

Task 2.2: Colture e tecniche innovative per la produzione di bioenergia

2.2.1 Breve stato dell'arte e riferimenti alla valenza di innovazione scientifica, economica e sociale dell'azione (max 1 pagina)

La ricerca ha l'obiettivo di approfondire tematiche finora poco indagate nel settore delle colture da energia e di particolare rilevanza nella gestione di aree dedicate alla coltivazione di specie da biomassa ad uso energetico. La ricerca si articolerà su due linee: 1) Valutazione della produttività e dell'efficienza dell'uso dell'azoto di *Arundo donax* con epoche di raccolta non convenzionali; 2) Valutazione di *Silybum marianum* come coltura alternativa per la produzione di bioenergia da biomassa lignocellulosica e di olio: produttività di genotipi e messa a punto di tecniche agronomiche che minimizzino l'impiego di input colturali.

Linea 1: La canna comune (*Arundo donax* L.), di seguito indicata come Arundo, è specie erbacea rizomatosa perenne caratterizzata da una notevole potenzialità produttiva. In buone condizioni di disponibilità idrica e nutrizionale, produzioni annuali di sostanza intorno alle 40 Mg ha⁻¹ sono state riportate in diverse regioni d'Italia.

Sebbene l'Arundo sia stata oggetto di numerose ricerche negli ultimi 10 anni, gran parte degli studi sono stati finora condotti sulla coltura con raccolta autunnale o invernale. Pochi studi sono stati condotti sul canneto sottoposto a epoche di raccolta estive. Un recente studio condotto a Pisa ha indicato che epoche di raccolte estive incrementano la resa annuale della coltura. Tuttavia, è utile approfondire gli effetti delle raccolte estive sia sulla produttività, sia sulla durata dell'impianto, sia sulle asportazioni di azoto. Un nostro studio, condotto ad Anzola dell'Emilia, ha indicato che l'Arundo ha un elevatissimo tasso di crescita giornaliero, circa 520 kg s.s. ha⁻¹. Purtroppo, queste condizioni ideali si verificano soltanto nel periodo compreso tra i primi di maggio ed i primi di agosto, successivamente sia il tasso di crescita giornaliero, subisce un brusco rallentamento. Di questo comportamento, indicato come "summer slump", non sono stati chiariti i meccanismi fisiologici. Nel caso in cui la raccolta del canneto avvenga durante l'estate, è plausibile che un elevato tasso di crescita venga stimolato dalla raccolta estiva, e quindi che la produttività annuale della coltura sia più elevata. Resta però da valutare l'effetto di ripetute raccolte estive sulla stabilità produttiva del canneto nel corso degli anni. Inoltre, un nostro secondo studio ha indicato che l'Arundo possiede una elevata l'efficienza fisiologica dell'uso dell'azoto (PEN, kg biomassa per kg N assorbito) se viene gestita con raccolte invernali. Poiché le colture perenni traslocano gran parte dell'azoto nei rizomi a fine stagione di crescita, ci sono fondati motivi per ritenere che le raccolte estive aumentino in modo considerevole le asportazioni di azoto da parte della coltura, modificando sensibilmente la relazione esistente tra biomassa prodotta ed azoto assorbito dalla coltura.

Linea 2: Il cardo mariano (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.) è una pianta originaria del bacino mediterraneo che si è successivamente diffusa in molte zone del pianeta sia come pianta spontanea che come specie coltivata. Oggi il cardo mariano è coltivato come importante specie officinale per la produzione di silimarina (composto bioattivo presente nel seme). Oltre che per la produzione di silimarina *S. marianum* si caratterizza come una specie che ben si adatta ad ambienti marginali e a condizioni di bassi input colturali. La specie mostra elevato vigore vegetativo e buona produttività di biomassa e granella, questa ultima caratterizzata da un interessante contenuto di olio e proteina. Questi aspetti rendono *S. marianum* un ottimo candidato per lo sviluppo di una coltura multifunzionale alternativa per la produzione di bioenergia a livello aziendale. Nonostante questo, informazioni relative alle caratteristiche qualitative/quantitative della biomassa prodotta da cardo mariano, nonché le conoscenze relative alla tecnica agronomica per la produzione di bioenergia a partire da questa specie, sono attualmente limitate e richiedono futuri approfondimenti.

