



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA



DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
CIVILE E AMBIENTALE
DIPARTIMENTO DI ECCELLENZA

Prof. Giovanni GIGLIOTTI

Laboratorio di Chimica delle Biomasse di Uso Agrario

Borgo XX Giugno, 74
06121, Perugia



In collaborazione con:



Scienza e Tecnologia dei Materiali

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale
Università degli Studi di Perugia

Bioplastica - secondo European Bioplastics

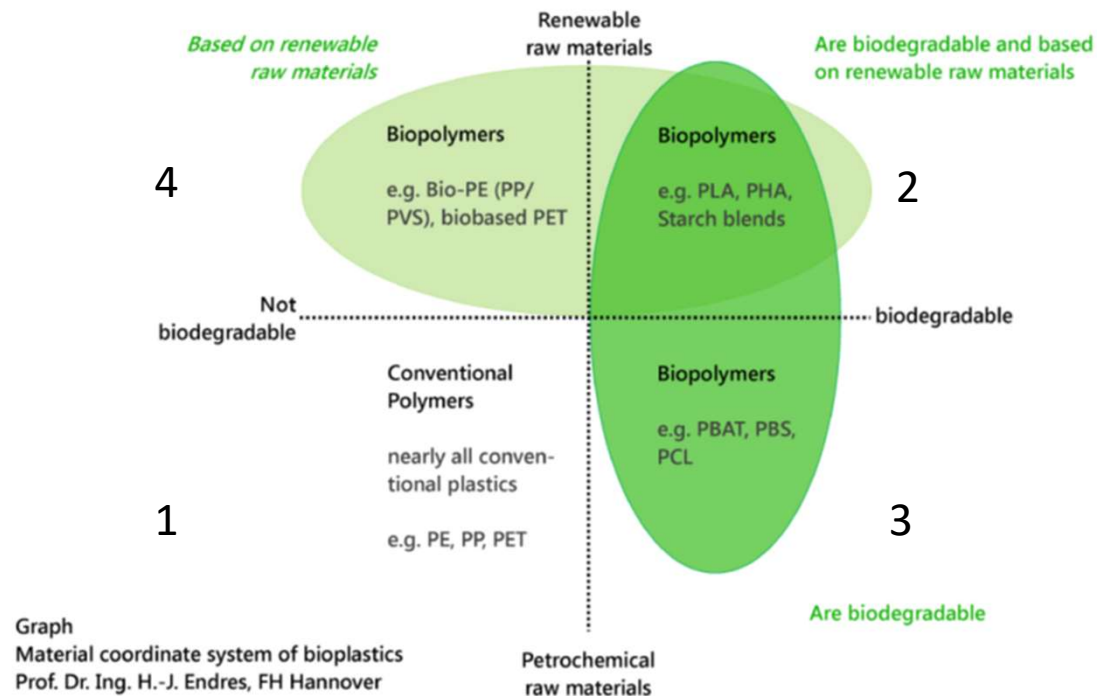
Il termine bioplastica comprende tutte le famiglie di materiali plastici originati da biomassa (bio-based) e/o biodegradabili.

Il termine bio-based significa che il materiale o il prodotto è totalmente o parzialmente derivato da biomassa (piante). La biomassa utilizzata nelle bioplastiche deriva ad es. da mais, canna da zucchero o cellulosa.

Il termine biodegradabile invece si riferisce al processo biochimico durante il quale i microrganismi presenti nell'ambiente trasformano i materiali in acqua ed anidride carbonica.

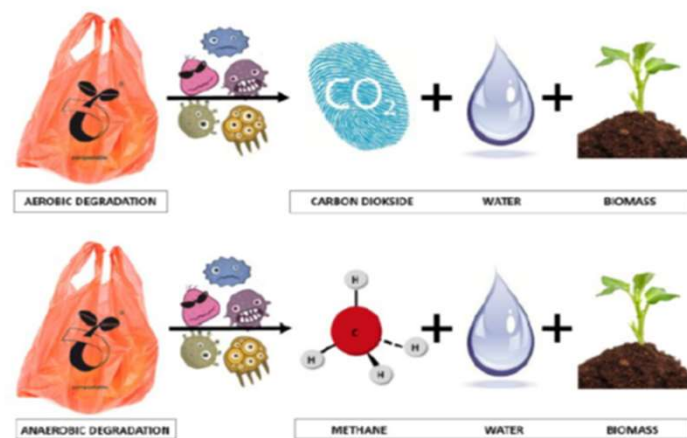
Il processo di biodegradazione è influenzato dalle condizioni ambientali, dal materiale e dall'applicazione.

