. The crop was sown on June 3rd, 2011 and a total amount of irrigation water of 345 mm and 193 mm were supplied in I_{100} and I_{50} regimes, respectively. The above ground fresh biomass, on average of genotypes was 69,0 t ha⁻¹ in fully irrigated treatment (I_{100}), 58,1 t ha⁻¹ in I_{50} and 24,3 t ha⁻¹ in I_0 , while the dry matter yield was equal to 16,9 t ha⁻¹, 15,6 t ha⁻¹ and 5,6 t ha⁻¹ under I_{100} , I_{50} and I_0 regimes respectively. The PRD (Partial Rootzone Drying) application allowed to obtain a higher WUE compared to I_{100} treatment. The application of the PRD (Partial Rootzone Drying), which has resulted in water savings of about 35% compared with the conventional technique of irrigation (I_{100} -100% ETc), has determined a higher WUE.*

Keywords: *Sorghum bicolor*; Biomass yield; Drought stress; Mediterranean region.

Introduzione

Tra le colture da biomassa per energia, il sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], sia da fibra che zuccherino, è considerato una delle specie più promettenti, essendo una coltura a ciclo C4 e destando interesse per la produzione di bioetanolo di prima e seconda generazione. In relazione alle sue esigenze fototermiche questa coltura è ritenuta adatta agli ambienti dell'Europa meridionale, anche se per potere espletare la sua notevole potenzialità produttiva necessita di apporti idrici supplementari (Cosentino, 1996; Perniola *et al.*, 1997; Mastrolilli *et al.*, 1998). È noto, peraltro, che la col-

tura, sempre in rapporto alla sua origine, presenta spiccate caratteristiche biologiche e fisiologiche di arido resistenza che le consentono di potere superare periodi di carenza idrica, arrestando momentaneamente accrescimento e sviluppo (Cosentino, 1996). La capacità di rallentare i processi vitali nei periodi più siccitosi, associata ad alcuni caratteri anatomici, quali un apparato radicale che può estendersi nel terreno ad una profondità di oltre 1,5 m, uno strato siliceo presente nell'endoderma radicale e una cuticola cerosa sulla parte aerea, conferiscono a questa pianta un'elevata resistenza agli stress idrici. Tuttavia, questa coltura, pur essendo dotata di spiccate caratteristiche di arido-resistenza, richiede apporti irrigui durante la stagione colturale che coincide con il periodo estivo (Cosentino, l.c.; Perniola *et al.*, 1999) con notevole aggravio dei costi di produzione. Il sorgo appartiene alla famiglia delle Poaceae, specie *Sorghum bicolor*, a ciclo C4. Originaria dell'Africa Centrale (Etiopia, Sudan, Ciad) e richiede alte temperature di crescita. È considerata la più produttiva coltura annuale per la produzione di biomassa (Cosentino e Copani, 2003). La parte aerea della pianta consiste di un culmo principale, che può superare i 4 m di altezza, e di un numero variabile di accestimenti. Nelle varietà zuccherine, al suo interno, il culmo è midolloso, succoso e ricco in zuccheri solubili la cui percentuale sul fresco può variare dall'8 al 14%. Lo stelo contiene il 36-40% di cellulosa, il 25-30% di emicellulosa e l'8-9% di lignina. L'infiorescenza è costituita da un panicolo di dimensioni molto più ridotte rispetto ai tipi da granella per evitare un eccessivo accumulo di carboidrati nel seme. I vantaggi legati alla sua coltivazione a fini energetici derivano dalla facilità con cui può essere introdotto negli ordinamenti colturali in atto applicando l'ordinaria tecnica colturale ed il parco macchine aziendale. I punti di debolezza riguardano allo stato attuale il reperimento del seme. Aspetti problematici sono costituiti dalla necessità dell'irrigazione negli ambienti meridionali, la suscettibilità all'allettamento, che si controlla in parte attraverso la tecnica agronomica (concimazione, irrigazione, densità di semina), in parte con la scelta dei genotipi. Nelle varietà da fibra, invece, la parte esterna del culmo è fibrosa, mentre la parte centrale appare, comunque, spugnosa. Nel sorgo da fibra si verifica una diversa destinazione del carbonio organicato durante la fotosintesi rispetto a quello da zucchero: nel tipo da fibra prevale la produzione di carboidrati strutturali, in particolare di cellulosa; nel tipo da zucchero, invece, almeno il 30% di tutta la sostanza secca accumulata è costituito da zuccheri semplici (saccarosio, glucosio e fruttosio) (Cosentino e Copani, 2003). I vantaggi specifici del sorgo da fibra riguardano il facile reperimento del seme, che attualmente viene prodotto e distribuito in Europa, la minore suscettibilità all'allettamento rispetto al tipo zuccherino, aspetto che costituisce, tra l'altro, uno degli obiettivi del miglioramento genetico a cui si sta lavorando in Italia.

Trattandosi di una coltura non destinata alla produzione di granella, il sorgo tollera lo stress idrico anche durante le fenofasi critiche. Nonostante le caratteristiche di arido-resistenza, negli ambienti meridionali il sorgo può essere introdotto in sistemi colturali in irriguo e nelle aziende agrarie dove è prevista l'irrigazione di soccorso. Il

rispetto dei principi dell'aridocoltura giova alla sostenibilità economica ed ambientale del sorgo da biomassa negli ambienti meridionali.

Rotazione

Il sorgo è considerata una coltura da rinnovo, dopo un cereale vernino. Nelle condizioni meridionali il sorgo da biomassa si avvantaggia della successione a erbai a semina autunnale o a colture leguminose, che compiano il proprio ciclo entro il mese di maggio.

Le colture cerealicole seminate dopo il sorgo sono soggette ad una minore produttività se non vengono adeguatamente rifornite di azoto.

Il ritorno del sorgo sullo stesso terreno deve avvenire ad intervalli non inferiori al biennio. Si sconsiglia il sorgo in coltura ripetuta.

Lavorazione del suolo

La preparazione del terreno è cruciale per la buona riuscita della coltura del sorgo da biomassa. Per la coltivazione del sorgo da biomassa si fa ricorso alla lavorazione convenzionale (aratura a 25-30 cm, seguita da una discissura a 10-15 cm) e, a seconda della natura del terreno e dell'organizzazione aziendale, si può ricorrere al minimum tillage (fino a 10-15 cm di profondità di lavorazione), ma anche alla semina su sodo (Saballos, 2008).

Semina

L'epoca di semina più idonea per il sorgo da biomassa è quella primaverile poiché la coltura non tollera il freddo e non cresce con basse temperature. La germinazione dei semi avviene a temperature del suolo superiori agli 8-10°C, generalmente considerata la soglia termica minima. La temperatura ottimale per l'emergenza è di 25°C (ISTA, 1996). In ambiente caldo arido mediterraneo il sorgo trova le migliori condizioni di luce e temperatura durante i mesi di maggio giugno e luglio. In condizioni di disponibilità idrica ottimale del terreno il sorgo raggiunge le sue massime produzioni. Al fine di ridurre l'apporto idrico artificiale sono stati condotti numerosi studi sulla stata studiata la possibilità di anticipare o ritardare l'epoca di semina. Con riferimento all'anticipo dell'epoca di semina è stato dimostrato che l'osmocondizionamento del seme determina una fase di pre-imbibizione del seme che permette la germinazione del seme anche a temperature inferiori alla soglia minima (Foti *et al.*, 2002). È stato rilevato in pieno campo, tuttavia, che nei terreni argillosi nelle condizioni di basse temperature ed elevata umidità che si determinano con le semine anticipate, solo i semi con il tegumento ricco in tannini presentano una buona germina-

bilità, mentre i semi con tegumento chiaro non riescono a germinare probabilmente preda di muffe (Patanè *et al.*, 2008). L'epoca di semina anticipata ha comunque determinato un lento sviluppo delle plantule e non ha ridotto la quantità di acqua di irrigazione necessaria per sostenere la crescita delle piante avvenuta in luglio (Foti *et al.*, 2001). Considerato che anche il controllo delle erbe infestanti risulta più difficile e costoso, l'epoca di semina anticipata non è ancora praticabile. Questo problema potrà essere superato con lo sviluppo di varietà resistenti alle basse temperature, tematica alla quale si stanno occupando numerosi enti di ricerca.

In Sicilia sono state condotte prove sperimentali per valutare la possibilità di ritardare l'epoca di semina in modo da sfruttare le piogge autunnali e risparmiare l'acqua per irrigazione. I risultati sono apparsi incoraggianti in quanto la quantità di acqua da somministrare si riduce considerevolmente, fino a circa 1/5 di quella normalmente richiesta dalla coltura, ed è necessaria soprattutto nelle prime fasi del ciclo (Cosentino *et al.*, 1999). La gestione di questa epoca di semina va condotta con molta attenzione poiché le prime fasi fenologiche sono assai delicate e richiedono frequenti irrigazioni per assicurare la disponibilità di acqua nello strato superficiale del terreno. Questo periodo coincide con l'assenza di precipitazioni e con una elevata domanda evaporativa, di conseguenza l'acqua fornita con l'irrigazione si perde, in parte, per evaporazione direttamente dal suolo e si riduce la capacità del sorgo di trasformare l'acqua in biomassa (Water Use Efficiency). Nel complesso l'efficienza d'uso dell'acqua irrigua migliora sensibilmente (Cosentino *et al.*, 2009; Mantineo *et al.* 2009).

È opportuno sottolineare che nelle condizioni che si realizzano con la semina tardiva, la resa si dimezza rispetto alle epoche ottimali a causa della riduzione della intensità di radiazione solare durante i mesi autunnali rispetto ai mesi primaverili estivi, e che le operazioni di raccolta potrebbero essere rese difficoltose dal suolo reso poco praticabile dalle piogge autunnali.

Va inoltre ricordato che il sorgo da biomassa qualora venga raccolto in autunno inoltrato e le ristoppie vengano lasciate nel terreno, queste nella primavera successiva sono in grado di ricacciare fornendo una nuova coltura che presenta il vantaggio di accrescersi velocemente nelle prime fasi poiché utilizza i materiali di riserva accumulati nella corona e nell'ipocotile e quindi di anticipare la raccolta e di conseguenza ridurre i consumi idrici.

Il letto di semina deve essere ben preparato e adeguatamente rifornito di elementi nutritivi.

Per consentire un buon insediamento della coltura e più alte rese è opportuno mantenere la coltura nelle migliori condizioni, attraverso il controllo delle infestanti, un'adeguata densità di semina e altre pratiche colturali che riducano la competizione intra ed inter specifica durante la fase di emergenza (30 giorni dalla semina). In questa fase lo sviluppo della coltura è piuttosto lento. Dal momento in cui il sorgo ha completato lo sviluppo dell'apparato radicale, la coltura accelera l'accrescimento e compete con le infestanti senza ulteriori interventi di diserbo.

Con riferimento alle modalità di semina si ricorda che l'investimento unitario può variare tra 10 e 20 piante per metro quadro con valori ottimali intorno a 12 piante m^{-2} . Un investimento unitario più alto può determinare l'allettamento delle piante, soprattutto nel sorgo zuccherino che presenta una struttura del culmo meno resistente del sorgo da fibra. La distanza fra le file può variare tra 50 e 70 cm in funzione delle esigenze meccaniche con una distanza all'interno della fila tra 11 e 17 cm. Considerato il peso dei mille semi (20-30 g) per ottenere questo investimento unitario è necessario utilizzare tra 4 e 6 kg di semente per ettaro. Tuttavia è opportuno calcolare la dose di seme in base alla germinabilità del seme, spesso inferiore al 100%. La profondità dei semina non deve superare i tre centimetri ed il seme deve essere coperto dal terreno. In considerazione delle dimensioni del seme potrebbe essere opportuna una rullatura del terreno dopo la semina.

Concimazione

Come per altre colture, la dose ottimale di fertilizzazione dipende dalla fertilità del suolo che ospita la coltura. In generale il sorgo è considerato meno esigente in elementi nutritivi rispetto al mais. Secondo alcuni studi (Monti *et al.*, 2003) il sorgo richiede circa il 40% in meno di azoto rispetto al mais. Ciò contribuisce al risparmio energetico poiché limita una delle voci di spesa (la fertilizzazione) che più delle altre incide sul bilancio energetico della coltura.

Comunque per la coltura del sorgo da biomassa non si possono fornire meno di 80 $Kg\ ha^{-1}$ di P_2O_5 , prima della semina, e di 60 $Kg\ ha^{-1}$ di N in copertura (nitrato ammonico). Dosi maggiori di 160 $Kg\ ha^{-1}$ di P_2O_5 (metà alla semina e metà in copertura) e di 120 $Kg\ ha^{-1}$ di N (60 $Kg\ ha^{-1}$ alla semina, come solfato ammonico, e 60 $Kg\ ha^{-1}$ in copertura, come nitrato ammonico) non sempre hanno dimostrato incrementi produttivi.

Il momento della concimazione appare altrettanto importante come la dose di elementi nutritivi da apportare alla coltura. Almodares and Darany (2006) indicano che l'altezza delle piante, il diametro dei culmi e la resa in biomassa secca aumentano in corrispondenza di un incremento di concimazione azotata effettuata allo stadio vegetativo, piuttosto che nel caso della distribuzione effettuata in corrispondenza dello stadio riproduttivo.

Concimazione azotata

Una ricerca condotta da Cosentino *et al.*, (2003) sul destino dell'azoto somministrato con concime minerale effettuata utilizzando l'azoto marcato N14 ha permesso di mettere in evidenza che l'azoto si ripartisce nelle tre componenti della biomassa secca epigea in modo variabile: il 57% circa si accumula nei culmi, il 40,7 % nelle foglie e il 2,41% nei panicoli. Nello stesso studio si afferma che il sorgo non sembra risentire di differenti dosi di concime azotato somministrato (compreso tra 60 e 180 Kg per ettaro), in quanto è stato dimostrato che anche in assenza di concimazione azotata è in grado di assumere cospicue quote di azoto dal terreno, aspetto di fonda-

mentale importanza nella prevenzione dei rischi legati alla lisciviazione dei composti azotati durante il periodo successivo alla raccolta (inverno), ma negativo nel periodo di lungo termine per la riduzione di azoto disponibile per la coltura successiva dal momento che ciò comporta un depauperamento della fertilità chimica del suolo (Cosentino *et al.*, 2003).

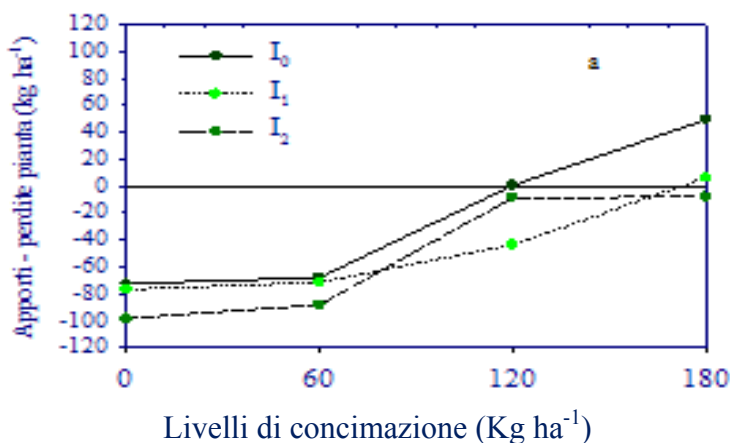


Figura 1 - Bilancio apparente dell'azoto nel terreno (entrate-uscite) in relazione alle dosi di azoto e ai livelli di irrigazione (I₀= testimone asciutto; I₁= restituzione del 50% dell'ETm; I₂= restituzione del 100% dell'ETm) (Cosentino *et al.*, 2003).

Inoltre, dosi crescenti di concime azotato (da 60 Kg ha⁻¹ a 180 Kg ha⁻¹), non determinano variazioni di resa significative ma comportano una differenza significativa nella quantità di azoto asportato dalla coltura (Consumo di lusso). Infatti l'efficienza dell'assorbimento dell'azoto (Nitrogen Use Efficiency = NUE), definita come il rapporto tra il concime assorbito dalla coltura ed il concime somministrato, è marcatamente influenzata dai livelli di azoto somministrato: con apporti crescenti di azoto (60-120-180 Kg ha⁻¹) si hanno indici di tale valore pari a 0,86, 0,38 e 0,40 rispettivamente (Cosentino *et al.*, 2003).

In condizioni di pieno soddisfacimento idrico, la differenza tra entrate ed uscite di azoto nel terreno raggiunge il punto di pareggio con una dose di concime di poco inferiore a 150 Kg ha⁻¹ di azoto, con disponibilità idriche ridotte, il punto di pareggio si raggiunge con 120 Kg ha⁻¹ di azoto (Fig. 1) (Cosentino *et al.*, 2003)

Ulteriori ricerche hanno posto in evidenza che la coltura di sorgo, in condizioni di pieno soddisfacimento idrico, sembra in grado di ridurre sensibilmente la concentrazione di nitrati nella soluzione circolante del suolo. In particolare si è notato che la riduzione si realizza a partire dal mese di luglio, quando le piante raggiungono la fase di levata ed interessa tutto il profilo del terreno esplorato dall'apparato radicale della coltura; tale indicazione rappresenta un significativo contributo al contenimento delle perdite di azoto per lisciviazione lungo il profilo del terreno (Cosentino *et al.*, 2011).

Un'importante pratica colturale che permette di ridurre l'apporto di azoto e conseguentemente contribuisce al bilancio energetico in senso positivo è la rotazione colturale di sorgo con specie leguminose che grazie all'azione azotofissatrice sono in grado di fornire al sorgo fino a 140 kg di azoto. Kaye *et al.* (2007) indicano che l'azoto fissato da una precedente coltura leguminosa comporta un miglioramento di resa fino al 35-41%. Secondo Begayoko (2000) le micorizze arbuscolari su radici di sorgo cresciuto dopo leguminose contribuiscono ulteriormente ad un significativo incremento di resa.

Concimazione fosfatica

La risposta del sorgo alla concimazione fosfatica è scarsa e si verifica solo nelle aree dove è fortemente limitata la disponibilità di acqua nel suolo. Terreni acidi o marginali con bassi livelli di fosforo si avvantaggiano di buoni risultati con un'applicazione iniziale (Saballos, 2008).

Irrigazione

Il sorgo è in grado di valorizzare efficacemente la disponibilità idrica del suolo. Il consumo idrico della coltura può raggiungere, nelle condizioni evapotraspirative del sud d'Italia e in condizioni ottimali 7-800 mm di acqua per un ciclo colturale. Negli ambienti meridionali gli apporti idrici vengono solo in minima parte assicurati dalle precipitazioni e in gran parte devono essere somministrati attraverso l'irrigazione. I volumi di adacquamento durante la stagione sono commisurati alla quota di ETc; possono variare tra 280 e 750 mm in rapporto all'epoca di semina (Mantineo *et al.*, 2009). Numerose prove sperimentali hanno dimostrato che la riduzione della somministrazione idrica migliora l'efficienza d'uso dell'acqua. In particolare Cosentino (1996), utilizzando dati di numerose prove sperimentali condotte in Sicilia, ha rilevato una relazione tra il consumo idrico della coltura; in generale, un incremento di 100 mm d'acqua, comporta un aumento lineare di produzione di circa 5 t ha⁻¹, condizione che si verifica fino ad un apporto "limite" di 400 mm, dopo il quale l'incremento in resa conseguente a progressivi apporti idrici non è più così evidente (Cosentino, 1996).

La specie è dotata comunque di spiccate caratteristiche di arido-resistenza che le consentono di superare periodi di carenza idrica arrestando momentaneamente il suo sviluppo; in condizioni di limitata disponibilità idrica, infatti, questa specie è in grado di valorizzare meglio di altre l'acqua disponibile e gli elementi nutritivi grazie ad un'alta efficienza d'uso della radiazione solare (Mastrorilli, 1995).

Da ricerche di Cosentino *et al.* (2002) si evince come riducendo del 50% l'apporto irriguo rispetto a quanto richiesto sulla base del calcolo dell'ETc (Evapotraspirazione della coltura) il differenziale di produzione (Bassi input/Alti input) indica che la risposta produttiva del sorgo si riduce solo del 27% nel primo anno e del 36% circa nel secondo (Tab. 1).

Tabella 1 - Produzione di biomassa secca epigea ($t\ ha^{-1}$), differenziale di produzione (Bassi input/Alti input), acqua somministrata e IWUE in relazione a due livelli di input colturali in un biennio di prove a Enna (Cosentino *et al.*, 2002).

	Biomassa secca epigea ($t\ ha^{-1}$)		BI/Al (%) *	Acqua somministrata (mm)		IWUE ($g\ l^{-1}$)	
	Al*	BI*		Al*	BI*	Al*	BI*
1997	22	16	72,7	479,4	277,6	4,6	5,8
1998	31,2	20,1	64,4	754	424	4,1	4,7
media	26,6	18,1	67,9	616,7	350,8	4,4	5,3

*Al= Alti input; BI=Bassi input

In condizioni di irrigazione ridotta l'efficienza d'uso dell'acqua di irrigazione (IWUE) migliora grazie ad una serie di modificazioni morfologiche che la coltura mette in atto. I risultati della ricerca a cui si riferisce la tabella 1 indicano che questa può variare tra 4,1 e 5,8 $g\ l^{-1}$ in relazione alla somministrazione idrica. Questi valori di IWUE sono più alti rispetto a quelli di altre colture C4, specialmente mais e sorgo da granella (Steduto *et al.*, 1997).

Le strategie che consentono di ridurre la somministrazione idrica quali le semine anticipate/tardive, l'irrigazione di soccorso durante le fasi del ciclo più sensibili allo stress idrico, il ricorso a varietà arido-resistenti, potrebbe consentire un rilevante risparmio energetico ed una razionalizzazione dell'energia impiegata.

Trattamenti antiparassitari

Il sorgo è una specie molto resistente agli stress biotici; in generale la maggior parte dei "parassiti" non causano seri danni alla coltura; un'adeguata gestione di pratiche agricole (concimazione, irrigazione, rotazioni colturali) e l'utilizzo di semi di alta qualità, contribuiscono ad aumentare la resistenza verso tali avversità. Tuttavia, il sorgo mostra una certa suscettibilità a lepidotteri ed afidi che causano danni diretti alla produzione ed indiretti essendo vettori di virus. Trattamenti chimici si rendono talvolta necessari nel caso di forti infestazioni. Nel caso di varietà sensibili agli agrofarmaci organofosforici, è preferibile ricorrere in sostituzione di questi ad un controllo di tipo fisico-meccanico-biologico.

Prima della semina i semi di sorgo sono trattati con insetticidi e fungicidi in modo da prevenire marciumi radicali e attacchi da insetti. Allo stadio vegetativo, la coltura mostra suscettibilità nei confronti di funghi patogeni (antracosi e fusarium) e virus controllabili attraverso varietà resistenti e pratiche di avvicendamento.

Raccolta

Il momento migliore per la raccolta è quello in corrispondenza della fase di riempimento delle cariossidi (ottobre-novembre). La raccolta è resa possibile da macchine

adibite alla raccolta del mais; una raccolta troppo anticipata comporta una maggiore umidità della biomassa, più facilmente deteriorabile e allo stesso tempo una minore resa dal momento che non si completa la fase di accumulo nella granella dei fotosintetati; anche una raccolta troppo posticipata può comportare perdite di produzione dovute a fenomeni di respirazione.

Resa

Il sorgo da biomassa, come detto, è una specie di origine tropicale con un ciclo fotosintetico di tipo C4. Livelli elevati di radiazione solare insieme ad elevate temperature durante il periodo vegetativo (che facilita i processi fotosintetici e di traslocazione dei fotosintetati) e adeguati rifornimenti idrici, possono fornire produzioni di biomassa estremamente elevate. Secondo numerose prove sperimentali, nelle regioni del meridione d'Italia la resa media è di 25-30 t ha⁻¹. In condizioni di semina precoce (fine marzo) e ottimale rifornimento idrico il sorgo è in grado di raggiungere livelli di produzione superiori alle 40 t ha⁻¹.

