

Servizio ricerca Sistemi culturali erbacei

Legge Regionale 9 marzo 2015, n. 5

Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale della Regione

Art. 27 Progetto sperimentale di bonifica terreni agricoli

Canapa:

opportunità ambientali ed economiche in Sardegna

(Acronimo "CANOPAES":

Canapa: opportunità ambientali ed economiche in Sardegna)

Il Responsabile scientifico
(Gianluca Carboni)



Il Direttore del Servizio Ricerca
Sistemi culturali erbacei

(Roberto Zurru)



Cagliari, Dicembre 2015

1. Progetto sperimentale

2. Area tematica

scienze matematiche, informatiche, fisiche, chimiche e ingegneristiche;

X scienze della terra e dell'ambiente;

scienze della vita;

scienze umane e sociali.

Titolo del Progetto di Ricerca

Canapa: opportunità ambientali ed economiche in Sardegna (CANOPAES)

2 – Area Scientifico-disciplinare

Area 0701- Scienze agrarie

3 - Settori scientifico-disciplinari interessati dal Progetto di Ricerca :

Agronomia, Coltivazioni Erbacee, Pedologia, Chimica Agraria, Economia, Studi Ambientali.

Parole chiave (max 3 parole chiave):

bonifica aree inquinate, canapa, agricoltura sostenibile.

Obiettivi generali, specifici e operativi che il progetto si propone di raggiungere.

Obiettivi generali:

- Valorizzazione di aree agricole sottoposte a fenomeni di grave inquinamento da agenti chimici persistenti tramite la coltivazione di canapa;
- Valorizzazione di produzioni innovative, economicamente ed ecologicamente sostenibili, ottenute tramite la coltivazione della canapa.

Obiettivi specifici e operativi:

- Scelta e caratterizzazione pedologica delle aree inquinate oggetto di sperimentazione;

- ❑ valutazione delle capacità di disinquinamento della coltivazione di canapa ed evoluzione delle caratteristiche del suolo;
- ❑ identificazione dei possibili usi alternativi della canapa;
- ❑ identificazione delle tecniche colturali e delle varietà più adatte con lo scopo di massimizzare il potere decontaminante e rendere la coltivazione sostenibile sia dal punto di vista ambientale che economico;
- ❑ valutazione della sostenibilità economica della coltivazione della canapa
- ❑ valutazione della sostenibilità ambientale della filiera canapa;
- ❑ valutazione di medio-lungo periodo della dinamica del carbonio e del destino degli inquinanti nel suolo;

Coerenza con gli obiettivi strategici della pianificazione regionale

Il finanziamento richiesto per l'attuazione del progetto è stato approvato dal Consiglio Regionale con la L.R. 9 marzo 2015 n. 5 - Legge Finanziaria. Nell'art. 27 di questa legge, il Consiglio Regionale ha stabilito che debba essere attuato un progetto sperimentale di bonifica di terreni agricoli da effettuarsi tramite coltivazioni sperimentali di canapa. Lo stesso Consiglio Regionale ha stabilito che *la Giunta regionale, su proposta degli Assessorati competenti e dell'Agenzia AGRIS, individua le aree da sottoporre a sperimentazione e mette in atto le procedure per attivare, implementare e monitorare il progetto.*

Il progetto in questione è stato redatto in osservanza di tali indirizzi.

Presentazione schematica e sintesi del progetto:

Il progetto di ricerca intende studiare, in ottica multidisciplinare e interdisciplinare, le potenzialità di sfruttamento di aree sottoposte a fenomeni di grave inquinamento attraverso la coltivazione della canapa in un'ottica di sostenibilità economica ed ambientale.

Verranno rilevati elementi necessari alle valutazioni dei principali aspetti tecnici, economici, agronomici, ed ambientali della qualità delle produzioni ottenibili dallo sfruttamento di tale coltura in un contesto particolare come quello delle aree inquinate da sottoporre a bonifica.

Il progetto si svilupperà su un arco temporale di 3 anni, in modo tale da fornire sufficienti risultati tecnico/scientifici per valutare la sostenibilità della coltivazione della canapa in questi ambienti.

Il progetto è articolato in moduli o work packages (WPs) alcuni dei quali sono propedeutici (WP 1-4) a moduli successivi. Il WP1 ha l'onere di individuare i *cas studio* oggetto della sperimentazione. I due successivi moduli valuteranno le interazioni esistenti fra pianta e suoli contaminati (WP2) e la dinamica degli inquinanti nella pianta (WP3). Il WP 4 è dedicato all'approfondimento delle possibili utilizzazioni della canapa nelle aree considerate ottimizzandone lo sfruttamento. Nel WP5 si affronterà l'ottimizzazione della gestione colturale in funzione delle indicazioni provenienti dai WPs precedenti. La sostenibilità economica (WP6) ed ambientale (WP7) della coltivazione della canapa sarà valutata negli ultimi due WPs tenendo conto delle indicazioni scaturite dai WPs precedenti.