Fonte: en.european-bioplastics.org



1. Plastiche non-biodegradabili di origine petrolchimica, tra cui le plastiche tradizionali (es. PE, PP, PET)
2. Plastiche biodegradabili di origine naturale, cioè plastiche originate da biomassa e aventi la proprietà di biodegradare (es. PLA, PHA, derivati dell'amido)
3. Plastiche biodegradabili di origine petrolchimica, cioè plastiche che possono biodegradare ma sono prodotte a partire da fonti fossili (Es. PBAT, PBS, PCL)
4. Plastiche non biodegradabili derivate da fonti rinnovabili, cioè plastiche prodotte a partire dalla biomassa ma che non possiedono la proprietà di biodegradare (Es bio-PE, Biobased PET)

Fonte: Bioplastiche opportunità per il futuro, pubblicazione risultati progetto PLASTiCE FESR



Fonte: Bioplastiche opportunità per il futuro, pubblicazione risultati progetto PLASTiCE FESR

Tra i differenti processi di biodegradazione, il compostaggio.

Rispetto alla biodegradabilità è influente che il polimero derivi da risorse rinnovabili (biomassa) piuttosto che da risorse non rinnovabili (fossili).

Plastiche biodegradabili da fonti rinnovabili

I principali tipi di polimeri biodegradabili prodotti da fonti rinnovabili sono:

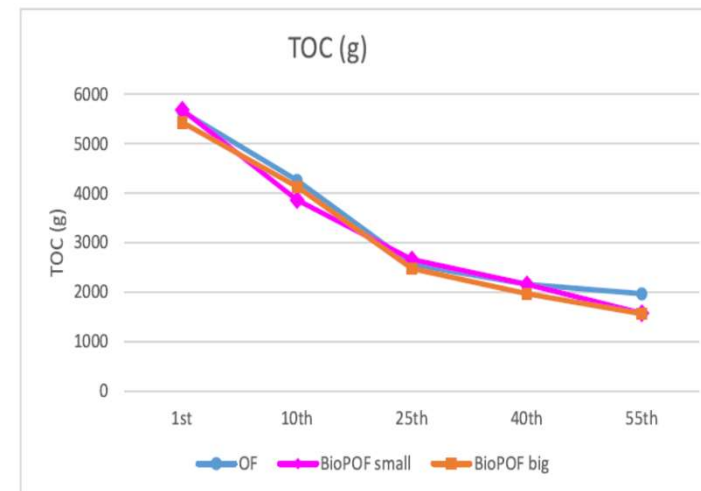
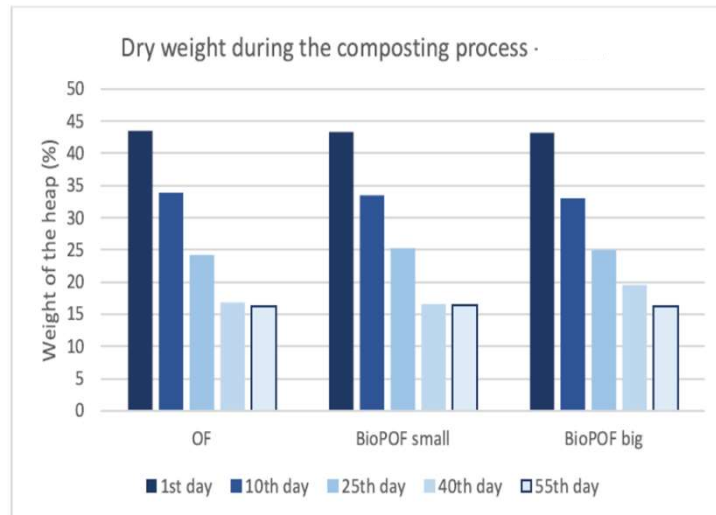
- Acido polilattico (PLA)
- Amido termoplastico (TPS), amido miscelato con poliesteri e copoliesteri alifatici, esteri dell'amido, amido miscelato con materiali naturali
- Poliesteri di origine microbiologica – poliidrossialcanoati (PHA)
- Esteri di cellulosa, cellulosa rigenerata
- Legno ed altri materiali naturali

Specifiche per le plastiche compostabili

La più conosciuta specifica standard per le plastiche compostabili è la EN 13432 che prevede che un prodotto compostabile soddisfi i seguenti requisiti:

- analisi della composizione chimica: devono essere rispettati i limiti dello standard sui livelli di metalli pesanti ed altri elementi nocivi per l'ambiente;
- analisi della disintegrazione durante il trattamento biologico: l'analisi effettuata dopo 3 mesi (12 settimane) di trattamento in condizioni di compostaggio industriale o semi industriale deve rivelare un livello di disintegrazione sufficiente (il vaglio della materia secca con setaccio da 2 mm di luce può evidenziare residui massimi pari al 10 % della massa iniziale);
- analisi sulla biodegradazione: almeno il 90% della massa del polimero deve convertirsi in anidride carbonica entro 6 mesi (180 giorni);
- analisi di ecotossicità: il trattamento biologico non deve peggiorare il livello di qualità del compost. Il test di crescita delle piante effettuato su un compost contenente polimeri disintegrati e biodegradati deve dare esito positivo.

