Convegno:

Bioteli innovativi per pacciamatura

9 maggio 2025

Relatori

Beppe Croce (coordinatore), Claudio Marzadori, Sara Guerrini,
Vito Armando Laudicina, Veronica Concetta Ciaramitaro, Silvia Rita Stazi,
Sara Paliaga, Rossana Sidari, Antonio Gelsomino, Maria Teresa Rodinò,
Marco Pittarello, Lorenzo D'Avino, Miguel Angel Gambelli, Joana Cupi

Sintesi

Si è svolta presso la sede dell'Accademia dei Georgofili di Firenze, la presentazione ufficiale dei risultati del progetto *Mulching*+, dedicato alla preparazione di bioteli innovativi per pacciamatura. I tradizionali teli in plastica per pacciamatura sono la fonte principale di contaminazione nei suoli agricoli. In Europa oggi si consumano oltre 700.000 tonnellate di plastiche in agricoltura e solo per un terzo vengono riciclate, mentre il resto viene bruciato in campo o disperso nell'ambiente. Al contrario le bioplastiche non rilasciano sostanze persistenti nell'ambiente, non hanno effetti eco-tossici e biodegradano anche a basse temperature, come ha ricordato Claudio Marzadori, docente dell'Università di Bologna. Sono ancora una piccola frazione del consumo globale di plastiche in agricoltura – meno dell'1% – ma si prevede che il loro impiego raddoppierà nei prossimi tre anni, ha ricordato Sara Guerrini di Novamont, uno dei maggiori attori mondiali delle plastiche biodegradabili col suo prodotto *Mater-bi.*

Il progetto Mulching+, come ha illustrato il coordinatore del progetto, il prof. Vito Armando Laudicina, dell'Università di Palermo, ha sviluppato un modello innovativo di biotelo, derivato completamente da materie prime biologiche – cellulosa, chitosano e alginato di sodio – e arricchito con nutrienti essenziali come azoto e fosforo. Questa innovazione consente non solo una biodegradazione completa in meno di quattro mesi, ma anche un aumento della disponibilità di nutrienti per le colture fino al 60%, come dimostrano i test condotti.

I test del progetto hanno dimostrato che i film sono completamente biodegradati in meno di 4 mesi e aumentano la disponibilità di nitrati e di fosforo per le piante di oltre il 60%.

Il progetto Mulching+ rappresenta un passo concreto verso un'agricoltura più circolare e sostenibile, con ricadute positive sia per l'ambiente sia per la fertilità dei suoli.

Il progetto Mulching+ è coordinato da Università di Palermo, Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali in collaborazione con Università Mediterranea di Reggio Calabria, Dipartimento Agraria - Università di Ferrara, Chimica Farmaceutica e Scienze Agrarie, Chimica Verde Bionet e CREA AA

SARA GUERRINI[1]

Produzione di bioplastiche per teli pacciamanti

[1] Novamont spa

Novamont è una delle aziende leader nella produzione di plastiche biodegradabili e compostabili.

Le bioplastiche rappresentano a livello globale circa lo 0,5% degli oltre 400 milioni di plastica prodotti annualmente. European Bioplastics stima che la capacità di produzione mondiale di questi prodotti cresca dagli attuali circa 2,5 milioni di tonnellate (2024) a oltre 5,8 milioni di tonnellate nel 2029, dei quali circa il 13% prodotti in Europa, ma con una polarizzazione forte verso l'Asia.

Da oltre 20 anni i materiali biodegradabili di Novamont (Mater-Bi) sono utilizzati per la produzione di teli di pacciamatura, con risultati agronomici e modalità di utilizzo (meccanizzazione) assimilabili a quelli dei teli in plastica convenzionale. I materiali di Novamont e i teli di pacciamatura in Mater-Bi sono certificati a norma con i principali standard relativi alla biodegradazione in suolo (es. EN 17033).

I teli biodegradabili possono inoltre essere utilizzati per colture per le quali normalmente le pacciamature in plastica non biodegradabile normalmente non sono impiegate. Alcuni esempi di queste colture sono riportati con le evidenze agronomiche: pomodoro da industria, mais, barbatelle.