Cosentino (1996) ha studiato le relazioni intercorrenti tra acqua consumata dalla coltura e biomassa secca aerea totale prodotta (fig. 2). Queste relazioni sono di tipo quadratico ed indicano che l'aumento di produzione in biomassa secca totale è più elevata con semine precoci (aprile-maggio) rispetto a quelle tardive (fine giugno-luglio); nelle semine precoci la coltura svolge il proprio ciclo durante il periodo di massima intensità luminosa e presenta una maggiore durata dell'apparato fogliare (LAD).

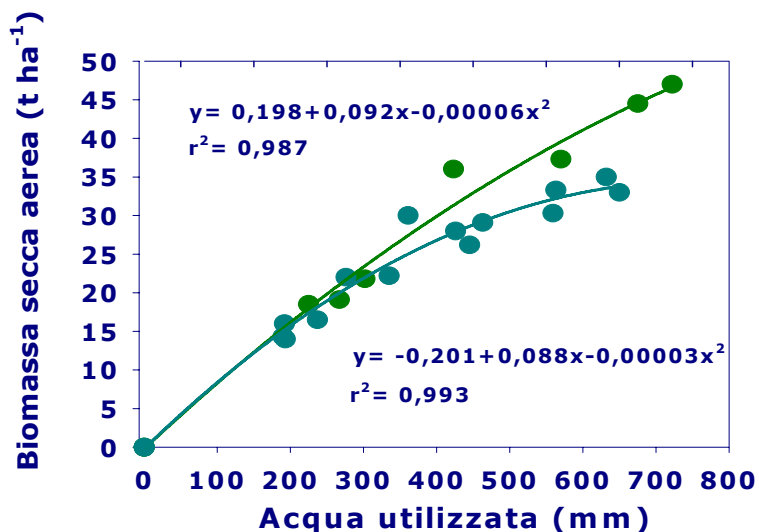


Figura 2 - Variazioni della resa in rapporto al consumo idrico di sorgo zuccherino cv. Keller in prove sperimentali condotte in Sicilia (1991-1994).

Risultati di una prova sperimentale effettuata nel 2010

Nell'ambito del programma di ricerca FAESI del Ministero delle Politiche Agricole e Forestale è stata realizzata una prova sperimentale per lo studio di differenti varietà di sorgo da biomassa disponibili attualmente sul mercato in condizioni idriche differenziate. La prova è stata condotta nel 2010 nella Piana di Catania, in contrada "Jan-narello" (34 m s.l.m., 37°25'57"N, 14° 51' 80").

Sono stati posti allo studio due fattori: il genotipo e la disponibilità idrica.

1. Genotipo: 25 genotipi di sorgo da biomassa (Tab. 1)

2. Disponibilità idrica

- Fino all'insediamento delle plantule (I_0)
- I_0 + restituzione del 50% dell' ETm: (*Partial root zone drying*) PRD (I_{50})
- I_0 + restituzione del 100% ETm (irrigazione a pieno soddisfacimento idrico) (I_{100})

Nella tesi I_{50} la somministrazione idrica è stata effettuata secondo lo schema previsto del '*Partial root zone drying*'. In particolare, a partire dalla seconda irrigazione l'acqua è stata distribuita alternativamente ad un solo settore dell'apparato radicale.

Tabella 1 - Germoplasma reperito presso Istituzioni di Ricerca e ditte commerciali.

Istituzione/Paese	Genotipi
Mississippi Foundation Seed Stocks- Station of Mississippi State University (USA)	Dale, M81-E, Topper 76-6, varietà zuccherine
Padana sementi elette (Italia)	Sugargraze, ibrido zuccherino x zuccherino Nectar, ibrido zuccherino x sudanese PADANA 1, ibrido PADANA 4, ibrido zuccherino HAY DAY, varietà da fibra Jumbo, ibrido da fibra PSE98456 PSE27767 PSE23431 PSE24213 PSE22053 PSE22043
Pioneer	PR849, fibra PR 811, fibra PR 895, fibra Sudangrass Nicol, ibrido zuccherino
Syngenta	Biomass H133, fibra Sucro 506 e 405, zuccherino
KWS ITA	Bulldozer, zuccherino Silage King, zuccherino Maja, zuccherino

Metodologia

- Lavorazioni: erpicature prima della semina
- Concimazione presemina (19/05/2010): 100 kg ha⁻¹ P₂O₅ (perfosfato semplice 19%); 100 kg ha⁻¹ N (solfato ammonico 21%)
- Concimazione in copertura (10/08/2010): 100 kg ha⁻¹ N (nitrato ammonico 27%)
- Data di semina: 03/06/2010
- investimento unitario: 12 piante m⁻²
- profondità di semina dell'assolcatore: 20-30 mm circa
- distanza tra le file: 55 cm
- distanza nella fila: 10 cm
- piante sulla fila: 30
- numero di file per parcella: 7
- metodo irriguo: micro portata di erogazione mediante manichetta forata

Il volume di adacquamento è stato calcolato sulla base della seguente formula:

$$V = 2/3 (CC - PA) \times \Phi \times 0,4 \times 10.000$$

dove:

V = volume di acqua impiegata, espressa in mm;

CC = capacità di campo media per una profondità di 80 cm, espressa in % del peso secco del terreno;

PA = punto di appassimento medio, espresso in % del peso secco del terreno, in questo caso pari a 9,8;

Φ = densità media apparente del terreno fino ad una profondità di 80 cm pari 1,2 g cm⁻³;

0,4 = profondità in metri del terreno da umettare;

10.000 = metri quadrati (1 ha)

Risultati

Acqua somministrata

Al momento della semina (03 giugno), nella settimana successiva a questa (10 giugno) e subito dopo l'emergenza tutte le tesi hanno ricevuto un volume irriguo pari a 40 mm. Altri 192,5 mm e 345 mm sono stati somministrati nelle tesi che prevedevano la restituzione del 50% e del 100% dell'ETm rispettivamente. Le piogge di settembre ed ottobre hanno apportato 108 mm di acqua. Complessivamente la tesi che non prevedeva la restituzione dell'evaporato durante la stagione di crescita ha beneficiato di 148 mm di acqua; nella tesi 50% e 100% di restituzione dell'ETm sono stati apportati 300,5 mm e 453 mm rispettivamente.

Andamento Meteorologico

Nel corso del ciclo colturale i valori della temperatura massima dell'aria hanno oscillato tra 27°C (Ottobre) e 46°C (Luglio), mentre quelli della temperatura minima tra 7 e 27°C, (Giugno). Il mese più caldo è stato, come è tipico dell'ambiente mediterraneo, il mese di Agosto, successivamente le temperature si sono mantenute nel mese di Settembre intorno ai 29,2 °C di media, per poi decrescere durante il mese di Ottobre a causa delle continue piogge (Fig. 1). L'evaporato medio giornaliero è progressivamente decresciuto da 11,0 mm di Luglio ai 8,6 mm di Agosto, per poi drasticamente decrescere fino a 3,0 mm nel mese di Ottobre. Piogge intense si sono verificate nel mese di Settembre, dove nel complesso la pioggia caduta è stata di 51mm, mentre 47 mm sono stati misurati tra la prima e la seconda decade del mese di Ottobre.

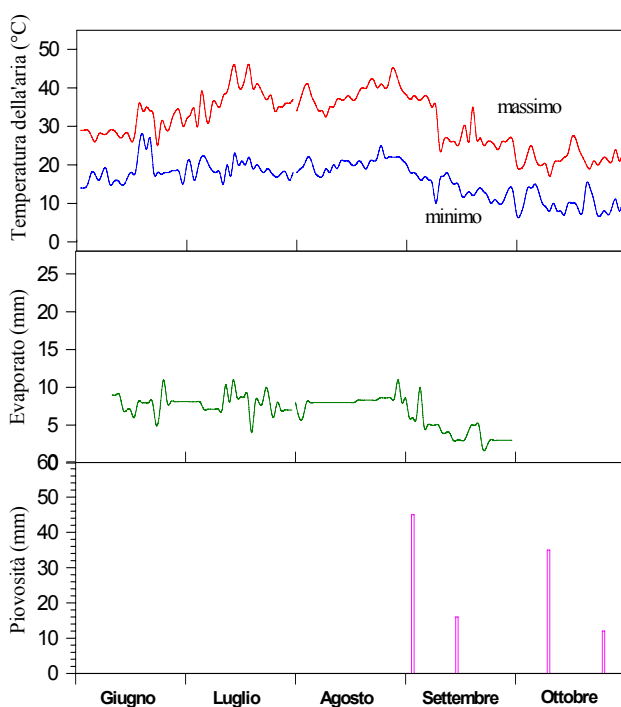


Figura 1 - Variabili meteorologiche nel corso della prova

Caratteristiche biologiche e biometriche

L'emergenza (qui si riporta il dato della tesi I_{100}) è avvenuta in un arco di tempo breve, in media a sette giorni dalla semina, con una variabilità di quattro giorni tra il genotipo più tardivo (Dale, 9 giorni) e quello più precoce (Hayday, 5 giorni) (Fig. 2). La spigatura è avvenuta in media 89 giorni dopo l'emergenza, tra il 17 agosto (Hayday) e il 28 settembre (Sugargraze), con una variabilità di 11 giorni tra il genotipo più tardivo (Sugargraze) e quello più precoce (Hayday).

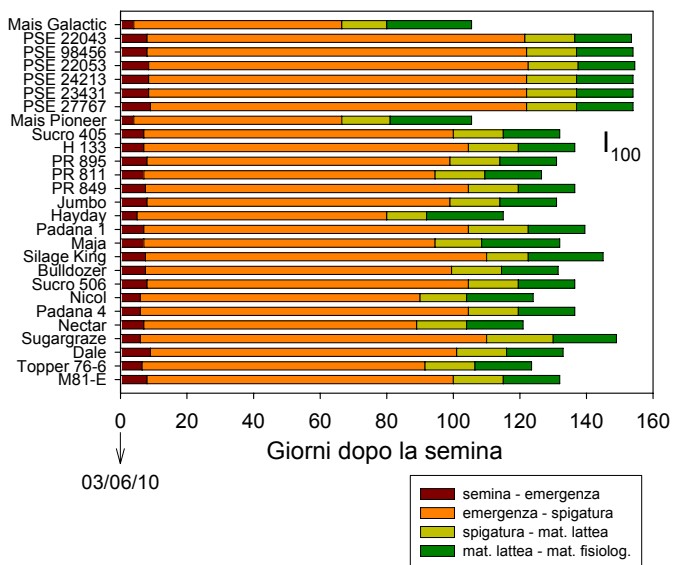


Figura 2 - Andamento del ciclo biologico dei genotipi allo studio.

Altezza pianta e numero di foglie verdi alla raccolta

Lo sviluppo delle piante (qui si riporta il dato della tesi I_{100}), in media alte 258,50 cm ha mostrato una elevata variabilità: due genotipi hanno superato i 320 cm, rispettivamente il genotipo H133 alto 346,88 e il genotipo Bulldozer alto 322,85, otto genotipi si sono collocati in un range tra 270 e 281 cm, tutti gli altri hanno raggiunto un'altezza compresa tra 191 cm e 270 cm (tab. 2).

Tabella 2 - Altezza delle piante in relazione ai trattamenti allo studio.

Genotipo	Altezza (cm)			media
	I_{100}	I_{50}	I_0	
M81-E	280,88	228,65	106,25	205,26
Topper76-6	267,67	190,58	82,50	180,25
Dale	250,10	240,88	99,28	196,75
Sugargraze	287,75	181,40	96,60	188,58
Nectar	233,75	179,10	98,58	170,48
Padana4	260,63	164,50	84,88	170,00
Nicol	273,75	221,00	139,40	211,38
Sucro 506	252,25	256,78	136,60	215,21
Bulldozer	322,85	252,88	145,83	240,52
Silage King	271,43	210,38	77,70	186,50
Maja	273,75	265,70	119,40	219,62

(segue)

(segue)

Genotipo	Altezza (cm)			media
	I ₁₀₀	I ₅₀	I ₀	
Padana1	232,88	191,70	95,38	173,32
Hayday	229,75	234,38	177,04	213,72
Jumbo	190,98	179,33	89,90	153,40
PR849	227,53	191,73	84,60	167,95
PR811	229,88	193,42	67,80	163,70
PR895	219,42	214,18	84,38	172,66
H133	346,88	274,88	154,60	258,78
Sucro 405	259,48	261,60	97,90	206,33
media	258,50	217,53	107,29	194,44

Produzione di biomassa fresca aerea

La produzione di biomassa fresca totale epigea, nella media dei trattamenti e dei genotipi (50,48 t ha⁻¹) è variata significativamente tra i due fattori allo studio come riportato nella tabella 3. Nelle migliori condizioni di irrigazione (I₁₀₀) è stata registrata la resa più elevata nella varietà Sugargraze (zuccherina) pari a 107,59 t ha⁻¹, seguita da PR 895(fibra) con 100,75 t ha⁻¹. Per contro la varietà che ha registrato il più basso valore di resa pari a 28,51 t ha⁻¹ è stata la varietà Maja (zucchero) seguita dalla varietà Hayday (fibra) con 42,17 t ha⁻¹. Nella tesi che prevedeva l'irrigazione solo fino all'insediamento (I₀), è stata registrata la resa più elevata pari a 41,39 t ha⁻¹ nella varietà Dale (zuccherino), mentre la resa più bassa, pari a 13,55 t ha⁻¹, è stata mostrata da Jumbo (fibra); infine nella tesi che prevedeva il 50% di restituzione dell' ETm, Nectar (zuccherino) ha fatto osservare valori più elevati (97,77 t ha⁻¹), seguita da PR811 (fibra) con 59,7 t ha⁻¹ contro la resa più bassa di 24,07 t ha⁻¹ per la varietà PR811 (fibra). La biomassa fresca totale, nella media dei fattori allo studio, è risultata significativamente più elevata per la varietà Nectar che ha fatto registrare valori pari 65,43 t ha⁻¹, rispetto alla varietà Maja che ha fatto registrare i valori più bassi pari a 27,75 t ha⁻¹.

Tabella 3 - Produzione di biomassa fresca totale epigea. Stima dal prelievo del 25/10/2010.

Genotipo	Biomassa fresca (t ha ⁻¹)			media
	I ₁₀₀	I ₅₀	I ₀	
Sugargraze	107,59	48,84	26,16	60,86
PR895	100,75	64,53	23,73	63,01
Dale	94,88	60,02	41,39	65,43
PR811	91,44	80,71	17,77	63,31
Padana4	79,84	44,26	17,34	47,15

(segue)

(segue)

Genotipo	Biomassa fresca (t ha ⁻¹)			media
	I ₁₀₀	I ₅₀	I ₀	
Sucro 506	78,98	58,36	28,70	55,35
H133	78,64	56,65	22,80	52,70
Nectar	77,66	97,77	29,12	68,18
M81-E	77,19	73,23	29,95	60,12
Padana 1	73,54	73,43	22,40	56,46
Topper76-6	67,98	59,41	26,12	51,17
Bulldozer	64,23	49,81	37,96	50,67
Jumbo	59,86	70,88	13,55	48,10
Silage King	51,03	55,47	13,78	40,09
Sucro 405	49,66	61,34	13,62	41,54
PR849	44,12	24,07	17,80	28,66
Nicol	43,17	47,59	33,63	41,46
Hayday	42,17	40,59	28,40	37,05
Maja	28,51	36,49	18,26	27,75
media	69,01	58,08	24,34	50,48

Produzione di biomassa secca aerea

La produzione di biomassa secca totale epigea è risultata, nella media dei trattamenti e dei genotipi, pari a 12,68 t ha⁻¹ variando significativamente tra i due fattori allo studio come riportato nella tabella 4. Nelle migliori condizioni di irrigazione (I₁₀₀) è stata registrata la resa più elevata, pari a 25,84 t ha⁻¹, per la varietà Sugargraze (zuccherina); per contro la varietà che ha mostrato il più basso valore di resa è stata Maja (zuccherina) con 10,97 t ha⁻¹. Nella tesi che prevedeva l'irrigazione solo fino all'insediamento (I₀), è stata registrata la resa più elevata nella varietà Nicol (zuccherina) pari a 10,76 t ha⁻¹; per contro la resa più bassa è stata osservata nella varietà Jumbo (2,67 t ha⁻¹); infine nella tesi che prevedeva il 50% di restituzione dell'ETm, la resa più elevata 22,77 t ha⁻¹ è stata registrata per la varietà Padana 1 (fibra) seguita dai 21,95 t ha⁻¹ della varietà Nectar, mentre la resa più bassa, pari a 7,43 t ha⁻¹ appartiene alla varietà PR 849 (fibra). La biomassa secca totale, nella media dei fattori allo studio, è risultata significativamente più elevata per la varietà Nectar che ha fatto registrare valori pari 16,16 t ha⁻¹, rispetto alla varietà PR849 che ha fatto registrare i valori più bassi pari a 8,09 t ha⁻¹.

Tabella 4 - Produzione di biomassa secca totale epigea. Stima del prelievo del 25/10/2010.

Genotipo	Biomassa secca (t ha ⁻¹)			media
	I ₁₀₀	I ₅₀	I ₀	
Sugargraze	25,84	10,80	5,62	14,09
H133	23,26	16,89	6,19	15,44
PR811	20,57	17,84	3,50	13,97
Nectar	20,29	21,95	6,24	16,16
Sucro 506	19,31	16,86	6,25	14,14
Padana1	19,08	22,77	4,51	15,45
Dale	18,40	13,74	7,84	13,33
M81-E	17,73	18,02	8,62	14,79
Bulldozer	17,38	14,94	7,28	13,20
PR895	17,31	14,27	3,98	11,86
Silage King	14,85	16,79	2,73	11,46
Topper76-6	14,40	12,76	6,72	11,29
Hayday	14,38	14,79	8,32	12,50
Padana4	14,17	9,44	3,54	9,05
Nicol	14,12	18,42	10,76	14,43
Sucro 405	13,41	17,25	2,78	11,15
PR849	12,83	7,43	3,99	8,09
Jumbo	12,52	15,61	2,67	10,27
Maja	10,97	15,83	4,01	10,27
media	16,89	15,60	5,56	12,68

Efficienza d'uso dell'acqua (WUE)

Al fine di stimare l'efficienza d'uso dell'acqua, è stato determinato il consumo idrico della coltura che ha tenuto conto dell'acqua d'irrigazione e dell'acqua apportata naturalmente (piogge). Il consumo idrico complessivo nelle tre tesi allo studio è risultato pari a 148, 300,5 e 453 mm rispettivamente per I₀, I₅₀ e I₁₀₀. L'efficienza d'uso dell'acqua è stata ottenuta dividendo la produzione aerea di sostanza secca per le quantità di acqua sopra riportate. L'efficienza d'uso dell'acqua ha fatto accertare, nella media dei fattori allo studio (genotipo e irrigazione), differenze significative da attribuire alle differenti capacità dei genotipi di valorizzare questo input. I valori più elevati si sono registrati nella varietà Nicol a ciclo più lungo rispetto alla varietà PR 849 (5,51 contro 2,67 g l⁻¹), così come riportato in tabella 5.

Tabella 5 - WUE dei diversi genotipi di sorgo posti allo studio in relazione alla biomassa secca.

Genotipo	WUE (g l ⁻¹)			<i>media</i>
	I ₁₀₀	I ₅₀	I ₀	
M81-E	3,91	6,00	5,83	5,25
Topper76-6	3,18	4,25	4,54	3,99
Dale	4,06	4,57	5,30	4,64
Sugargraze	5,70	3,59	3,80	4,37
Nectar	4,48	7,31	4,22	5,33
Padana4	3,13	3,14	2,39	2,89
Nicol	3,12	6,13	7,27	5,51
Sucro 506	4,26	5,61	4,23	4,70
Bulldozer	3,84	4,97	4,92	4,58
Silage King	3,28	5,59	1,85	3,57
Maja	2,42	5,27	2,71	3,47
Padana1	4,21	7,58	3,04	4,94
Hayday	3,17	4,92	5,62	4,57
Jumbo	2,76	5,19	1,80	3,25
PR849	2,83	2,47	2,70	2,67
PR811	4,54	5,94	2,36	4,28
PR895	3,82	4,75	2,69	3,75
H133	5,13	5,62	4,18	4,98
Sucro 405	2,96	5,74	1,88	3,53
<i>media</i>	3,73	5,19	3,75	4,22

Efficienza d'uso dell'acqua d'irrigazione (IWUE)

L'efficienza d'uso dell'acqua d'irrigazione (*irrigation water use efficiency*), la quale rappresenta un indice economico dell'utilizzazione dell'acqua di irrigazione, è stata calcolata come rapporto tra la produzione di sostanza secca ottenuta e l'acqua di irrigazione apportata ai diversi genotipi e rispetto ai volumi d'adacquamento apportati. L'umidità apportata è risultata pari a 40, 192,5 e 345 mm rispettivamente per I₀, I₅₀ e I₁₀₀. L'efficienza d'uso dell'acqua di irrigazione ha fatto accertare, nella media dei fattori allo studio (genotipo e irrigazione), differenze significative da attribuire alle differenti capacità dei genotipi di valorizzare questo input. I valori più elevati si sono registrati nella varietà Nicol rispetto alla varietà PR 849 (13,52 contro 5,85 g l⁻¹), così come riportato in tabella 6.

Tabella 6 - IWUE dei diversi genotipi di sorgo posti allo studio in relazione alla biomassa secca.

Genotipo	IWUE (g l ⁻¹)			
	I ₁₀₀	I ₅₀	I ₀	media
M81-E	5,14	9,36	21,56	12,02
Topper 76-6	4,17	6,63	16,80	9,20
Dale	5,33	7,14	19,61	10,69
Sugargraze	7,49	5,61	14,05	9,05
Nectar	5,88	11,40	15,61	10,96
Padana 4	4,11	4,91	8,84	5,95
Nicol	4,09	9,57	26,90	13,52
Sucro 506	5,60	8,76	15,64	10,00
Bulldozer	5,04	7,76	18,21	10,34
Silage King	4,30	8,72	6,84	6,62
Maja	3,18	8,22	10,01	7,14
Padana 1	5,53	11,83	11,27	9,54
Hayday	4,17	7,69	20,79	10,88
Jumbo	3,63	8,11	6,67	6,14
PR849	3,72	3,86	9,97	5,85
PR811	5,96	9,27	8,74	7,99
PR895	5,02	7,42	9,96	7,46
H133	6,74	8,77	15,47	10,33
Sucro 405	3,89	8,96	6,96	6,60
media	4,89	8,10	13,89	8,96

Conclusioni

L'ambiente meridionale si conferma adeguato alla coltivazione del sorgo da biomassa. Anche i tradizionali sistemi colturali, qualora venga assicurato il sussidio irriguo, possono inserire la specie senza ulteriori aggravii di spesa per seminatrici o per macchinari per la trinciatura e raccolta. Il sorgo potrebbe occupare gli spazi lasciati liberi dalla coltivazione della barbabietola ed anche espandersi, proporzionalmente alle richieste della filiera agro-energetica.

Bibliografia

Almodares A. e Darany S.M.M., 2006. Effects of planting date and time of nitrogen application 4 on yield and sugar content of sweet sorghum. J Environ Biol 2006; 27:601-605.

