

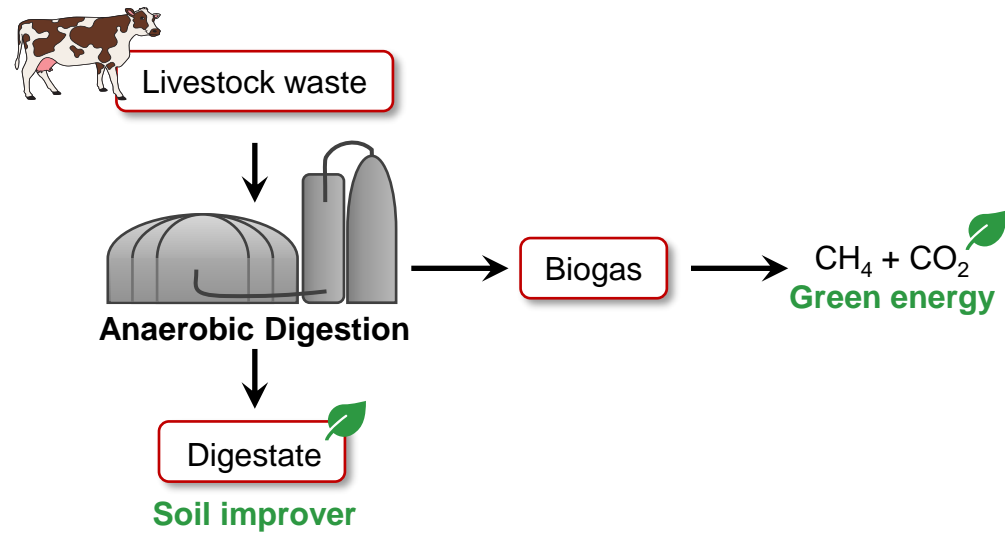
# Bilanciamento dei nutrienti nel digestato anaerobico per migliorare l'efficienza agronomica e ridurre le perdite ambientali

Alice Boarino

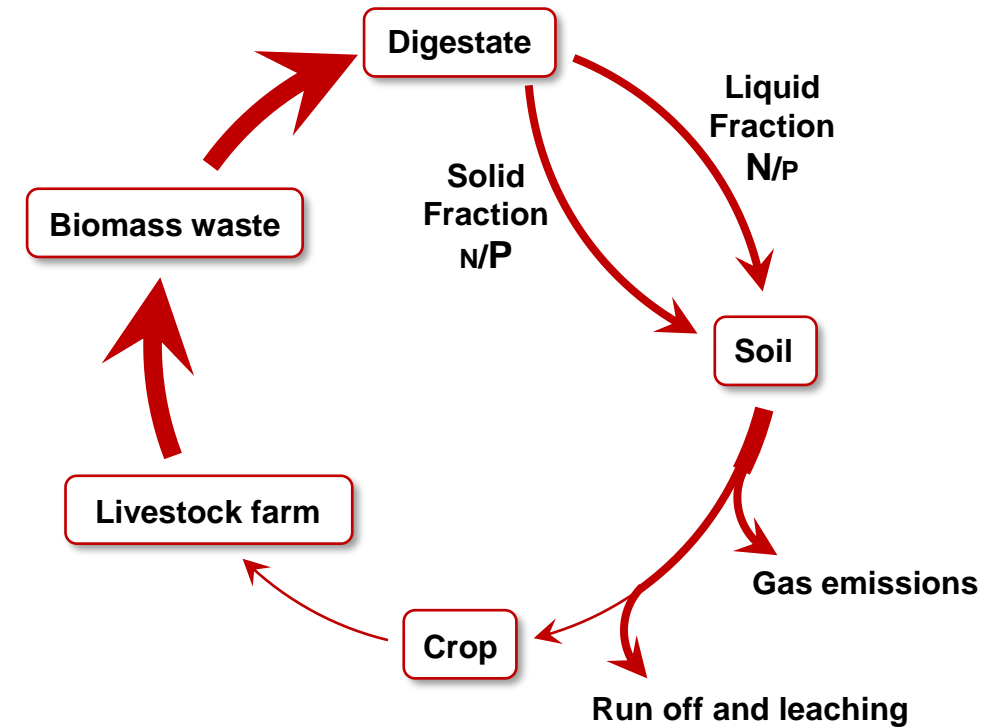
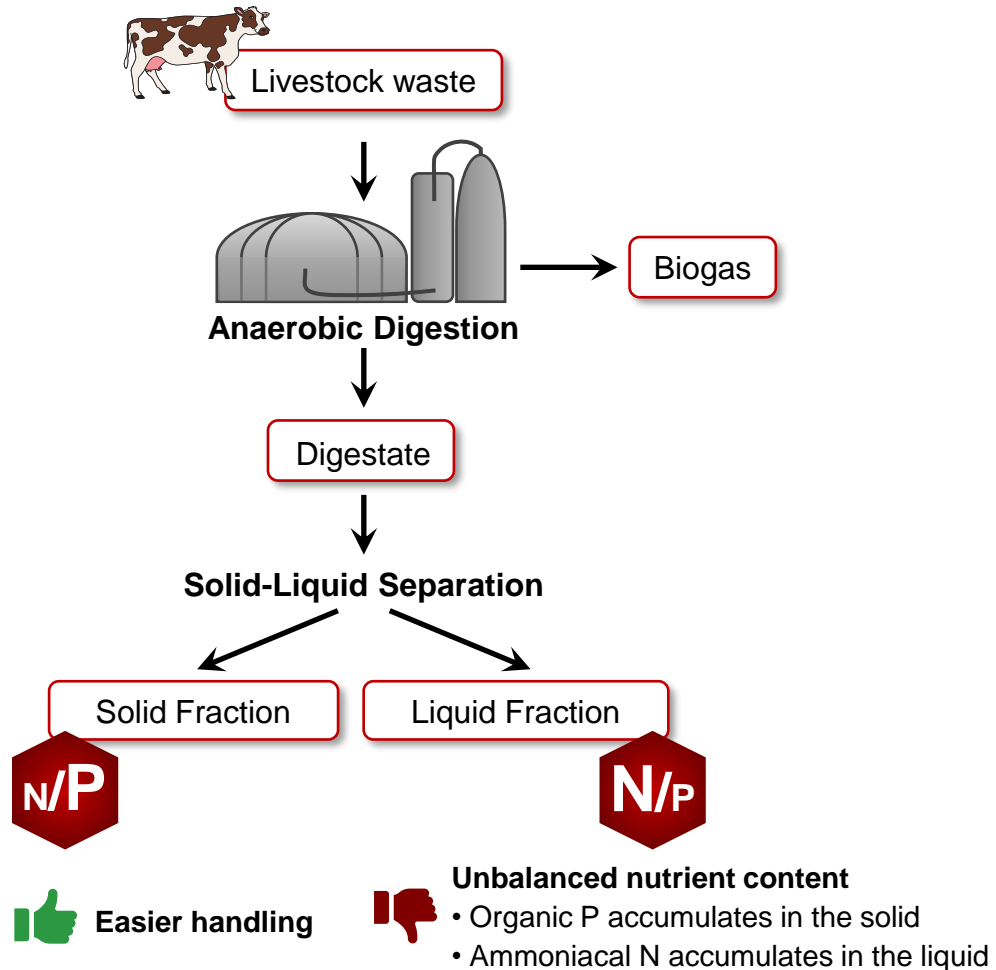
Università degli Studi di Torino