Di seguito si riportano in maniera sintetica le attività dei singoli WPs.

WP 1 - Identificazione delle aree inquinate oggetto di sperimentazione e caratterizzazione delle aree da sottoporre a sperimentazione.

All'interno dei territori comunali che ricadono nel Piano di Risanamento del Sulcis Iglesiente verranno individuate e caratterizzate dal punto di vista pedologico delle aree agronomicamente rappresentative del territorio al fine di estendere i risultati su una scala più ampia.

WP 2 - Interazioni tra suolo contaminato e canapa ed evoluzione delle caratteristiche del suolo.

Nelle aree selezionate nel precedente WP verranno studiate le interazioni tra suolo e canapa relativamente alla traslocazione dei metalli pesanti per valutarne la potenziale efficacia come fitodepurante e allo stesso tempo verrà monitorata l'evoluzione delle principali caratteristiche fisico chimiche del suolo per valutarne la sua potenziale resilienza. Saranno applicati modelli di processo al fine di stimare le variazioni del carbonio organico nel suolo nel medio periodo in seguito all'introduzione della coltivazione della canapa.

WP 3 - Verifica del destino degli agenti inquinanti all'interno della pianta finalizzato all'individuazione dei possibili usi alternativi.

Verranno utilizzati come substrato di coltivazione differenti tipi di suolo caratterizzati da inquinamento dovuto a diversi agenti. Questo permetterà di verificare il destino degli inquinanti all'interno della pianta e di studiare il percolato della coltura.

WP 4 - Identificazione dei possibili usi alternativi della canapa

Verranno analizzati e confrontati alcuni dei possibili utilizzi tecnicamente ed economicamente validi della canapa seguendo i principi di una moderna *bioraffineria*.

WP 5 - Indagine varietale e messa a punto di specifici percorsi colturali

Si valuteranno gestioni colturali alternative della canapa al fine di rendere sostenibile, in termini ambientali ed economici, l'attività agricola anche in aree sottoposte a fenomeni di grave inquinamento.

WP 6 - Valutazione della sostenibilità economica della filiera canapa

In questo WP verrà studiata la sostenibilità economica della filiera canapa in Sardegna, anche alla luce delle possibili utilizzazioni alternative scaturite dal WP 4.

WP 7 - Valutazione della sostenibilità ambientale della filiera canapa

La produzione della canapa, come tutti i processi produttivi, ha ripercussioni sull'ambiente circostante. E' necessario quindi valutare l'impatto ambientale di questa coltivazione, e di alcune gestioni colturali alternative individuate nel WP 4, per individuare la sostenibilità ambientale della canapa e del suo processo produttivo.

Stato dell'arte:

La coltivazione della canapa da fibra (*Cannabis sativa* L.) ebbe notevole diffusione sino agli anni '50, quando in Italia venivano ancora investiti circa 60.000 ettari situati prevalentemente nelle pianure fertili per lo sfruttamento delle sue fibre più pregiate presenti nella corteccia degli steli. Negli anni successivi, ci fu una rapida diminuzione delle superfici coltivate causata principalmente dalla scarsa meccanizzazione delle operazioni colturali e dall'avvento delle fibre sintetiche,

ottenibili con costi inferiori, che portarono fondamentalmente alla scomparsa della coltura.

A partire dalla fine degli anni '80 in Italia, come nel resto dell'Unione Europea, si è sviluppato un certo interesse verso “nuove colture” caratterizzate da produzioni a destinazione industriale non alimentare (“colture no-food”) che, oltre ad avere un concreto sbocco di mercato, richiedessero una ridotta quantità di input energetici (combustibili, fertilizzanti, antiparassitari ecc.) nell’ottica di sviluppare delle filiere sostenibili dal punto di vista economico sfruttando aree marginali poco utilizzate.

Fra le diverse specie, alcune colture da fibra e da cellulosa come il kenaf, la canapa ed il sorgo da fibra, riscossero un certo interesse sia per ragioni di natura economica che ecologica. In quegli anni la pasta di cellulosa, infatti, era un prodotto la cui domanda era in continua espansione sul mercato mondiale, a fronte di una disponibilità di piante forestali (soprattutto conifere), utilizzate per produrla, sempre più limitata. I maggiori Paesi produttori di cellulosa, inoltre, limitarono lo sfruttamento delle foreste lasciando praticamente invariata l’offerta di pasta di cellulosa ed esportando prodotti finiti, lavorati in loco, piuttosto che la materia prima. Ovviamente tutto ciò ha comportato la lievitazione dei prezzi nella filiera della produzione di carta con pesanti ripercussioni sui costi sopportati dall’industria cartaria italiana che utilizzava pasta di cellulosa importata da Paesi Terzi per oltre l’80%. In tale situazione una riduzione del deficit nazionale si poteva ottenere anche attraverso la coltivazione di piante annuali ad alta produzione di biomassa come la canapa da fibra (Marras e Carboni, 1999).