- Bagayoko *et al.*, 2000. Cereal/legume rotation effects on cereal growth in Sudano-Sahelian West Africa: soil mineral nitrogen, mycorrhizae and nematodes. *Plant Soil* 2000; 218:103-116.
- Cosentino S.L., 1996. Crop physiology of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in relation to water and nitrogen stress. *Atti del Convegno "First European Seminar on Sorghum"*, Tolosa, 1-3 Aprile, 30-41.
- Cosentino S., Patanè C., Guarnaccia P., 1996. Biomass, leaf area index and water use efficiency of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in limited water availability in mediterranean environment. *Atti del Convegno "First European Seminar on Sorghum"*, Tolosa, 1-3 Aprile, 228-235.
- Cosentino S., Patanè C., Mantineo M., 1999. Epoca di semina, concimazione azotata ed irrigazione in sorgo zuccherino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in ambiente mediterraneo. *Atti 33° Congresso della SIA su "Le colture "non alimentari"*, Legnaro (PD), 20-23 Settembre, 67-68.
- Cosentino *et al.*, 2002. Risposta di una coltura di sorgo a diversi livelli di energia ausiliaria. *Riv. Agron.*, 36:357-365.
- Cosentino S.L., *et al.*, 2003. Aspetti agronomici ed ambientali della dinamica dell'azoto in una coltura di sorgo zuccherino. *Bollettino Accademia Gioenia Sci. Nat.* Vol. 36, n° 363, 223-249.
- Cosentino S.L., *et al.*, 2011. Water and nitrogen balance of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cv Keller under semi-arid conditions. (In corso di revisione).
- Foti S., Cosentino S., Patanè C., D'Agosta G.M., 2001. Sulla possibilità di anticipare l'epoca di semina del sorgo da biomassa attraverso la scelta del genotipo ed il trattamento osmotico del seme. *Atti 34° Congresso della SIA su "Strategie agronomiche al servizio della moderna agricoltura"*, Pisa 17-21 Settembre, 218-219.
- Gherbin, P., Perniola, M., Tarantino, E., 1996. Sweet and paper sorghum yield as influenced by water use in southern Italy. *Proceedings of "First European Seminar on Sorghum for Energy and Industry"*, Toulouse (France), April 1-3, 222-227.
- Kaye N. M., *et al.*, 2007. Nodulating and non-nodulating soybean rotation influence on soil nitrate-nitrogen and water, and sorghum yield. *Agron J* 2007; 99:599-606.
- Li Dajue, 1997. Developing sweet sorghum to accept the challenge problems on food, energy and environment in 21st century. *Proceedings of "First international sweet sorghum conference"*, Li Dajue Ed., Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China, 19-34.
- Mantineo M, Patanè' C, D'Agosta G, Cosentino S., Scandurra S (2009). Biomass yield of fibre sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) under different sowing times and water supply. In: 17th European Biomass Conference and Exhibition,

- from research to industry and markets. Hamburg, Germany, 29 June – 3 July 2009, FIRENZE: ETA Florence, p. 599-602, ISBN/ISSN: 978-88-89407-57-3
- Mastrorilli M. *et al.*, 1995. Sweet sorghum in Mediterranean climate: radiation use and biomass water use efficiencies. *Ind Crop Prod* 1995; 3: 253-260.
- Mastrorilli M., Colucci R., Di Bari V., Montemurro F., 2002. Sorgo zuccherino e irrigazione. *Riv. di Agron.*, 34, 4, 319-325.
- Patanè C, Cavallaro V, D'Agosta G, Cosentino S. (2008). Plant Emergence of PEG-osmoprimed Seeds Under Suboptimal Temperatures in Two Cultivars of Sweet Sorghum Differing in Seed Tannin Content. *JOURNAL OF AGRONOMY AND CROP SCIENCE*, vol. 3; p. 1-6, ISSN: 0931-2250, doi: 10.1111/1439-037X.2008.00314.x
- Perniola, M., Rivelli, A., Tarantino, E., 1992. Influenza del regime irriguo sulla produzione del sorgo zuccherino (*Sorghum vulgare* L. var. *saccharatum*) coltivato in ambiente meridionale. *Riv. di Agron.*, 26, 4, 517-523.
- Saballos A., 2008. Development and Utilization of Sorghum as a Bioenergy Crop. Genetic Improvement of Bioenergy Crops. In: Genetic Improvement of Bioenergy Crops. Springer Science; 2008, p 211-248.
- Cosentino S., Sanzone E, Patanè C, D'Agosta G, Copani V (2009). Potenzialità produttiva del sorgo da fibra e zuccherino in epoca di semina tardiva in ambiente mediterraneo. In: XXXVIII Convegno della Società Italiana di Agronomia. Firenze, 21 - 23 Settembre 2009, FIRENZE: 21 - 23 Settembre 2009, p. 293-294, ISBN/ISSN: 9788 8904 38707
- Steduto *et al.*, 1997. Water-use efficiency of sweet sorghum under water stress Conditions. Gas-exchange investigations at leaf and canopy scales. *Field Crops Res.* 54, 221-234.





4

Meccanizzazione

a - Sorgo da fibra: la valutazione dei cantieri disponibili

Fiber sorghum: evaluation of available harvesting yards

Luigi Pari*, Alberto Assirelli*, Alessandro Suardi*

Riassunto

La disidratazione in campo e la successiva raccolta del prodotto secco, rappresenta l'unica metodologia di raccolta possibile per ridurre i costi di trasporto ed ottenere un prodotto di agevole conservazione e movimentazione. CRA-ING si è interessato della raccolta tramite fienagione da oltre 15 anni valutando le macchine costruite per la fienagione dei foraggi e realizzando prototipi di falciacondizionatrici appositamente progettati per il sorgo da fibra. L'ottenimento in tempi ragionevoli di un prodotto ad un'umidità adeguata non esaurisce il ciclo di raccolta. Infatti, se l'umidità non scende a determinati livelli l'efficienza delle successive macchine operatrici potrebbe risultare fortemente ridotta. Concluse le sperimentazioni sull'impiego continuativo dell'ultimo prototipo pre-commerciale realizzato si sono monitorati anche i principali cantieri di raccolta commerciali ed utilizzati per la raccolta di prodotti affienati e paglia: un andanatore a pick-up da 9 metri di fronte di lavoro, una rotoimballatrice, una imballatrice prismatica (big-baler) ed un carro autocaricante per il prodotto sfuso. Le raccogliatrici valutate erano dotate di dispositivi trincianti a lame fisse disinseribili e dispositivo infaldatore mobile. La prova volta alla valutazione dell'adattabilità delle macchine sulla coltura del sorgo da fibra oltre ad evidenziare una buona versatilità dei cantieri ha consentito il monitoraggio delle principali capacità operative su sorgo da fibra affienato.

Parole chiave: Sorgo da fibra affienato, imballatura, sorgo sfuso e imballato.

* CRA-ING - Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria, Monterotondo (Roma).

Abstract

The fiber sorghum dehydration in open field and the harvest of the dried material, is the only method able to reduce transporting costs as well as to get a product of easy handling and store. CRA-ING has studied the harvesting through haymaking from more than 15 years evaluating machines built for hay and fodder and designing prototypes of mower conditioner specifically adapted for fiber sorghum. The obtaining within a reasonable time of a product with a suitable moisture do not run out the harvest phase. In fact, if the humidity does not fall below 30% the efficiency of the machines used subsequently could be greatly reduced. Following the trials made on a pre-commercial prototype, in this work the main harvesting yards traditionally used for hayed products has been compared: a windrow with a pick-up 9 m wide, a round baler, a prismatic baler (big-balers) and a forage self-loading trailer. The harvesters had a cutting device with disengageable blades and rotary feed device. The trial aimed at evaluating the adaptability on the machines for fiber sorghum cultivation, beside to highlight a good versatility of analyzed yards, has allowed the monitoring on working capacity of fiber sorghum hay.

Keywords: *sorghum fiber hay, baling, bulk and packed sorghum.*

Introduzione

Le principali destinazioni energetiche del sorgo da fibra sono rappresentate non solo dalla termovalorizzazione, ma anche come prodotto per impianti a biogas e per la produzione di etanolo di seconda generazione. I costi di trasporto del prodotto fresco rappresentano un limite alla diffusione e redditività della coltura, superabile solo con produzioni ottenute in prossimità dei centri di trasformazione od utilizzando prodotto essiccato. Il CRA-ING si è interessato della raccolta tramite fienagione fin dal 1994 (Barbucci *et al.*, 1994) valutando le macchine costruite per la fienagione dei foraggi e analizzando problematiche e limiti riscontrati (Assirelli *et al.*, 2006). Nel 2007 è stato quindi realizzato un primo prototipo di falcia condizionatrice portata da trattore agricolo (Assirelli *et al.*, 2008), modificata nel 2008 (Pari *et al.*, 2009). Nel 2009, è stato realizzato in collaborazione con una ditta costruttrice del nord Italia un nuovo modello di falciacondizionatrice che, nell'estate 2009, è stato valutato in diversi areali italiani.

Durante i rilievi per la valutazione dei prototipi realizzati è stato possibile monitorare anche altri cantieri impegnati con successo nelle linea di raccolta del prodotto essiccato naturalmente in campo.

Il completamento della linea di raccolta tramite fienagione del sorgo da fibra richiede l'impiego di macchine atte al rivoltamento, all'andatura ed alla raccolta del prodotto essiccato. Prima di impostare ricerche atte alla messa a punto di soluzioni

dedicate si è proceduto alla valutazione delle soluzioni commerciali disponibili. Al fine di verificare la possibilità di utilizzare macchine già disponibili per la raccolta di prodotti affienati, la necessità di provvedere ad eventuali adattamenti meccanici, e infine di valutarne le prestazioni per poi calcolarne il costo di raccolta, sono stati valutati 4 cantieri di macchine, normalmente commercializzati per la raccolta di foraggi e paglia, nelle medesime condizioni, sorgo da fibra affienato, sul quale aveva operato la falcia condizionatrice CRA-ING/Cressoni quattro giorni prima (Foto 1).



Foto 1 - Andanatore a pick-up al lavoro su sorgo da fibra.

Materiali e metodi

Nell'Agosto 2009, presso il campo sperimentale di sorgo da fibra coltivato dal Gruppo agro-industriale COPROB a Mirandola (MO) dove sono state effettuate le prove sperimentali della macchina falciacondizionatrice CRA-ING/Cressoni realizzata nella primavera dello stesso anno, sono stati valutati in lavoro tutti i cantieri necessari per portare a conclusione la raccolta del sorgo da fibra tramite fienagione. Di ogni cantiere sono state rilevate le principali caratteristiche dimensionali e le prestazioni in termini di tempi e capacità di lavoro rilevate durante l'impiego.

Le metodologie utilizzate per il rilievo dei tempi di lavoro sono la C.I.O.S.T.A. (Commission Internationale de l'Organisation scientifique du travail en agriculture) e le raccomandazioni AIIA (Associazione Italiana di Ingegneria Agraria) (Bolli *et al.*, 1987).

I cantieri presi in considerazione sono, uno per la messa in andana del prodotto lasciato dalla falcia condizionatrice sparso sull'intera superficie per favorirne la disidratazione, due per la raccolta tramite imballatura costituiti da una rotoimballatrice e una big-baler, ed uno per la raccolta del prodotto sfuso tramite carro autocaricante.



Foto 2 - Imballatrice a camera variabile.

Il cantiere di andanatura era costituito da un andanatore a pick-up trainato, prodotto dalla ditta Roc modello RT 950 (Foto 1). Tale operatrice presenta il dispositivo di lavoro suddiviso in tre settori mobili idraulicamente in grado di presentare, nella configurazione di massima potenzialità, una larghezza di lavoro di 8,35 m che, considerando l'area di deposizione dell'andana, porta ad una larghezza complessiva di lavoro superiore a 9,5 m. Successivamente al pick-up di raccolta, in ogni modulo è presente un nastro trasportatore ad azionamento idraulico bidirezionale, in grado di convogliare il prodotto secondo necessità di lavoro su entrambi i lati. L'andanatore presenta un settore centrale da 2,5 metri di larghezza e due laterali da 3 m articolati. Il costruttore dichiara una potenza minima di azionamento pari a 60 kW ed una massa complessiva di 4.660 kg. Durante i rilievi l'operatrice era abbinata una trattore prodotta dalla ditta New Holland modello TM 165 con potenza motrice pari a 121 kW. L'azionamento prevalentemente idraulico di tutti gli organi di lavoro consente di variare, dal posto di guida, oltre alla larghezza di lavoro anche lo scarico a sinistra o a destra dell'andana. L'articolazione dei tre settori ne permette il sollevamento ad un'altezza massima di un metro da terra, consentendo di non danneggiare le andane trasversali nelle svolte di fine campo. Ogni settore presenta ruote indipendenti di livello mentre l'intera operatrice è sorretta da due ruote posteriori a regolazione idraulica indipendente di larga sezione.

Il secondo cantiere era rappresentato da una rotoimballatrice prodotta dalla ditta Feraboli modello Extreme HTC 280 (Foto 2) a camera variabile, trainata da una trattore Fiat DT F1000 con potenza motrice di 85 kW. La rotoimballatrice presenta sistema di compressione a cinghie in numero pari a sei e dispositivo trinciatore a lame fisse ed infaldatore rotativo. La macchina grazie alla traslazione dell'albero porta cinghie varia il volume della camera di compressione consentendo di operare secondo diverse modalità di compressione. La possibilità di operare sia come imballatrice a camera fissa che variabile, consente all'operatrice di poter formare balle a cuore tenero, medio e duro; particolarità della rotoimballatrice è rappresentata anche dalla possibilità di operare a densità variabile dal centro verso l'esterno, qualità piuttosto utile operando con prodotti non particolarmente essiccati.



Foto 3 - Imballatrice prismatica (big-baler).

Il terzo cantiere risultava composto da una imballatrice prismatica di grandi dimensioni prodotta dalla ditta Claas modello Quadrant 3400 RC (Foto 3), trainata da trattore Fendt modello 930 Vario con potenza motrice di 228 kW. L'imballatrice presenta camera di compressione di 1 m x 1,2 m, a lunghezza variabile compresa fra 0,5 m e 3 m, dispositivo di trinciatura (Roto Cut) a coltelli fissi con infaldatore rotativo ed assale a tandem per un minor compattamento del terreno. La macchina presenta sei legatori e capacità di contenimento per 24 bobine da 11,5 kg, la massa complessiva è di 12.860 kg.

Il quarto cantiere era rappresentato da un carro auto caricante prodotto dalla ditta Roc modello CT 360 (Foto 4), trainato da trattore Claas modello Axion 840 con potenza motrice pari a 177 kW. Il carro autocaricante presenta volume di carico pari a

60 m³, sistema di riempimento e compressione controllati in continuo tramite sensoristica dedicata per ottenere un'omogenea densità del carico fin dalle prime fasi di riempimento del cassone. Il rimorchio presenta tre assi (di cui il primo e il terzo sterzanti per ridurre gli spazi di manovra) muniti di pneumatici a larga sezione per la riduzione del compattamento. Il dispositivo di raccolta a pick-up si presenta articolato superiormente con ruote di livello a bilanciere ed a controllo idraulico. Il pick-up può sollevarsi per il superamento di dossi o corpi estranei. Successivamente al pick-up di raccolta è posto anche un dispositivo di trinciatura con infaldatore rotante su lame fisse disinseribili secondo necessità. Il rotore di alimentazione è posizionato nella parte sottostante del pianale di carico per permettere una miglior compressione del prodotto. Il sistema di carico è automatico e viene azionato in base alla pressione che il prodotto esercita sulla parte superiore del trincia.



Foto 4 - Carro auto caricante per la raccolta del prodotto sfuso.

Il carro presenta sistema di scarico a catene mobili, a doppia velocità e ad azionamento idraulico per lo scarico di prodotti umidi quali il trinciato di mais caricato superiormente. Superiormente presenta sistema di copertura del carico a telo estensibile. Le dimensioni esterne rispettano i limiti del Codice della Strada (C.d.S.), 4 m di altezza, 2,55 m di larghezza e 12 m di lunghezza. La massa massima consentita a pieno carico è di 20.000 kg.

Alcune caratteristiche dei cantieri valutati sperimentalmente sono riassunti in tabella 1.

Tabella 1 - Principali caratteristiche dei cantieri di lavoro.

<i>Descrizione</i>	<i>marca</i>	<i>modello</i>	<i>potenza kW</i>	<i>capacità m m⁻³</i>
Cantiere 1	Roc New Holland	RT 950 TM 165	121	9,5/-
Cantiere 2	Feraboli Fiat	Extreme HTC 280 DT F1000	85	
Cantiere 3	Claas Fendt	Quadrant 3400 930 Vario	228	
Cantiere 4	Roc Claas	CT 360 Axion 840	177	-/60

Il campo in cui si sono condotte le prove sperimentali era stato coltivato a sorgo da fibra varietà Biomass 133, in pianura e suddiviso da tre scoline che delimitavano gli appezzamenti lunghi 162 m e larghi 92 m, con una superficie di 1,5 ha.

La coltura, che era stata falciaccondizionata dal prototipo Cra-Ing/Cressoni, risultava uniformemente sparsa su tutta la superficie disponibile ed aveva un contenuto idrico pari a 28,3%.

Il campo è stato tutto andanato dall'andanatore ROC, successivamente le tre raccogliatrici hanno operato una su ciascun appezzamento.

Risultati

Cantiere 1 - Andanatore

Il cantiere per l'andanatura ha operato consecutivamente per la preparazione dell'intero campo prove senza evidenziare anomalie di rilievo; l'elevato spessore di biomassa da gestire ha richiesto l'impiego prevalente dell'operatrice a larghezza ridotta per non realizzare andane di larghezza superiore ai dispositivi di raccolta delle successive operatrici. La maggior parte delle operatrici utilizzate in fienagione per la raccolta di prodotti andanti infatti presentano pick-up di larghezza compresa fra 1,8 e 2,2 m, pertanto risulta di notevole importanza che la forma ed volume dell'andana rientri in queste dimensioni e sia il più possibile omogenea. Relativamente ai tempi di lavoro, l'operatrice ha fatto registrare, tra i tempi accessori, solo quelli di svolta, risultati pari al 15,62%, con un rendimento operativo pari all'84,38%. La velocità di lavoro effettiva su sorgo è risultata pari a 1,95 m s⁻¹ (7,02 km h⁻¹) e considerando i tempi di svolta, si è ottenuta una velocità operativa di 1,64 m s⁻¹ (5,90 km h⁻¹). Nonostante il prevalente impiego a larghezza di lavoro ridotta, l'andanatore a pick-up ha presentato una capacità di lavoro effettiva di 4,56 ha h⁻¹, ridotta a 3,84 ha h⁻¹ considerando anche i tempi di svolta. Alla luce della biomassa raccolta è stato possibile determinare anche la produzione oraria operativa risultata pari a 53,2 t h⁻¹.

Cantiere 2 - Rotoimballatrice

Durante le prove non si sono presentati inconvenienti di rilievo e, relativamente ai tempi di lavoro, la macchina ha presentato come unici tempi accessori le svolte (4,78%) ed i tempi di scarico (27,07%), rappresentati dalla sosta per legatura, scarico della palla e ripartenza. Il rendimento operativo è quindi stato del 68,15%. La rotoimballatrice operando ad una velocità effettiva di $0,74 \text{ m s}^{-1}$ ($2,66 \text{ km h}^{-1}$) ha presentato una capacità di lavoro effettiva $1,72 \text{ ha h}^{-1}$ che, considerando il rendimento operativo (tempi di svolta e legature/scarico) si riduce a $1,17 \text{ ha h}^{-1}$. Le andane derivavano da un fronte di lavoro di 5,5 m e la produzione oraria operativa, considerando il quantitativo di biomassa raccolta, è risultata pari a $16,26 \text{ t h}^{-1}$. Le rotoballe di sorgo da fibra prodotte avevano dimensioni di 1,2 m x 1,55 m, il peso medio delle rotoballe è stato di 480 kg con una densità pari a 212 kg m^{-3} .

Cantiere 3 – Imballatrice prismatica

L'imballatrice prismatica impiegata su sorgo da fibra non ha presentato difficoltà particolari durante l'impiego e, come la rotoimballatrice, ha mostrato una certa sensibilità all'omogeneità delle andane. Tale aspetto risulta molto importante per l'operatore per permettere di adeguare la velocità di avanzamento al volume di prodotto in ingresso. I tempi di lavoro hanno evidenziato un'incidenza dei tempi di svolta pari al 21,9%, la velocità effettiva di lavoro è risultata di $1,98 \text{ m s}^{-1}$ ($7,13 \text{ km h}^{-1}$) mentre quella operativa è stata di $1,54 \text{ m s}^{-1}$ ($5,54 \text{ km h}^{-1}$). Le andane derivavano da un fronte di lavoro di 5,5 m e hanno consentito una capacità di lavoro effettiva di $3,91 \text{ ha h}^{-1}$ mentre quella operativa è risultata di $3,05 \text{ ha h}^{-1}$.

Le balle formate presentavano peso medio di 574 kg e densità pari a 261 kg m^{-3} , con una produzione media operativa pari a $42,77 \text{ t h}^{-1}$.

L'apparato trinciante a lame fisse non ha segnalato anomalie di rilievo nelle condizioni di prova monitorate.

Cantiere 4 – Carro autocaricante

Il carro auto caricante munito di dispositivo di trinciatura a infaldatore rotante e lame fisse, ha operato continuamente per l'intera raccolta. Il doppio assale sterzante consentiva rapide svolte a fondo campo permettendo tempi di svolta di soli 23 secondi, comprensivi di sollevamento pick-up, svolta vera e propria e riposizionamento del dispositivo di raccolta. L'articolazione superiore del pick-up consentiva una buona operatività anche ove le condizioni del profilo superficiale si presentavano piuttosto irregolari. Questo non ha comunque influito sulla velocità effettiva di lavoro che è risultata di $2,08 \text{ m s}^{-1}$ ($7,49 \text{ km h}^{-1}$). Considerando che i tempi di svolta sono stati pari al 22,77%, la velocità operativa è risultata di $1,61 \text{ m s}^{-1}$ ($5,79 \text{ km h}^{-1}$). La capacità di lavoro effettiva è stata di $4,11 \text{ ha h}^{-1}$ mentre quella operativa di $3,18 \text{ ha h}^{-1}$.

Il carico medio è risultato di 6,62 t che, rapportati al volume utile di carico, porta ad una densità di $110,33 \text{ kg ha}^{-1}$. Considerando la biomassa raccolta, la produzione media operativa del carro auto caricante è risultata di $44,46 \text{ t h}^{-1}$.

In tabella 2 sono riportati alcuni parametri di lavoro rilevati durante i monitoraggi eseguiti sui cantieri di raccolta del sorgo da fibra.

Tabella 2 - Principali parametri operativi rilevati nel campo prove.

Tempo standard TS					
Parametri rilevati		Cantiere 1	Cantiere 2	Cantiere 3	Cantiere 4
Tempo effettivo TE	%	84,38	68,15	78,10	77,23
Tempo accessorio TA	%	15,62	31,85	21,90	22,77
- Tempo per voltate TAV	%	15,62	4,78	21,90	22,77
- Tempo per rifornim. o scarichi TAS	%	0	27,07	0	0
- Tempo per manutenzione TAC	%	0	0	0	0
Tempo standard	%	100	100	100	100
Operatività della macchina					
Rendimento operativo Ro	%	84,38	68,15	78,10	77,23
Velocità effettiva ve	m s ⁻¹	1,95	0,74	1,98	2,08
Velocità operativa vo	m s ⁻¹	1,64	0,50	1,54	1,61
Capacità di lavoro effettiva	ha h ⁻¹	4,56	1,72	3,91	4,11
Capacità di lavoro operativa	ha h ⁻¹	3,84	1,17	3,05	3,17
Produzione oraria operativa	t h ⁻¹	53,20	16,26	42,77	44,46

Aspetto piuttosto importante, soprattutto in caso di movimentazione a lunga distanza del prodotto raccolto, riguarda la densità di compressione ottenibile con i diversi cantieri monitorati. Dalla tabella 3 si evince come l'imballatura tramite imballatrice prismatica di grandi dimensioni (big-baler) rappresenti il cantiere capace di ottenere i valori di densità più elevati (261 kg m⁻³). Occorre comunque tener presente che il carro auto caricante non richiede poi ulteriori interventi di carico e movimentazione sul campo di raccolta.

Tabella 3 - Pesi medi e densità di balle e prodotto sfuso raccolti con i cantieri monitorati.

Descrizione	unità di riferimento	peso medio (kg)	kg m ⁻³
Cantiere 2	rotoballa	480	212
Cantiere 3	balla prismatica	574	261
Cantiere 3	prodotto sfuso	6620	110

Terminata la movimentazione del prodotto raccolto si è proceduto infine alla stima delle perdite in campo eseguita tramite campionamento di aree di superficie nota che, come valore medio, considerando un'altezza di taglio di 30 mm, è risultata pari al 6,58%, considerando una produzione di 14 t ha⁻¹ al 28,3% di umidità ed i tre cantieri utilizzati (falciatura condizionatura, andatura, imballatura e/o auto caricante). I

pick-up delle imballatrici o del carro auto caricante non hanno evidenziato differenze significative sul piano delle perdite a terra.