VERONICA CONCETTA CIARAMITARO[1], SILVIA RITA STAZI[2]

Preparazione e caratterizzazione dei bioteli pacciamanti Mulching+

[1] Università degli Studi di Palermo
[2] Università degli Studi di Ferrara

Nell'ambito del progetto PRIN *Mulching+*, è stata sviluppata una strategia di formulazione per la preparazione di bioteli pacciamanti innovativi, completamente biodegradabili, ottenuti da polisaccaridi derivanti da fonti naturali e

rinnovabili. La selezione dei polimeri si è orientata su chitosano, alginato di sodio e carbossimetilcellulosa di sodio, scelti per la loro complementarità funzionale e sostenibilità. Le formulazioni sono state ottimizzate con glicerolo, impiegato sia come plastificante che come compatibilizzante, e successivamente arricchite con fosfato di ammonio (come fertilizzante) e reticolate con cloruro di calcio per migliorare l'integrità strutturale del materiale risultante. I film sono stati ottenuti mediante *solvent casting* e caratterizzati attraverso l'analisi di alcune proprietà di interazione con l'acqua, termiche e meccaniche. L'analisi delle diverse composizioni ha evidenziato una forte correlazione tra la microstruttura dei materiali e le loro proprietà macroscopiche, mostrando come l'equilibrio tra i componenti e il grado di reticolazione influenzino rigidità, elasticità, rigonfiamento e cinetica di rilascio del fertilizzante in condizioni simulate. I risultati ottenuti offrono indicazioni utili alla progettazione di bioteli pacciamanti innovativi e multifunzionali, adatti a un impiego agronomico sostenibile ed ecocompatibile.

SARA PALIAGA[1,4], LUIGI BADALUCCO[1], VERONICA CONCETTA CIARAMITARO[2], DELIA FRANCESCA CHILLURA MARTINO[2], ANTONIO GELSOMINO[3], ELLEN KANDELER[4], SVEN MARHAN[4], VITO ARMANDO LAUDICINA[1,5]

Fertilizer enriched bio-based mulch films increase nitrogen and phosphorus availability and stimulate soil microbial biomass and activity

[1] University of Palermo, Department of Agricultural, Food and Forest Sciences, Palermo, Italy
[2] University of Palermo, Department of Biological, Chemical, and Pharmaceutical Sciences and Technology, Palermo, Italy
[3] Mediterranean University of Reggio Calabria, Department of Agriculture, Reggio Calabria, Italy
[4] University of Hohenheim, Institute of Soil Science and Land Evaluation, Soil Biology Department, Stuttgart, Germany
[5] NBFC, National Biodiversity Future Center, Palermo, Italy

Plastic mulch films are widely used in agriculture to increase crop productivity and to control weeds, but their non-biodegradable nature is causing many negative effects, such as environmental pollution and land degradation. These drawbacks are favoring the development of biodegradable alternatives. Recently, innovative bio-based mulch films composed of carboxymethyl cellulose (CMC), chitosan (CS) and sodium alginate (SA) have been developed. These films have also been enriched with monoammonium phosphate (MAP) to be potentially released during their degradation thus supplying N and P to soil. This study aims to evaluate the impact of N and P enriched bio-based films on N and P pools dynamics and microbial biomass, activity and com-

munity structure. For this purpose, two types of films, both with and without MAP-enrichment, were mixed with the soil at 0.1% (*w*/w) ratio to simulate field conditions. Soil samples were analyzed at 30, 60, 90 and 120 days after film application to assess changes in above variables. The results showed that MAP-enriched films significantly increased the concentrations of available nitrate and phosphate by up to 76% and 72%, respectively. All four film types increased microbial biomass C and N, while enhanced β-glucosidase and *N*-acetyl-β-d-glucosaminidase activities indicated some biodegradation of CMC and CS. The degradation of the biopolymers was further confirmed by lipase activity, which was on average 79% higher in the film-amended soils. Moreover, films influenced the microbial community structure, favoring the growth of bacteria, particularly Gram positive, over fungi. Overall, these results suggest that these innovative bio-based films are promising candidates for sustainable agricultural practices.