Successivamente il quadro economico e degli incentivi pubblici ha spostato l’interesse di diversi operatori industriali verso la produzione energetica, quella dei biocombustibili (oli vegetali, biodiesel e bioetanolo) e delle biomasse. Fra le colture da biomassa la canapa da fibra ha anche in questi settori delle potenzialità interessanti per le sue spiccate caratteristiche di rusticità (in genere non necessita di interventi di difesa e diserbo) e l’elevato ritmo di crescita che la rende molto competitiva rispetto alle erbe infestanti. Il crescente interesse commerciale per i semi di canapa e la necessità di massimizzare il ritorno economico della coltura, in accordo con lo sviluppo del concetto di *bioraffineria*, sta stimolando un progressivo spostamento di interesse di questa coltura dalla sola produzione di fibra verso la coltivazione a duplice attitudine, ovvero con lo scopo di raccogliere contemporaneamente sia steli che semi (in realtà sono dei frutti denominati acheni).

Per tali scopi sia la scelta varietale che la tecnica agronomica devono essere ottimizzate. Nonostante i semi di canapa abbiano un valore nutrizionale interessante, il loro uso come alimento umano nella storia è relativamente poco diffuso anche se crescente. La produzione di semi è diffusa, seguendo una specifica tecnica colturale, principalmente per produrre sementi a sostegno della coltivazione da fibra (Amaducci et al., 2015).

Recentemente la canapa ha riscosso un certo interesse anche come specie fito-decontaminante in quanto ha una buona capacità accumulatrice di contaminanti, sia dal suolo che dall'aria (Angelova, 2004; Girdhar e Raj, 2014), e si ritiene che i suoi prodotti contaminati possano essere utilizzati per scopi industriali (biocarburanti, lubrificanti industriali e vernici, isolanti, materiali edili, carta, abiti, materiali plastici per diversi usi) ma anche alimentari.

Nonostante tutti questi impieghi possibili è bene specificare che la coltivazione della canapa da fibra è stata ostacolata da vincoli normativi. In Italia la sua coltivazione è stata limitata già dall'emanazione del DPR 9 ottobre 1990 n. 309 (Testo unico delle leggi sulla disciplina degli stupefacenti e delle sostanze psicotrope) che vieta la coltivazione della canapa Indiana (*Cannabis indica* Lam 1785). Non essendo quest'ultima ben distinguibile morfologicamente dalla canapa da fibra, coloro che avviano una coltura da fibra possono incorrere in spiacevoli conseguenze con le Forze dell'ordine. Secondo numerosi botanici esiste una distinzione, anche se limitata, fra le due specie poiché il flusso genico tra queste è relativamente piccolo (Schultes, 1973; Anderson, 1980; Hillig, 2004). La distinzione fra canapa da fibra ed indiana si fonda, più che su aspetti morfologici, sul diverso contenuto di uno specifico cannabinoide appartenente al gruppo dei terpenofenoli chiamato Δ^9 -tetraidrocannabinolo (Δ^9 -THC o THC) avente effetti psicotropi: la canapa indiana ne contiene quantità superiori (mediamente fra il 7 ed il 14%) rispetto a quella da fibra (per legge inferiore allo 0.2%) .

La coltivazione della canapa da fibra è incentivata dalla Comunità Europea già dal 1999 (Reg. CE n. 1251/99) in quanto l'articolo 5 bis disponeva un regime di aiuto specifico (pagamento per superficie) subordinato all'utilizzazione di varietà di canapa aventi tenore in THC non superiore allo 0,2% ed individuate in un elenco apposito (allegato XII del Reg. CE n. 327/2002 e successivamente stabilito dal Reg. 1120/2009 art. 10). Attualmente il sostegno alla coltivazione di canapa è normato dal Reg. 1307/2013 dell'Unione Europea ai sensi dell'art 32 paragrafo 6 e prevede un

sostegno accoppiato facoltativo e dipendente dalla decisione dei Paesi membri (art. 52). La coltivazione della canapa da fibra è quindi consentita anche in Italia, purché si tratti di varietà indicate nei regolamenti comunitari sopra riportati.

Il panorama varietale della canapa da fibra attualmente è composto da circa 50 varietà presenti nel catalogo europeo comune delle varietà delle specie agricole. Fra queste ve ne sono sia dioiche (ovvero varietà aventi fiori maschili e femminili su piante distinte) che monoiche (i fiori maschili e femminili si trovano sulla stessa pianta). Di norma la canapa è una specie dioica con piante maschili più sottili, fioritura maschile generalmente più precoce rispetto alla femminile ed impollinazione anemofila. Il monoicismo, compare in piccole percentuali e soprattutto in condizioni di giorno corto (Dempsey, 1975). Varietà monoiche sono state selezionate (sono diffuse soprattutto le francesi) per ridurre il dimorfismo sessuale delle varietà dioiche che causa difficoltà di meccanizzazione della coltura, e quindi per consentire una raccolta di steli e semi più efficiente (Faux et al., 2013).