Conclusioni

Le prove hanno messo in luce la completa adattabilità delle macchine costruite per la raccolta di fieno e paglia al sorgo da fibra affienato. Non sono stati identificati organi che necessitassero di eventuali modifiche meccaniche.

Tutte le macchine da raccolta utilizzate prevedevano sistemi di trinciatura del prodotto per permettere una miglior compressione dello stesso ed, anche questi apparati nell'esperienza svolta, non hanno evidenziato problematiche di rilievo.

L'andanatura eseguita con sistema a pick-up ha permesso di unire buone capacità di lavoro con elevata pulizia, soprattutto da terra, del prodotto raccolto, aspetto molto importante per successiva termovalorizzazione.

Il cantiere di raccolta tramite rotoimballatura, pur avendo mostrato le minori capacità operative, rappresenta probabilmente la soluzione di raccolta più diffusa in ambito aziendale e ampiamente adeguabile alla raccolta del sorgo da fibra; inoltre la rotoballa come per il foraggio presenta una miglior resistenza agli agenti atmosferici.

La raccolta tramite imballatura prismatica rappresenta una soluzione di elevata capacità operativa in grado di offrire valori di densità interessanti e una miglior movimentazione del prodotto.

La raccolta del prodotto sfuso, pur permettendo elevate produttività, presenta bassi valori di densità che, nell'ottica di filiera di raccolta entro le brevi distanze, può comunque rappresentare un'interessante soluzione, evitando la contemporanea presenza in campo di cantieri di raccolta e movimentazione.

L'attività sperimentale condotta in questi anni per la messa a punto di cantieri di raccolta del sorgo da fibra ha portato alla individuazione di complete linee di raccolta per il prodotto affienato. Esse sono rappresentate sia dalla falciaccondizionatrice specifica per il sorgo da fibra, sia macchine già disponibili sul mercato derivate da altre colture (Es. settore foraggero) che possono permettere all'agricoltore, qualora l'industria agro-energetica attivasse una domanda di prodotto supportata da idonei prezzi di acquisto, di far fronte alle richieste di prodotto essiccato.

Ringraziamenti. Si ringrazia per la collaborazione fornita a supporto della sperimentazione il gruppo industriale Co.Pro.B. di Minerbio (Bo).

Bibliografia

Assirelli A., Bentini M., Zucchelli M., 2006. L'importanza della raccolta per le colture da biomassa. L'Informatore Agrario 41, 117-123.

- Assirelli A., Fedrizzi M., Ciriello A., Pari L., 2008. Fiber sorghum haymaking for Energy purpose: an innovative equipment for fast drying, 16th European Biomass Conference & Exhibition, Valencia, Spain, pp. 512-516.
- Barbucci P., Andreuccetti P., Frati G., Bacchiet P., Vannucci D., Pari L., 1994. Energy Crops Harvesting: Fiber Sorghum, Kenaf, *Arundo donax*, *Mischantus*, *Cynara cardunculus* – Biomass for Energy and Industry – 7th E.C. Conference – Bocum, pp. 38-43
- Bolli P., Scotton M., 1987. Lineamenti di tecnica della meccanizzazione Agricola. Edagricole
- Pari L., Assirelli A., Suardi A., 2009. Migliorato il condizionamento del sorgo da fibra alla raccolta. *Informatore Agrario* 29, Supplemento Agroenergie, 16-18.

b - Sviluppo di un prototipo per la raccolta del sorgo da fibra

Development of a prototype for the harvest of fiber sorghum

Luigi Pari*, Alberto Assirelli*, Alessandro Suardi*

Riassunto

La raccolta tramite fienagione del sorgo da fibra rappresenta un percorso obbligato per la diffusione della coltura in Italia permettendo di superare i limiti imposti dai costi di trasporto legati alla movimentazione di prodotti umidi. La possibilità di conservazione ed agevole movimentazione rappresenta un aspetto molto importante per l'affermazione della coltura limitandone la diffusione ai soli casi di impiego del prodotto fresco. CRA-ING si è interessato della raccolta tramite fienagione fin dal 1994 e nel 1997 ha realizzato un primo prototipo sperimentale con sistema di condizionamento specifico per la coltura. Nella sperimentazione 2007 e 2008 con alcune modifiche sono state evidenziati vantaggi e limiti delle soluzioni adottate portando alla realizzazione nel 2009 del primo modello pre-commerciale, seguito nel 2010 dal primo modello commerciale che ha concretizzato il successo dell'attività di ricerca svolta. La falcia condizionatrice realizzata in struttura modulare (7 elementi condizionatori posti a 0,5 m di distanza) ed azionata da trattore di modesta potenza motrice (< 95 kW) consente lo sfalcio e contemporaneo condizionamento dell'intero stelo senza eseguire distacco di foglie o parti apicali, consentendo una capacità di lavoro di 1,4-1,7 ha/h.

Parole chiave: sorgo da fibra, colture energetiche, sorgo affienato, falcia condizionatrice.

* CRA-ING - Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria, Monterotondo (Roma).

Abstract

The improvement of Fiber Sorghum harvesting by haymaking is a mandatory step for the spreading of the crop in Italy allowing to overcome the limitations imposed by transporting costs related to the handling of moist products. The possibility of storage and easy handling is a very important aspect for the success of the crop limiting its spreading to only cases of fresh product. CRA-ING has been concerned in the harvesting by haymaking since 1994 and in 1997, it has developed a prototype equipped with a specific conditioning system for Fiber Sorghum. After some modifications on the first prototype following tests carried out in 2007 and 2008, it has been highlighted advantages and limitations of the solutions adopted in 2009 leading to the creation of the first pre-commercial model, followed in 2010 by the first commercial prototype, that confirmed the successful research activity carried out. The mower conditioner made of modular design (7 items conditioners placed at 0.5 m) driven by a tractor and small engine power (<95 kW) allows the simultaneous mowing and conditioning without running the entire stem detachment of leaves or parts apical, allowing a working capacity of 1.4 to 1.7 ha/h.

Keywords: *fiber sorghum, Energy crops, haymaking sorghum, mower conditioner.*

Introduzione

La raccolta tramite fienagione del sorgo da fibra rappresenta un percorso obbligato per la diffusione della coltura anche in aree non strettamente connesse ai centri di trasformazione permettendo di superare i limiti imposti dai costi di trasporto. La possibilità di conservazione ed agevole movimentazione rappresenta un aspetto molto importante per l'affermazione della coltura limitandone la diffusione ai soli casi di impiego del prodotto fresco. CRA-ING si è interessato della raccolta tramite fienagione fin dal 1994 (Barbucci P. *et al.*, 1994) valutando le macchine costruite per la fienagione dei foraggi e analizzando problematiche e limiti riscontrati (Assirelli A. *et al.*, 2006). Nel 2007 è stato quindi realizzato un primo prototipo di falcia condizionatrice portata da trattore agricolo (Assirelli A. *et al.*, 2008), modificata nel 2008 (Pari L. *et al.*, 2009) che adottava un sistema di condizionamento a rulli longitudinali muniti di lame e barre controrotanti.

Nel 2009 è stato realizzato un modello pre-commerciale valutato in impiego continuativo, seguito nel 2010 dal primo modello commerciale che ha concretizzato il successo dell'attività di ricerca svolta.

Materiali e metodi

Descrizione della macchina realizzata



Foto 1 - Prototipo di falciacondizionatrice realizzato da CRA-ING.

Il prototipo realizzato nel 2009 per la falcia condizionatura del sorgo da fibra si presenta di tipo portato da trattoria, costituito da un telaio principale sul quale sono fissati gli organi di lavoro (foto 1). Al telaio principale sono fissati i moduli di condizionamento, in numero pari alle file di coltura che verranno lavorate ad ogni passaggio; inferiormente ad essi è fissato l'apparato di taglio. Internamente al telaio è posto il sistema di trasmissione del moto ai moduli di condizionamento ed all'apparato di taglio. Ogni modulo è composto da una coppia di coclee parallele controrotanti con diametro ridotto anteriormente per facilitare la presa delle piante ed inversione del senso di trasporto nella parte terminale delle spirali. Le spirali presentano diametro esterno pari a 25 mm, spira alta 75 mm, passo 100 mm e spessore pari a 5 mm. I primi 5 avvolgimenti + 3/8 (per un totale di 1935°) si presentano con unica direzione e convogliano il prodotto verso l'interno del gruppo di condizionamento. La parte terminale della coclea, per un avvolgimento + 3/8 (per un totale di 495°) invertendo il senso di rotazione, convoglia l'eventuale prodotto rimasto verso la parte anteriore garantendo il totale condizionamento della coltura. Tale sistema assicura la pulizia dell'organo dagli accumuli di eventuale prodotto reciso (foto 2). Lungo le spirali, in modo alternato fra le due coclee, sono fissate tramite saldatura delle alette realizzate

in profilato metallico di altezza pari a 75 mm, larghezza pari a 30 mm e 10 mm di spessore. Tali alette rappresentano i principali elementi dedicati al condizionamento dello stelo, provocandone alternativamente piegature e lacerazioni delle piante. Gli alberi sui quali sono fissate le coclee (diametro 100 mm) presentano un doppio supporto, anteriore e posteriore (lunghezza complessiva degli alberi pari a 0,9 m) distanziati 0,2 m l'uno dall'altro. L'azionamento avviene tramite la presa di potenza della trattrice. La trasmissione principale ai moduli è realizzata a catena multipla (passo 1") operante in bagno d'olio su corone dedicate per ogni modulo di condizionamento. Ogni corona trasmette il moto ad ogni modulo e la fase fra le due coclee compenetranti fra loro è mantenuta tramite una coppia di ingranaggi sempre in presa, fissati in modo solidale, tramite chiavetta, agli alberi porta coclee.



Foto 2 - Particolare del gruppo di condizionamento a coclee.

Questa prima versione di macchina falcia condizionatrice di sorgo da fibra è stata realizzata per lavorare 7 file ad una distanza interfila di 0,5 m, con una larghezza di lavoro complessiva pari a 3,5 m.

Altre versioni potranno essere realizzate equipaggiate per la raccolta di un diverso numero di file ed idonee ad operare in impianti con diversa distanza tra le file.

I principali dati dimensionali della macchina sono riportati in tabella 1.

Tabella 1 - Principali dati dimensionali della macchina falcia condizionatrice.

<i>Descrizione</i>	<i>Unita di misura</i>	<i>Valori</i>
Larghezza	m	3,77
Lunghezza (profondità)	m	1,75
Altezza	m	0,86
Peso	kg	1400
Numero di elementi condizionatori	n	7
Interfila elementi	m	0,5
Lunghezza apparato di taglio	m	3,45

L'apparato di taglio è a lama alternata con comando di azionamento a scatola in bagno d'olio operante a 1100 cicli/minuto. Risulta composto da sezioni di lama fissate tramite viti e bulloni ad una barra portalama di lunghezza pari a 3,45 m. I denti di contrasto sono realizzati a coppie di sezione pari a 56 mm. Il sistema di fissaggio dell'apparato di taglio è modificabile, con possibilità di variazione del posizionamento in altezza rispetto ai gruppi di condizionamento.

La macchina presenta larghezza complessiva di 3,77 m, lunghezza di 1,75 m ed altezza di 0,86 m; la massa è di 1400 kg.

La macchina realizzata in prima versione non presentava dispositivi per mantenere costante l'altezza di taglio. Successivamente sono state applicate due ruote di livello posteriori per permettere anche di scaricare a terra parte del peso della macchina riducendo le masse a sbalzo sulla trattrice.

Sotto l'aspetto funzionale la falciacondizionatrice recide le piante a livello del terreno e le condiziona ad una ad una integralmente per singola fila facendole passare attraverso un percorso obbligato entro le barrette contrapposte fissate alla coppia di coclee di ogni modulo.

Descrizione della trattrice utilizzata

Per l'allestimento del cantiere di falcia condizionatura si è cercato di reperire una trattrice capace di riunire doti di leggerezza e maneggevolezza, aspetti ritenuti importanti anche per le successive operazioni di rivoltamento, andanatura e raccolta.

La leggerezza riveste particolare importanza al fine di ridurre il negativo effetto di calpestamento della coltura condizionata. Il modello ritenuto costruttivamente e funzionalmente idoneo alla sperimentazione è risultato essere una trattrice isodiametrica dotata di guida reversibile e trasmissione idrostatica. Tale modello prodotto dalla ditta BM Tractors di Zocca (Mo), è caratterizzato da ridotta massa complessiva e possibilità di equipaggiamento con ruote a sezione larga prive di tappi di presa (tipologie di pneumatici prevalentemente utilizzati nelle operazioni di mantenimento del verde ornamentale). La trattrice presenta guida reversibile con piattaforma integrale girevole a 180° e possibilità di doppia sterzata, solo anteriore e/o posteriore, riducendo significativamente gli spazi di manovra.

Le principali caratteristiche tecniche della trattrice utilizzata sono riportate in tabella 2.

Tabella 2 - Aspetti tecnici della trattrice utilizzata.

<i>Descrizione</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Marca		BM Tractors
Modello		Better 130
Potenza motrice	kW	93
Massa complessiva	kg	3500
Lunghezza	m	4,56
Larghezza	m	2,45
Altezza	m	2,77
Pneumatici anteriori/posteriori	tipo	Floating 500/60-22.5

La trattrice monta un motore Iveco FTP (Fiat Power Train Technology) tipo NEF (New Engine Family), a quattro cilindri sovralimentati con dispositivo di raffreddamento ad aria aspirata (intercooler) di tipo aria/aria, cilindrata complessiva di 4500 cc e potenza motrice secondo norma ISO TR14396 di 93 kW, emisionato Tier III. La coppia motrice rilevata a 1250 giri/minuto è pari a 525 N/m.

La trasmissione si presenta di tipo misto meccanico idraulico; la componente meccanica presenta un cambio principale a sei rapporti a gestione elettronica con dispositivo di scalata in automatico in caso diccessivo sforzo di trazione, abbinato ad un riduttore a tre gamme, per un totale di 18 rapporti. Alla componente meccanica è abbinata una trasmissione idraulica con pompa a portata variabile con funzione di adeguamento della velocità ed inversione della direzione d'avanzamento. Le velocità consentite sono comprese da 0-5 km/h del primo rapporto fino a 0-40 km/h del diciottesimo rapporto.

L'impianto di sollevamento idraulico posteriore presenta capacità di sollevamento pari a 3500 kg, a richiesta è montabile l'impianto di sollevamento anteriore con capacità di sollevamento pari a 2000 kg.

La presa di potenza posteriore presenta frizione di tipo multi disco in bagno d'olio e due regimi di velocità (540/1000 giri/minuto).

La trattrice utilizzata presenta diametro di svolta pari a 6,2 m, passo di 2,5 m e carreggiata variabile da 2,20 m a 2,45 m rimanendo sempre entro i limiti fissati per la circolazione stradale dal Codice della Strada (C.d.S.).

Area di prova

Le prove sono state condotte nell'estate 2009 sia presso i campi sperimentali del gruppo agro-industriale Co.Pro.B a Minerbio (Bo) e presso quelli del gruppo agro-industriale M & G (Mossi & Ghisolfi) a Rivalta Scrivia (Al).

Il primo è impegnato alla messa a punto della filiera produttiva del sorgo da fibra per alimentare l'impianto di produzione di energia elettrica di Finale Emilia, non ancora in produzione, mentre il secondo per alimentare un impianto pilota di produzione di etanolo di seconda generazione in operazione presso il centro di ricerca del Gruppo.

Il campo sperimentale Co.Pro.B. era situato in località Mirandola di Modena (Mo), a giacitura pianeggiante, caratterizzata da terreno di medio impasto tendente all'argilloso. Nel campo prove sono state coltivate tre varietà di sorgo per una superficie complessiva di ha 3,6241.

La precessione culturale aziendale ha interessato frumento nel 2008 e mais nel 2007, le operazioni di preparazione del terreno sono state aratura estiva (2008) a profondità di 0,4 m, seguita da estirpatura in settembre ed erpicatura superficiale (0,1 m) primaverile pre-semina.

Il campo sperimentale M & G era situato in località Rivalta Scrivia (Al) a giacitura pianeggiante, presentava superficie seminata a sorgo da fibra pari a 9,0 ha di cui 0,9952 ha investito con varietà H 133 ed interessato dalle prove.

Le principali caratteristiche sono riportate in tabella 3.

Tabella 3 - Principali caratteristiche dei campi prove.

<i>Descrizione</i>	<i>Unita di misura</i>	<i>Mirandola (Mo)</i>	<i>Rivalta Scrivia (Al)</i>
Lunghezza	m	162	311
Larghezza	m	92	32
Superficie	ha	1,4915	0,9952
Distanza di semina (interfila/fila)	m	0,5/0,107	0,5/0,10
Profondità di semina	mm	25	28
Varietà		Biomass 133	H 133

Durante le prove sono stati rilevate le produttività del cantiere secondo schema di classificazione dei tempi di lavoro in agricoltura concordato in sede internazionale dal C.I.O.S.T.A. (Commission Internationale de l'Organisation scientifique du travail en agriculture) e la raccomandazione AIGR (Associazione Italiana di Genio Rurale) 3° R1.

Per la valutazione del condizionamento effettuato sulle piante si sono prelevati sei campioni rappresentati dalla produzione di un metro quadrato e si sono studiate le zone colpite dagli elementi condizionatori, l'intensità e l'effetto che ha comportato sui tessuti definendo la zona di inizio del processo di condizionamento. Sui medesimi campioni si sono effettuati anche i rilievi delle altezze di taglio.

Per la valutazione delle perdite di raccolta a fine ciclo si sono definiti ulteriori sei campioni di superficie pari ad un metro quadrato e si è provveduto alla raccolta diretta di tutto il materiale rimasto a terra (sezioni di foglie e di steli).

Risultati e discussioni

Capacità di lavoro

Le valutazioni sperimentali del cantiere di lavoro formato dalla trattrice BM Tractor e dalla macchina falcia condizionatrice del sorgo da fibra sono state effettuate nel mese di luglio 2009 nel centro Italia a Mirandola (Mo) e nel mese di settembre 2009 nel nord Italia, a Rivalta Scrivia (Al).

La coltura di sorgo da fibra al momento della raccolta presso il campo di Mirandola (Mo) presentava un omogeneo grado di sviluppo, altezza media di 2,88 m e densità pari a 14 piante m². La coltura non presentava allettamenti e neppure infestanti di rilievo.

Nel campo di Rivalta Scrivia (Al) al momento della raccolta la coltura si presentava priva di allettamenti e con un'altezza media di 3,03 m. La coltura durante il ciclo vegetativo ha potuto beneficiare di due interventi irrigui eseguiti tramite irrigatore mobile ad ala avvolgibile. Le maggiori dimensioni delle piante e la maggior irregolarità superficiale hanno influito sulle capacità di lavoro operative della macchina oggetto di studio.

L'analisi dei tempi di lavoro ha messo in luce che mentre ai Mirandola (Mo) il cantiere di raccolta ha mostrato avere una velocità di avanzamento effettiva pari a 1,71 m/s raggiungendo una capacità operativa pari a 1,74 ha/h, corrispondente ad produzione oraria di 53,63 t/ha, a Rivalta Scrivia (AL) il cantiere di raccolta è avanzato ad una velocità effettiva di 1,24 m/s raggiungendo una capacità operativa pari a 1,45 ha/h, corrispondente ad produzione oraria di 68,95 t/ha.

Le diverse conformazioni degli appezzamenti e le caratteristiche della coltura tra le due aree di prova hanno significativamente influito sui rendimenti e sulle produ-

zioni orarie ottenute. A Rivalta Scrivia (AI) si è ottenuto un rendimento operativo del 15,12 % superiore a quello rilevato a Mirandola (Mo) mentre per quanto riguarda la produzione oraria operativa l'incremento è stato pari al 28,57 %.

Nelle tabelle 4 e 5 sono riportate rispettivamente alcune caratteristiche colturali ed alcuni parametri di lavoro del cantiere di falciaccondizionatura rilevati nei due campi prove.

Tabella 4 - Caratteristiche della coltura di sorgo da fibra alla raccolta nei due campi prove.

<i>Descrizione</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Mirandola (Mo)</i>	<i>Rivalta Scrivia (AI)</i>
Data	gg/mm/aa	29/07/09	03/09/09
Altezza	m	2,88	3,03
Densità	Piante/m ²	14,00	12,67
Diametro basale	mm	16,75	16,86
Allettamento	%	0	0
Presenza di infestanti	%	0	0
Produzione ottenuta	t/ha	14,00*	18,90**

* Produzione ottenuta al 28,3% di umidità

** Produzione stimata ad un'umidità del 27,2%

A causa di significativi eventi piovosi avvenuti in concomitanza con le operazioni di imballatura la raccolta del campo prove di Rivalta Scrivia (AI) non ha potuto seguire l'originario protocollo di prova che prevedeva la raccolta e pesatura di tutta l'area di prova. La determinazione della produzione ottenuta è quindi stata stimata attraverso i rilievi eseguiti in pre-raccolta considerando il valore di umidità raggiunto successivamente all'impiego della falcia condizionatrice (27,2%).

Tabella 5 - Parametri di lavoro medi riscontrati durante l'impiego del cantiere di raccolta del sorgo da fibra.

<i>Descrizione</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Mirandola (Mo)</i>	<i>Rivalta Scrivia (AI)</i>
Regime di rotazione pdp	giri/minuto	454	454
Velocità di avanzamento	m/s-km/h	1,71-6,15	1,24-4,45
Capacità di lavoro effettiva	ha/h	2,15	1,56
Capacità di lavoro operativa	ha/h	1,74	1,45
Rendimento operativo	%	80,63	92,82
Produzione oraria operativa	t/h	53,63	68,95
Altezza di taglio	mm	30	80

In entrambi i campi prove le piante, successivamente al passaggio della falcia condizionatrice, si presentavano uniformemente sparse su tutto il fronte di lavoro della macchina e condizionate fin verso l'apice della pianta (foto 4).



Foto 3 - Particolare della coltura trattata dalla falcia-condizionatrice CRA-ING.

Qualità del lavoro

Condizionamento

L'effetto di condizionamento si manifesta con fessurazioni profonde lungo lo stelo con fuoriuscita dei tessuti interni ad intervalli di 150 mm. Tale distanza è risultata collegata alla velocità di rotazione del condizionatore ed alla velocità di avanzamento della macchina (Foto 4). Le piante si presentano uniformemente condizionate lungo tutto lo stelo fin da 100 mm sopra la linea di taglio. Le foglie risultano anch'esse condizionate, ancora collegate allo stelo e con lacerazioni longitudinali lungo le nervature.

L'effetto degli elementi condizionatori fissati sulle coclee risulta particolarmente visibile ove lo stelo ha una struttura poco elastica, e diviene progressivamente meno aggressivo con la riduzione del diametro dello stelo ed aumento della sua elasticità.

Alla attività sperimentale volta a valutare le prestazioni e la qualità del lavoro della macchina per la falciacondizionatura del sorgo da fibra descritta in questo lavoro, ha fatto seguito una attività sperimentale volta a valutare l'andamento dell'essiccazione del prodotto in campo, nei due areali considerati (centro e nord Italia) e nei due diversi mesi (Agosto e Settembre). Tale attività ha messo in luce anche l'efficienza di condizionamento della macchina. Si rimanda quindi ad articolo dedicato per indicazioni sulla efficacia del condizionamento.



Foto 4 - Particolare di pianta di sorgo appena falciata e condizionata.

Altezza di taglio

Le condizioni di coltivazione del campo prove di Mirandola (Mo) con regolare ed uniforme profilo superficiale hanno permesso alla macchina in prova di mantenere l'altezza di taglio costante a valori piuttosto ridotti, pari a 30 mm (foto 5), condizione questa che non si è ripetuta in Piemonte ove l'irregolare profilo superficiale e la presenza di ostacoli (sassi) hanno obbligato l'operatore a tenere una l'altezza di taglio superiore risultata mediamente pari a 80 mm. La maggiore altezza di raccolta si traduce in un minore prodotto raccogliabile.