ROSSANA SIDARI[1]

Consorzi microbici per la degradazione dei bioteli Mulching+

[1] Università Mediterranea di Reggio Calabria

Al fine di contribuire a ridurre la presenza nell'ambiente di residui axenici derivanti dalle attività agricole, lo scopo di questo studio è stato la realizzazione di un consorzio di batteri capace di degradare film pacciamanti innovativi e biodegradabili a base di cellulosa e chitosano Mulching+ da impiegare per accelerarne il processo di degradazione nel suolo. Sono stati isolati 119 batteri da compost, digestato, terreno agricolo e dall'intestino e feci di lombrico (*Eisenia fetida* L.). Essi sono stati testati per la loro capacità di degradare due tipi di film: arricchito con azoto e fosforo (+NP) e non arricchito (-NP). La capacità dei batteri di degradare i film dipendeva dal ceppo e la degradazione procedeva con velocità e intensità diverse. Dei 119 batteri isolati, 46 ceppi sono stati in grado di degradare il film -NP; di essi 20 hanno mostrato una degradazione completa. Per quanto riguarda il film +NP, 10 ceppi sono stati in grado di degradarlo con 6 ceppi in modo completo. Otto ceppi presentavano la capacità di degradare sia i film +NP che quelli -NP. In base alla velocità ed alla completezza di degradazione dei film, sono stati selezionati e identificati quattro nuovi batteri: *Bacillus subtilis* ACT-8, *Bacillus* spp. DL-A1-11, *Pseudomonas* spp. I1 e *Staphylococcus warneri* F7 utilizzati per la realizzazione di un consorzio microbico, successivamente testato in prove sperimentali su scala di mesocosmo, utile per velocizzare la mineralizzazione del film a base di cellulosa e chitosano nel suolo.

ANTONIO GELSOMINO[1], MARIA TERESA RODINÒ[1]

Diversità filogenetica di comunità procariotiche nel suolo pacciamato con bioteli Mulching+

[1] *Dipartimento di Agraria, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*

I teli pacciamanti sono ampiamente utilizzati in agricoltura per migliorare la crescita delle piante e sono realizzati con materiali diversi per spessore e proprietà. Il materiale più comune è il polietilene (PE) che però presenta problemi ambientali legati alla sua non-biodegradabilità e alla frammentazione in microplastiche. Per ridurre l'impatto ambientale, negli ultimi decenni sono stati sviluppati teli pacciamanti biodegradabili a base di polimeri di origine naturale o sintetica degradabili dall'attività microbica del suolo.

L'uso di teli pacciamanti può influenzare la diversità delle comunità batteriche presenti nel suolo. Inoltre, i film pacciamanti biodegradabili potrebbero avere benefici sia sulla qualità del suolo che sulla sostenibilità ambientale modificando la dinamica delle diverse popolazioni procariotiche presenti nel suolo.

Obiettivo del presente lavoro è stato quello di analizzare le variazioni chimiche del suolo e la diversità tassonomica delle comunità procariotiche (Batteri e Archea) in un suolo agrario sottoposto a trattamenti con quattro tipologie di teli pacciamanti: polietilene (PE), biopolimeri a base di amido biodegradabile (MATER-BI®) e due versioni di un film sperimentale altamente biodegradabile, differenziate per l'aggiunta di azoto e fosforo inorganico. L'esperimento in mesocosmo ha monitorato i parametri chimici del suolo (carbonio organico, azoto totale, conducibilità elettrica e pH) e la risposta delle comunità microbiche attraverso analisi molecolari del 16S rDNA. I risultati hanno evidenziato l'impatto dei diversi teli sulla biodiversità microbica e sulle proprietà chimiche del suolo. In particolare, il pH e la CE hanno mostrato variazioni legate al tempo e agli interventi colturali, mentre il Corg ha presentato una diminuzione nel tempo rispetto al valore iniziale come effetto del disturbo in seguito la preparazione dei mesocosmi. Le analisi molecolari hanno confermato che i teli biodegradabili aumentano la diversità microbica e la presenza di taxa funzionali coinvolti nei processi di decomposizione, mentre il polietilene riduce l'attività e la biodiversità microbica.

MARCO PITTARELLO[1]

Effetti di film MULCHING⁺ su orticole in successione

[1] Università Mediterranea di Reggio Calabria

Premessa: questa sezione del progetto Mulching⁺ risponde all'esigenza di testare in condizioni di campo, il polimero pacciamante sperimentale, valutandone possibili effetti fitotossici o stimolanti nei confronti delle colture orticole. Gli effetti non si limitano a quelli della pacciamatura ma anche all'interramento dei frammenti del polimero arrivato al termine del proprio ciclo di utilizzo, solitamente corrispondente con il termine del ciclo colturale della specie coltivata con l'ausilio della pacciamatura.