Normalmente durante il processo di compostaggio si valuta esclusivamente la degradazione della plastica attraverso la stima della CO_2 emessa o del C o della massa organica consumati.



Fonte: Ruggiero F. (2017) – Fate of plastics in composting. Master thesis.

In una sperimentazione abbiamo invece valutato anche la qualità del materiale durante il processo ed il compost finale

Organic matter loss, C/N ratio and germination index behavior during composting.*

Time	OM-loss (%)		C/N		GI (%)	
	CNT compost	PLA_PBS compost	CNT compost	PLA_PBS compost	CNT compost	PLA_PBS compost
Starting mixture	0.0		19.6		4.6 (1.9)	
20 days	35.5	35.7	20.6	18.2	67.8 (10.8)	8.7 (4.4)
90 days	36.2	43.4	18.6	24.4	66.5 (11.2)	78.6 (23.0)

* Values represent the mean expressed on a dry weight basis with standard error in brackets.

Chemical characteristics of composts obtained after 90 days of aerobic treatment.^a

	CNT compost	PLA_PBS compost
Moisture (%)	64.7 (±0.3)	73.8 (±0.2)
pH	9.0 (±0.0)	8.7 (±0.0)
CE (dS m ⁻¹)	1.09 (±0.00)	0.82 (±0.00)
TOC (%)	29.7 (±0.5)	34.2 (±0.7)
TKN (%)	1.6 (±0.1)	1.4 (±0.1)
Organic N (% of total N)	78.0	84.8
TEC (%)	7.4 (±0.2)	6.3 (±0.2)
DH (%)	57.5	59.2
Total P (%)	0.5 (±0.1)	0.4 (±0.0)
Total K (%)	1.1 (±0.0)	1.1 (±0.0)
Total Cd (mg kg ⁻¹)	<0.02 ^b	<0.02 ^b
Total Cu (mg kg ⁻¹)	12.8 (±1.5)	12.2 (±0.2)
Total Hg (mg kg ⁻¹)	<0.05 ^b	<0.05 ^b
Total Ni (mg kg ⁻¹)	9.8 (±0.3)	12.5 (±1.0)
Total Pb (mg kg ⁻¹)	31.2 (±5.9)	27.7 (±1.2)
Total Zn (mg kg ⁻¹)	125.7 (±20.6)	148.0 (±2.9)

^a Except for moisture and GI, all data are expressed on a dry weight basis; values represent the mean with standard error in brackets.

^b Limit of sensitivity of the method used.

Fonte: Luzi et al., 2016. Production and characterization of PLA PBS biodegradable blends reinforced with cellulose nanocrystals extracted from hemp fibres. Ind. Crops