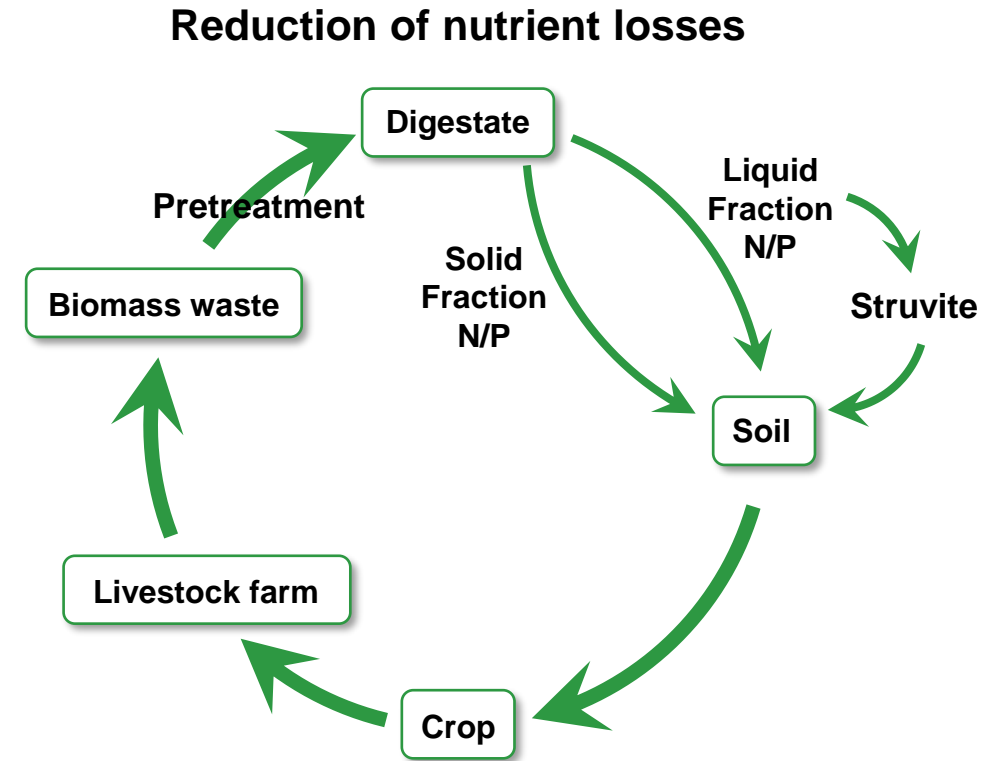
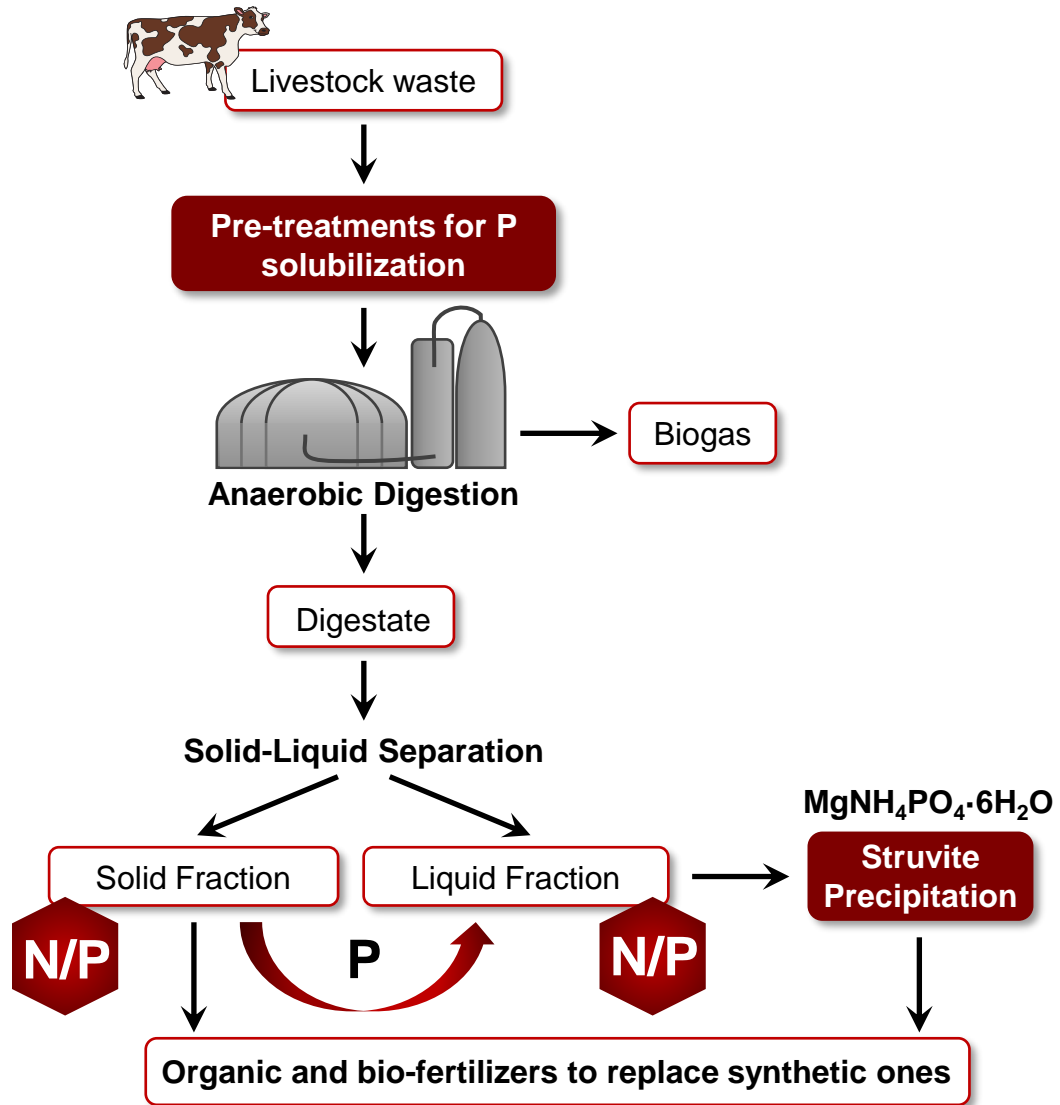
Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari

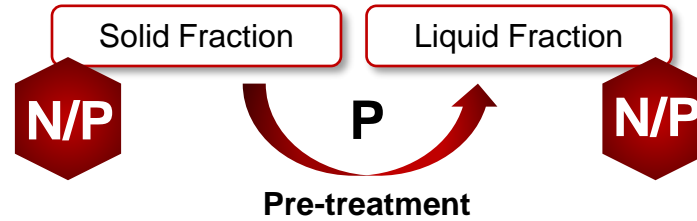
# Digestione Anaerobica: Recupero di Nutrienti da Biomasse di Scarto



# Digestione Anaerobica: Gestione del Digestato e Perdite di Nutrienti







## Hydrodynamic cavitation

It can be produced by passing the substrate through a constricted channel at a specific flow velocity. It generate bubbles that collapse, creating regions of high local temperature and pressure, degrading the organic matter



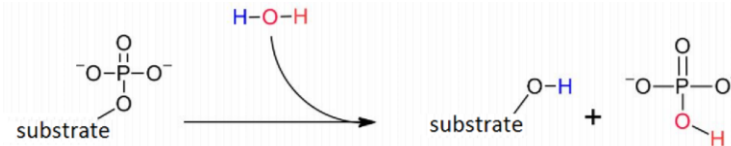
## USC4

commercial mixture of cellulase, hemicellulase and protease, utilized to simplify organic matter and improve anaerobic digestion

**UltraSweep® C4** 

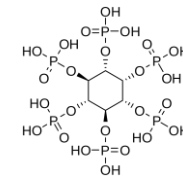
## Phosphatase

catalyzes the hydrolysis of phosphoric acid monoester into a phosphate ion and an alcohol