Dai risultati ottenuti in precedenti sperimentazioni è emerso che le varietà dioiche sia italiane (Carmagnola e Fibranova e simili) che ungheresi (Kompolti) risultano più produttive (soprattutto per quanto riguarda la produzione di steli) delle monoiche francesi (es. Futura 77, Fedora 19) sia in ambienti del Nord Italia che meridionali (Amaducci et al., 1998; Marras e Carboni, 1999; Del Gatto et al., 2001, Di Candilo et al. 2002; Cosentino et al. 2013). Le varietà ottenute in latitudini più elevate (come le monoiche francesi), infatti hanno spesso una spiccata sensibilità alla prefioritura, che le penalizza nelle rese in termini di steli e biomassa (Marras e Carboni, 1999; Di Candilo et. al 2002; Di Bari et al., 2004).

Anche diversi Istituti di ricerca hanno svolto attività mirate ad agevolare la sua coltivazione. Al fine di facilitare le operazioni di controllo da parte delle Forze dell'ordine, ad esempio, verso la fine degli anni '90 il CRA - ISCI (ora CIN) ha svolto un intenso lavoro di miglioramento genetico ed ha ottenuto una varietà "modificata" denominata Red Petiole (con picciolo fogliare violaceo anziché verde) attraverso trattamento con raggi Y di una varietà italiana di canapa (Fibranova).

In Italia sono presenti due impianti di prima trasformazione della canapa nei quali vengono processate le paglie: il primo si trova in Piemonte e più precisamente a Carmagnola (TO) ed un secondo in Puglia, a Crispiano (TA). Per quanto riguarda il seme, Assocanapa srl stipula contratti di acquisto se richiesto dagli agricoltori e secondo i suoi programmi di sviluppo (Fonte AssoCanapa).

Articolazione del progetto e tempi di realizzazione:

Considerata la multidisciplinarietà degli argomenti trattati l'Agri Sardegna, che svolgerà le indagini di propria competenza e coordinerà l'intero progetto, si avvarrà della collaborazione del Laboratorio Biocombustibili e Biomasse di Sardegna Ricerche e del Dipartimento di Scienze della Natura e del Territorio (DIPNET) dell'Università degli Studi di Sassari.

Il progetto è articolato in 7 differenti WPs che affronteranno le diverse problematiche connesse allo sfruttamento sostenibile della canapa in aree sottoposte a fenomeni di grave inquinamento ed avrà una durata di 36 mesi.

WP 1 - Scelta delle aree inquinate oggetto di sperimentazione e caratterizzazione delle aree da sottoporre a sperimentazione

Attuatore: AGRIS - Gruppo di lavoro sugli studi geopedologici

Durata: 12 mesi

Il Piano di disinquinamento del Sulcis individua alcuni territori comunali soggetti a gravi fenomeni di inquinamento da metalli pesanti. All'interno di questi ambiti territoriali verranno individuati e caratterizzati dal punto di vista pedologico alcuni suoli agronomicamente validi e rappresentativi dell'area che saranno poi oggetto della sperimentazione di coltivazione della canapa.

Nelle aree individuate verranno eseguiti dei profili pedologici per caratterizzare e classificare i suoli presenti e quantificare il loro grado di contaminazione. Di ogni profilo verranno campionati e analizzati gli orizzonti rappresentativi utili alla successiva classificazione. Con una campagna di trivellate e/o minipit si circoscriveranno le varie Unità di Terre. La classificazione dei suoli e la successiva indagine territoriale verranno utilizzate per creare una cartografia di dettaglio riportante le unità di terre rilevate.

Risultati attesi. Si prevede di realizzare un'opportuna cartografia di dettaglio delle aree in studio che permetta di dare delle indicazioni per la gestione agronomica a scala comunale.

WP 2 - Interazioni suolo contaminato-canapa ed evoluzione delle caratteristiche del suolo

Attuatore: AGRIS - Gruppo di lavoro sugli inquinanti nel suolo

Durata: 36 mesi

L'attività ha come obiettivo principale lo studio ed il monitoraggio della persistenza e della dinamica dei metalli pesanti nei terreni contaminati sottoposti alla coltivazione della canapa. Altro obiettivo che si vuole raggiungere è lo studio dei cambiamenti di alcune delle principali caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche del suolo (es. capacità di scambio cationica, disponibilità dei macro nutrienti, compattazione del suolo, qualità biologica del suolo), anche in riferimento al potenziale accumulo della sostanza organica nel suolo (carbon sink), nei terreni sottoposti alle prove sperimentali.