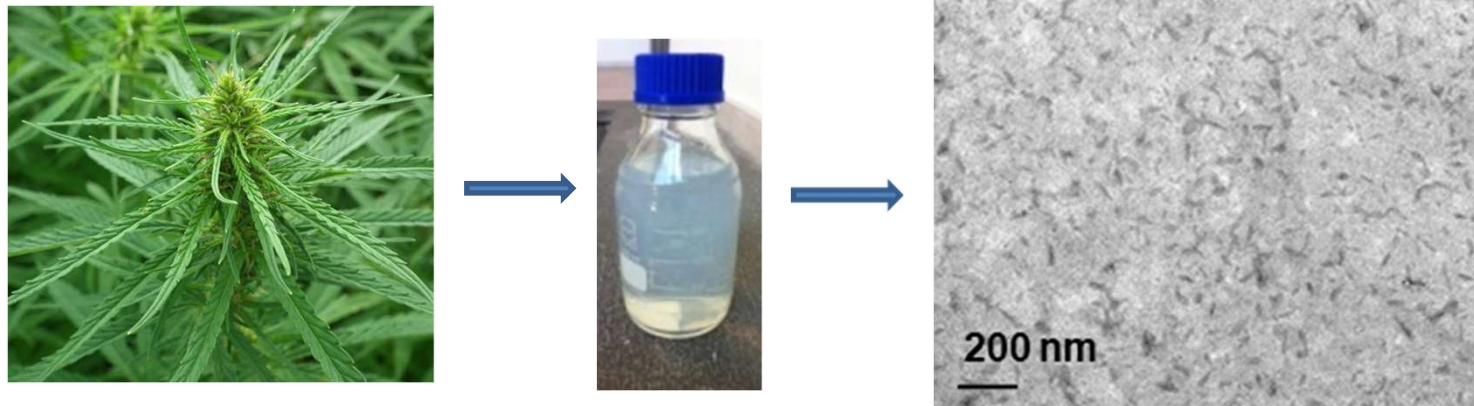


DICA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
CIVILE E AMBIENTALE
DIPARTIMENTO DI ECCELLENZA

Prof. Giovanni Gigliotti
Laboratorio di Chimica delle Biomasse di Uso agrario

PROVE DI BIODEGRADAZIONE **ANAEROBICA** DI NUOVI BIOPOLIMERI UTILIZZATI NEL SETTORE ALIMENTARE

Biodegradazione anaerobica di nanocristalli di cellulosa (CNC), estratti da fibre di canapa *Carmagnola*, come rinforzo di biopolimeri di acido polilattico (PLA) e acido polibutilene succinato (PBS).



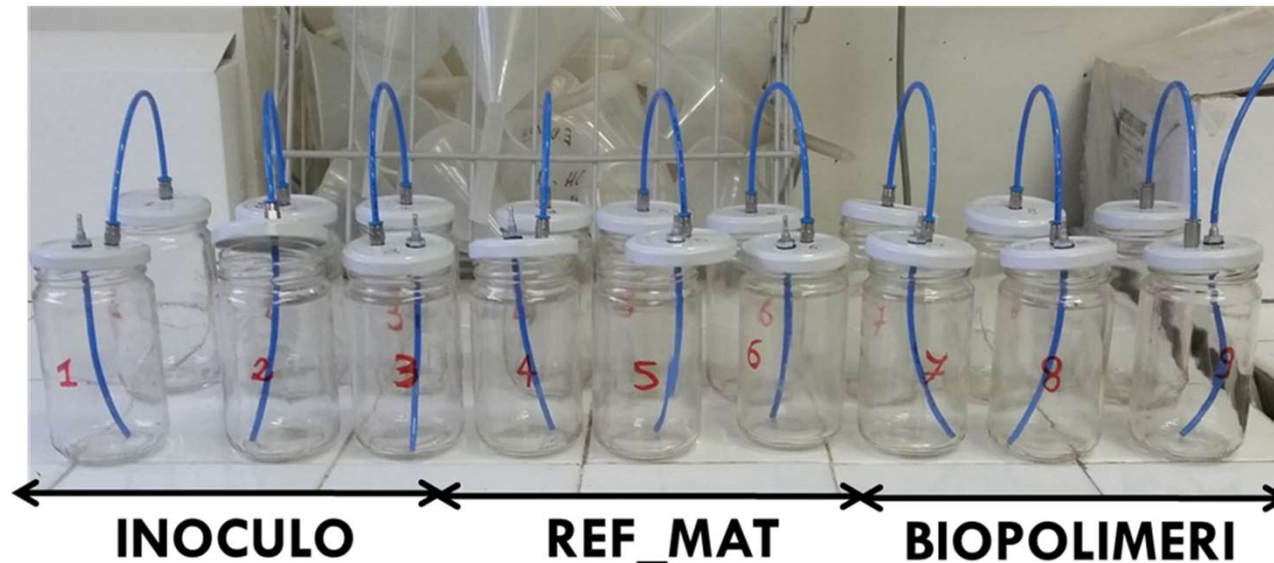
OBIETTIVO

Scopo del lavoro era quello di valutare la **biodegradazione in ambiente anaerobico** di 3 tipologie di biopolimeri: **PLA, PLA_20PBS e PLA_PBS_3s-CNC**.