Perdite di raccolta

La macchina ha falciacondizionato tutte le piante presenti nel campo prove e non sono state rilevate perdite a livello di barra di taglio in quanto tutte le piante recise sono state trattate dal gruppo condizionatore. I rilievi relativi alle perdite di prodotto valutate a fine ciclo di raccolta, quindi comprensive di falcia condizionatura, andatura ed imballatura), sono riferiti al campo di Mirandola (Mo) ove sono risultate pari al 5,18% del prodotto raccolto (14 t/ha al 28,3% di umidità).



Foto 5 - Particolare rilievi altezza di taglio.

Conclusioni

La macchina falciacondizionatrice realizzata a seguito della attività di ricerca sviluppata dal CRA-ING negli ultimi 3 anni, ha permesso la soluzione di un problema di notevole importanza che non permetteva la estensiva coltivazione di questa interessante coltura da biomassa. Le esperienze condotte nel biennio 2007-2008 con il primo prototipo costruito dal CRA ING hanno fornito una serie di informazioni molto utili sulle problematiche che la coltura presenta durante le operazioni di fienagione, permettendo di applicare sulla macchina pre-commerciale gli accorgimenti necessari a mantenere un'elevata efficienza di condizionamento riducendo gli inconvenienti legati ad ingolfamenti o inquinamento del prodotto.

L'attività di ricerca mirata allo sviluppo di macchine agricole non esistenti, ma indispensabili per permettere l'attivazione di filiere agro-energetiche, se condotta con l'intenzione di sviluppare innovazioni tecnologiche da mettere sul mercato, può portare in pochi anni alla messa a disposizione degli agricoltori che saranno interessati alla coltivazione della nuova coltura energetica, di macchine efficienti e facilmente acquisibili.

Questa attività, voluta dal MiPAF che ha promosso il Progetto di ricerca SUSCACE per lo sviluppo di innovazioni tecnologiche che favoriscano la conversione del set-

tore bieticolo-saccarifero, è stata possibile grazie alle collaborazioni instaurate tra l'Istituzione di ricerca pubblica, le ditte produttrici di macchine agricole ed i gruppi agro-industriali del settore prima citati che si ringraziano.

Acknowledgements. Si ringraziano per la collaborazione fornita a supporto della sperimentazione i gruppi industriali, Co.Pro.B. di Minerbio (Bo), M&G di Rivalta Scrivia (Al).

Bibliografia

- Assirelli A., Bentini M., Zucchelli M., 2006. L'importanza della raccolta per le colture da biomassa. *L'Informatore Agrario*, 41: 117-123.
- Assirelli A., Fedrizzi M., Ciriello A., Pari L., 2008. Fiber sorghum haymaking for Energy purpose: an innovative equipment for fast drying, 16th European Biomass Conference & Exhibition, Valencia, Spain.
- Pari L., Assirelli A., Suardi A., 2009. Migliorato il condizionamento del sorgo da fibra alla raccolta. *Informatore Agrario* n. 29 del 17/23 luglio 2009 – Supplemento Agroenergie - Pages 16-18.

c - Valutazione dell'essiccazione in campo del sorgo da fibra affienato

Field drying of Fiber Sorghum hay

Luigi Pari*, Alberto Assirelli*, Alessandro Suardi*

Riassunto

Le linee di raccolta del sorgo da fibra, seguono normalmente due diverse metodologie: la trinciatura diretta del prodotto fresco o l'imballatura del prodotto semiaffienato od affienato. La scelta è vincolata da diversi aspetti prevalentemente legati alla destinazione d'uso della biomassa, alla necessità di movimentazione e stoccaggio, alle attrezzature disponibili ed alle caratteristiche pedoclimatiche dell'areale di coltivazione. La raccolta di un prodotto con contenuto di umidità tale da garantirne un'adeguata conservazione (umidità < 25-30%) richiede un trattamento condizionatore molto intenso della coltura. Il raggiungimento delle massime capacità produttive della coltura avviene in periodi che non sempre possono garantire un adeguato livello di radiazione solare ed assenza di precipitazioni. La riduzione del tempo di esposizione nel rispetto della durata del ciclo di coltivazione rappresenta un obiettivo di primaria importanza per l'affermazione della coltura che raggiunge il momento di raccolta in periodi in cui il rischio di pioggia aumenta progressivamente.

Al fine di valutare i giorni di esposizione alla radiazione solare necessari per ottenere un livello di umidità idoneo CRA-ING ha svolto alcune prove in diverse realtà e periodi di raccolta con le macchine sviluppate nella propria attività di ricerca. Nel presente lavoro sono riportate le esperienze condotte nel 2009, tralasciando quelle relative agli anni 2007-2008 in quanto relative ad operatrici che seppur sviluppate in ambito CRA-ING presentavano diversi aspetti costruttivi e funzionali.

* CRA-ING - Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria, Monterotondo (Roma).

Le esperienze condotte hanno consentito periodi di esposizione inferiori ai 5 gg riducibili di almeno 1 gg in caso di rivoltamento della coltura al secondo giorno di esposizione.

Parole chiave: essiccazione sorgo da fibra, affienamento sorgo da fibra, tempi esposizione sorgo da fibra, condizionamento sorgo da fibra.

Abstract

The harvesting of sorghum fiber, normally follow two different methods: direct chopping of fresh product or baling of hay product. The choice is constrained by several aspects mainly related to the intended use of biomass, to the need of handling and storage, to the available equipment and the climate characteristics of the cultivation area. The harvest of a product with moisture content as to ensure adequate conservation (humidity <25-30%) requires very intensive conditioning treatment of the crop. The attainment of maximum production capacity of the crop occurs in periods that can not always guarantee an adequate level of radiation and absence of rainfall. The reduction of exposure time in regard of the cultivation cycle period is a goal of primary importance for the success of the crop that reaches the harvesting time when the risk of rain increases gradually.

In order to assess daily exposure to solar radiation needed to achieve an adequate level of humidity, CRA-ING has carried out some tests in different periods and harvesting situations with machines developed in their research. In the present work the experiments conducted in 2009, are explained, leaving those for the years 2007-2008 because they relate to machines which, although developed within the CRA-ING, presented various aspects of construction and functional. The experiences have allowed exposure periods of less than 5 days reduced by at least 1 day in case of turning over the crop the second day of exposure.

Keywords: *fiber drying sorghum, haymaking sorghum fiber, sorghum fiber exposure time, conditioning sorghum fiber.*

Introduzione

Il sorgo da fibra allo stato fresco contiene oltre il 70% di acqua, aspetto importante da tenere in considerazione in quanto rende antieconomica la movimentazione della biomassa trinciata fresca oltre i 25 km (Barbucci P. *et al.*, 1994). Per garantire un'adeguata conservabilità della biomassa il sorgo da fibra deve passare da oltre il 70 a meno del 30% di umidità per garantire la conservazione e permetterne un'agevole movimentazione. Nell'intento di risolvere queste problematiche CRA-ING ha condotto un'attività di ricerca mirata a mettere a punto una macchina che permettes-

se di ridurre significativamente i tempi di essiccazione in campo. Le prime esperienze di raccolta del sorgo da fibra con le comuni linee da foraggio, avevano mostrato limiti evidenti legati all'elevato volume di biomassa da gestire ed alla struttura poco omogenea degli steli delle piante, sia in termini di dimensioni sia di elasticità. Prove di sfalcio del sorgo non condizionato, anche nei mesi di massima efficienza della radiazione solare (luglio-agosto) hanno evidenziato una perdita di umidità di pochi punti percentuali per giorno di esposizione, mostrando l'impossibilità di disidratare il prodotto naturalmente se non eseguendo un accurato condizionamento degli steli. Nel 2007 il CRA-ING ha progettato e realizzato un primo prototipo di falcia-condizionatrice specifico per la colture, con sistema a rulli controrotanti ad elevata aggressività, successivamente ridotta nell'operatrice realizzata nel 2009 nella quale è stato adottato un sistema di condizionamento a coppia di coclee controrotanti. La macchina è stata poi sottoposta nell'estate 2009 a prove sperimentali per valutarne gli aspetti funzionali e prestazionali, mentre nel presente lavoro si riportano i risultati di prove sperimentali mirate a valutare l'andamento dell'essiccazione in campo del prodotto falcia condizionato con la nuova macchina, in diverse condizioni operative (centro e nord Italia, mese di luglio e settembre).

Materiali e metodi

L'attività sperimentale ha riguardato la comparazione dell'andamento della perdita di umidità di sorgo da fibra falcia condizionato nel mese di agosto in località Mirandola (Mo) con il sorgo da fibra falcia condizionato in località Rivalta Scrivia (Al) nel mese di settembre 2009.

Il cantiere di raccolta era costituito da trattore BM Tractors Modello Better 130 abbinato a macchina falcia condizionatrice CRA ING/Cressoni progettata e realizzata nel medesimo anno alla luce delle sperimentazioni precedenti.

Le valutazioni hanno riguardato sia la identificazione dei parametri biometrici colturali in presfalcio nonché la valutazione dell'andamento dell'umidità del prodotto condizionato in essiccazione.

Presfalcio:

Prima del passaggio della falciacondizionatrice, dopo attenta valutazione del grado di uniformità, di sviluppo e densità delle piante, sono stati individuati tre settori rappresentativi, sui quali si è proceduto con sei campionamenti alla determinazione delle caratteristiche biometriche della coltura. Ogni campionamento è stato effettuato su una superficie di un metro quadrato. Per ogni campione, sono state raccolte e contate il numero di piante presenti, il loro peso unitario e complessivo. Di ogni pianta è stata misurata l'altezza, il diametro basale e ad 1 m dalla base.

Si è inoltre cercato di quantificare come l'altezza di taglio influisca sulla produzione totale raccogliibile valutando diversi valori (50, 100, 150, 200 e 250 mm).

Postsfalcio

Successivamente al passaggio della falciacondizionatrice, per valutare i tempi di essiccazione della biomassa condizionata e lasciata a terra, nei 3 settori precedentemente individuati, sono stati prelevati tre campioni due volte al giorno (ore 12.30 e 20.00) per valutarne le variazioni di umidità fino al raggiungimento del valore minimo necessario per la successiva fase di stoccaggio (30%). Dopo circa 48 ore dal condizionamento, in una porzione del campo prove di Mirandola (Mo), si è proceduto con un rivoltamento tramite ranghinatore stellare del prodotto condizionato, per poterne successivamente valutare l'influenza sulla velocità di essiccazione. Ogni campione raccolto era rappresentato da piante intere costituite da fusto, foglie e spiga che venivano immediatamente pesate ed inviate in laboratorio per la valutazione dell'umidità secondo la procedura CEN/TS 15414-1:2006.

Dal giorno della raccolta fino all'imballatura sono state monitorate le condizioni meteorologiche per mezzo di una centralina meteo professionale (Oregon Scientific WMR200) posizionata ai bordi dei campi sperimentali. In particolare sono stati registrati i valori di temperatura, umidità, velocità del vento e precipitazioni.

Risultati

Tabella 1 - Principali caratteristiche della coltura di sorgo al momento dello sfalcio.

<i>Descrizione</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Mirandola (Mo)</i>	<i>Rivalta Scrivia (AI)</i>
Varietà		Biomass 133	H 133
Data sfalciocondizionatura	gg/mm/aaaa	29/07/2009	03/09/2009
Distanze di semina: interfila sulla fila	m mm	0,5 107	0,5 110
Altezza piante	m	2,88	3,03
Densità	n°/m ²	14	12,67
Diametro basale	mm	16,75	16,86
Peso medio	kg/pianta	0,38	0,40
Umidità allo sfalcio	%	73,4	72,6
Allettamento	%	0	0
Infestazione	%	0	0
Altezza di taglio	mm	30	80

In tabella 1 sono riportate le caratteristiche colturali nelle due tesi messe a confronto, dalle quali si può evidenziare un maggior sviluppo vegetativo, una minor densità per unità di superficie ed un leggero maggior diametro basale nella tesi di Rivalta Scrivia (AI). Tali difformità devono comunque essere valutate in base ai diversi percorsi colturali seguiti nelle due realtà. Mentre il campo prove di Modena non ha potuto

beneficiare di interventi irrigui esterni, ad Alessandria sono stati eseguiti due interventi con irrigatore mobile ad ala avvolgibile nel periodo estivo di 35 mm ciascuno.

Il processo meccanico di condizionamento messo a punto, permette la deposizione della coltura falciacodizionata a terra in maniera uniforme, su tutta la superficie disponibile. Ogni pianta risulta longitudinalmente integra e con incisioni e compressioni ripetute su tutta la lunghezza. L'elevato spessore di biomassa distesa (>150 mm) e le fisiologiche sovrapposizioni delle piante, non consentono un'omogenea perdita di umidità; infatti durante i rilievi periodici, la quasi totalità delle piante analizzate, presentavano settori di stelo con differenti gradi di essiccazione dovuto alle frequenti sovrapposizioni che riducevano la superficie esposta. È stato inoltre osservato che, essendo lo stelo a livello basale, di maggiori dimensioni e meno elastico rispetto alle parti più distali, l'effetto di condizionamento risultava più evidente e con spaccature profonde solo nelle parti di maggior consistenza. In contrapposizione, nelle parti apicali, la maggiore elasticità dello stelo lo rendeva meno suscettibile alla fessurazione. Questo fenomeno permetteva comunque di ottenere una perdita di umidità dei tessuti interni piuttosto omogenea, tra le diverse sezioni dello stelo.

Alla fine di luglio 2009 in Emilia Romagna, durante le prove sperimentali in località Mirandola (Mo) la temperatura media dell'aria è stata di 29°C, l'umidità relativa media del 52% e la velocità media del vento di 0,69 m/s. Al momento dello sfalcio eseguito alle ore 10:30 del 29/07/2009 la coltura presentava un'umidità iniziale pari al 73,4% e, nelle condizioni descritte, la perdita di umidità ha consentito di concludere le operazioni di raccolta entro il quarto giorno ad un'umidità media del 28,3%, senza eseguire rivoltamenti intermedi. In un'area delimitata è stato inoltre eseguito un rivoltamento intermedio il terzo giorno dallo sfalcio, che ha mostrato di non avere influito significativamente sulla velocità di essiccazione del prodotto ormai in fase piuttosto avanzata.

Nel grafico 1 viene riportato l'andamento della perdita di umidità della coltura nella Tesi di Mirandola (MO) assieme ai dati di temperatura relativa, umidità relativa e velocità del vento medi, registrati dalla centralina meteo installata in prossimità del campo prove per tutta la durata della attività sperimentale.

Dal grafico n. 1 si evidenzia come, nelle prime ore successive al condizionamento il contenuto di umidità della coltura inizia a diminuire in maniera sensibile, perdendo in 8 ore, dalle 10.30 alle 18.30 16 punti percentuali di acqua. Con la diminuzione dell'intensità della radiazione solare e della temperatura esterna, si assiste ad un riequilibrio dell'umidità fra le parti più interne della pianta e gli strati esterni già parzialmente essiccati, senza che si verificano perdite significative di acqua dai tessuti. Solo nel pomeriggio successivo (2° giorno), l'incremento di temperatura, abbinato alla diminuzione dell'umidità relativa dell'aria, determina un marcato abbassamento del contenuto di acqua all'interno del prodotto. Raggiunta la soglia del 40%, il processo di essiccazione appare più lineare senza mostrare marcate differenze tra il giorno e la notte. Si tende a creare una forma di equilibrio tra la quantità di acqua

che passa dagli strati più interni della pianta verso la superficie a contatto con l'aria e quella che sta progressivamente evaporando.

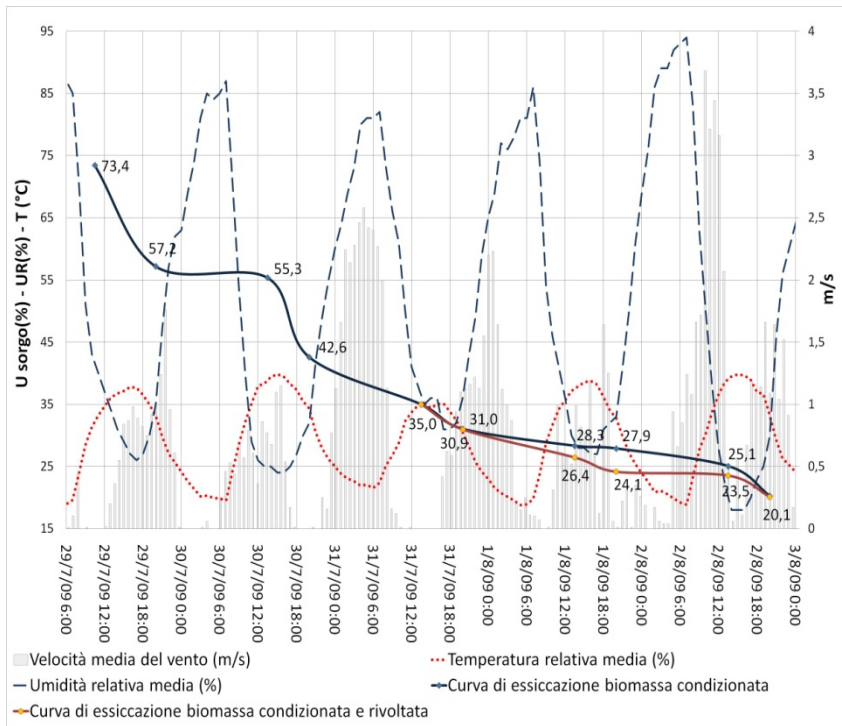


Grafico 1 - Andamento dell'essiccazione del biomassa condizionata in campo e condizioni meteorologiche – località Mirandola (Mo) luglio/agosto 2009.

Nel grafico 2 viene riportato l'andamento della perdita di umidità della coltura nella Tesi di Rivalta Scrivia (AL) assieme ai dati di temperatura relativa, umidità relativa e velocità del vento medi, registrati dalla centralina meteo installata in prossimità del campo prove per tutta la durata della attività sperimentale.

In Piemonte, nella prima decade di settembre, la temperatura media registrata nel periodo delle prove è stata di 21°C, l'umidità media di 49% e la velocità media del vento di 1,18 m/s. Anche in questo caso la biomassa è passata, in poco più di 4 giorni, da un'umidità media del 71% ad una del 27,2%.

Durante le prove di essiccazione in campo, in entrambe le tesi, non si sono verificati fenomeni meteorologici registrabili, pertanto i dati pluviometrici non sono stati inseriti nei grafici.

Il processo di essiccazione evidenziabile dal grafico n. 2, relativo all'esperienza piemontese nel mese di settembre, denota un diverso comportamento rispetto all'esperienza precedente condotta in Emilia Romagna nel mese di Luglio, mostrando un'essiccazione più lineare della biomassa in campo senza rilevanti interferenze dell'alternarsi giorno/notte sulla essiccazione.

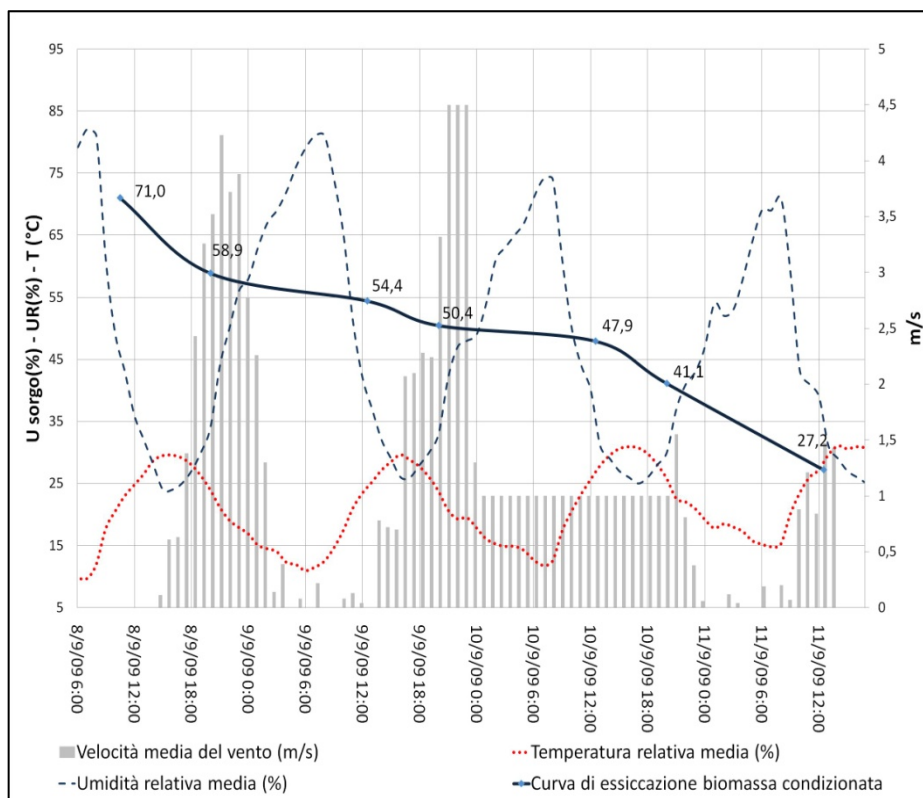


Grafico 2 - Andamento dell'essiccazione del biomassa condizionata in campo e condizioni meteorologiche – località Rivalta Scrivia (AL) settembre 2009.

Tale andamento potrebbe essere riconducibile sia alla minor temperatura relativa media giornaliera di settembre che, pur se accompagnata da una maggiore ventosità e da valori simili di umidità relativa dell'aria, non ha permesso il verificarsi di bruschi abbassamenti dell'umidità contenuta nella biomassa sia all'influenza dell'altezza di taglio sull'andamento dell'essiccazione.

A conferma di ciò nella tesi di Rivalta Scrivia (AL) l'irregolare profilo superficiale e la presenza di ostacoli (sassi) hanno obbligato l'operatore della falciaccondiznatrice a tenere una altezza di taglio media di 80 mm, a differenza di quanto avvenuto nella tesi di Mirandola ove l'altezza media di taglio è risultata essere 30 mm.

La parte basale dello stelo non tagliato svolge un'azione di sostegno importante della biomassa condizionata in fase di essiccazione, evitandone il contatto a terra. Questo aspetto fa sì che, l'umidità del terreno non influisca negativamente sul prodotto e l'aria riesca a passare attraverso la biomassa favorendone la disidratazione, come già rilevato in altre esperienze (2).

Si può quindi supporre che nella tesi di Mirandola(MO) il contatto della coltura con il terreno abbia influito negativamente con la disidratazione e che questo effetto si sia fatto sentire maggiormente durante il periodo notturno.

La maggiore altezza di raccolta tuttavia si traduce in un minore prodotto raccogliabile

Questo è stato stimato con delle prove sperimentali ed i risultati sono riportati in tabella 2 dalla quale si evince come, per contenere le perdite al di sotto del 10%, sia importante non superare i 150 mm di altezza di taglio.

Tabella 2 - Diminuzione della biomassa raccogliabile in funzione dell'altezza di taglio.

Altezza di taglio (mm)	Prodotto non raccolto (%)
50	3,25
100	6,14
150	9,19
200	12,15
250	14,36

Conclusioni

L'attività sperimentale condotta in due diversi areali ed in diversi periodi dell'anno ha permesso di fornire informazioni sull'essiccazione in campo del sorgo da fibra condizionato utili a superare una problematica che in molteplici areali italiani aveva spesso limitato la diffusione della coltura solamente alle possibilità d'impiego del prodotto fresco, con tutti i limiti derivanti dal contenuto di umidità, inerenti il costo di trasporto, la movimentazione e lo stoccaggio. Lo studio delle problematiche legate al rilascio dell'umidità da parte della biomassa in campo, ha permesso di sottolineare l'importanza del condizionamento e nell'ambito di quest'ultimo di una frequente ed omogenea fessurazione dello stelo oltre ad una perfetta deposizione a terra, evitando accumuli e facilitando la circolazione dell'aria. Altro aspetto piuttosto utile, già evidenziato in altre esperienze, riguarda il distacco della biomassa da terra ottenibile innalzando leggermente l'altezza di taglio ed utilizzando la parte basale dei fusti come sostegno.