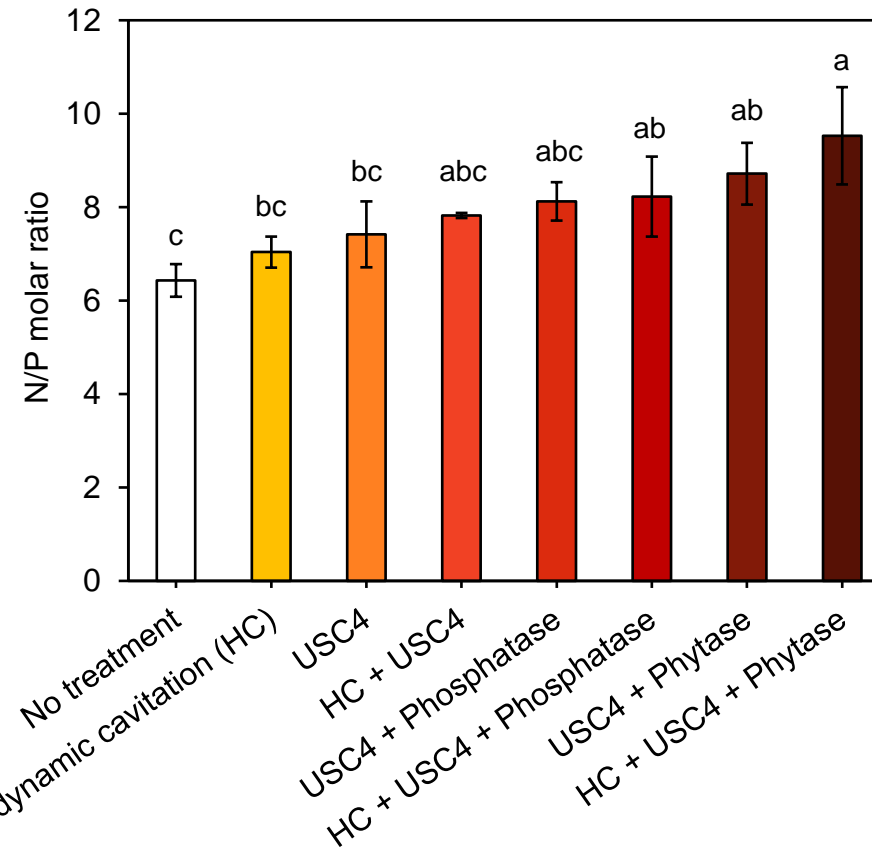
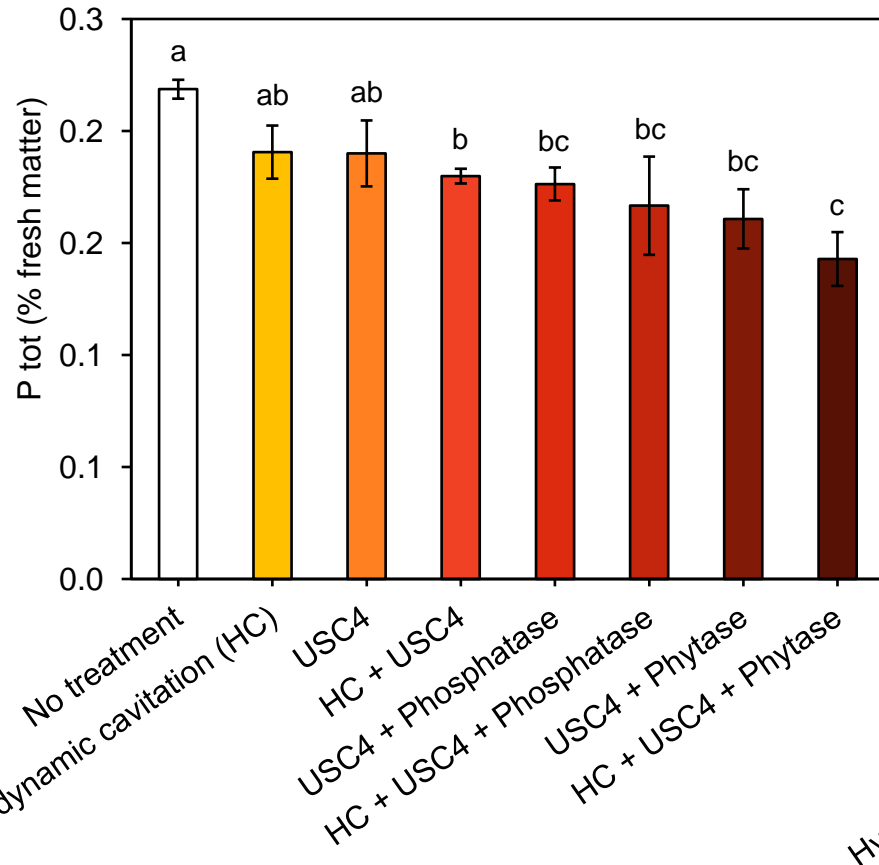
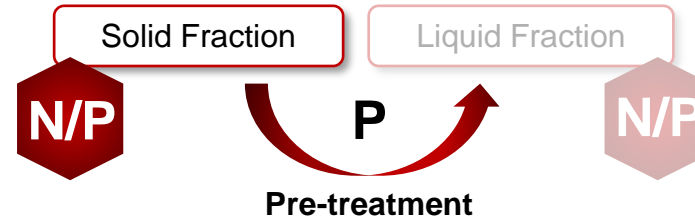


## Phytase

catalyzes the hydrolysis of inositol hexaphosphates, organic forms of P produced by plants and microorganisms