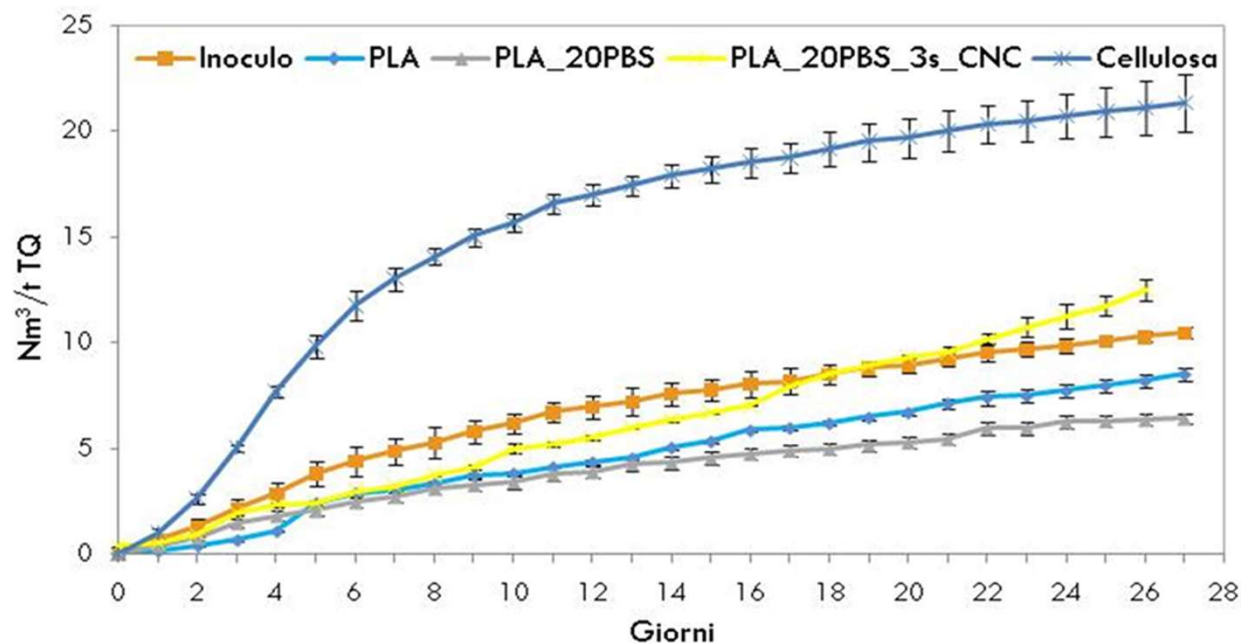
Fonte: Pezzolla et al., 2018. Prove di biodegradazione anaerobica di nuovi biopolimeri utilizzati nel settore alimentare – SICA 2018

MATERIALI E METODI

La prova di digestione anaerobica in *batch* è stata effettuata ad una temperatura di $52 \pm 2^\circ \text{C}$ e la biodegradazione anaerobica è stata valutata attraverso la misurazione giornaliera del biogas prodotto per 28 giorni. La suddetta misurazione è stata utilizzata per calcolare il C emesso da ciascun campione.



Fonte: Pezzolla et al., 2018. Prove di biodegradazione anaerobica di nuovi biopolimeri utilizzati nel settore alimentare – SICA 2018



RISULTATI

- La degradazione della cellulosa ha superato il 70% nei primi 20 giorni di prova.
- I campioni di PLA, PLA_20PBS e PLA_PBS_3s-CNC mostravano un andamento delle produzioni non solo inferiore alla cellulosa, ma anche minore rispetto al solo inoculo.
- I campioni di PLA_PBS_3s-CNC a differenza degli altri biopolimeri mostravano un incremento della produzione di biogas dopo 20 giorni di trattamento anaerobico.
- I campioni di PLA e PLA_20PBS mostravano delle emissioni di C inferiori rispetto all'inoculo, contrariamente a quanto si osservava per il PLA_PBS_3s-CNC.
- La biodegradazione dei biopolimeri probabilmente inibisce i primi stadi del processo.

Fonte: Pezzolla et al., 2018. Prove di biodegradazione anaerobica di nuovi biopolimeri utilizzati nel settore alimentare – SICA 2018

Campioni	mg C emesso/ g SS
Inoculo	27,8
Cellulosa	55,1
PLA	21,3
PLA_20PBS	17,7
PLA_PBS_3s-CNC	31,7

RISULTATI

• I campioni di PLA e PLA_20PBS mostravano delle emissioni di C inferiori rispetto all'inoculo, contrariamente a quanto si osservava per il PLA_PBS_3s-CNC.

È innegabile che la digestione anaerobica sia meno efficiente del compostaggio!!!

Fonte: Pezzolla et al., 2018. Prove di biodegradazione anaerobica di nuovi biopolimeri utilizzati nel settore alimentare – SICA 2018



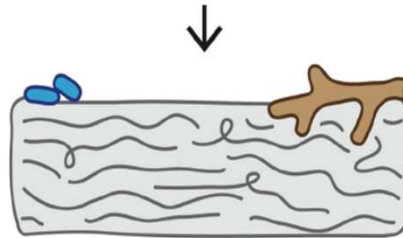
DICA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
CIVILE E AMBIENTALE
DIPARTIMENTO DI ECCELLENZA