2.2.2 Profilo ed esperienza dei proponenti e partecipanti in relazione all'attività (riportare anche max 5 pubblicazioni in totale) (max 1 pagina)

Task leader:

Enrico Ceotto - UO CREA-CIN, (vedi Paragrafo 1.8, pag. 18).

Partecipanti:

Tommaso Martinelli - UO CREA-CIN, il Dott. Martinelli è ricercatore presso il CREA-CIN di Bologna dal dicembre 2011. Agronomo e fisiologo vegetale, si occupa di caratterizzazione e miglioramento delle produzioni ottenibili da *Silybum marianum*. E' attualmente il responsabile scientifico dell'OR1n "Individuazione di genotipi di *S. marianum* caratterizzati da alto contenuto di acido oleico del seme ed assenza di pappo e valutazione qualitativa della biomassa" e dell'OR4h "Estrazione di prodotti ad alto valore aggiunto e potenziali campi applicativi I: silimarina" per il progetto "Bioraffineria di III generazione integrata nel territorio (BIT3G)" nell'ambito dei Cluster tecnologici nazionali (MIUR). E' stato inoltre responsabile scientifico per l'Italia del progetto Canaletto 2013-2015 (progetto bilaterale Italia-Polonia) dal titolo: "Produzione di bioenergia e biomolecole utili da *Silybum marianum*: studio di una collezione di genotipi", progetto finanziato dal Ministero Affari Esteri.

Pubblicazioni

- Andrzejewska J., Martinelli T., Sadowska K., 2015. *Silybum marianum*: Non-medical exploitation of the species. *Annals of Applied Biology*, 167, 285-297.
- Ceotto E., Di Candilo M., 2010. Shoot cuttings propagation of giant reed (*Arundo donax* L.) in water and moist soil: the path forward? *Biomass and Bioenergy*, 34, 1614-1623.
- Ceotto E., Di Candilo M., Castelli F., Badeck F.W., Rizza F., Soave C., Volta A., Villani G., Marletto V., 2013. Comparing radiation interception and use efficiency for the energy crops giant reed (*Arundo donax* L.) and sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Field Crops Research*, 149, 159-166.
- Ceotto E., Castelli F., Moschella A., M. Diozzi, Di Candilo M. 2015. Cattle slurry fertilization to giant reed (*Arundo donax* L.): biomass yield and nitrogen use efficiency. *BioEnergy Research*, 8, 3, 1252-1262.
- Martinelli T., Andrzejewska J., Salis M., Sulas L. (2015) Phenological growth stages of *Silybum marianum* according to the extended BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, 166, 53-66.

2.2.3 Obiettivi della task

Linea 1:

- 1) Valutare se epoche di taglio estive dell'Arundo possono ripristinare un attivo accrescimento nella seconda parte dell'estate, periodo nel quale la coltura normalmente subisce un "crollo estivo" del tasso di crescita;
- 2) Quantificare le asportazioni e l'efficienza dell'uso dell'azoto dell'Arundo sottoposta ad epoche di raccolta estive;
- 3) Valutare se epoche di raccolta estive determinano un declino di produttività del canneto nel corso degli anni rispetto al taglio tradizionale a fine stagione.

Linea 2:

- 1) Valutazione qualitativa e quantitativa della produttività di 2 genotipi di cardo mariano a fini energetici
- 2) Valutazione dell'adattabilità di cardo mariano a tecniche agronomiche di minima lavorazione del suolo e a ridotte concimazioni azotate.

