

Relazione riassuntiva

Stato di avanzamento dei lavori

PROGETTO FITOPROBIO

**“Fitodepurazione produttiva di biomasse
cellulosiche per l’ottenimento di etanolo
di seconda generazione”**

D.M. 26272/7303/09 del 12/11/2009

Il coordinatore del progetto

Prof. Maurizio Borin

1. Introduzione

Con la presente si relaziona in ordine alle attività realizzate nell'ambito del Progetto FITOPROBIO "Fitodepurazione produttiva di biomasse cellulosiche per l'ottenimento di etanolo di seconda generazione " (D.M. 26272/7303/09 del 12/11/2009) a partire dallo start-up del progetto, inizio 2010, fino al primo trimestre del 2011. Di seguito vengono illustrate le informazioni programmatiche del progetto, seguite dal resoconto riassuntivo di avanzamento della ricerca. In allegato sono poi riportate le relazioni tecnico-scientifiche delle singole unità operative, riportanti le attività di relativa competenza.

2. Scopo del progetto

L'obiettivo generale del progetto è valutare la fattibilità e la sostenibilità agronomico-ambientale dell'attitudine e la produttività alla trasformazione in etanolo di biomasse erbacee provenienti da piante palustri impiegate in impianti di fitodepurazione, al fine di poter combinare la depurazione naturale di acque reflue con la produzione di energie rinnovabili attraverso un sistema decentralizzato.

L'intero gruppo di ricerca si incarica di raggiungere tale scopo attraverso il conseguimento dei seguenti obiettivi specifici:

- Individuazione delle specie palustri di maggiore interesse potenziale, in termini di efficienza depurativa, produzione di biomassa e resa in etanolo;
- Realizzazione o adattamento d'impianti pilota di fitodepurazione alimentati ad acque reflue;
- Valutazione dell'efficienza del trattamento delle acque reflue urbane e zootecniche con gli impianti sperimentali in uso, ai limiti dettati sia dal D.M. 185/2003, per il riutilizzo a scopo irriguo dei reflui depurati, che dal D.lgs. 152/2006, per lo scarico su corpo superficiale;
- Valutazione del contributo depurativo e della risposta bio-agronomica delle specie erbacee impiegate nei sistemi di fitodepurazione sperimentali;
- Valutazione dell'effettiva sostenibilità delle diverse colture testate in relazione alle specifiche condizioni impiantistiche, climatiche ed economiche;
- Messa a punto di tecniche di gestione delle piante al fine di ottenere materiali idonei alla fermentazione, in particolar modo in riferimento all'epoca e alla frequenza dei tagli;
- Sperimentazione nella fermentazione per la massimizzazione della resa in etanolo;
- Valutazione d'impatto ambientale del sistema tramite *Life Cycle Assessment* (LCA).

Nello specifico, durante il periodo temporale qui esposto gli obiettivi intermedi raggiunti sono stati:

- Ricerca ed individuazione delle specie erbacee palustri con potenziale caratteristiche idonee al progetto, loro recupero e messa in coltura;
- Realizzazione ex novo ed adattamento d'impianti di fitodepurazione alimentati ad acque reflue sia urbane che zootecniche;
- Valutazione della resa produttiva e della risposta bio-agronomica delle piante in coltivazione nei sistemi di fitodepurazione sperimentali;
- Parziale valutazione del contributo depurativo vegetale nelle acque reflue urbane e zootecniche grazie agli impianti sperimentali in uso;
- Ricerca di metodologie analitiche nel pretrattamento di materiale vegetale volto all'ottenimento di etanolo di seconda generazione;
- Caratterizzazione elementare delle biomasse prodotte nella sperimentazione colturale ed avvio della sperimentazione nella fermentazione.

3. Unità operative partecipanti

Il progetto di ricerca FITOPROBIO vede coinvolte tre unità operative:

1. U.O. DAAPV-UNIPD:
Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali dell'Università degli studi di Padova.
2. U.O. CSEI-CT:
Centro Studi di Economia applicata all'Ingegneria di Catania con la collaborazione di ricercatori del Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agroalimentari e Ambientali dell'Università degli Studi di Catania.
3. U.O. BAS-ENEA:
Laboratorio di Biotecnologie, Centro Ricerche Trisaia dell'Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA).

L'U.O. n 1, coordinatrice del progetto, gestisce le prove sperimentali su sistemi di fitodepurazione del Nord Italia, la produzione di biomasse e le valutazioni di scenario mentre l'U.O. n 2 si occupa dei campi prova presenti nel Sud Italia. Infine l'U.O. n 3 esegue la parte analitica del progetto, attraverso la caratterizzazione e la resa in etanolo delle biomasse delle prime due UU.OO., nonché la sperimentazione di metodologie di pre-trattamento e formulazioni enzimatiche più idonee.