Prof. Giovanni Gigliotti
Laboratorio di Chimica delle Biomasse di Uso agrario

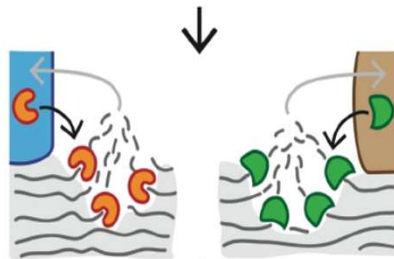
BIODEGRADAZIONE NEL SUOLO



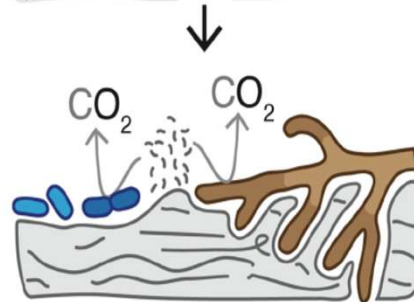
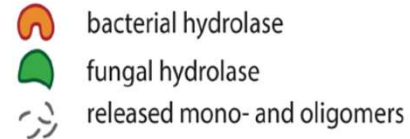
Polymer entering soil environment



Step 1. Colonization of polymer surface by soil bacteria and fungi



Step 2. Enzymatic depolymerization by extracellular hydrolases

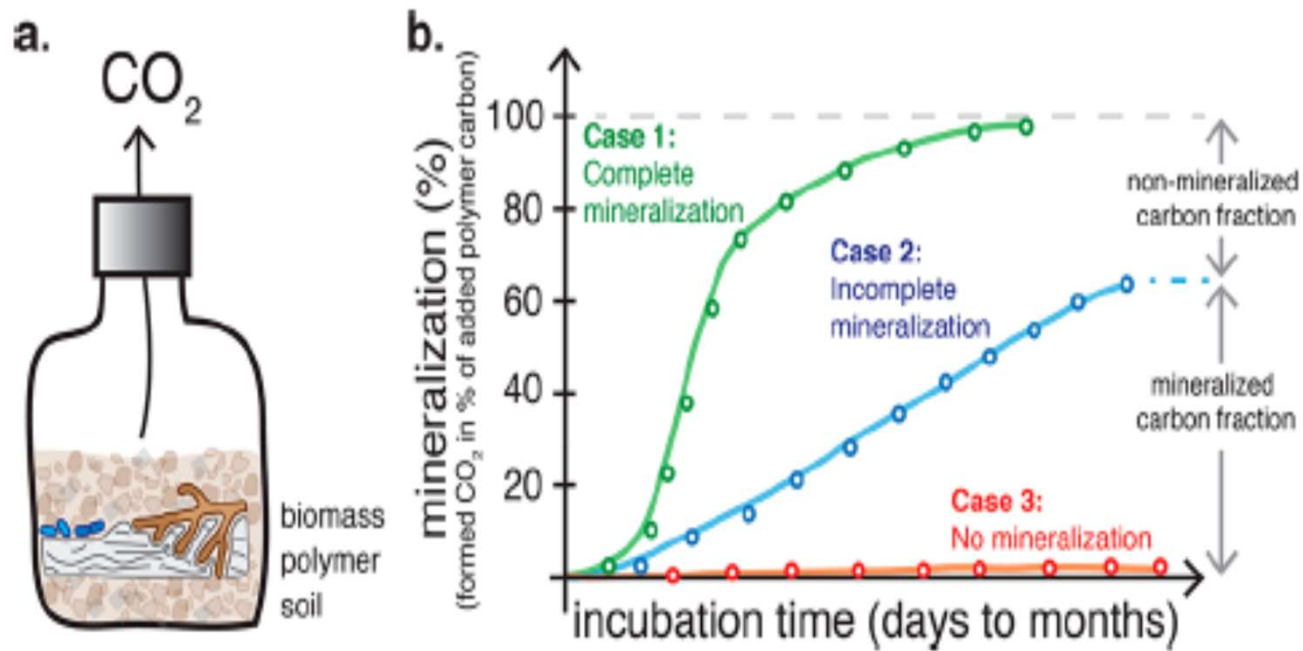


Step 3. Utilization of hydrolysis products by soil microorganisms

energy production and
biomass formation

Fonte: Sander M., 2019 Biodegradation of Polymeric Mulch Films in Agricultural Soils. Environ. Sci. Technol.

BIODEGRADAZIONE NEL SUOLO



Fonte: Sander M., 2019 Biodegradation of Polymeric Mulch Films in Agricultural Soils. Environ. Sci. Technol.