Materiali e metodi: il telo pacciamante biodegradabile composto da carbossimetilcellulosa, chitosano ed alginato di sodio è stato testato in condizioni sperimentali "ibride": un mesocosmo del volume di 50 l ,composto da un mastello di materiale plastico riempito con suolo proveniente da un agrumeto caratterizzato da buona struttura e dotazione in sostanza organica; la scelta di un suolo di buona qualità aiuta ad escludere fattori di stress che possono disturbare la valutazione del ruolo dei teli pacciamanti nel condizionare la crescita e le caratteristiche nutraceutiche delle orticole scelte. Le proprietà drenanti e la dotazione in sostanza organica del suolo sono state ulteriormente migliorate con l'addizione di perlite (80/20 v/v) e di compost (1kg/mastello).

Il mesocosmo è stato interrato in campo aperto, lasciando scoperta la superficie di 0,16 m^2 in modo da godere anche di condizioni climatiche realistiche e dell'interazione naturale con la mesofauna autoctona ereditata dal sito di asporto e con quella tipica del sito sperimentale che avesse eventualmente popolato il mesocosmo nel corso dell'esperimento. L'acqua è stata somministrata con un sistema a goccia.

Il pacciamante sperimentale (BP) dello spessore di 50 µm (inizialmente di colore biancastro, dovuto alla natura dei componenti e successivamente di colore nero dovuto all'addizione di biochar nel formulato) è stato confrontato con teli pacciamanti biodegradabili in Mater-Bi® (Mb) nero e con teli convenzionali in polietilene nero (PE) dal 15 aprile al 6 novembre 2024 durante 3 cicli colturali nella sequenza lattuga (*Lactuca sativ*a L., var. romana), peperone (*Capsicum annuum*, var. topepo rosso), lattuga (*Lactuca sativa L.*,var. duna).

Il design sperimentale prevede: 12 mastelli pacciamati con il BP dei quali 6 con il biopolimero addizionato di fosfato-monoammonio (MAP) e sei non addizionati. L'addizione di MAP ha un duplice scopo: attraverso l'apporto ulteriore di N e P, 1) provocare un'accelerazione della proliferazione della co-

munità microbica sulla superficie dei frammenti di biopolimero, una volta interrati e, conseguentemente, della biodegradazione del polimero stesso. 2) aumentare ulteriormente la dotazione di N e P del suolo.

Ulteriori 12 mastelli sono suddivisi come segue: 6 pacciamati con Mater-Bi® dello spessore di 15 μm, e 6 con polietilene dello spessore di 50 μm.

Nei 12 mesi precedenti i 3 cicli colturali, i 24 mesocosmi sono stati sottoposti a 3 cicli di pacciamatura e successivo interramento dei teli triturati (con esclusione del polietilene, non degradabile) in modo da ottenere un suolo già condizionato

Ciascuna delle 4 tesi sperimentali principali (BP, BP+MAP, Mb, PE) sono state ulteriormente suddivise come segue: all'inizio del primo ciclo colturale e alla fine di ciascuno dei 3 cicli, metà dei mastelli di ciascuna tesi, sono stati irrorati con 250 ml di una sospensione microbica in NaCl 0,9M contenente quattro ceppi selezionati in base alla capacità di degradare la maggior quantità i BP nel minor tempo possibile. I mastelli rimanenti sono stati irrorati con la sola soluzione di NaCl 0,9M priva di batteri. Il totale delle 24 repliche è distribuito su una superficie di 24 m^2 su tre file da 8 mesocosmi ciascuna con distribuzione geometrica semi-randomizzata.

Sia per le due colture di lattuga , sia per quella di peperone si è adottato un sesto d'impianto ad alta densità (19 piante/m^2) con 3 semenzali / mastello posizionati a 10 cm dal bordo del mastello.

Al termine di ciascun ciclo colturale sono state rimosse le parti aeree lasciando gli apparati radicali al fine di minimizzare le perdite di suolo e soprattutto di frammenti di pacciamante precedentemente interrati.

I cespi di lattuga e i fusti, le foglie e i frutti di peperone sono stati pesati subito dopo la raccolta: una parte di essi è stata essiccata a 60 °C per 48 h per registrarne il peso secco mentre il rimanente è stato congelato a – 20 °C in attesa di analisi spettrofotometriche. Queste analisi hanno l'obiettivo di determinare i seguenti valori nutraceutici nelle foglie di lattuga e nei frutti di peperone per verificare la possibile incidenza del pacciamante in quanto tale e in quanto residuo che permane più o meno a lungo nel suolo agrario.