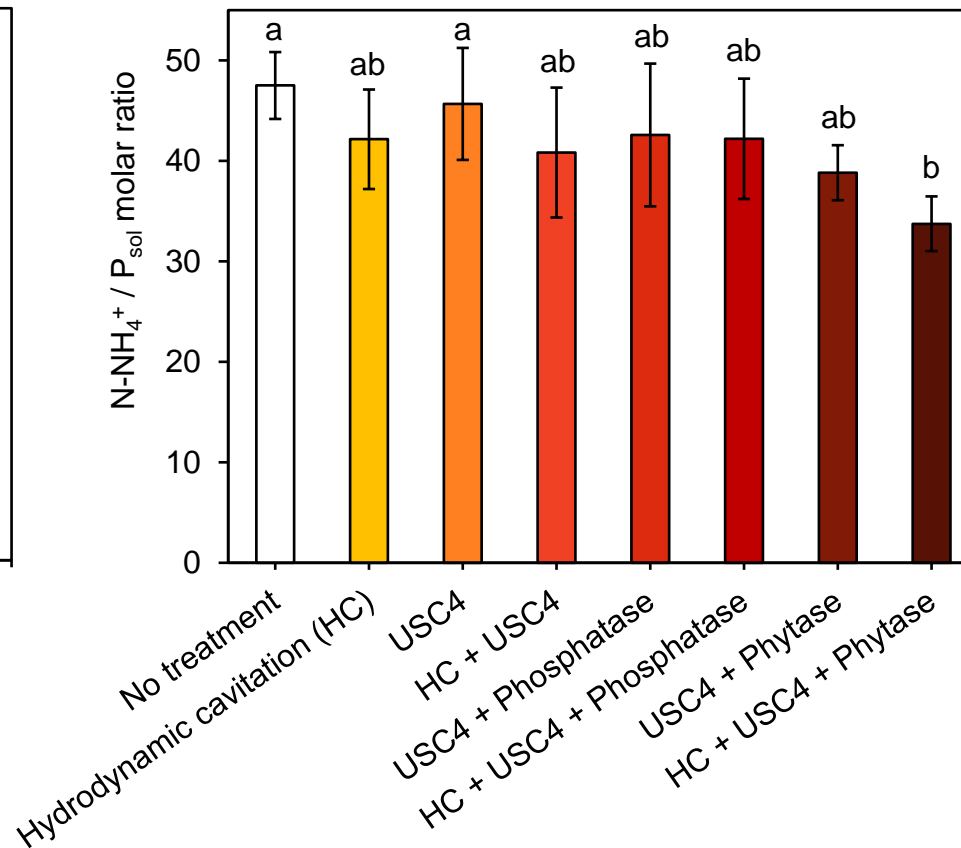
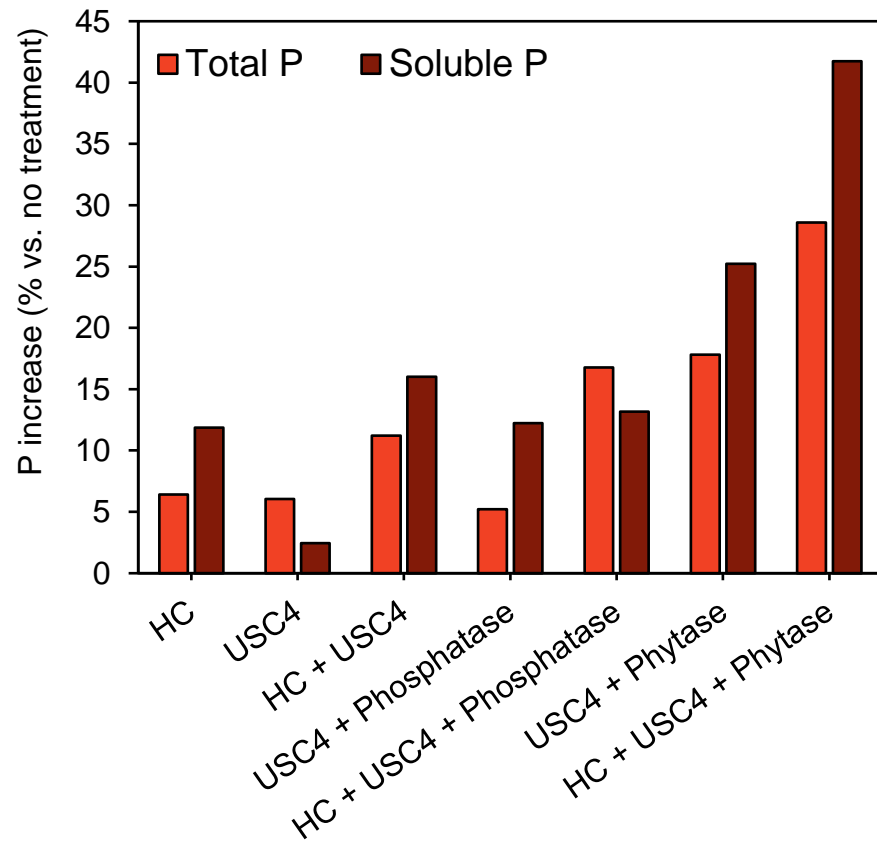
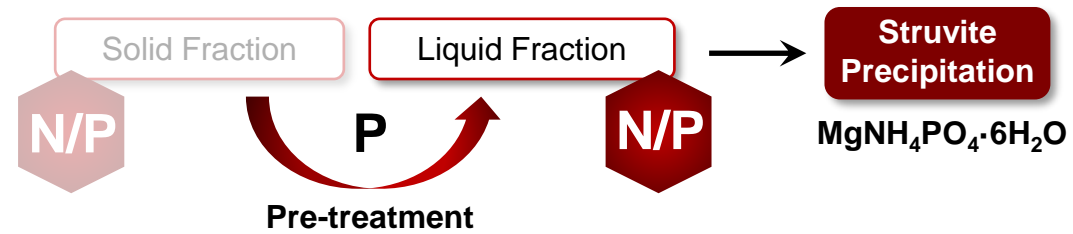