2.2.4 Descrizione delle attività che saranno sviluppate nella task

Linea 1:

I trattamenti consistono in tre epoche di raccolta e verranno applicati su un canneto di nuovo impianto realizzato nell'estate del 2015. Il nuovo canneto è stato impiantato in righe distanti 75 cm, utilizzando talee di culmo di un metro di lunghezza, interrate a coppie nei solchi. Il prelievo del materiale di propagazione è effettuato su un canneto di circa 500 m², presente nella stessa azienda, utilizzando fusti di *Arundo* al secondo anno provvisti di fusti laterali in corrispondenza dei nodi. Detta metodologia, messa a punto e verificata sperimentalmente da Ceotto e Di Candilo a partire dal 2008, ha permesso di ottenere una elevata uniformità di impianto, superiore rispetto ad altri metodi di propagazione. Nell'anno di impianto, poiché la coltura attraversa una fase giovanile di affrancamento, non sono effettuate raccolte né rilievi di crescita.

La sperimentazione agronomica verrà condotta per tre anni consecutivi a partire dal 2016. I trattamenti sulla coltura consistono in due epoche di raccolta non convenzionali a confronto della normale epoca di raccolta autunnale:

- prima raccolta nei primi giorni di luglio, seconda raccolta a fine settembre;
- prima raccolta nei primi giorni di agosto, seconda raccolta a fine settembre;
- raccolta unica a fine ottobre.

I trattamenti verranno applicati su parcelle elementari dell'ampiezza di 100 m². Gli sfalci verranno effettuati con trattore e barra falciante. Lo schema sperimentale è un blocco randomizzato con 4 ripetizioni. Sulle 12 parcelle dell'esperimento verranno effettuati rilievi periodici dell'accrescimento, a cadenza di 2-4 settimane, nel periodo compreso tra maggio e settembre. Le raccolte sopraindicate verranno effettuate in corrispondenza di uno dei campionamenti periodici. In ciascuna data di raccolta verrà prelevato manualmente un campione costituito da 1 metro lineare di fila (0,75 m²). Sul campione saranno determinati: il peso fresco, il contenuto di umidità con essiccazione in stufa a 105 °C, la produzione di sostanza secca per unità di superficie, l'altezza ed il diametro dei fusti. La successione temporale delle produzioni di sostanza secca permetterà di stimare i tassi giornalieri di crescita per ciascun periodo di crescita (prima e dopo il primo taglio). I campioni essiccati in stufa verranno macinati finemente, e le polveri saranno utilizzate per la determinazione dei contenuti di azoto, carbonio ed idrogeno con lo strumento Leco CHN TRUSPEC, del laboratorio biomasse del CREA-CIN. I contenuti di azoto serviranno per quantificare le asportazioni di azoto della coltura con le diverse epoche di raccolta, e per calcolare l'efficienza dell'uso dell'azoto della coltura sottoposta a tre trattamenti di raccolta. L'efficienza dell'uso dell'azoto dei tre trattamenti di raccolta sarà comparata facendo riferimento a tre indici agronomici:

Efficienza fisiologica dell'uso dell'azoto (PE_N, in kg biomassa prodotta per kg di azoto assorbito dalla coltura);

Recupero apparente dell'azoto (RE_N, kg di azoto assorbito dalla coltura per kg di azoto applicato con il fertilizzante);

Efficienza agronomica dell'uso dell'azoto (AE_N, kg di sostanza secca prodotta per kg di azoto applicato con il fertilizzante).

Allo scopo di sopperire alle prevedibili esigenze di azoto della coltura sottoposta a doppia raccolta nel corso della stagione di crescita, verrà applicata una dose di azoto di 250 kg N per ettaro, sotto forma di urea, in soluzione unica all'inizio della stagione di crescita. Non sono previste ulteriori concimazioni in copertura poiché la coltura ha dimostrato notevole capacità di accumulare l'azoto nella biomassa sotterranea e di traslocarlo alla parte aerea all'inizio di ogni periodo di crescita.

Linea 2:

Attività 1: Studio del potenziale produttivo di *S. marianum*. I 2 genotipi di *S. marianum* che hanno mostrato le caratteristiche qualitative più interessanti (progetto BIT3G) ai fini della produzione di bioenergia, verranno testati in condizioni di pieno campo. La sperimentazione agronomica verrà

condotta per un totale di 3 anni effettuando una semina autunnale e adottando uno schema sperimentale a 3 blocchi randomizzati. Il colza verrà utilizzato come controllo. Ogni anno a fine ciclo colturale si provvederà a misurare la produttività delle varie frazioni di biomassa (steli, foglie, capolini vuoti, granella) per ciascun genotipo in studio.