Partendo dalla classificazione dei suoli presenti nei campi sperimentali sottoposti a coltivazione, a seguito di alcuni profili pedologici e di un contemporaneo campionamento che verifichi le condizioni iniziali dei suoli delle parcelle verrà eseguito, ogni 2-3 anni, il monitoraggio sia dei metalli pesanti presenti sia delle principali caratteristiche fisiche del suolo: stabilità di struttura, densità apparente, velocità di infiltrazione, rilievi penetrometrici.

In questo modo si potrà verificare l'efficacia della canapa come fitoestrattore dei metalli pesanti e se la sua coltivazione nel medio-lungo periodo possa migliorare le caratteristiche dei suoli agrari contaminati.

Annualmente inoltre saranno effettuati campionamenti mirati allo studio evolutivo del contenuto di carbonio organico nel suolo, della dotazione dei principali elementi nutritivi, del pH e della capacità di scambio cationico. Questi campionamenti verranno effettuati a due profondità, 0-5 cm e 5-20 cm, allo scopo di rispondere a due differenti obiettivi della ricerca:

- evidenziare i cambiamenti a livello chimico del sistema suolo che essendo un "sistema tampone" impiega anni per manifestare delle modifiche sostanziali, partendo dalla sua superficie per poi estenderli in profondità,
- poter inserire i dati in un modello matematico per poter descrivere gli scenari futuri.

Allo scopo di valutare gli effetti della coltivazione della canapa a medio termine sul carbonio organico del suolo verranno utilizzati modelli di processo (quali RothC, Century o simili) che consentono di stimare le variazioni di SOC (Soil Organic

Carbon) in seguito all'introduzione della coltura. I modelli verranno implementati e parametrizzati sia con dati ottenuti dalla letteratura sia, soprattutto, dai dati provenienti dalle attività sperimentali previste nel progetto.

Risultati attesi. Seguendo l'evoluzione dei suoli sia dal punto di vista del contenuto di metalli pesanti sia da quello delle sue principali caratteristiche chimico-fisiche si cercherà di dare risposte all'esigenza di ripristinarne la fertilità compromessa dall'inquinamento da metalli pesanti, di verificare le sue capacità di resilienza, di fornire risposte sulla sua potenzialità di fungere da accumulatore di carbonio organico e di conseguenza contribuire a ridurre la CO₂.

WP 3 - Verifica del destino degli agenti inquinanti all'interno della pianta finalizzato all'individuazione dei possibili usi alternativi.

Attuatore: AGRIS - Gruppo di lavoro sulla dinamica degli inquinanti nella pianta

Durata: 36 mesi

La relazione del monitoraggio ambientale 2014 del "Piano di disinquinamento per il risanamento del territorio del Sulcis Iglesiente - DPCM 23 aprile 1993", redatto dall'ARPAS Sardegna, evidenzia la presenza di diversi metalli pesanti: arsenico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), mercurio (Hg), nichel (Ni), piombo (Pb) e zinco (Zn).

Superamenti dei limiti consentiti sono stati evidenziati in diverse località e da fonti diverse come lo zinco, il piombo ed altri metalli e secondo combinazioni diversificate.

Studi precedenti riportano evidenze che il destino dei diversi metalli sia differente all'interno della pianta, accumulandosi di volta in volta nelle radici, nello stelo, nelle foglie, nei fiori e nei semi. L'obiettivo di questo WP è quello di verificare la distribuzione dei diversi inquinanti nella pianta e verificare se vi possano essere differenze nell'accumulo di essi fra le diverse tipologie varietali disponibili sul mercato.

Per tali valutazioni saranno avviate delle colture di canapa in ambiente confinato, su substrati di coltivazione composti da suoli provenienti da siti inquinati individuati nel WP 1.

Risultati attesi. Stima dei livelli di accumulo di inquinanti nelle diverse parti della pianta per la verifica di potenziali utilizzi dei prodotti ottenibili da colture di canapa

condotte su aree gravate da inquinamento da agenti chimici persistenti.

WP 4 - Identificazione dei possibili usi alternativi della canapa

Attuatore: Sardegna Ricerche - Gruppo di lavoro sugli studi di processo

Durata: 36 mesi

La canapa trova impiego in vari segmenti produttivi: la produzione di fibre per l'industria tessile e cartacea, di semi, foglie e fiori per l'ottenimento di oli e ingredienti per il consumo alimentare e le preparazioni farmaceutiche, e di altri materiali e prodotti chimici.

Negli ultimi anni si stanno facendo spazio alcuni usi innovativi della canapa, soprattutto in campo energetico e della bioedilizia, nell'ottica della produzione integrata di più prodotti, in accordo con la moderna visione di *bioraffineria*. Nel settore energetico, sono diversi i processi di conversione che possono essere applicati alla canapa: come biomassa solida, per la produzione di bioetanolo di seconda generazione a partire dalla parte legnosa, e come substrato per la generazione di biogas.