La nuova falcia condizionatrice CRA-ING/Cressoni ha permesso quindi di ridurre i tempi convenzionali di esposizione solare in campo, entro i 4 gg senza rivoltamento intermedio. Quest'ultimo, se applicato entro il secondo giorno, potrebbe abbassare ulteriormente i tempi di essiccazione.

Dalle esperienze condotte si sconsiglia inoltre di protrarre la raccolta tramite fienagione, negli areali centro-nord italiani, oltre il mese di settembre, a causa dell'aumento del rischio di condizioni pedoclimatiche sfavorevoli che potrebbero influire negativamente sui tempi di essiccazione e sulla riuscita della raccolta stessa.

Per quanto riguarda l'altezza di taglio da adottare in fase di falciacondizionatura, al fine di ridurre le perdite di prodotto ma nello stesso tempo favorire le condizioni

di ventilazione interna dello strato di biomassa, se ne consiglia un valore compreso tra i 30 e 80 mm. Altezze inferiori potrebbero non consentire un sufficiente isolamento dal terreno con scambi di umidità indesiderati e difficoltà di essiccazione.

Acknowledgements. Le ricerche sono state effettuate in collaborazione con Co.Pro.B. Italia Zuccheri, e M&G group.

References

- Barbucci P., Andreuccetti P., Frati G., Bacchiet P., Vannucci D., Pari L. 1994. Energy Crops Harvesting: Fiber Sorghum, Kenaf, Arundo donax Mischantus, Cynara cardunculus – Biomass for Energy and Industry – 7th E.C. Conference – Bocum, Pages 38-43.
- Klinner W. E., Shepperson G.. 1975. The state of haymaking technology - Grass and Forage Science – Volume 30 Issue 3 – Pages 259-266.

5

Valutazioni economiche

a - Valutazioni economiche: sorgo

Evaluation cost: fiber sorghum

Domenico Coaloa*, Alessandra Grignetti*

Riassunto

La riduzione della coltivazione della barbabietola ha portato alla conversione di migliaia di ettari di terreno agricolo a colture energetiche dal 2008. Grazie al progetto nazionale di ricerca “SuSCACE”, a supporto tecnico-scientifico per la conversione delle coltivazioni agricole verso colture energetiche, è stato possibile raccogliere ed elaborare dati sulle colture energetiche attualmente esistenti. Il database è attualmente costituito da 2.969 ettari coltivati in 386 appezzamenti, sono coinvolte 312 aziende agricole dislocate in 11 regioni d’Italia. I risultati ottenuti riguardano le superfici investite a ciascuna coltura, il relativo numero di campi e la loro distribuzione regionale, le produzioni, i costi di coltivazione e di produzione il bilancio economico. I dati raccolti riguardanti tutte le operazioni colturali agricole, gli input energetici ha permesso di stimare l’impatto ambientale e il bilancio energetico delle diverse colture. Le produzioni ottenute per le colture annuali da biomassa e le oleaginose sono risultate mediamente buone con differenze significative a livello regionale. Le analisi della produzione e redditività delle specie più diffuse delle colture oleaginose, ha mostrato risultati generalmente positivi nel mercato attuale. Le piantagioni per la biomassa hanno raggiunto già buoni risultati produttivi nei primi anni di coltivazione, anche se migliorabili. Nelle attuali condizioni di mercato la redditività è fortemente dipendente dalle particolari condizioni di prezzo che si possono ottenere mediante contratti di lungo periodo con le imprese di trasformazione energetica.

Parole chiave: colture energetiche, costi di coltivazione, bilanci colturali, sorgo da fibra.

* CRA-PLF Unità di Ricerca per le Produzioni Legnose fuori Foresta, Casale Monferrato (AL).

Abstract

The reduction of beet cultivation has led to the conversion of thousands of hectares of agricultural land to energy crops since 2008. Thanks to the national research project “SuSCACE”, set up as a technical-scientific support for the cultivation of energy crops, it has been possible to gather and process data on the currently existing energy crops. The database currently concern of 2,969 hectares in 386 plots, 312 farms and 11 regions of Italy affected. The results obtained regard the areas planted to each crop, the relative number of fields and their regional distribution, their yields, cultivation and production costs and their economic balance. The data collected regarding all farming operations and energy inputs allowed us to estimate the environmental impact and energy balance of the different crops. The products obtained for annual field crops are good on average, significant differences at the regional level. The analysis of the production and profitability of the most widespread oilseed species, has shown generally positive results in the current market. Plantations for biomass have reached, in the first years of cultivation, good, though improvable, yields; however in the present market conditions profitability is highly dependant on special price conditions agreed on in contract with the processing industries.

Keywords: *energy crops, cultivation cost, crop balance, fiber sorghum.*

Introduzione

L'applicazione della riforma della OCM zucchero ha comportato una riduzione di oltre il 50% della capacità produttiva nazionale dello zucchero e di conseguenza anche una sensibile riduzione della superficie coltivata a barbabietola. Alcune società produttrici di zucchero hanno presentato piani di riconversione della filiera bieticolo-saccarifera verso le filiere agroenergetiche con l'obiettivo di ottenere energia elettrica da biomasse ligno-cellulosiche, biodiesel da esterificazione di oli vegetali e bioetanolo da fermentazione di cereali. Il raggiungimento di tali obiettivi richiede elevate produzioni di biomasse, soprattutto ligno-cellulosiche per far fronte alle esigenze di attivazione di nuovi centri di trasformazione energetica da fonti rinnovabili. Una ulteriore spinta verso i programmi di produzioni energetiche alternative è derivata anche dalle misure di sostegno ed incentivi riguardanti i nuovi coefficienti moltiplicatori dei certificati verdi per le filiere corte (Legge n. 244/2007).

Sulla base delle caratteristiche e sulle potenzialità produttive dei diversi ambiti agricoli, tenuti in considerazione gli obiettivi progettuali per la diversificazione della produzione di energia da parte dei vari distretti energetici (Loi, 2008), le aziende agricole stanno affrontando la riconversione con colture erbacee annuali (girasole, colza, brassica, sorgo da fibra), erbacee poliennali (canna comune), e con colture arboree (pioppo, robinia, eucalipto).

Nell'ambito dell'attività del progetto SuSCACE "Supporto Scientifico alla Conversione Agricola verso le Colture Energetiche", finanziato dal Mipaaf e coordinato dal Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura (C.R.A.), è stato possibile raccogliere, con la collaborazione delle aziende agricole, informazioni necessarie per analizzare e valutare sotto l'aspetto economico e organizzativo la riconversione agricola che coinvolge il settore.

Metodologia

I dati che attualmente compongono il database sono relativi a 350 appezzamenti per complessivi 2.514 ettari in 11 regioni; 255 sono le aziende agricole coinvolte. Le informazioni riguardano colture poliennali, pioppo, robinia, eucalipto, canna comune, e colture erbacee annuali, colza, girasole, brassica carinata e sorgo da fibra. Per le prime sono stati raccolti dati di localizzazione secondo coordinate geografiche nel sistema metrico WGS84UTM32, riferite al punto centrale degli appezzamenti interessati, invece per quelle annuali al momento si dispongono di dati di localizzazione riferiti soltanto a livello comunale in attesa di dati puntuali.

Grazie alla georeferenziazione degli appezzamenti, tutti i dati acquisiti, riguardanti le caratteristiche ambientali e organizzative delle singole aziende coinvolte, le colture praticate e gli interventi rilevati in tutte le fasi operative, sono stati organizzati in un geo-database (ArcGIS 9.2), gestito dal C.R.A.-PLF (Unità di Ricerca per le Produzioni Legnose fuori Foresta, ex Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura di Casale Monferrato).

Lo strumento per il rilevamento e la registrazione dei dati è costituito da fogli elettronici in formato Excel appositamente predisposti. In particolare si tratta di tre fogli, "Anagrafica azienda", "Anagrafica appezzamento", "Anagrafica coltura". Il primo contiene le informazioni e dati identificativi dell'azienda agricola: id_società, id_tecnico, id_azienda, cod_azienda, denominazione, indirizzo della sede, località, cap, provincia, referente, telefono, cellulare, centralina meteorologica, dimensione azienda, forma di conduzione, valore indicativo dei terreni.

Il foglio relativo all'appezzamento riporta informazioni che riguardano: indirizzo, località, coltura precedente, produttività coltura precedente, altre colture praticate in rotazione, superficie coltivata, giacitura, tessitura, irrigazione e tipo di irrigazione, posizione geografica secondo coordinate di longitudine e latitudine.

Il foglio relativo alla coltura "anagrafica coltura", che può cambiare di anno in anno per appezzamento, almeno per quelle erbacee annuali, considera oltre ai caratteri identificativi codificati nei precedenti fogli: coltura, varietà, materiale di propagazione, data di semina/impianto, densità, spazature, centro di conferimento delle produzioni.

Il foglio "diario appezzamento" nel quale sono descritte tutte le operazioni e interventi in modo cronologico: data, tipo intervento, tipo prodotto, prodotto, quantità,

costo unitario, trattrice, potenza, tipo attrezzo, larghezza di lavoro, profondità di lavoro, operai impiegati, superficie lavorata, tempo impiegato, costo complessivo contoterzista,

Sulla base dei dati finora raccolti relative alle colture erbacee e arboree destinate alla produzione di biomasse per uso energetico è stato creato l'archivio cartografico su base GIS. Tale base di dati qualitativi stazionali caratterizzanti i siti di coltivazione e livelli produttivi, consentirà di implementare a livello nazionale la correlazione tra le caratteristiche ambientali con i livelli produttivi potenziali.

Il coordinamento, la verifica e la validazione dei dati rilevati, ha costituito un importante impegno ed ha comportato una attenta valutazione delle criticità registrate in molte fasi di rilevamento e registrazione dei dati di campo relativi alle coltivazioni praticate nel 2009 e nel 2010 secondo il programma di attuazione delle conversioni agricole.

Dall'analisi dei dati rilevati direttamente dai tecnici aziendali, riguardanti l'impiego delle macchine, della manodopera, carburanti, sementi, fertilizzanti, erbicidi ed eventuali interventi di terzisti, sono stati calcolati i costi complessivi di coltivazione per ogni coltura e per tutte le superfici interessate.

Il costo orario delle macchine motrici e degli attrezzi è stato calcolato utilizzando software dedicato (Maso *et al.*, 2006). In alcuni casi gli interventi sono stati svolti da imprese esterne all'azienda agricola, i cui costi sono comprensivi del costo della manodopera e del costo delle macchine. Il consumo dei carburanti per le macchine motrici sono stati calcolati in base alle potenze e al fattore di carico dei motori e tempi di utilizzo.

Le produzioni sono espresse in tonnellate per ettaro per anno. Nel caso del sorgo da fibra per rendere omogenei i dati relativi alle biomasse da colture erbacee, caratterizzate da elevati contenuti idrici al taglio, si fa riferimento a produzioni con contenuti idrici standard del 25% ($w=25\%$). Per poter confrontare le produzioni di biomassa provenienti da altre specie e soprattutto con quelle da coltivazioni erbacee poliennali e da quelle arboree è d'obbligo riferire le produzioni allo stato anidro.

Le valutazioni economiche hanno riguardato in sintesi i bilanci colturali (Torquati, 2003) nelle attuali condizioni di mercato. Conseguentemente è stato possibile esprimere in modo sintetico valutazioni sulla redditività delle colture prese in esame.

Sorgo

Il sorgo (*Sorghum bicolor* Moench) è una specie erbacea annuale dove la selezione genetica ha individuato varietà adatte ad impieghi diversi, come ad esempio sorghi da saggina, zuccherini, da foraggio, granella e sorghi da fibra per biomassa; questi ultimi sono caratterizzati da internodi pieni di midollo e molto ricco in fibre. Attualmente la coltivazione del sorgo, dopo un periodo di stasi, ha ritrovato un nuovo

slancio per l'impiego in zootecnia di varietà da granella e per la conversione termica o digestione anaerobica delle selezioni da fibra.



Il sorgo all'interno dell'avvicendamento tipico della Pianura Padana si pone come alternativa al mais per le minori esigenze idriche e nutrizionali che richiede.

Si è ritenuto importante evidenziare l'esperienza che ha coinvolto numerose aziende agricole selezionate all'interno del bacino di conferimento allo stabilimento Italia Zuccheri di Finale Emilia, prefigurando un ipotetico bacino di approvvigionamento della futura centrale di produzione di energia elettrica. Gli obiettivi di tale iniziativa miravano a verificare su larga scala la produttività della coltura rispetto alle nuove varietà in commercio selezionate per biomassa, e a considerare le diverse modalità di raccolta per l'ottimizzazione dei cantieri e la riduzione delle perdite di produzione.

I dati relativi alla coltivazione e produzione di sorgo per biomassa durante due annate agrarie (2009 e 2010) hanno consentito di ottenere risultati significativi sulle effettive capacità produttive su ampie superfici coltivate in varie aziende e di valutarne la sostenibilità economica.

Risultati

Localizzazione della coltura

Nel 2010 la coltivazione del sorgo da fibra ha interessato circa 177 ettari in 39 appezzamenti e altrettante aziende agricole. La dimensione media degli appezzamenti coltivati a sorgo è stata di circa 4,50 ettari.

Gli appezzamenti sono localizzati in Emilia Romagna e Veneto nelle pianure delle province di Modena (55%), Rovigo (25%) Bologna (16%), minime quantità in quella di Ferrara (fig. 1).

Le aziende coinvolte sono principalmente di medie (50-100 ha) e grandi dimensioni (>100 ha), soltanto il 15% è di piccole dimensioni ossia inferiori a 5 ettari. Nella maggior parte si tratta di aziende agricole a conduzione familiare o familiare prevalente.



Figura 1 - Localizzazione della coltivazioni del sorgo da fibra

Analisi dei costi

La coltivazione annuale del sorgo da fibra contempla una serie di attività che si concentrano nel periodo primaverile estivo, dalla preparazione del terreno per la semina alle operazioni colturali di controllo infestanti, concimazioni e raccolta. Quest'ultima operazione richiede una grande capacità organizzativa e rilevanti impegni di macchine e manodopera per le diverse modalità e diversi periodi di raccolta a seconda delle varietà coltivate (precoci o tardive), nonché per le esigenze di stoccaggio della biomassa e del processo di trasformazione adottato.

Le operazioni colturali in questo contesto sono state effettuate esclusivamente da imprese di contoterzi che hanno fornito meccanizzazione e manodopera qualificata.

Il tempo impiegato dalle macchine in questa coltura totalmente meccanizzata, a partire dalla preparazione del terreno per la semina fino alla raccolta, è stato media-

mente di 8 ore e 40 minuti per ettaro, gran parte del quale concentrato nelle operazioni di raccolta.

Nell'analisi dei costi per la valutazione economica della coltura, il costo più rilevante è rappresentato dall'impiego delle macchine che ha complessivamente raggiunto 698,16 €/ha (tab. 1).

Tabella 1 - Costi di coltivazione del sorgo da fibra in base alle modalità di raccolta.

	costo operazioni €/ha	costo prodotti €/ha	costo totale €/ha
sfuso	699,46	232,24	931,7
imballato	612,17	326,99	947,7
trinciato	701,08	272,94	974,02
medie	698,16	290,11	988,27

Come già fatto notare, la raccolta costituisce parte rilevante dell'impegno complessivo sia in termini di tempi che di costi in quanto, a seconda della modalità di raccolta, può avvenire con taglio unico (Settembre) o con il doppio taglio (Luglio e Settembre-inizio Ottobre). In ogni caso le modalità di raccolta adottate si possono ricondurre a tre cantieri: a) prodotto sfuso essiccato mediante barra falcia condizionatrice, b) a seguito di imballatura del prodotto parzialmente essiccato mediante barra falcia condizionatrice, c) oppure di trinciatura con la falcia trincia caricatrice su pianta verde o parzialmente essiccata. In certi casi, per ottimizzare il livello produttivo di certe varietà e per ridurre le perdite di raccolta, è stato adottato il doppio taglio, due interventi di raccolta in momenti differenti. Mediamente le operazioni di raccolta su tutta la superficie coltivata hanno inciso con un costo di 419 €/ha (60% sul costo delle operazioni); se si considerano separatamente le modalità di intervento si sono rilevati costi molto diversi; nel caso prodotto sfuso il costo è stato di 430 €/ha, con l'imballatura si è ridotto a 260 €/ha, nel caso della trinciatura 350 €/ha, quando si è attuato il doppio taglio ovviamente il costo di raccolta complessivo ha superato 600 €/ha.

Il costo dei prodotti impiegati, sementi, erbicidi, pesticidi e concimi, è stato pari a 290,11 €/ha. Da notare che, se le differenze registrate nel caso dei costi delle operazioni sono determinate soprattutto dai diversi costi delle modalità di raccolta, nel caso del costo dei prodotti le differenze non sono imputabili a questa causa.

Complessivamente i costi di produzione del sorgo hanno raggiunto in media 988,27 €/ha e comprendono i costi delle operazioni colturali e dei prodotti (tab. 1). Per la coltivazione sono stati necessari mediamente 4,6 kg/ha di erbicida nel controllo delle infestanti sia in pre e post-emergenza su tutta la superficie coltivata. Gli insetticidi impiegati soprattutto per la concia dei semi in quasi tutti i casi è stato di circa 9 kg/ha (fig. 2).

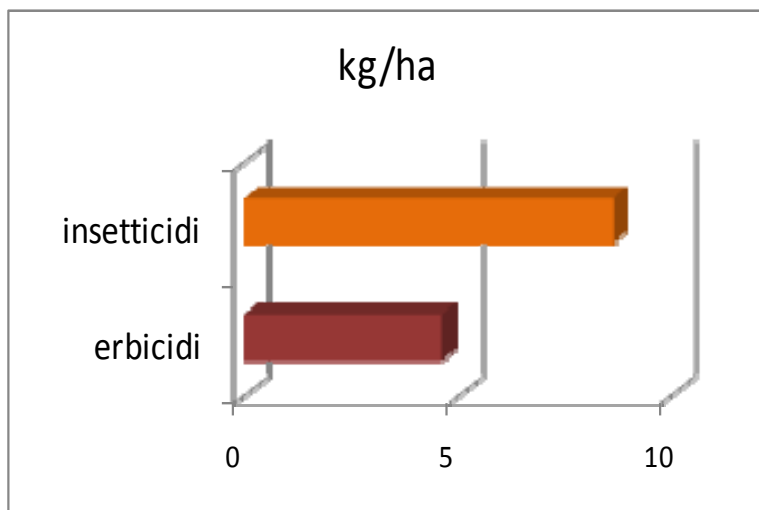


Figura 2 - Erbicidi e insetticidi impiegati per la coltura del sorgo da fibra.

Per quanto riguarda i concimi minerali impiegati (fig. 3), l'apporto di azoto ha interessato oltre il 90% della superficie coltivata con 90 kg/ha. Nel 55% della superficie coltivata è stato somministrato anche concime a base di anidride fosforica (P_2O_5) con quantitativi di circa 70 kg/ha.

In base all'utilizzo delle macchine motrici e alle loro potenze si è potuto calcolare il consumo dei carburanti. In media i quantitativi di gasolio impiegato per la coltivazione e la raccolta ha superato 200 kg per ettaro (fig. 3).

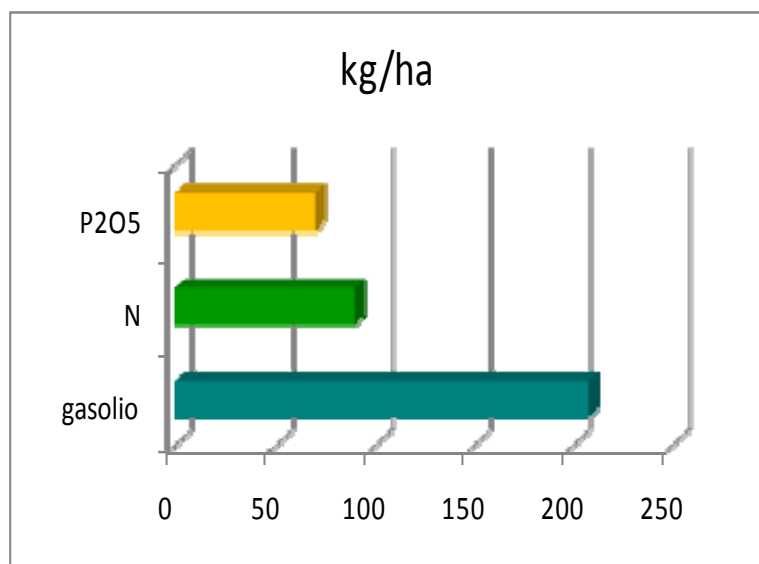


Figura 3 - Concimi e carburanti impiegati per la coltura del sorgo da fibra.



Figura 4 - Operazioni di raccolta, taglio con barra condizionatrice e imballatura.

Produzioni

Date le diverse condizioni in cui è stata raccolta la biomassa del sorgo in base alle modalità di intervento, sfuso, imballato, trinciato allo stato fresco o disidratato, le produzioni sono state calcolate sia come sostanza secca sia come materiale parzialmente disidratato in seguito alla fienagione, con un contenuto idrico (w) del 25% (tab. 2).

La coltura nel complesso ha espresso una produttività media di sostanza secca elevata 14,82 tss/ha (tab. 2), in particolare il modello colturale che prevedeva il doppio sfalcio ha evidenziato produzioni maggiori (circa 16 tss/ha). La produzione media generale registrata, circa 20 t/ha se espressa al w= 25%, di circa 50 t/ha se riferita alla biomassa fresca al taglio, risulta superiore alle rese rilevate in altri casi di studio (Ragazzoni, 2010).

Tabella 2 - Produzioni di biomassa secondo le modalità di raccolta e le varietà coltivate espresse sia in tonnellate di sostanza secca che allo stato di parziale disidratazione al 25% di contenuto idrico.

	produzione	
	tss/ha	t/ha (25%w)
<i>raccolta</i>		
sfuso	14,09	18,79
imballato	12,33	16,44
trinciato	15,61	20,81
<i>cultivar</i>		
Jumbo	17,20	22,94
Buldozer	14,84	19,78
Biomass133	12,30	16,39
medie	14,82	19,76

Le modalità di raccolta secondo i tre cantieri individuati evidenziano differenze dell'ordine del 20% nei livelli produttivi (tab. 2). I risultati migliori sono stati ottenuti con la raccolta mediante la falcia-trincia-caricatrice, sono stati prodotti infatti mediamente 15,61 tonnellate di sostanza secca per ettaro. Le produzioni peggiori, pari a 12,33 tss/ha, si sono ottenute mediante l'imballatura del materiale essiccato, valori che sono risultati anche inferiori rispetto alla raccolta del materiale sfuso, dovuto probabilmente alle elevate perdite di raccolta che possono raggiungere circa il 20% della sostanza secca [6].

L'analisi del comportamento produttivo di alcune varietà Biomass133, Buldozer e Jumbo ha dimostrato che i migliori risultati sono stati ottenuti da quest'ultima varietà che ha superato le 17 tss/ha con massimi di oltre 22 tss/ha.. Per quanto riguarda la cultivar Buldozer, coltivata su oltre il 60% della superficie totale, ha prodotto mediamente 14,84 tss/ha. Le parcelle di Biomass133 hanno prodotto 12,30 tss/ha.

Considerazioni conclusive

I costi di produzione unitari, dedotti dai costi totali di coltivazione e dalle produzioni unitarie, sono rappresentati in tabella 3 e sono riferiti sia alla tonnellata di sostanza secca che a quella del prodotto parzialmente disidratato. Nel caso del prodotto in parte disidratato, il costo di produzione unitario varia da 46,81 €/t per la biomassa raccolta con la trinciatura a 57,65 €/t quando si interviene con l'imballatura del sorgo affienato. Mediamente il costo di produzione di una tonnellata di sorgo al 25% di contenuto idrico è di circa 50 Euro per tonnellata, che sale a circa 67 €/t nel caso si tratti di sostanza secca.