# Effetto dei Pretrattamenti sulla Frazione Solida: Riduzione del Contenuto di P



Increase of the N:P ratio in the digestate solid fraction

# Effetto dei Pretrattamenti sulla Frazione Liquida: Aumento del Contenuto di P

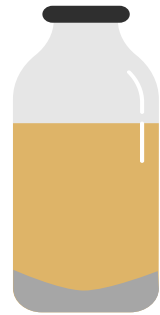


Decrease of the N:P ratio in the digestate liquid fraction

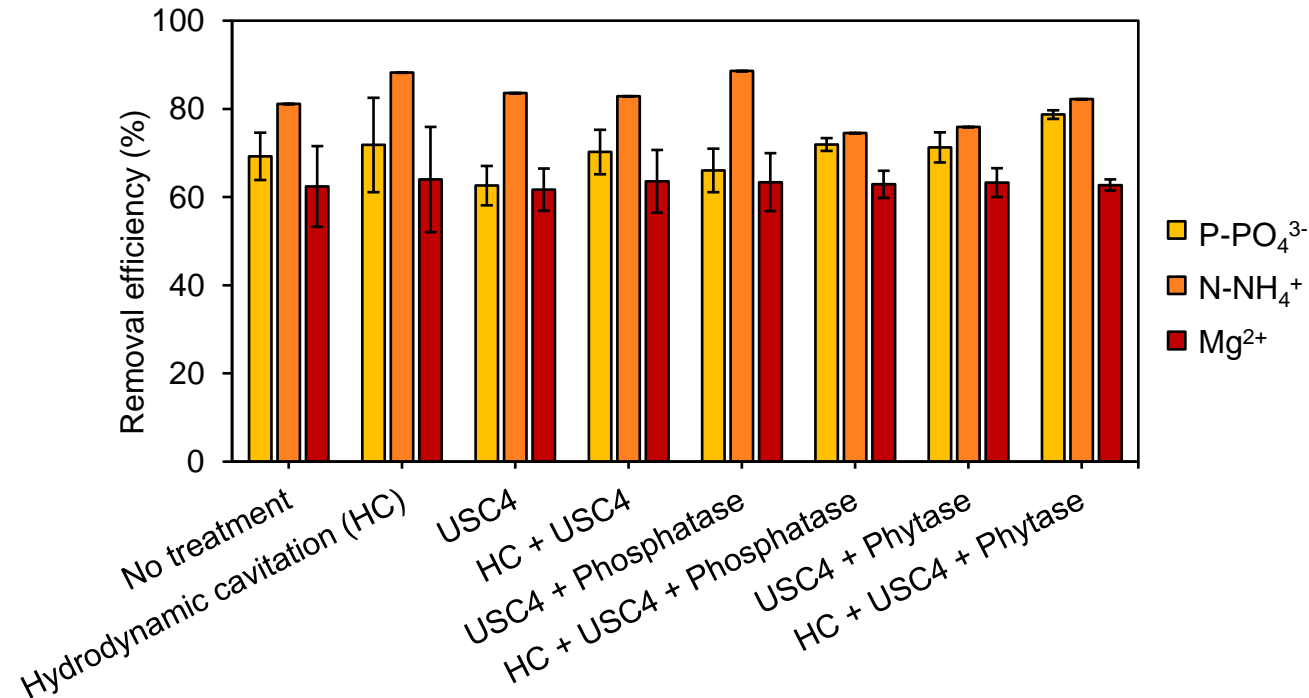
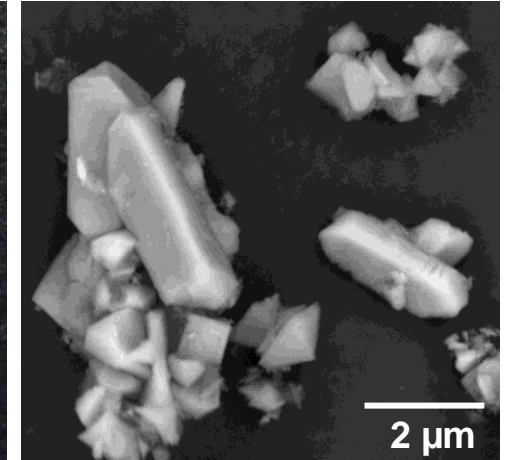
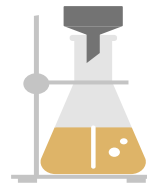
# Recupero di Nutrienti tramite Precipitazione di Struvite



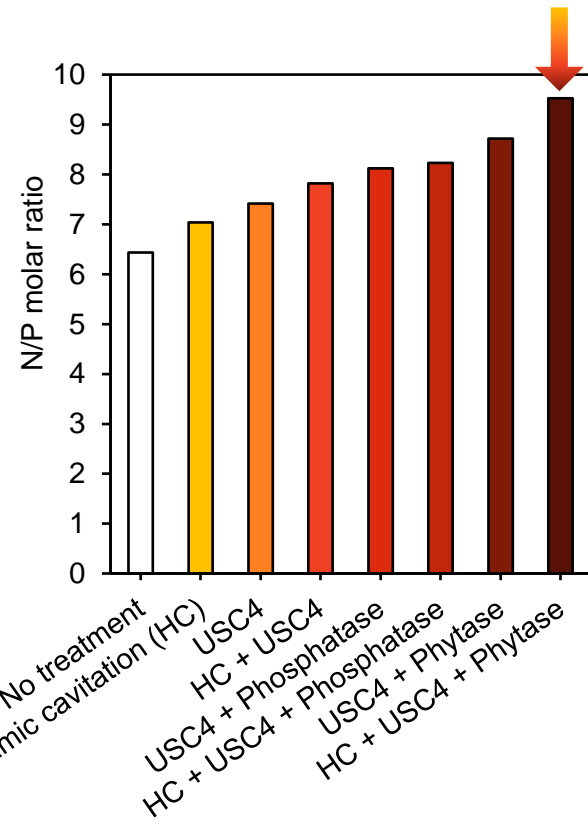
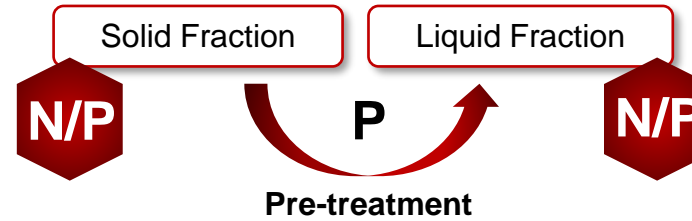
MgO, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>  
N:P:Mg=1:1:2  
pH=9, 1h