Alcune proprietà fisiche peculiari delle diverse parti dello stelo, quali il basso peso specifico e la limitata conducibilità termica, collocano la canapa tra i materiali di base per la produzione di pannelli per l'isolamento termico e acustico. È inoltre interessante la possibilità di produrre materiali compositi e calcestruzzo a partire da tale biomassa che, quindi, rappresenta un'interessante materia prima per prodotti della bioedilizia.

Nell'ottica della ricerca sui possibili usi innovativi della canapa, con particolare rilievo sul suo impiego per la produzione di energia e materiali per la bioedilizia, la caratterizzazione della materia prima riveste una primaria importanza. In particolare, è rilevante il contenuto in sostanza secca, in composti volatili e in ceneri (analisi prossima), il contenuto in carbonio, idrogeno, azoto e zolfo (analisi elementare), oltreché il potere calorifico superiore e inferiore delle fibre e dei semi. Su questi ultimi è fondamentale il contenuto in proteine e in olio.

La valorizzazione della canapa in ambito energetico richiede, inoltre, l'individuazione dei processi di produzione di energia e di biocombustibili più idonei per questa biomassa. Due interessanti opzioni di utilizzo sono rappresentate dalla pirolisi e dalla

digestione anaerobica, di cui il Laboratorio Biocombustibili e Biomasse della Piattaforma Energie Rinnovabili di Sardegna Ricerche possiede e gestisce due impianti pilota.

Mentre con la pirolisi non si ottiene la generazione diretta di energia, bensì la produzione di biocombustibili in forma solida, liquida e gassosa, con la digestione anaerobica si produce il biogas, una miscela gassosa costituita da metano e anidride carbonica.

Le sperimentazioni con la canapa sono fondamentali per valutare il comportamento e le rese energetiche di tale biomassa al variare delle condizioni operative, oltreché individuare i valori ottimali dei parametri di processo.

Risultati attesi. Caratterizzazione della canapa sia punto di vista chimico che dal punto di vista energetico sia utilizzando la biomassa essiccata (pirolisi) sia fresca (digestione anaerobica). Valutazione delle potenzialità di impiego della canapa in bioedilizia sia come impiego diretto che combinato con altri materiali.

L'ottenimento di tali risultati è fondamentale per l'ottimizzazione dello sfruttamento integrale della pianta secondo i principi di una moderna *bioraffineria*.

WP 5 - Indagine varietale e messa a punto di specifici percorsi colturali

Attuatore: AGRIS - Gruppo di lavoro sugli studi agronomici

Durata: 36 mesi

Un'attenta valutazione delle varietà di canapa utilizzabili per la valorizzazione di aree sottoposte a fenomeni di grave inquinamento da agenti chimici persistenti costituisce, almeno nella fase iniziale, una delle azioni preliminari fondamentali per un progetto di ricerca applicato che si pone l'obiettivo di ottenere produzioni innovative, economicamente ed ecologicamente sostenibili. La grande variabilità delle condizioni pedo-climatiche riscontrabili in Sardegna, inoltre, pone la necessità pratica di individuare le varietà più adatte ai principali areali suscettibili di coltivazione.

L'attività di questo WP verrà svolta anche in funzione delle esigenze che emergeranno nelle attività previste nei WPs 1, 2, 3 e 4. L'attività di ricerca potrà essere svolta con esperimenti sia su scala parcellare, presso l'azienda sperimentale S. Michele di Ussana- Donori dell'Agri o nei siti contaminati, che su scala aziendale

e direttamente sui siti identificati. In entrambi i casi saranno messe a confronto diverse tipologie varietali (sia monoiche che dioiche fra quelle disponibili sul mercato).

Inoltre, nel caso in cui dai risultati dei WPs 1, 2, 3 e 4 dovessero emergere esigenze particolari connesse all'ottimizzazione della gestione colturale (sia per il miglioramento della qualità del prodotto che della sua resa o per migliorare l'efficienza di fito-decontaminazione) saranno avviate specifiche prove di tecnica colturale mirate all'ottimizzazione del risultato produttivo nonché fito-estrattivo.

Risultati attesi. Identificazione delle varietà e delle modalità di gestione colturale più adatti per l'ottenimento di prodotti ritenuti idonei nelle condizioni pedo-climatiche delle aree sottoposte a fenomeni di grave inquinamento da agenti chimici persistenti individuate nel progetto.

WP 6 - Valutazione della sostenibilità economica della filiera canapa

Attuatore: DIPNET - Gruppo di lavoro sugli studi economici

Durata: 36 mesi

La dimensione analitica della sostenibilità economica del progetto si propone di valutare l'impatto di un'eventuale introduzione della coltura nelle aziende del territorio destinatario dell'intervento prefigurato.