Al termine di ogni ciclo colturale il suolo è stato campionato per determinarne il contenuto in N e C organico, oltre a verificare altri parametri chimico-fisici e biologici.

Risultati: le diverse tesi non hanno mostrato sostanziali differenze in termini di biomassa prodotta e di valori nutraceutici espressi come composti antiossidanti: fenoli totali, flavonoidi, attività antiossidante. Anche clorofille e carotenoidi non evidenziano differenze. Il suolo ha dimostrato una sostanziale stabilità nei suoi parametri fondamentali seppur con un leggero decremento di C organico che non sembra essere imputabile alla pacciamatura.

Il biopolimero sperimentale ha mostrato una risposta meccanica diversa dal Mb e dal PE: in accordo con le caratteristiche di base dei tre componenti, il BP ha mostrato un fenomeno di accartocciamento e lacerazione che però non ha impedito un'azione pacciamante nella fase iniziale dello sviluppo dei semenzali, perdendo di efficacia quando le single piante coprivano autonomamanete il suolo circostante esercitando di fatto una autopacciamatura. Questa dinamica colturale è anche frutto dell'alta densità scelta per la coltivazione.

Conclusioni: il biopolimero sperimentale interrato, al pari del Mater-Bi® , non sembra aver esercitato alcun tipo di fitotossicità nelle colture. Inoltre, al pari di Mater- Bi® e polietilene ha esercitato una azione pacciamante di controllo delle infestanti nelle fasi iniziali di sviluppo del semenzale dove è maggiore la possibilità che venga soverchiato dalla crescita delle infestanti, sebbene questa azione pacciamante non sia durata per tutto il ciclo colturale come avvenuto per gli altri pacciamanti.

Il prodotto è ancora in fase di sviluppo ma la composizione semplificata, la facile reperibilità in natura dei componenti, la loro totale biodegradabilità e il basso costo permettono al BP di ricavarsi già da ora delle nicchie di utilizzo quali colture a ciclo breve o ad alta densità che si rendano velocemente indipendenti dalla necessità della pacciamatura sia grazie alla rapidità di crescita che all'alta densità del sesto d'impianto.

MIGUEL ANGEL GAMBELLI[1], CLAUDIA BECAGLI[1], LORENZO D'AVINO[1]

Effetti dei bioteli Mulching+ sulla fauna del suolo e considerazioni sulla LCA dei componenti

[1] CREA Centro di ricerca Agricoltura e Ambiente, sede di Firenze

I teli per pacciamatura in polietilene sono una causa di inquinamento dei terreni agricoli per la loro persistenza nel suolo e il loro smaltimento, che non sempre avviene correttamente. Lo sviluppo di teli composti di materiali biodegradabili permette di evitare la contaminazione dei terreni consentendo una riduzione dell'impatto ambientale dovuto al loro smaltimento. Inoltre teli arricchiti con sostanze nutrienti possono nutrire il terreno al termine del ciclo colturale. In questa ricerca sono stati confrontati diversi tipi di teli pacciamanti biodegradabili realizzati dal progetto, tra cui alcuni arricchiti con fosfato monoammonico ed estratti microbici con teli realizzati in polietilene e Mater-Bi®.

La valutazione ecotossicologica dei bioteli è stata effettuata su un organismo modello non patogeno, il microartropode del suolo *Folsomia candida*

(*collembola: isotomidae*) utilizzando test di tossicità acuta al fine di evidenziare il valore di LC_{50}. Né i teli né i loro componenti hanno mostrato tossicità acuta alle concentrazioni doppie utilizzate nella loro applicazione in campo.

In mesocosmi interrati è stata inoltre valutata la qualità biologica del suolo basata sui microartropodi (QBS-ar), confrontando diversi parametri e indici relativi alla mesofauna con altri fisico-chimici e biochimici. La loro variazione è stata confrontata con i valori ottenuti nei mesocosmi pacciamati con il polietilene, mostrando un netto miglioramento della qualità biologica del suolo.

Infine, la valutazione del ciclo di vita dei bioteli, realizzata mediante openLCA e dati di letteratura, ha potuto riguardare solo la carbon footprint (CF) dei loro componenti, perché non è stato possibile ipotizzare l'impatto dei processi industriali per la loro produzione. L'analisi ha mostrato che il componente con CF maggiore è il chitosano, che contribuisce al 83-94 % dell'impatto, a seconda che sia prodotto con l'utilizzo di energie rinnovabili.