Filtration

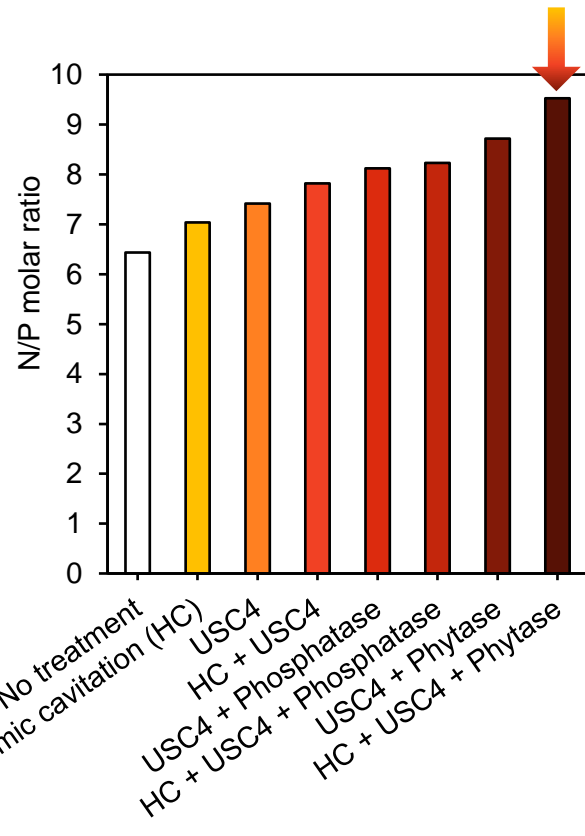
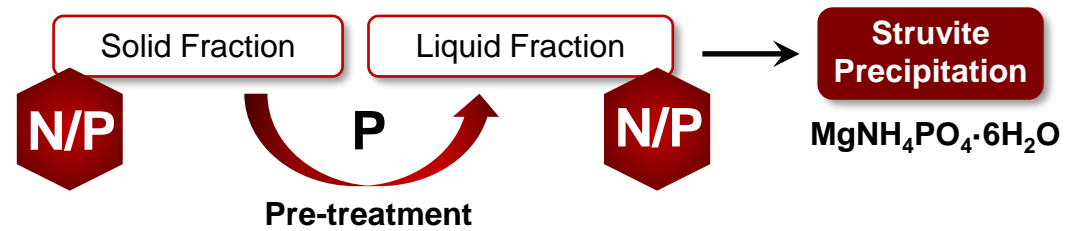


# Effetto Fertilizzante dei Materiali Ottenuti



	Untreated Solid Fraction	Pre-treated Solid Fraction
C (% dry)	34.5 ± 0.4	35.7 ± 0.5
N (% dry)	4.5 ± 0.2	4.5 ± 0.1
P (% dry)	1.5 ± 0.0	1.0 ± 0.1
N/P weight	2.9	4.3
<b>N/P molar</b>	<b>6.4</b>	<b>9.5</b>
K (% dry)	2.6 ± 0.3	2.5 ± 0.1
Ca (% dry)	3.4 ± 0.3	3.3 ± 0.2
Mg (% dry)	1.2 ± 0.1	1.2 ± 0.0

# Effetto Fertilizzante dei Materiali Ottenuti



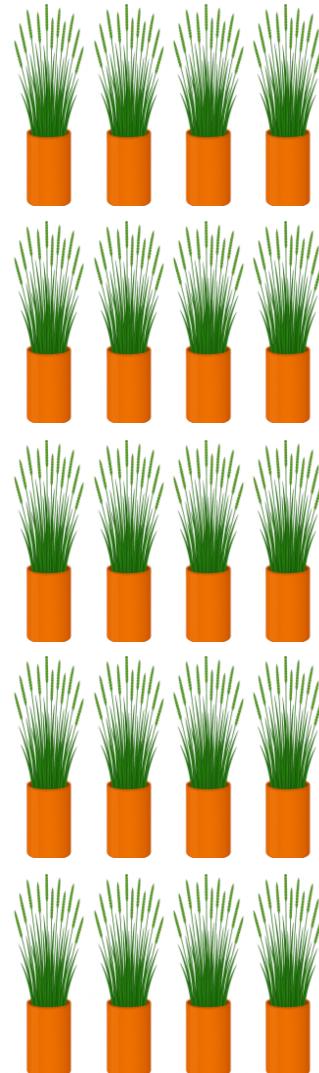
	Untreated Solid Fraction	Pre-treated Solid Fraction	Struvite
C (% dry)	34.5 ± 0.4	35.7 ± 0.5	3.2 ± 0.3
N (% dry)	4.5 ± 0.2	4.5 ± 0.1	4.6 ± 0.1
P (% dry)	1.5 ± 0.0	1.0 ± 0.1	10.1 ± 0.3
N/P weight	2.9	4.3	0.5
<b>N/P molar</b>	<b>6.4</b>	<b>9.5</b>	1.0
K (% dry)	2.6 ± 0.3	2.5 ± 0.1	2.8 ± 0.2
Ca (% dry)	3.4 ± 0.3	3.3 ± 0.2	0.0 ± 0.0
Mg (% dry)	1.2 ± 0.1	1.2 ± 0.0	11.5 ± 0.2