Tabella 3 - Costi totali di coltivazione, costi di produzione unitaria e PLV.

	costo coltivazione			PLV	PLV-Costi
	€/ha	€/tss	€/t (25%w)	€/ha	€/ha
<i>raccolta</i>					
sfuso	931,70	66,12	49,58	1127,40	195,70
imballato	947,70	76,86	57,65	986,40	38,70
trinciato	974,02	62,40	46,81	1248,60	274,58
<i>cultivar</i>					
Jumbo	973,11	56,58	42,43	1376,22	403,11
Buldozer	852,93	57,48	43,12	1186,88	333,95
Biomass133	789,88	64,22	48,18	983,69	193,81
medie	988,27	66,68	50,01	1185,60	197,33

Le elevate produzioni di biomassa registrate per il sorgo da fibra non possono ancora essere valutate economicamente per indeterminazione del prezzo specifico di mercato. Le quantità prodotte sono state momentaneamente stoccate imballate o in altri casi insilate in vista del loro impiego finale.

Per poter calcolare la produzione lorda vendibile sono stati adottati i prezzi di mercato mediamente registrati per la paglia di grano pressata (rotoballe o balle quadre). Il prezzo di circa 60 € per tonnellata (2010) è stato rilevato presso le Camere di Commercio (C.C.I.A.A. Rovigo, 2011).

Questo prezzo unitario è stato applicato alla produzione resa al 25% di contenuto idrico (tab. 3), di conseguenza è stata calcolata la PLV distinta per le modalità di raccolta e per le varietà coltivate. Il margine lordo che si può ricavare per differenza della PLV rispetto ai costi sostenuti risulta in media di 197,33 €/ha, maggiore per il prodotto trinciato direttamente da pianta in piedi, minimo per quello imballato dopo fienagione. Risultati ovviamente più elevati per le varietà che hanno dimostrato migliori produzioni unitarie come nel caso della varietà Jumbo per la quale si superano, in queste condizioni di prezzi, le 400 €/ha. Nel bilancio non si è tenuto conto dei sostegni finanziari PAC e degli incentivi per le colture energetiche.

Bibliografia

- C.C.I.A.A. Rovigo - <http://ro.camcom.it/>, 10/07/2011.
- Loi A., Come procede la riconversione degli ex zuccherifici. *L'Informatore Agrario* (2008),44, pp. 40-43.
- Maso D., Pettenella D. Valutazione degli investimenti in arboricoltura da legno, *Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi* (2006). 128 pp. 43-45.
- Ragazzoni A. Produrre biogas conviene se mais e sorgo sono aziendali. *Supplemento a l'Informatore Agrario* 40/2010, pp. 15-19.
- Torquati B. *Economia gestionale dell'impresa agraria*. Edagricole, Bologna. (2003), p. 365.

C

Utilizzo e destinazione

a - Utilizzo e destinazione delle colture erbacee annuali

Annual herbaceous crops utilization for energy production

Giovanni Carlo Di Renzo*, Francesco Genovese*, Antonella Tauriello*

Riassunto

Le colture energetiche sono coltivazioni specializzate per la produzione di biomassa per uso energetico e comprendono le colture legnose e le colture erbacee, a loro volta classificate con riferimento alla durata dell'impianto, in annuali o poliennali.

Nel presente capitolo vengono affrontati temi relativi all'utilizzo delle colture erbacee annuali, con particolare riferimento al girasole, colza, *Brassica carinata* e sorgo da fibra.

Allo stato attuale si rileva che girasole, colza e *Brassica carinata* vengono destinate alla produzione di biocarburanti da impiegare in motori a combustione interna (sono disponibili diversi lavori sperimentali a sostegno di tale modalità di utilizzo) che impiegano olio vegetale grezzo o transesterificato (biodiesel) per la produzione di energia elettrica e/o termica; il sorgo, invece, può essere impiegato come combustibile solido, per la generazione di energia termica mediante combustione in caldaie appositamente progettate, oppure sottoposto a digestione anaerobica per la produzione di biogas.

Lo sviluppo di filiere bioenergetiche in Italia è condizionato dalla necessità di rispettare gli impegni del protocollo di Kyoto (riduzione della dipendenza energetica da fonti fossili) ed è influenzato dalle scelte politiche compiute (emanazione di leggi, regolamenti o incentivazione delle fonti rinnovabili) oltre che dall'esigenza di ridurre la dipendenza energetica nazionale dall'approvvigionamento dai Paesi produttori di idrocarburi. I-

* Università degli Studi della Basilicata, Facoltà di Agraria, Dipartimento Tecnico Economico per la Gestione del Territorio Agricolo-Forestale, Potenza.

noltre il ricorso a fonti rinnovabili concorre al raggiungimento degli obiettivi di tipo ambientale e sociale (riduzione delle emissioni di CO₂ e nuove opportunità di lavoro).

Parole chiave: Sorgo da fibra, girasole, Brassica carinata, colza, biodiesel, biomassa.

Abstract

Energy crops represent biomass used for energy conversion, which include both woody and herbaceous species (classified in annual or long-term referring to plant lifetime).

This paper investigates the possible uses of annual herbaceous species, particularly sunflower, rapeseed, Brassica carinata and sorghum fiber for both biodiesel and thermal/electricity power.

Sunflower, rapeseed and Brassica carinata could be mainly used for the production of biofuels feeding internal combustion engines (many researchers studied this possibility showing excellent results), which generally use raw or trans-esterified vegetable oil (biodiesel) for the generation of electricity and/or thermal power. Sorghum could be used as solid fuel (collected in bales) for combustion through boilers, or subjected to anaerobic digestion for biogas production.

In fact, combustion is the most common way of converting solid biomass to energy, and the technology is well understood even if to burn uncommon fuels (especially sorghum fiber) the developing of optimized plants is need. Combustion releases the chemical energy stored in the biomass source and converting the hot gases (by a boiler) is possible to produce steam and electricity via a turbo generator. The choice of the best technology for herbaceous biomass conversion is related to many aspects as: moisture content, calorific value, ash/residues content, alkali metal content and cellulose/lignin ratio, so the knowledge of the relationship between herbaceous biomass properties (both chemical and physical) and combustion efficiency has to be better investigated to optimize the combustion quality.

Nowadays different combustion technologies are available both for small scale and large scale applications, but the more diffused systems are the fixed bed combustion system and the fluidized bed combustion. For power production through biomass, steam turbines, ORC (Organic Rankine Cycle) systems and steam piston engines are available as proven technology.

Recent studies show that biodiesel, generally produced by trans-esterification of the oil extracted from crop seeds, has suitable properties (physical and chemical) for use as diesel fuel. Then, this technology can contribute to global energy saving and greenhouse gases reduction matching the Kyoto Protocol targets.

Nowadays there are four primary ways to make biodiesel: direct use and blending, microemulsions, thermal cracking and transesterification, which is the most common used method.

Biodiesel has been produced by transesterification of triglyceride (vegetable oils) to methyl esters with methanol using sodium or potassium hydroxide dissolved in methanol.

The production of vegetable oil from oleaginous seeds employs technology which has been highly developed over many years of commercial use. Conventional processes employ both mechanical and/or solvent extraction methods. For seeds of high oil content, such as sunflower and rape, the preferred method is that which combines both mechanical and solvent treatment. By this method oilseeds having an initial oil content of 30% or more are given a mechanical treatment through screw presses to remove about half of the oil.

Biomass energy has been recognized as one of the most promising and most important renewable energy sources in the future. In some countries of EU renewable energy sources cover only around 6% of energy demand, whereby energy gained from biomass does not extend 3% in the overall energy production.

Keywords: *fiber sorghum, sunflower, Brassica carinata, rapeseed, biodiesel, biomass.*

Introduzione

Le biomasse dedicate sono coltivazioni specializzate per la produzione di biomassa per uso energetico, con tale definizione si intendono le colture legnose e le colture erbacee, a loro volta classificate con riferimento alla durata dell'impianto, in annuali o poliennali. Tali biomasse, qualunque sia la loro natura, sono trasformate in biocombustibili solidi (legna o cippato), biocarburanti, come il biodiesel e bioetanolo, e combustibili gassosi come il biogas. La coltivazione di piante energetiche e la produzione di biomasse possono rappresentare un valido strumento di differenziazione dell'attività di aziende agricole, vantaggioso anche sotto il profilo economico (Perego *et al.*, 2010).

Le colture energetiche, in base alla qualità della biomassa, si possono classificare in:

- colture ligno-cellulosiche (canna, pioppo, salice, ecc.);
- colture alcooligene (sorgo zuccherino, barbabietola da zucchero, cereali);
- colture oleaginose (colza, girasole, *Brassica carinata*, ecc.).

In questo capitolo l'attenzione verrà rivolta ai possibili impieghi delle colture erbacee, in particolare sulle colture di girasole, colza, *Brassica carinata* e sorgo da fibra.

La coltura di girasole, una pianta oleaginosa molto diffusa in Italia soprattutto in Umbria, e di colza possono essere destinate alla produzione di biocarburanti utilizzati in motori a combustione interna che impiegano olio vegetale grezzo o transesterificato (biodiesel) per la produzione di energia elettrica e/o termica; il sorgo, invece, può essere impiegato come combustibile solido raccolto in balle per la combustione in caldaia, oppure sottoposto a digestione anaerobica per la produzione di biogas.

Sulle prestazioni agronomiche di piante di *Brassica carinata* e sulla possibilità di utilizzo dell'olio prodotto per la trasformazione in biodiesel, a partire dagli anni Novanta in diverse aree del mondo, tra cui Canada e India (Malik, 1990; Rakow *et al.*,

1998), sono stati avviati studi sperimentali che hanno portato a ottimi risultati. Alla luce di tali studi, in Italia diverse linee di *Brassica carinata* sono state introdotte, principalmente attraverso il sostegno finanziario di progetti nazionali ed europei, dando inizio ad un programma di collezione e selezione delle linee più produttive (Bozzini *et al.*, 2007).

1. Girasole, Colza e *Brassica carinata*

Dalla lavorazione, meccanica e/o chimica, di semi di girasole, colza e *Brassica carinata*, si ottiene dell'olio, che può essere utilizzato tal quale per produrre energia (elettrica e termica) oppure sottoposto a ulteriori trasformazioni, mediante una transesterificazione ottenuta con metanolo, per fare acquisire caratteristiche che lo rendano idoneo come combustibile nei motori a combustione interna con ciclo diesel.

Caratteristica comune di tutte le oleaginose è quella di essere ricche di materie proteiche le quali, dopo l'estrazione dell'olio, sono impiegabili nell'alimentazione animale sotto forma di panelli. L'aumento di interesse verso la prospettiva a scopo energetico di queste colture si spiega anche con l'incremento dei costi di produzione e con il loro deprezzamento come colture ad uso alimentare. Questa produzione è tra le più interessanti dato che il metilestere (prodotto ottenibile dagli oli vegetali) ha proprietà di combustione simili al gasolio, e ciò ne permette l'impiego in caldaie e motori già esistenti, con un basso impatto ambientale.

Gli oli vegetali, rispetto ai corrispondenti esteri metilici, sono più facili da produrre dato che l'energia richiesta per estrarre l'olio è una minima parte rispetto all'energia ottenuta, in quanto sono richieste solo operazioni di spremitura e raffinazione meccanica; per tale motivo questi prodotti sono i più indicati per i paesi in via di sviluppo, dove i principali obiettivi sono l'autoproduzione di energia a basso costo e la massima resa di conversione energetica.

Tuttavia bisogna rilevare che, da alcuni studi, è emerso che l'impiego dei metilesteri offre migliori prestazioni di funzionamento dei motori diesel rispetto all'impiego diretto degli oli vegetali e ciò prevalentemente perché questi ultimi sono caratterizzati da una maggior viscosità, che comporta la necessità di progettare in maniera specifica il motore per evitare problemi di alimentazione. Infatti la viscosità degli oli vegetali può rendere inadeguati gli iniettori progettati per il gasolio, con una conseguente instabilità del funzionamento del motore e una maggiore usura di parti quali valvole, elastomeri delle guarnizioni e gli iniettori stessi.

L'olio di colza è il più utilizzato in Europa e in Italia, e molti dei metilesteri derivati da questo olio possono essere impiegati per la produzione di energia elettrica nei tradizionali motori diesel con ottimi risultati in termini di resa energetica.

Gli oli vegetali possono anche essere impiegati per la produzione di energia termica in caldaie convenzionali in sostituzione del gasolio. Recenti prove sperimentali hanno dimostrato come l'utilizzo dell'olio di colza prodotto anche con tecnologie

molto semplici (estrazione meccanica con piccole unità e filtrazione) abbia dato buoni risultati su bruciatori industriali (147–542 kW) mentre per i piccoli bruciatori commerciali di tipo domestico (60 kW) i risultati sono stati deludenti.

Tra i prodotti energetici derivanti dalle biomasse va ricordato il biodiesel ottenuto dalla spremitura di semi oleaginosi, quali colza e girasole, e da una successiva lavorazione dell'olio, detta transesterificazione, che determina la sostituzione dei componenti alcolici di origine (glicerolo) con alcol metilico (metanolo).

Nella transesterificazione (cfr. fig. 1) una molecola di acido grasso (trigliceride) reagisce con tre molecole di metanolo, producendo una molecola di glicerolo e tre "esteri metilici degli acidi grassi", ovvero il biodiesel. Il processo è necessario per ridurre la viscosità dell'olio vegetale a un decimo rispetto al prodotto grezzo avvicinandola, quindi, a quella tipica del gasolio e, non ultimo, ad aumentarne il numero di cetano di circa quindici volte, portando anche questo a livelli accettabili per la combustione in motori a ciclo diesel veloci.

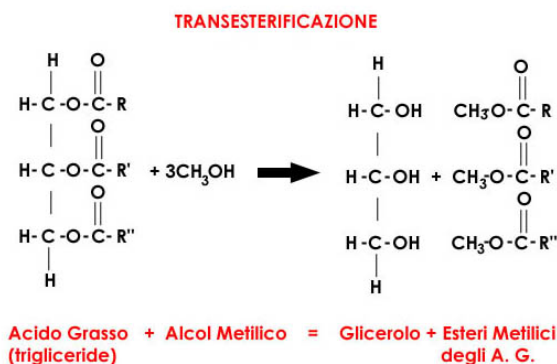


Figura1 - Transesterificazione di una molecola di acido grasso che reagisce con tre molecole di metanolo, producendo una molecola di glicerolo e tre "esteri metilici degli acidi grassi".

Tuttavia, nonostante possano essere definiti simili, i due combustibili differiscono per più di una caratteristica: il biodiesel è più viscoso del gasolio, meno stabile all'ossidazione ed ha punti di intorbidimento e scorrimento decisamente meno favorevoli rispetto al diesel derivante da idrocarburi fossili.

Attualmente in Italia esistono diversi impianti di esterificazione di oli vegetali, tra questi vanno citati, ad esempio, quelli realizzati nella Regione Marche con capacità produttiva complessiva di circa 100.000 t/anno di prodotto finale utilizzato puro o miscelato con gasolio per autotrazione oppure con altri fluidi combustibili per migliorarne le caratteristiche.

Il biodiesel può svolgere un ruolo molto importante per la tutela dell'ambiente, infatti, essendo una fonte energetica a basso impatto ambientale il bilancio in termini di emissioni di CO₂ è favorevole. L'emissione dal tubo di scappamento di un'auto-

mobile alimentata a biodiesel è pressoché uguale a quella misurabile per lo stesso motore alimentato a gasolio. Il carbonio emesso dalla combustione del biodiesel però, corrisponde a quello che era già presente nell'atmosfera e che la pianta ha fissato, mediante la fotosintesi clorofilliana, durante la sua crescita. Per questa ragione si dice che il biodiesel ha un "bilancio serra neutro", diversamente dal gasolio che, attraverso la sua combustione, emette in atmosfera carbonio rimasto intrappolato da tempi remoti in giacimenti sotterranei, andando così ad incrementare la concentrazione in atmosfera. Inferiori, rispetto al gasolio tradizionale, sono le emissioni di ossido di carbonio e di idrocarburi incombusti, in quanto il biodiesel, che può essere utilizzato come carburante in autotrazione e come combustibile nel riscaldamento, contiene più ossigeno. Durante la produzione di biodiesel non si ottengono particolari scarti industriali. Dopo l'estrazione dell'olio dai semi si ottengono pannelli proteici utilizzabili dall'industria mangimistica, mentre con la transesterificazione del glicerolo si ottiene glicerina con livello di purezza di vario grado, che trova comunque largo impiego in vari settori industriali.

Oltre ai benefici ambientali dimostrati, l'utilizzo del biodiesel rispetto al gasolio comporta altri vantaggi di seguito elencati:

- non contiene benzene o altri componenti cancerogeni, quali idrocarburi policiclici aromatici (PAH), che sono componenti estremamente dannosi per l'uomo, con effetti citotossici, cancerogeni, mutagenici e respiratori cronici;
- annullamento delle emissioni di biossido di zolfo (SO_2) in quanto il biodiesel contiene zolfo solo in tracce ($< 0.001\%$);
- elevata biodegradabilità, data dalla sua catena lineare di atomi di carbonio con atomi di ossigeno ad un'estremità, e quindi facilmente attaccabile da parte dei microrganismi. Al contrario, il gasolio di origine fossile, che oltre a numerosi alcani ed alcheni a catena lunga (C10–C20) privi di ossigeno, include anche idrocarburi ciclici alifatici, idrocarburi policiclici aromatici e alchilbenzeni, è in generale tossico per i microrganismi. Il biodiesel invece viene degradato per il 99,6% dopo 21 giorni e, in caso di dispersione accidentale, non inquina né acque né suolo;
- possiede un alto potere lubrificante e diminuisce l'usura del motore;
- presenta un elevato punto di infiammabilità ($>1100^\circ\text{C}$), per cui non è classificato come materiale pericoloso ed è facile e sicuro da utilizzare.

1.1. Tecnologie di conversione energetiche

Le tecnologie di conversione energetica delle biomasse sono molteplici e consentono di ottenere energia elettrica e/o termica, oltre che combustibili per la trazione ed anche materie prime.

Le principali operazioni svolte nell'ambito della filiera di produzione di oli vegetali, a scopi energetici, sono:

- produzione del seme: tale fase riguarda l'attività agricola tradizionale e la sua articolazione è collegata con le principali tipologie di lavorazione e con i mezzi tecnici impiegati, oggi giorno molto all'avanguardia;
- estrazione dell'olio: si colloca come attività post-raccolta rivolta alla valorizzazione della produzione agricola;
- utilizzo dell'olio in generatori diesel, per la conversione in energia elettrica e sua immissione in rete o utilizzo per autoproduzione (Pellerano *et al.*, 2007).

1.1.1. Fase di estrazione: produzione di olio grezzo

L'olio vegetale si può ricavare principalmente in due modi: mediante estrazione chimica oppure mediante estrazione meccanica.

L'estrazione meccanica non è altro che la spremitura a freddo (< 60 °C) dei semi di piante oleaginose. Una volta spremuto, l'olio vegetale viene semplicemente filtrato o centrifugato, per rimuovere le impurità in misura dell'1-13% in peso sull'olio estratto. Le tecniche più utilizzate sono filtrazione e sedimentazione che, se combinate, riescono a separare particelle solide fino ad un diametro di 5 micron. Non sempre la tecnica di separazione per sedimentazione è attuabile perché le operazioni hanno dei limiti dettati dalla quantità di prodotto lavorato al giorno: fino ad 1 t/giorno di seme (200-300 l/giorno di olio) la quantità è ancora stoccabile, mentre diventa sconsigliabile per sistemi a più elevata produttività, che richiederebbero maggiore spazio. Il tempo di separazione è di 2-4 giorni e la durata è condizionata dalla temperatura di lavoro. Per una maggiore limpidezza dell'olio e per ridurre le perdite contenute nel sedimento, a questa operazione viene fatta seguire una filtrazione (Riva *et al.*, 2005).

L'olio estratto è pari a circa il 30-35% del peso del seme in ingresso. Il restante è un residuo solido ad alto contenuto proteico, il pannello di estrazione, utilizzabile nell'alimentazione zootecnica. Normalmente l'estrazione meccanica viene effettuata in decentrati di piccole-medie dimensioni, che offrono diversi vantaggi in termini di qualità del prodotto e di gestione impiantistica (Di Renzo, 1990).

In alternativa alla spremitura meccanica, l'olio vegetale può essere estratto anche chimicamente, mediante l'utilizzo di solventi quali esano o eptano. L'olio estratto chimicamente è pari a circa il 45% del peso del seme in ingresso, però, quello che si ottiene, è un prodotto intermedio, che deve necessariamente subire il processo di raffinazione per qualsiasi forma di utilizzazione. L'estrazione chimica richiede un'impiantistica che diventa economicamente e tecnicamente sostenibile solo a livello industriale.

Nel caso di estrazione meccanica, l'olio grezzo, previa filtrazione o decantazione, può essere utilizzato tal quale in motori diesel per la produzione di energia elettrica o in motori di trattori agricoli, miscelato a gasolio, mentre deve essere sottoposto a raffinazione, come per l'olio estratto chimicamente, per la trasformazione in biodiesel. La composizione dei co-prodotti, farina e pannello, differisce soprattutto per contenuto energetico, molto più elevato con l'estrazione meccanica. Il pannello prodotto

può essere utilizzato come alimento zootecnico, anche se negli ultimi anni ormai tale utilizzazione è caduta in disuso.

Dal punto di vista dell'organizzazione produttiva, l'estrazione meccanica richiede un'impiantistica semplice e, quindi, può essere impostato anche su piccola scala. Diversi studi hanno dimostrato che sono fondamentali le caratteristiche di permeabilità della matrice di estrazione, che può essere migliorata aumentandone la temperatura. Il seme, infatti, deve essere sottoposto ad una fase di preriscaldamento, portando la temperatura a circa 60°C, e la pressione di esercizio della pressa deve essere scelta considerando il compromesso tra valorizzazione del tenore in olio del seme e produttività richiesta all'impianto (esigenza di lavorare definite quantità nell'unità di tempo). Infatti, se l'aumento di pressione di lavorazione comporta una maggiore resa di estrazione essa riduce anche la capacità di lavoro della pressa.

Importanti sono anche le caratteristiche del seme, il quale dovrebbe possedere tenore di umidità e livello di impurità inferiori rispettivamente al 9% e al 2%. I limiti di umidità sono dettati da motivi sia legati allo stoccaggio sia al funzionamento delle presse. In particolare, per valori inferiori al 6%, si possono avere dei danni da usura alle parti della pressa, mentre, per umidità elevate, l'estrazione di olio diventa più difficoltosa per l'elevata omogeneizzazione delle fasi (idrica e lipidica) implicate nel processo.

1.1.2. Produzione di energia elettrica da olio grezzo

La produzione di energia elettrica si realizza con gruppi elettrogeni (motori a ciclo diesel) di potenza compresa dai 3 kW fino ai 50 kW e l'energia prodotta può essere destinata all'autoconsumo aziendale o immessa in rete.

In particolare, i gruppi elettrogeni (GE) con motori a ciclo diesel funzionanti ad oli vegetali, suscitano un certo interesse per gli elevati rendimenti elettrici (mediamente intorno al 35% con valori massimi del 40%) a valle del generatore.

Alcune case costruttrici, soprattutto localizzate nel nord Europa, hanno già in produzione motori di utilizzo garantito con oli vegetali; visto il grande interesse rivolto a questi motori, anche in Italia l'industria motoristica ha realizzato GE di varie potenze (da pochi kW fino ad 1 MW), tradizionalmente alimentati a gasolio, modificati per funzionare anche ad oli vegetali. Alcune ditte propongono gruppi elettrogeni di nuova realizzazione che permettono di utilizzare olio di colza o girasole per potenze di base che vanno da 6 a 1.400 kW con rispettivi consumi specifici di 245 g kWh⁻¹ e 226 g kWh⁻¹, con rese di conversione che oscillano tra il 34% e il 36%. Questi GE, con motore endotermico a ciclo diesel, sono completi di sistema bifuel automatico e funzionano sia con olio vegetale che con gasolio. Possono essere dotati di un sistema di recupero del calore, reso disponibile sotto forma di aria calda, acqua calda, acqua surriscaldata, vapore, olio diatermico (Riva *et al.*, 2005).