Attività 2: Valutazione qualitativa della biomassa e della granella di *S. marianum* al fine di ottimizzare le produzioni. Le analisi qualitative comprenderanno: potere calorifico, contenuto di ceneri, fusibilità delle ceneri, qualità delle cellulose, contenuto di lignina, contenuto di N e C, qualità e quantità di silimarina nella granella, quantità, qualità dell'olio nella granella contenuto di azoto nella granella. Le metodologie analitiche utilizzate saranno quelle proposte dal "National renewable energy laboratory" (NREL). Le suddette analisi qualitative della biomassa verranno effettuate sui campioni ottenuti durante le attività previste nella attività 1 e su campioni di biomassa vegetale prelevati in fase di fioritura dai diversi genotipi in studio per un totale di 18 campioni ogni anno (2 genotipi + Cont. x 2 epoche di raccolta x 3 repliche). Le analisi saranno ripetute per 3 annate.

Attività 3: Valutazione agronomica dell'adattabilità del cardo mariano alla semina su sodo e a differenti livelli di concimazione azotata al fine di ridurre gli input energetici della fase di campo e per la conservazione del suolo. A partire dal 3° anno, utilizzando il genotipo di *S. marianum* che durante le prime 2 annate di sperimentazione ha dato i risultati più interessanti da un punto di vista quantitativo e qualitativo (attività 1 e 2), si provvederà ad effettuare prove agronomiche di pieno campo che prevedano la semina su sodo di *S. marianum* e input azotati variabili. Lo schema sperimentale prenderà in considerazione 3 diversi livelli di concimazione azotata (3 repliche per trattamento). Il colza sarà inserito nella prova come controllo. La prova verrà ripetuta per 3 annate successive e a fine ciclo colturale verrà misurata la produttività in biomassa erbacea e granella dei diversi trattamenti. Inoltre verrà misurato il contenuto di N totale delle diverse frazioni di biomassa.

Attività 4: Misura dei principali parametri di accrescimento della specie durante le successive fasi di sviluppo della coltura al fine di ottimizzare la tecnica agronomica per una migliore efficienza energetica della specie. Durante i test relativi alla semina su sodo (Attività 3) verranno misurati i principali indici di accrescimento. Le misure saranno effettuate mediante analisi distruttive effettuate durante le successive fasi di sviluppo della coltura al fine di misurare la biomassa prodotta durante le varie fasi del ciclo produttivo. (4 misure: stadio di rosetta prima dell'inverno, stadio di rosetta in primavera, fioritura, fine ciclo colturale).

2.2.5 Descrizione degli output della task (deliverable)

D.2.2.1

Linea 1: Relazione sull'attività condotta al termine del primo anno: dati raccolti durante la prima stagione di crescita (secondo anno del canneto) ed analisi qualitative di laboratorio;

Linea 2: Output sulle attività 1 e 2: Report sulla produttività dei 2 genotipi in studio (1° anno);
Analisi qualitative della biomassa prodotta dai 2 genotipi in studio a 2 stadi fenologici.

D.2.2.2

Linea 1: Relazione sull'attività condotta al termine del secondo anno: relazione sui dati raccolti durante la seconda stagione di crescita (terzo anno del canneto) ed analisi qualitative di laboratorio;

Linea 2: Output sulle attività 1 e 2: Report sulla produttività dei 2 genotipi in studio (2° anno).
Analisi qualitative della biomassa prodotta dai 2 genotipi in studio a 2 stadi fenologici (2° anno).

D.2.2.3

Linea 1: Relazione sull'attività condotta al termine del terzo anno: relazione sui dati raccolti durante la terza stagione di crescita (terzo anno del canneto) ed analisi qualitative di laboratorio;

Linea 2: Output dell'attività sulle linee 1, 2, 3 e 4: Report sulla produttività dei 2 genotipi in studio e sui relativi indici di accrescimento (3° anno). Analisi qualitative della biomassa prodotta dai 2 genotipi in studio a 2 stadi fenologici (3° anno). Risultati prova agronomica relativa alla semina su sodo e relativi indici di accrescimento della coltura (1° anno).