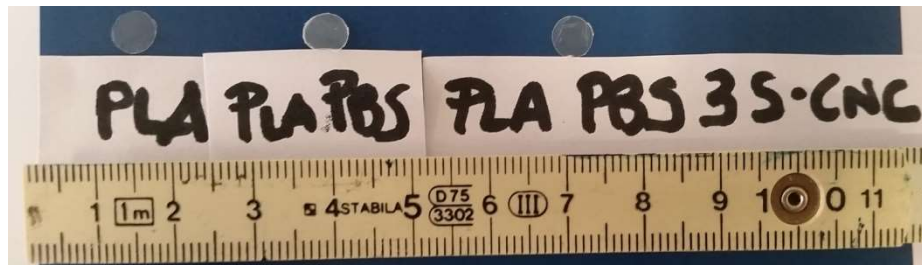
Biodegradazione della bioplastica nel suolo

Formulations	Total C (%)
PLA*	50
PLA_PBS**	51
PLA_PBS_3s-CNC***	51

***PLA**: film produced with Poly (lactic acid);

** **PLA_20PBS**: film produced with Poly (lactic acid) and Poly butylene succinate;

*****3s-CNC**: 3%wt respect to the PLA of surfactant modified cellulose nanocrystals



Aerobic biodegradability in soil



Fonte: Dati riservati degli autori. DICA Laboratorio di Chimica delle biomasse di uso agrario e Laboratorio di Scienza e Tecnologia dei materiali.

Emissioni di CO₂

Le consideriamo indice della biodegradazione

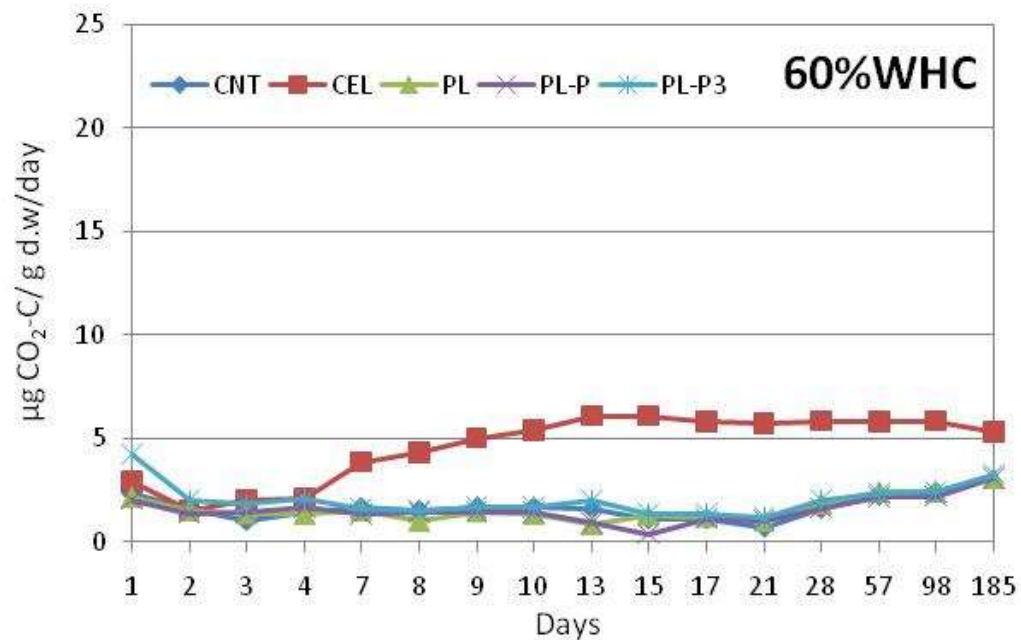
CNT: control soil

CEL: cellulose

PL: film produced with Poly (lactic acid);

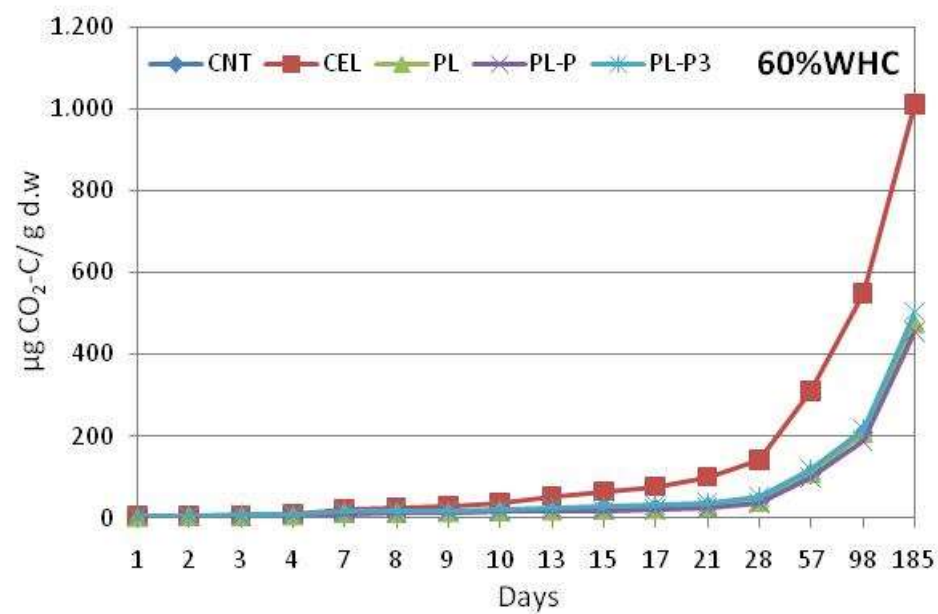
PL-P: film produced with Poly (lactic acid) and Poly butylene succinate;