1.1.3. Caldaie a biodiesel

Uno degli usi più naturali del biodiesel è quello in caldaia in sostituzione del gasolio. In letteratura sono riportati diversi studi in proposito (Casalini *et al.*, 1999; Morpu-

go, 1993), e tutti sono concordi nell'affermare i benefici ottenibili, legati fondamentalmente alle minori emissioni ed al minore sporcamento dei bruciatori. In tal senso il biodiesel si pone in una situazione intermedia tra gasolio e metano in quanto rispetto a quest'ultimo è sicuramente meno "pulito".

Un aspetto fondamentale è che, a differenza dell'uso motoristico in cui si impiegano di norma miscele gasolio/biodiesel, il biodiesel utilizzato per il riscaldamento è normalmente puro al 100%.

Esistono sul mercato bruciatori per caldaie, specifici per la combustione di biodiesel. L'installazione di questi bruciatori rende tecnicamente possibile la conversione a biodiesel di caldaie esistenti. Vi è anche la possibilità di utilizzare caldaie policombustibili, in grado di bruciare diverse tipologie di biomassa solida e spesso dotate di un bruciatore specifico per il biodiesel.

Nonostante le caratteristiche chimico-fisiche del biodiesel siano simili a quelle del gasolio, spesso è necessario intervenire sulle caldaie con piccole ma importanti modifiche ad alcuni componenti, che nella maggior parte dei casi si risolvono nella sostituzione degli ugelli di nebulizzazione per modificare la portata di combustibile e per tener conto del diverso potere calorifico rispetto al gasolio.

Sul mercato esistono varie soluzioni impiantistiche: vi sono produttori che propongono caldaie con due camere di combustione separate oppure con un'unica camera di combustione; nel primo caso si tratta di fatto di due caldaie separate riunite in un unico impianto, con due uscite fumi distinte e una centralina di controllo che effettua automaticamente la commutazione a combustibile liquido una volta esaurita la carica di legna.

Alcuni costruttori riescono a sfruttare il vantaggio dell'utilizzo degli stessi componenti utilizzati col gasolio solo aumentando la pressione di mandata del combustibile, tramite regolazione della pompa ad ingranaggi, che mantiene costante la portata volumetrica al variare della pressione in fase di regolazione della potenza del bruciatore (dai 12 bar tipici del gasolio a 13-13,5 bar). L'eventuale manifestarsi di un insufficiente funzionamento della pompa, dopo un certo numero di ore di lavoro, potrebbe essere causato da una incompatibilità del biodiesel verso alcuni tipi di gomme (a basso contenuto di nitrile) utilizzate, di norma, per gli organi di tenuta e per vari tipi di O-ring delle pompe e delle tubazioni.

I dati sperimentali ad oggi raccolti (Riva *et al.*, 2003; Sheehan *et al.*, 1998) indicano che nel funzionamento reale le caldaie a biodiesel consentono aumenti di efficienza sensibili, legati alla possibilità di far uscire i fumi a temperature più basse e ad un minor sporcamento del giro fumi rispetto all'utilizzo di gasolio. Vi è da dire, inoltre, che la CO₂ emessa col biodiesel è praticamente rinnovabile al 100%.

Infine, il biodiesel emette meno particolato rispetto al concorrente fossile, circa il 40% in meno per unità di energia del combustibile, anche se produce un volume maggiore di gas di combustione (+20%); le quantità in gioco sono comunque basse per entrambi e tali da non ritenere questo un parametro valido per differenziarli. L'unico limite alla diffusione di questa tecnologia riguarda il costo del biodiesel: es-

so dipende dal luogo e dalle modalità con cui si realizzano le colture e dalle tecnologie del processo di estrazione del combustibile. Mediamente il costo in Italia è due-tre volte quello del gasolio e ciò comporta, considerato il minor PCI (Potere Calorifico Inferiore), la maggiore densità e gli obiettivi di efficienza della caldaia, che il costo dell'unità di energia termica fornita dalla caldaia a biodiesel è leggermente inferiore a quello della caldaia a gasolio.

1.2. Sorgo da fibra

Il sorgo, *Sorghum bicolor*, è una graminacea appartenente alla famiglia delle *Poaceae* è una delle prime piante coltivate dall'uomo. Originaria dell'Africa, attualmente si è diffusa anche in alcuni paesi occidentali (USA ed Europa) dove viene utilizzato soprattutto per l'alimentazione del bestiame.

Il sorgo presenta un grande spettro varietale e il miglioramento genetico ha portato all'ottenimento di varietà a diversa attitudine; tra queste troviamo sorgo da fibra, utilizzato anche per la produzione di biomasse a fini energetici caratterizzati da internodi pieni di midollo secco e molto ricco in fibre.

Le rese di biomassa riportate in bibliografia risultano piuttosto variabili, essendo ampiamente influenzate dalle condizioni agropedoclimatiche delle zone di coltivazione; alcuni studi riportano che sono state registrate produttività di oltre 34 t ha⁻¹ di sostanza secca ma rese medie di tale entità sono da considerarsi del tutto eccezionali e dovute principalmente a un andamento stagionale particolarmente favorevole.

Diversi sono i possibili impieghi della biomassa ottenuta:

- digestione anaerobica per la produzione di biogas;
- termoconversione tramite gassificazione o pirolisi (syngas).

Alcuni studi dimostrano che il sorgo da fibra è una coltura qualitativamente meno favorevole alla produzione di biogas, ma più adatta alla combustione, infatti può essere impiegato come combustibile solido se precedentemente sfalciato e raccolto in balle.

Uno dei fattori limitanti lo sviluppo della filiera "colture erbacee-energia" è la composizione chimica della biomassa erbacea che, rispetto a quella legnosa, è contraddistinta da un maggiore contenuto idrico al momento della raccolta che determina una notevole incidenza dell'operazione di essiccazione della biomassa prima che questa entri nell'impianto di pellettatura. L'elevata percentuale di silice nelle ceneri causa il fenomeno dello *slagging* e cioè la formazione di scorie fuse e/o viscosi nella camera di combustione che impediscono il corretto funzionamento delle piccole caldaie e stufe domestiche. In pratica, quando si alimentano le piccole caldaie domestiche con pellet vegetali, si verifica la formazione di una crosta che provoca il soffocamento della fiamma con conseguente spegnimento della stufa.

Attualmente la maggior parte degli impianti di combustione di piccola potenza non possiede la tecnologia idonea per bruciare efficacemente ed efficientemente le

biomasse di natura erbacea; le principali problematiche riscontrabili sono strettamente correlate alle caratteristiche chimico fisiche di questo biocombustibile, in particolare:

- la necessità di adattamento delle coclee di trasporto del biocombustibile all'unità termica;
- la necessità di sistemi automatici di estrazione delle ceneri nell'unità di combustione;
- la necessità di sistemi automatizzati di movimentazione delle ceneri sulla griglia di combustione (griglie mobili o vibranti) e di pulizia degli scambiatori di calore dalle polveri e ceneri volatili;
- i potenziali fenomeni di corrosione delle diverse sezioni dell'unità di combustione, derivanti dalla formazione di composti corrosivi all'interno dell'unità di combustione, visti i maggiori contenuti di cloro, potassio e zolfo;
- le difficoltà maggiori in termini di emissioni in atmosfera di particolato e composti inquinanti, causati dai maggiori contenuti di cloro, zolfo e dalle particolari caratteristiche chimico-fisiche del biocombustibile. La conoscenza approfondita di tali aspetti e l'ottimizzazione degli impianti è quindi il primo fondamentale passo per poter definire le concrete possibilità di impiego del pellet di sorgo da fibra in caldaia (Picco *et al.*, 2009).

1.2.1. Gli impianti per la combustione delle biomasse di sorgo da fibra

Gli impianti per la combustione delle biomasse si suddividono in due categorie, a griglia fissa ed a griglia mobile.

Le caldaie a griglia fissa sono generalmente di piccola e media potenza, alimentabili con biocombustibili, come cippato o pellet, con un contenuto idrico che non può superare il 30-35%. L'utilizzo di cippato umido può comportare malfunzionamenti di vario tipo sino al blocco della caldaia. Questi sistemi, relativamente semplici, sono adatti alla combustione di biomasse con un basso contenuto in ceneri (Corbella *et al.*, 2009).

Le caldaie a griglia mobile sono generalmente caratterizzate da grandi potenze e da una maggiore complessità tecnologica e strutturale. Questi impianti sono alimentabili con biomasse di varia natura e non hanno limiti sia per quanto riguarda il contenuto idrico, con valori massimi del 60%, e sia per la pezzatura, infatti, essa può essere grossolana e disomogenea, in relazione al diverso sistema di carico del combustibile.

Il principio di funzionamento si basa sul movimento delle sezioni della griglia (barre in leghe di acciaio) che comporta lo spostamento della biomassa lungo la griglia e quindi il progressivo essiccamento, sino alla completa combustione; le ceneri vengono rimosse automaticamente dal movimento stesso della griglia.

In alcune ricerche effettuate (Picco *et al.*, 2009) è stata dimostrata la non idoneità di una caldaia con griglia fissa per la combustione di pellet di sorgo da fibra in quanto le peculiari caratteristiche chimico-fisiche di questo pellet ne comportano l'impie-

go esclusivo in caldaie dotate di alcuni necessari accorgimenti tecnici quali la regolazione tramite sonda Lambda dei flussi di aria primaria, secondaria e di alimentazione della caldaia, griglia di combustione mobile e sistema meccanico automatico di estrazione della cenere.

Negli ultimi anni, data la versatilità del sistema di combustione a griglia mobile, le aziende costruttrici di caldaie si sono cimentate nello sviluppo di modelli anche di piccola potenza, allargando quindi il panorama di biomasse potenzialmente utilizzabili per le piccole utenze, e dando via, di fatto, al potenziale sviluppo di filiere agro-energetiche locali, basate sulla coltivazione di colture energetiche di natura erbacea o sull'utilizzo di biomasse residuali. Lo sviluppo delle griglie mobili negli ultimi anni ha portato alla ricerca di soluzioni intermedie, come nel caso di caldaie con sistemi a griglie vibranti e/o ribaltabili; questi sistemi consentono una maggiore elasticità di utilizzo dell'impianto termico, che può essere alimentato anche con biocombustibili con un contenuto idrico sino al 40% e con elevati contenuti in ceneri (biomasse di natura erbacea). I vantaggi delle griglie vibranti si riscontrano nella miglior capacità di gestire la biomassa all'interno della camera di combustione rispetto alla griglia fissa, e nelle minori parti in movimento rispetto a quelle mobili (minori costi di manutenzione); la combustione con questa tecnologia è comunque meno efficiente rispetto alla griglia mobile.

1.2.2. Gassificazione

La gassificazione dei materiali di colture erbacee rappresenta un valido strumento per il recupero di energia senza emissioni inquinanti. È un processo chimico-fisico complesso mediante il quale si trasforma un combustibile solido in un combustibile gassoso. Il processo si realizza in tre fasi:

- una prima fase di essiccazione in cui si ottiene la disidratazione del materiale;
- una seconda fase di pirolisi in cui si ottiene una parziale “distillazione” del legno;
- una terza fase di gassificazione in cui i prodotti della pirolisi reagiscono con l'agente gassificante dando origine a vari prodotti di cui alcuni compatibili.

Il processo consiste nell'ossidazione incompleta (a causa dell'assenza o della carenza di ossigeno) di una sostanza in ambiente ad elevata temperatura (900÷1000°C). Il prodotto risultante è un gas combustibile (detto gas di gasogeno o syngas) caratterizzato da un potere calorifico inferiore (valori intermedi attorno a 10.000 kJ Nm⁻³).

Il gas di sintesi (syngas) che viene prodotto può essere utilizzato:

- da una caldaia che genera calore;
- da un motore che genera corrente elettrica e calore da cogenerazione.

La gassificazione rappresenta una soluzione in grado di contribuire alla generazione distribuita di corrente elettrica utilizzando i prodotti del territorio con un bilancio di gas serra in pareggio ed il recupero di biomasse residuali altrimenti irrimediabilmente perse. Il rapporto tra l'energia elettrica prodotta e quella termica è ottimale ai fini

del recupero energetico. Si riescono ad ottenere, pur in impianti di piccole dimensioni (< 1 MW), rendimenti tra il 28% ed il 32%.

Tra le possibilità di sfruttamento delle colture di sorgo da fibra si segnala un impianto di pirogassificazione messo a punto dalla Energy Life (www.energylifegroup.it), costituito da un sistema di generazione alimentato dal syngas prodotto da un gassificatore di biomassa, con un gruppo generatore elettrico equipaggiato con motore endotermico. La caratteristica più importante dell'impianto è la ridotta taglia mentre sono presenti in tutto il mondo impianti di gassificazione di grandi dimensioni. L'unità tecnologica principale dell'impianto è il gassificatore, un sistema complesso in cui intervengono differenti processi che portano alla trasformazione della biomassa in gas combustibile. In particolare:

- nel reattore di gassificazione avvengono le reazioni di pirolisi e di gassificazione della biomassa;
- nella sezione di pulizia del gas si provvede al raffreddamento, depolverazione e decatramazione del syngas.

I gassificatori possono essere a letto fisso o a letto fluido (bollente o circolante). Un sistema di gassificazione completo comprende: gassificatore, ciclone di abbattimento delle polveri, sistema di raffreddamento del gas, sistema di lavaggio (cleaning) del gas, sistema di separazione delle condense ed un sistema di separazione delle polveri.

La biomassa e l'aria comburente entrano nel reattore dalla parte alta, dove la biomassa riceve calore fino ad essiccazione. Nella parte inferiore, si trova una zona di pirolisi dove la temperatura è compresa tra i 200°C e gli oltre 750°C della zona di combustione/ossidazione. Qui i componenti volatili evaporano generando il cosiddetto gas di pirolisi e i restanti componenti non volatili, come la lignina, rimangono in fase solida formando carbone.

Nella zona di combustione/ossidazione, dove avvengono reazioni chimiche molto esotermiche, la temperatura, in funzione del tipo di biomassa e dell'umidità della stessa, può raggiungere 1200-1300°C. Nella zona sottostante vi è una zona di riduzione formata da solo carbone, dove avvengono le reazioni di gassificazione vere e proprie, a temperature superiori a 600°C. Il gas che fuoriesce dalla zona di combustione/ossidazione e che si trova a temperature superiori a 1000°C cede calore alle reazioni di gassificazione raffreddandosi attraversando la zona di riduzione fino ad uscire dalla grata sottostante ad una temperatura di 600-700°C.

Durante questo processo il carbone si consuma e si genera polvere di carbone che viene evacuata attraverso la grata di supporto con appositi sistemi e raccolta nella zona sottostante il reattore, da dove viene convogliata verso l'esterno mediante apposite coclee.

Nella sezione di depolverazione, raffreddamento e decatramazione, il syngas viene fatto passare in un ciclone attraverso il quale si eliminano la maggior parte delle particelle di carbone trascinate dallo stesso e, successivamente, viene raffreddato

mediante apposito scrubber che grazie ad un getto di acqua fredda porta via eventuali residui di catrame. Il syngas fuoriesce dallo scrubber ad una temperatura di circa 50°C e, mediante il passaggio attraverso un filtro a cartuccia, vengono trattenute le altre particelle presenti (pulviscolo, etc.).

Il gas ottenuto può essere impiegato in motori endotermici per la produzione di energia elettrica o meccanica.

Per quanto riguarda l'energia termica, essa può essere recuperata in due diversi momenti durante il ciclo di funzionamento dell'impianto. Il primo recupero avviene attraverso lo sfruttamento del calore del syngas in uscita dal reattore di gassificazione e la seconda possibilità di recupero dell'energia termica è data dal calore dei fumi in uscita dal motore endotermico.

1.2.3. Digestione anaerobica: produzione di biogas

Il sorgo da fibra è una coltura erbacea potenzialmente utilizzabile per la produzione di biogas mediante digestione anaerobica. Un impianto per la produzione di biogas è un sistema biologico in ambiente controllato. Immettendo matrici organiche in un digestore, in assenza di luce e ossigeno, con temperature intorno ai 38-42°C, e in presenza di un'ideale popolazione di microrganismi viene prodotto il biogas. La corretta proliferazione dei batteri prevede che la matrice contenuta nel digestore sia agitata in modo lento e continuo.

Il biogas viene prodotto mediante un processo continuativo a temperature stabili, con una temperatura media nel digestore di 40°C. Per questa ragione le vasche devono essere riscaldate e isolate termicamente.

Il mix di gas prodotto è composto per la maggior parte da metano e CO₂. Il metano come componente puro (anche come biogas, mix di CO₂ e CH₄) è più leggero dell'aria e senza serbatoio il gas si disperderebbe in atmosfera.

Il biogas, in quanto combustibile, viene sfruttato come base energetica per un motore a combustione interna appositamente sviluppato. L'energia erogata con il processo di combustione viene trasformata in energia elettrica tramite un generatore collegato al motore e viene sfruttata per riscaldare i digestori, mentre il calore in eccesso viene utilizzato per alimentare eventuali utenze esterne.

Per avviare la fermentazione le matrici, costituite da colture erbacee di sorgo da fibra, sono caricate nel dosatore, e mediante delle coclee confluiscono nelle vasche di digestione dove il prodotto sosta per 60 e 90 giorni, fino a fine fermentazione. Durante questa fase le sostanze organiche subiscono una degradazione e si ha la formazione di gas metano, CO₂ e CO. Nel contempo l'ammoniaca contenuta nelle matrici viene stabilizzata sotto forma di nitrato (molecola stabile) ed avviene la desolfurazione del gas mediante condensazione/solidificazione e precipitazione dello stesso digestato.

Il biogas prodotto alimenta il cogeneratore, che lo trasforma in energia elettrica e termica che in parte (circa il 25%) viene destinata al riscaldamento delle vasche. La quota di energia termica restante potrebbe anche essere destinata alla cessione ad una rete di teleriscaldamento.

La corrente prodotta è in bassa tensione e per essere immessa in rete deve essere, per potenze superiori ai 100 kW (eccezionalmente a 200) trasformata in media tensione.

Conclusioni

L'utilizzo delle colture erbacee per scopi energetici ha finalità di carattere agricolo, ambientale e sociale; infatti la riduzione delle emissioni di CO₂ rispetto ai sistemi basati su combustibili tradizionali rappresenta un vantaggio per l'ambiente. Allo stesso tempo, in ottemperanza a quanto disposto dalle nuove norme nazionali in tema di energia da fonti rinnovabili e dalla nuova PAC agricola, le colture energetiche rappresentano un'occasione di diversificazione delle attività e di creazione di valore aggiunto per l'agricoltore. Inoltre la progettazione di piattaforme e centrali a biomasse può consentire la creazione di nuovi posti di lavoro e lo sviluppo di territori economicamente svantaggiati.

Tuttavia affinché il sistema funzioni in maniera ottimale è necessaria un'ottimizzazione della filiera, vale a dire un'attenta analisi territoriale che identifichi nello specifico le condizioni di approvvigionamento della materia prima e che verifichi la piena disponibilità di biomassa sul territorio. In questo modo si potrebbero anche recuperare vaste aree marginali, oggi in stato di abbandono e degrado, per lo sviluppo di colture destinate alla produzione di biomassa, con ovvi vantaggi di tipo socio-economico e senza la necessità di incidere sulla produzione di colture a destinazione alimentare.

Infatti, allo stato attuale si rileva che i più grossi impianti di produzione di energia da biomasse in Italia, sono alimentati da materiali provenienti dall'estero attraverso contratti di approvvigionamento a costi inferiori rispetto alle risorse locali. In tal modo purtroppo non si contribuisce alla creazione di un mercato locale ed i vantaggi in termini energetici ed ambientali, dell'intera filiera possono essere messi in discussione. Per quanto riguarda le considerazioni di carattere tecnico sviluppate nel presente capitolo, da un attento studio e da un'approfondita ricerca bibliografica si evince che ormai alcune tecnologie per la produzione di energia a partire dalla biomassa hanno raggiunto un livello di sviluppo elevato anche in termini di efficienza, funzionalità ed affidabilità.

Nello specifico, per quanto riguarda le colture erbacee annuali esaminate, si rileva che girasole e colza possono essere destinate prevalentemente alla produzione di biocarburanti da impiegare in motori a combustione interna oppure per la produzione di energia elettrica e/o termica; il sorgo, invece, può essere impiegato come combustibile solido raccolto in balle per la combustione in caldaia, oppure sottoposto a digestione anaerobica per la produzione di biogas.

Un'ultima considerazione riguarda l'auspicio che gli enti locali ed istituzionali, anche in risposta a determinate volontà di natura politica, possano promuovere l'im-

piego di fonti rinnovabili per la produzione di energia, destinando magari le aree marginali da recuperare all'impianto di colture energetiche, laddove le condizioni climatiche ed agronomiche lo consentano. In questo modo si potrebbe sviluppare un processo virtuoso volto allo sviluppo di processi innovativi in grado di produrre energia rinnovabile nel rispetto delle risorse disponibili e dell'ambiente.

Bibliografia

- Bozzini A., Calcagno F., Soare T. (2007). "Sincron", a new *Brassica carinata* cultivar for biodiesel production- HELIA 30, n°46, pp. 207-214.
- Casalini F., Pascuzzi S., Saponaro A. (1999). Indagine sperimentale sul comportamento di miscele Biodiesel-gasolio in processi di combustione per impianti termici. Atti del 54° congresso ATI. L'Aquila, pp. 225-233.
- Corbella L., Cocchi M., Sagarese C. (2009). Produzione ed utilizzo di biomasse ligno-cellulosiche da colture dedicate. *Etaflorence-renewableenergies*.
- Di Renzo G.C. (1990). "Prove sperimentali di estrazione meccanica della cera di jobba - Criteri di massima per il dimensionamento degli impianti", *Notiziario Agricolo Regionale - Regione Puglia*, n.10.
- Lazzarin R.M., Minchio F., Noro M. (2005). Utilizzo delle biomasse nel riscaldamento civile ed industriale: aspetti energetici, tecnologici ed ambientali. Conferenza nazionale sulla politica energetica in Italia.
- Malik R. S. (1990). Prospects for *Brassica carinata* as an oilseed crop in India. *Experimental agriculture* vol. 26, n. 1, pp.125-129.
- Morpugo U. (1993). Applicazione del biodiesel nel settore del riscaldamento. Dall'agricoltura a nuove energie a tutela dell'ambiente.
- Pellerano A., Pantaleo A., Tenerelli P., Carone M.T. (2007). Studio per la valorizzazione energetica di biomasse agro-forestali nella regione Puglia.
- Perego O., Augello L., Bossi C., Paletta F., Zagano C. (2010). Analisi dei costi di produzione degli impianti termoelettrici alimentati a biomassa. ENEA-Ricerca sul Sistema Elettrico.
- Picco D., Ferro L. (2009). Caldaie ad hoc per bruciare pellet di sorgo da fibra. *L'informatore agrario*. Vol. 6, pp. 51-54.
- Picco D. (2008). Colture energetiche per il disinquinamento della laguna di Venezia. Veneto agricoltura.
- Rakow G., Getinet A. (1998). *Brassica carinata* an oilseed crop for Canada. ACTA Horticulturæ 459: International symposium Brassica 97, XTH Crucifer genetics work shop.
- Riva G., Foppa Pedretti E., Toscano G., Scrosta V., Cerioni R., Ciaschini F., Duca D. (2005). Agroenergie: filiere locali per la produzione di energia elettrica da girasole.
- Riva G. (2003). Biodiesel: aspetti generali e considerazioni ambientali, CTI, Milano.

Sheehan J., Camobreco V., Duffield J., Graboski M., Shapouri H. (1998). An Overview of Biodiesel and Petroleum Diesel Life Cycles, NREL/TP-580-24772.
www.energylifegroup.it. Valorizzazione a scopo energetico delle biomasse tramite impianti di pirogassificazione e biodigestione.