D.2.2.4

Linea 1: Relazione di attività sui dati complessivi del triennio e loro elaborazione.

Linea 2: Output dell'attività sulle linee 3 e 4: Report relativo ai risultati della prova agronomica di semina su sodo e sui relativi indici di accrescimento della coltura (2° anno).

D.2.2.5

Linea 1: Relazione conclusiva del progetto.

Linea 2: Output dell'attività sulle linee 3 e 4: Report relativo ai risultati della prova agronomica di semina su sodo e sui relativi indici di accrescimento della coltura (3° anno).

2.2.6 Articolazione temporale delle attività e dei deliverable previsti nella task(Gantt)

		Attività	Deliverable
Quadrimestri	1		
	2		
	3	Linee 1 e 2	D.2.2.1
	4		
	5		
	6	Linee 1 e 2	D.2.2.2
	7		
	8		
	9	Linee 1 e 2	D.2.2.3
	10		
	11		
	12	Linee 1 e 2	D.2.2.4
	13		
	14		
	15	Linee 1 e 2	D.2.2.5

2.2.7 Risultati attesi, ricadute e benefici, ostacoli prevedibili ed azioni correttive

Linea 1:

Questa ricerca permetterà di acquisire importanti informazioni su un sistema colturale finora poco studiato: il canneto a doppia raccolta con tagli estivi. I dati riguarderanno la dinamica dei tassi di crescita prima e dopo ciascun taglio, la produttività del canneto a seguito di tagli estivi e con doppia raccolta annuale in annate consecutive, le asportazioni e l'efficienza dell'uso dell'azoto in rapporto alle diverse epoche di taglio.

Ricadute e benefici:

Oltre al miglioramento delle conoscenze scientifiche sulle strategie di coltivazione dell'Arundo, si prevedono ricadute applicative per agricoltori ed imprenditori interessati alla coltivazione dell'Arundo, che potranno beneficiare delle risultanze scaturite da questo studio.

Ostacoli prevedibili ed azioni correttive:

Poiché il canneto di nuovo impianto sul quale verrà condotto questo studio è stato realizzato con successo e con soddisfacente uniformità di investimento nel corso del 2015, non sono prevedibili ostacoli alla realizzazione della prova.

Linea 2:

La linea di ricerca 2 permetterà la valutazione di cardo mariano come coltura multifunzionale per la produzione di bioenergia in condizioni di ridotti input colturali utilizzando tecniche agronomiche conservative.

Ricadute e benefici:

Lo sviluppo di cardo mariano come coltura a semina autunno vernina per la produzione di biomassa e granella consentirebbe di ampliare lo spettro di colture disponibile per la produzione di bioenergie in ambienti marginali di tipo mediterraneo.

Ostacoli prevedibili ed azioni correttive:

Condizioni meteorologiche estreme per la coltura (grandinate o temperature invernali inferiori a -9°C) potrebbero compromettere una o più annate della sperimentazione agronomica.

L'articolazione delle prove su 3 anni e del progetto su 5 anni consentirà verosimilmente di ripetere una o più annate di sperimentazione nel caso questo fosse necessario.

2.2.8 Piano di sfruttamento e divulgazione dei risultati

Linea 1:

- Presentazione a convegni scientifici dei dati raccolti in forma preliminare (1 e secondo anno) e conclusiva (triennio);
- Pubblicazioni scientifiche con tre anni di dati raccolti in campo integrati dalle analisi dei contenuti di azoto delle biomasse.

Linea 2:

- Pubblicazioni scientifiche relative alla valutazione del possibile sfruttamento di *S. marianum* come coltura da bioenergia.

2.2.9 Tabelle delle richieste finanziarie per singola azione

Tabella 2.2.9.1: Attrezzature tecnico-scientifiche di cui si richiede il finanziamento.

Tabella 2.2.9.2: Richiesta complessiva di finanziamento per la task.