PL-P3: 3%wt respect to the PLA of surfactant modified cellulose nanocrystals



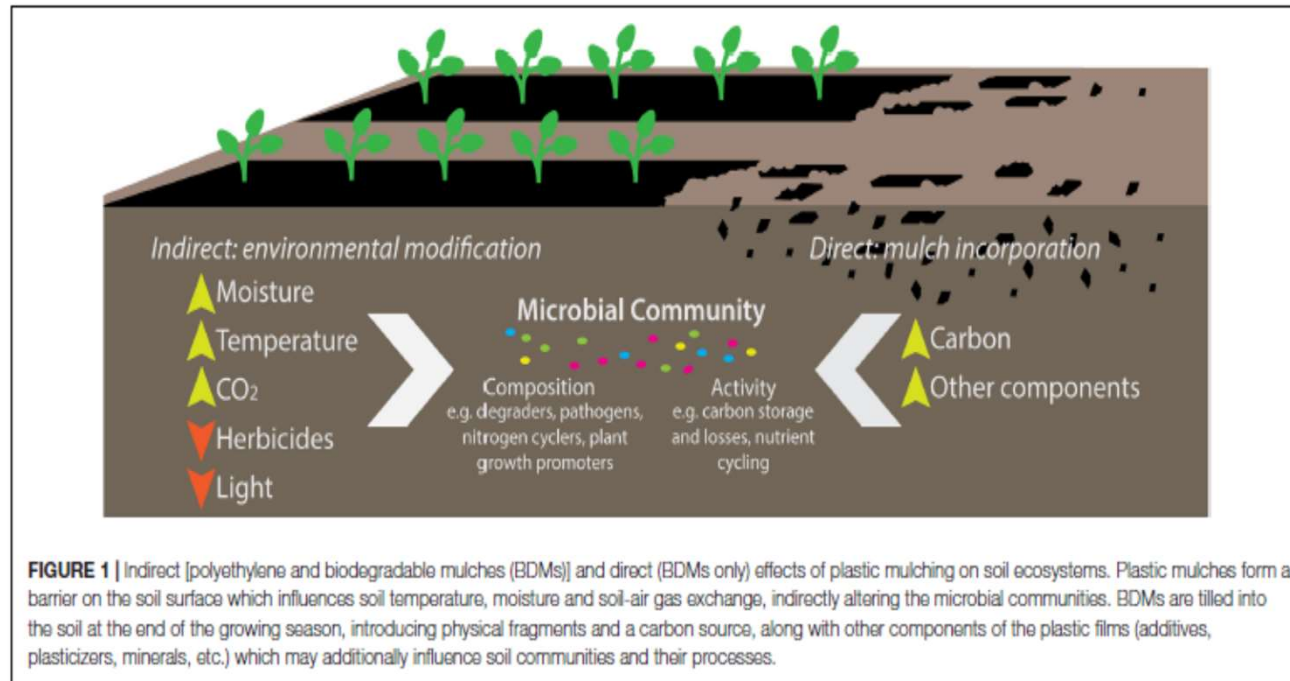
Fonte: Dati riservati degli autori. DICA Laboratorio di Chimica delle biomasse di uso agrario e Laboratorio di Scienza e Tecnologia dei materiali.

Emissioni cumulate di CO₂



Fonte: Dati riservati degli autori. DICA Laboratorio di Chimica delle biomasse di uso agrario e Laboratorio di Scienza e Tecnologia dei materiali.

Naturalmente anche nel suolo non ci si accontenta dell'osservazione, ma si vanno a ricercare i «perché»



Fonte: Bandopadhyay S. et al., 2018. Frontiers in Microbiology.

Obiettivo della nostra ricerca futura sarà quello di studiare con tecniche molecolari (DNA) l'impatto sulla comunità microbica del suolo e con tecniche di chimica analitica avanzata l'impatto sulla qualità della sostanza organica del suolo, in particolare la sostanza organica biodisponibile.

L'ottimale recupero dei rifiuti parte dalla qualità della raccolta differenziata



Grazie a tutti per l'attenzione e un particolare ringraziamento agli organizzatori dell'incontro odierno e a tutti i miei collaboratori che con il loro entusiasmo consentono di andare avanti nelle nostre ricerche in materia ambientale