A tale scopo è prevista un'attività di ricerca sul campo. In particolare, saranno rilevate alcune realtà aziendali rappresentative del contesto agricolo locale nel quale si promuove l'introduzione della canapicoltura. Alla luce dei caratteri strutturali rilevati, e sulla base delle risultanze provenienti dalle sperimentazioni condotte negli altri WPs, saranno simulati gli impatti reddituali dell'introduzione della canapa negli ordinamenti colturali secondo criteri agronomici compatibili e coerenti con l'attuale gestione aziendale. Tali impatti saranno valutati attraverso l'uso di consolidate metodiche diagnostiche delle condizioni economiche e finanziarie dell'impresa, che sintetizzano l'analisi in catene di indicatori di stato e di equilibrio. Oltre a ciò, si farà ricorso a strumenti di programmazione matematica finalizzati a determinare la portata di alcuni elementi strutturali che potrebbero rivelarsi vincolanti ai fini della redditività della coltura.

Risultati attesi: indicatori diagnostici economico-finanziari della produzione di canapa; prezzi ombra delle risorse impiegate nella produzione.

WP 7 - Valutazione della sostenibilità ambientale della filiera canapa

Attuatore: DIPNET - Gruppo di lavoro sugli studi agro-ambientali

Durata: 36 mesi

L'attivazione di un processo produttivo non può prescindere da un'analisi volta alla valutazione del suo impatto ambientale nei territori interessati. La maggiore attenzione verso l'aumento della concentrazione atmosferica dei gas a effetto serra (GHG) con le conseguenti modifiche del clima a scala globale e regionale, infatti, pone in evidenza la necessità di sviluppare pratiche colturali che siano eco-sostenibili ed eco-compatibili. In questo contesto, il progetto vuole contribuire a fare una valutazione attenta delle implicazioni ambientali relative alla coltivazione e alla filiera produttiva della canapa, per valutarne la sostenibilità ambientale e identificare le principali fasi del processo produttivo maggiormente responsabili delle emissioni di GHG.

La valutazione della sostenibilità ambientale di qualsiasi prodotto o processo produttivo non può basarsi su un unico parametro mono-dimensionale ma richiede un insieme integrato di indicatori in grado di rappresentare in maniera completa il sistema e le interazioni tra le sue componenti. La metodologia Life Cycle Assessment (LCA) gioca un ruolo di primaria importanza (ISO, 2006; EU, 2010) e rappresenta lo strumento di riferimento utilizzato per questo scopo. La metodologia LCA è basata su diversi indicatori ambientali (ecological, carbon e water footprints) (Čuček et al., 2012; Goedkoop et al., 2013) che permettono di rappresentare nella maniera più ampia e completa gli impatti ambientali del sistema produttivo.

Appositi software saranno utilizzati per la compilazione dell'LCA per la filiera produttiva della canapa e l'individuazione dei punti critici della fase produttiva, al fine di fare una valutazione complessiva della sostenibilità ambientale della filiera. In collaborazione con il WP4, inoltre, saranno analizzate e valutate alcune fra le tecniche di gestione alternativa individuate, al fine di fare una valutazione non solo basata su produttività e sfruttamento del suolo, ma anche in termini di impatto ambientale.

Risultati attesi.

Il principale risultato che si vuole perseguire è la valutazione della sostenibilità ambientale della produzione della canapa nei territori individuati, caratterizzati da condizioni pedo-climatiche e produttive diverse. Questa attività contribuirà anche ad individuare tecniche gestionali in grado di ridurre le emissioni di gas serra della filiera canapa, come richiesto dalle nuove politiche agricole europee e nazionali, che consentiranno di attuare percorsi produttivi caratterizzati dallo sviluppo di prodotti eco-sostenibili, in grado di seguire i cambiamenti e le tendenze di mercato.

Quadro sinottico delle unità operative e relative attività

| WP | Unità Operativa | Gruppo di lavoro |
|-----------|------------------------|-------------------------------------|
| 1 | AGRIS Sardegna | Studi geopedologici |
| 2 | AGRIS Sardegna | Studi sugli inquinanti nel suolo |
| 3 | AGRIS Sardegna | Studi sugli inquinanti nelle piante |
| 4 | Sardegna Ricerche | Studi di processo |
| 5 | AGRIS Sardegna | Studi agronomici |
| 6 | DIPNET | Studi economici |
| 7 | DIPNET | Studi agro-ambientali |

3 - Cronoprogramma con elencazione dei Work Packages

| Anno | 2016 | | | | 2017 | | | | 2018 | | | |
|------|------|----|-----|----|------|----|-----|----|------|----|-----|----|
| | I | II | III | IV | I | II | III | IV | I | II | III | IV |
| WP 1 | x | x | x | x | | | | | | | | |
| WP 2 | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| WP 3 | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| WP 4 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| WP 5 | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| WP 6 | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| WP 7 | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |

Bibliografia

- Ali H., Khan E., Sajad M. A., 2013. Phytoremediation of heavy metals—Concepts and applications. *Chemosphere* 91: 869–881.
- Amaducci S., Venturi G., Errani M., 1998. Confronto tra genotipi monoici e dioici di canapa. *L'informatore Agrario*. 39–42.
- Amaducci S., Errani M., Venturi G., 2002. Response of hemp to plant population and nitrogen fertilisation. *Ital. J. Agron.* 6, 103–111.
- Amaducci S., Scordia D., Liu F. H., Zhang Q., Guo H., Testa G., Cosentino S. L., 2015. Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. *Industrial Crops & Products*, 68, 2–16.
- Anderson L.C., 1980. Leaf Variation Among Cannabis Species From a Controlled Garden, vol. 28. Botanical Museum Leaflets, Harvard University, pp. 61–69.
- Angelova V., Ivanova R., Delibaltova V., Ivanov K., 2004. Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp). *Industrial Crops & Products*, 19, 197–205.
- Arru L., Rognoni S., Baroncini M., Medeghini Bonatti P., Perata P., 2004. Copper localization in *Cannabis sativa* L. grown in a copper-rich solution. *Euphytica* 140: 33–38.
- Barceló J., Poschenrieder C., 2003. Phytoremediation: principles and perspectives. *CONTRIBUTIONS to SCIENCE*, 2 (3): 333-344.
- Citterio S., Santagostino A., Fumagalli P., Prato N., Ranalli P., Sgorbati S., 2003. Heavy metal tolerance and accumulation of Cd, Cr and Ni by *Cannabis sativa* L.. *Plant and Soil* 256: 243–252.
- Cosentino S.L., Riggi E., Testa G., Scordia D., Copani V., 2013. Evaluation of European developed fibre hemp genotypes (*Cannabis sativa* L.) in semi-arid Mediterranean environment. *Ind. Crops Prod.* 50, 312–324
- Cucek, L., Klemes, J.J., Kravanja, Z., 2012. A review of footprint analysis tools for monitoring impacts on sustainability. *J. Clean. Prod.* 34, 9–20.

- Del Gatto A., Laureti D., Crescentini P., 2001. Un biennio di valutazione di varietà di canapa. *L'informatore Agrario* 16, 39–42.
- Dempsey J.M., 1975. Hemp. In: *Fibre Crops*. University of Florida Press, Gainesville, FL, pp. 46–89.
- Di Bari V., Campi P., Colucci R., Mastroianni M., 2004. Potential productivity of fibre hemp in southern Europe. *Euphytica* 140, 25–32.
- Di Candilo M., Liberalato D., Del Gatto A., Laureti D., Di Bari V., Colucci R., Tedeschi P., Postiglione L. Poli M., Diozzi M., Grassi G., Ranalli P., 2002. Comportamento morfo-produttivo e qualitativo di cultivar di canapa (*Cannabis sativa* L.) in varie località italiane. *Agroindustria*, 1: 19-27.
- Ernst W.H.O., 2005. Phytoextraction of mine wastes – Options and impossibilities. *Chemie der Erde* 65, 29–42.
- Faux A., Draye X., Lambert R., Andrimont R., Raulier P., Bertin P., 2013. The relationship of stem and seed yields to flowering phenology and sex expression in monoecious hemp (*Cannabis sativa* L.). *European Journal of Agronomy*, 47, 11–22.
- Girdhar, M., & Raj, N. (2014). Comparative assessment for hyperaccumulatory and phytoremediation capability of three wild weeds. *3 Biotech*, 579–589.
- Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M.A.J., De Schryver, A., Struijs, J. and van Zelm, R., 2013. ReCiPe 2008: A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition (revised). Report I: Characterisation.
- Grassi G., 2004. La canapa monoica a confronto con varietà dioiche. *L'informatore Agrario* 20, 57–60.
- Hillig K.W., 2004. A chemotaxonomic analysis of terpenoid variation in *Cannabis*. *Biochem. Syst. Ecol.* 32 (10), 875–891.
- Marras G.F. & Carboni G., 1999. La canapa da fibra per l'industria tessile e cartaria in Sardegna. *Legno Cellulosa Carta*, V, 3/4: 12-19
- Schultes R.E., 1973. Man and marijuana. *Nat. Hist.* 82 (7), 59–63.

Regolamenti e direttive comunitarie

- DPR 9 ottobre 1990 n. 309 Testo unico delle leggi sulla disciplina degli stupefacenti e delle sostanze psicotrope
- Reg. CE n. 1251/99
- Reg. CE n. 327/2002
- Reg. CE n. 1120/2009
- Reg. CE n. 1307/2013