Il piano di attività si articola in quattro linee:

1. Indagini preliminari:
Individuazione delle specie di maggiore interesse e potenzialità per le finalità energetiche e fitodepurative del progetto e definizione dei protocolli di lavoro delle singole UU.OO.;
2. Attività di campo volta alla coltivazione di biomasse da energia in sistemi di fitodepurazione:
Coltivazione di biomasse da energia in sistemi di fitodepurazione da parte di U.O. DAAPV-UNIPD e U.O. CSEI-CT, rispettivamente alimentati a reflui zootecnici e urbani. Costante monitoraggio sia delle specie in atto sia delle acque in ingresso ed uscita;
3. Caratterizzazione e valorizzazione energetica delle biomasse:
Analisi elementare e sperimentazione in laboratorio da parte dell'U.O. BAS-ENEA delle varie fasi necessarie all'ottenimento di etanolo dalle biomasse prodotte nelle attività di campo;
4. Analisi comparate dei sistemi e valutazione di fattibilità:
Creazione di un database idoneo all'applicazione della *Life Cycle Assessment* (LCA) per poter poi valutare l'impatto ambientale dei vari sistemi in esame.

4. Avanzamento dei lavori

Di seguito sono riassunte cronologicamente le attività che finora hanno caratterizzato la sperimentazione condotta con esplicitazione dei risultati intermedi.

Per le descrizioni sperimentali più dettagliate si rimanda alle relazioni tecnico-scientifiche delle singole UU.OO. presenti in allegato.

4.1 start-up progetto

Le UU.OO. hanno basato i primi mesi di ricerca sull'indagine bibliografica, ovvero sull'individuazione delle piante con le caratteristiche più idonee a svolgere il programma di ricerca. Lo studio preliminare si è basato quindi sulla selezione delle specie da poter coltivare ai fini della ricerca, indagando sullo scenario delle piante palustri con caratteristiche di buona attitudine alla

fitodepurazione e nel contempo elevata produzione di biomassa. Vista la conduzione dell'intero progetto in termini di basso impatto ambientale, si è voluto porre attenzione anche a specie meno note ma caratterizzate da rusticità e ciclo perenne, quindi meno bisognose di lavorazioni agronomiche in coltivazione. Durante questa analisi si è chiaramente tenuto in considerazione il differente ambiente di coltivazione dei due siti sperimentali e la necessità di ampliare il più possibile la varietà di piante in esame permettendo di allargare le conoscenze e le ricadute applicative.

Contemporaneamente sono stati definiti i protocolli di lavoro per ogni U.O. ed il calendario delle attività comuni.

4.2 Allestimento siti sperimentali e messa a punto metodologie di laboratorio

Questa fase ha coinvolto tutte le UU.OO. in maniera molto intensa a partire da Maggio 2009 ed è in parte ancora in corso di svolgimento. Dopo l'iniziale fase di reperimento del materiale, i singoli gruppi di ricerca hanno allestito e/o adattato i siti sperimentali e le metodologie di lavoro.

L'U.O. DAAPV-UNIPD ha allestito una prova parcellare ed un impianto pilota di fitodepurazione. La prima si trova nell'Azienda Agraria Sperimentale dell'Università degli Studi di Padova a Legnaro (PD) è predisposta su cassoni rialzati con lisimetri ed ha in esame macrofite da biomassa alimentate a refluo zootecnico simulato. La seconda è invece situata presso una stalla sociale nel comune di Terrassa Padovana (PD) e vede l'utilizzo di specie palustri installate su sistemi flottanti a cui viene applicato digestato di fermentazione anaerobica da liquame zootecnico.

L'U.O. CSEI-CT ha avviato la sperimentazione su un impianto di fitodepurazione a scala reale per il trattamento terziario delle acque reflue urbane, un impianto sperimentale per la coltivazione di colture da biomassa irrigate con le acque reflue trattate dagli impianti di fitodepurazione, entrambe nel comune di San Michele di Ganzaria (CT), ed un impianto di fitodepurazione per il trattamento delle acque grigie di una singola abitazione ubicata nel comune di San Gregorio.

L'U.O. BAS-ENEA ha invece reperito i vari reagenti ed i protocolli di laboratorio per effettuare pre-trattamenti e fermentazioni sulle biomasse.

4.3 Conduzione dei campi prova ed analisi di laboratorio

Una volta allestiti i siti di sperimentazione le UU.OO. 1 e 2 hanno avviato le attività di campo, alimentando i vari sistemi con le acque reflue. Durante tutto il periodo vegetativo le specie in esame sono state monitorate dal punto di vista bio-agronomico e produttivo e periodici campioni di acqua sono stati raccolti da ogni sistema per valutare la capacità di depurativa delle piante palustri.

A fine stagione colturale (Novembre 2010) sono stati prelevati campioni di vegetazioni di ogni specie in atto ed inviati all'U.O. BAS-ENEA. Questa ha provveduto a svolgervi la caratterizzazione elementare (% di C, N, S, O, H) e l'analisi del loro contenuto in fibre (% di cellulosa, emicellulosa e lignina) per poter poi valutarne la potenziale resa in etanolo ed avviare la sperimentazione fermentativa delle specie più idonee alla produzione di etanolo di seconda generazione.

In tabella 1 è visibile l'elenco riassuntivo delle specie esaminate, divise per località.

Specie	Analisi preliminari		Specie in coltivazione 2010	
	CT	PD	CT	PD
<i>Acorus calamus</i> L.		X		
<i>Arundo donax</i> L.	X		X	X
<i>Canna indica</i> L.		X	X	X
<i>Carex elata</i> All.		X		
<i>Carex pendula</i> Huds.				X
<i>Carex pseudocyperus</i> L.				X
<i>Carex riparia</i> Curtis				X
<i>Claudium mariscus</i> (L.) Pohl.				X
<i>Cyperus longus</i> L.		X		
<i>Cyperus papyrus</i> L.	X		X	
<i>Glyceria maxima</i> (Hartm.) Holmb.		X		
<i>Iris pseudacorus</i> L.		X		X
<i>Juncus effusus</i> L.		X		
<i>Lythrum salicaria</i> L.		X		
<i>Mischantus x giganteus</i> Greef et Deu.	X		X	X
<i>Phalaris arundinacea</i> L.		X		X
<i>Phragmites australis</i> (Trin.) Cav.		X	X	
<i>Scirpus sylvaticus</i> L.		X		X
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench.	X			
<i>Symphitum officinale asperrimum</i> L.		X		X
<i>Thalia dealbata</i> Fraser ex Roscoe		X		X
<i>Typha latifolia</i> L.		X		
<i>Vetiveria zizanioides</i> (L.) Nash	X		X	

Fig. 1 – Elenco delle specie in esame durante la stagione colturale 2010.

4.4 Risultati intermedi

La presente relazione, in quanto intermedia, riporta dati preliminari ma già indicativi per la ricerca in progress.

Per quanto riguarda la resa in biomassa, le piante presenti nelle sperimentazioni dell'U.O. CSEI-CT presentano valori più elevati rispetto alle medesime piante nelle prove dell'U.O. DAAPV-UNIPD. Questa discrepanza è dovuta anche in parte all'anno d'impianto dei sistemi in atto, infatti per alcuni sistemi dell'U.O. n 2 le piante sono state messe a dimora negli anni precedenti, nonché all'abbondante distribuzione idrica. In questa località, dunque, si distingue per la produzione di biomassa *V. zizanioides* (74.86 t/ha) seguita da *A. donax* (57.30 t/ha). Anche nei campi prova dell'U.O. n 1 *A. donax* primeggia nella resa con 32.73 t/ha, segue *M. x Giganteus* con 16.33 t/ha. Valutando poi la potenziale produttività di etanolo risultano piante di interesse, per la loro bassa quantità di lignina ed elevata di cellulosa, *M. x Giganteus*, *A. donax*, *S. sylvaticus*, *V. zizanioides* e *C. papyrus*.

Ad ogni modo maggiore chiarezza e risultati più esaustivi potranno essere raggiunti nelle sperimentazioni a venire.

Specie	Resa biomassa secca (t/ha)		Umidità (%)	Cellulosa (%)	Lignina (%)
	PD	CT*			
<i>A. donax</i>	32.73	57.30	6.29±0.12**	43.69±0.30**	8.68±0.25**
<i>C. indica</i>	8.81	18.00	9.24±0.43**	31.30±0.27**	5.36±0.30**
<i>C. pseudocyperus</i>	4.79		7.62±1.74	26.67±0.43	6.42±1.41
<i>C. riparia</i>	4.85		7.15±0.01	28.60±1.11	5.62±0.39
<i>C. mariscus</i>	5.98		7.09±0.19	29.80±1.29	8.03±0.38
<i>C. papyrus</i>		18.00	7.39±0.02	33.72±1.20	5.83±0.31
<i>I. pseudacorus</i>	6.17		8.16±0.06	28.26±0.98	6.98±0.45
<i>M. x Giganteus</i>	16.33	33.97	7.38±0.26**	46.14±0.58**	6.14±0.62**
<i>Ph. arundinacea</i>	n.d.		8.56±1.93	28.73±0.68	5.73±0.54
<i>Ph. australis</i>		56.50	8.02±1.10	26.22±0.31	7.30±1.03
<i>S. sylvaticus</i>	5.12		9.48±0.37	36.33±0.22	13.33±0.04
<i>S. officinale asperrimum</i>	3.82		11.20±0.48	23.28±1.67	7.82±0.21
<i>V. zizanioides</i>		74.86	7.19±0.31	34.88±0.46	5.39±0.04

Fig. 2 – Tabella riassuntiva delle rese medie in biomassa delle specie coltivate durante la stagione colturale 2010 da U.O. n 1 e U.O. n 2 e loro contenuto in fibra svolto da U.O. n 3 (* Valore medio massimo risultante dai diversi sistemi di fitodepurazione sperimentali, ** Valori medi di entrambe le località).

5. Attività gestionali e divulgative

1. Meeting di inizio progetto:

Il gruppo di ricerca si è incontrato presso il Centro Ricerca Trisaia nel comune di Rotondella (MT), sede dell'U.O. n 3, nella giornata del 18 febbraio 2010 con il seguente ordine del giorno:

- Presentazione del progetto da parte del coordinatore;
- Presentazione delle strutture e dei collaboratori delle singole UU.OO;
- Presentazione e discussione dei protocolli di lavoro;
- Stesura del programma operativo.

Nella giornata successiva è seguita la visita ai laboratori sperimentali del Centro di Ricerca. Presenti alla riunione:

- Maurizio Borin e Giovanna De Stefani, U.O. DAAPV-UNIPD;
- Giuseppe Cirelli, Attilio Toscano, Antonio Barbera e Mirco Milani, U.O. CSEI-CT;
- Roberto Balducci, Roberto Albergo e Neeta Sharma, U.O. BAS-ENEA.

2. Riunione di coordinamento:

Il gruppo di lavoro si è riunito presso la sede del Miur a Roma, nella giornata del 1 dicembre 2010 con il seguente ordine del giorno:

- Presentazione delle attività svolte nel primo anno di sperimentazione dalle singole UU.OO;
- Presentazione e discussione dei protocolli di lavoro per le attività in avvenire;
- Stesura del programma operativo per le attività del 2011;
- Programmazione e discussione di pubblicazione scientifiche, partecipazione convegnistiche ed organizzazione di eventi divulgativi.

Presenti alla riunione:

- Maurizio Borin e Giulia Florio, U.O. DAAPV-UNIPD;
- Giuseppe Cirelli, Attilio Toscano, Antonio Barbera e Mirco Milani, U.O. CSEI-CT;
- Roberto Albergo, U.O. BAS-ENEA.

3. Invio delle seguenti visual presentation al convegno “19th European Biomass Conference and Exhibition: From Research to Industry and Markets, 6-10 June 2011, Berlin, Germany”:
 - Maurizio Borin, Giulia Florio, Antonio Barbera, Giuseppe Luigi Cirelli, Roberto Albergo, Salvatore Palazzo. *Preliminary evaluation of macrophyte wetland biomasses to obtain second generation ethanol*;
 - Marco Politeo, Maurizio Borin, Mirco Milani, Attilio Toscano, Giovanni Molari. *Production and energy value of Phragmites australis obtained from two constructed wetlands* ;
4. Invio delle seguenti visual presentation al convegno “Joint Meeting of Society of Wetland scientists, Wetpol and Wetland Biogeochemistry Symposium 3-8 July 2011 Prague, Czech Republic”:
 - Giulia Florio, Marco Politeo, Michela Salvato, Maurizio Borin. *Floating treatment wetland as potential post treatment for biogas wastewater and biomass production*;
 - Marco Politeo, Giulia Florio, Michela Salvato, Maurizio Borin. *The potential of hybrid constructed wetland as a post treatment for biogas wastewater*;

6. Allegati

1. Relazione tecnico-scientifica dell’U.O. DAAPV-UNIPD;
2. Relazione tecnico-scientifica dell’U.O. CSEI-CT;
3. Relazione tecnico-scientifica dell’U.O. BAS-ENEA.