# Effetto Fertilizzante dei Materiali Ottenuti: Crescita di *Lolium multiflorum* Lam

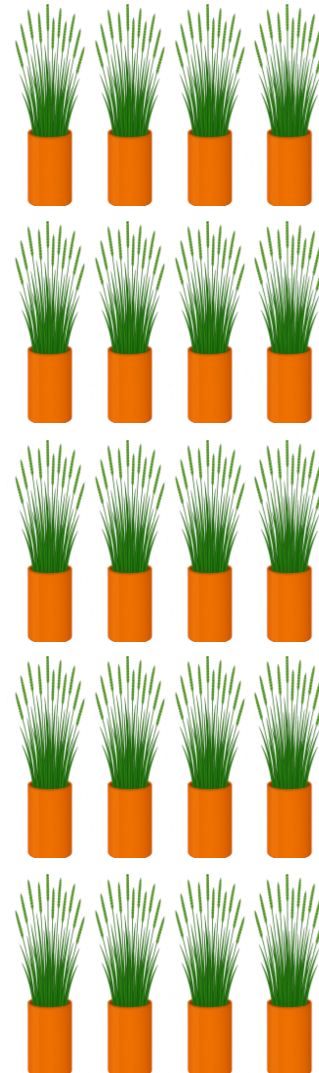
## Experimental conditions

- 120 Kg N/ha
- 28 Kg P/ha
- N:P molar ratio 9.5
- 70% WHC
- 60 days experiment

## Soil 1



## Soil 2



## Treatments

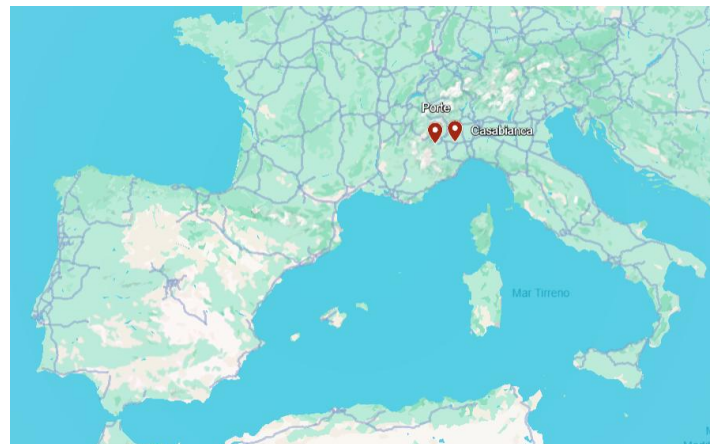
- 1) Control:** no fertilizer
- 2) Pre-treated solid fraction (N/P=9.5):**  
100% substitution mineral N fertilizer  
100% substitution mineral P fertilizer
- 3) Untreated solid fraction (N/P=6.4) + urea:**  
60% substitution mineral N fertilizer  
100% substitution mineral P fertilizer
- 4) Struvite (N:P=1) + urea:**  
10% substitution mineral N fertilizer  
100% substitution mineral P fertilizer
- 5) Mineral fertilizer:** urea (**U**) and diammonium phosphate (**DAP**)

Alice Boarino

HACKATHON: Nuove tecnologie per la valorizzazione delle biomasse di scarto e il recupero di nutrienti

# Effetto Fertilizzante dei Materiali Ottenuti: Due Suoli con Caratteristiche Diverse

	Soil 1	Soil 2
Soil type (WRB)	Calcaric Regosol (Loamic)	Skeletal Regosol (Humic)
Texture	<b>Loamy sand</b>	<b>Sandy loam</b>
Sand %	80	50
Clay %	8	7
pH	<b>7.8</b>	<b>5.9</b>
C (g/kg)	6.8 ± 0.3	12.3 ± 0.1
N (g/kg)	<b>1.2</b> ± 0.1	<b>1.5</b> ± 0.1
C/N	5.9	8.5
C-CaCO <sub>3</sub> (g/kg)	0.61 ± 0.01	-
Olsen P (mg/kg)	<b>9.85</b> ± 0.34	<b>9.22</b> ± 0.74



Alice Boarino

HACKATHON: Nuove tecnologie per la valorizzazione delle biomasse di scarto e il recupero di nutrienti

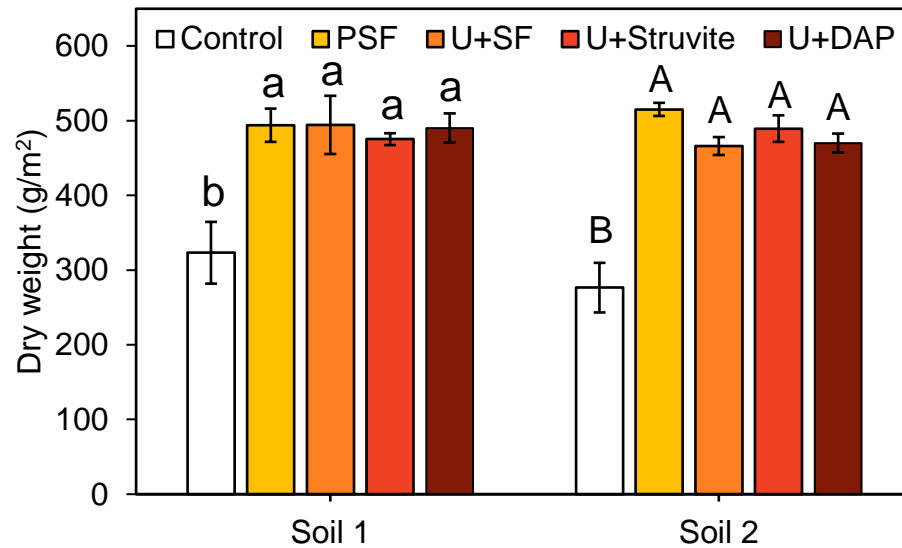


A. Plant growth and nutrient uptake

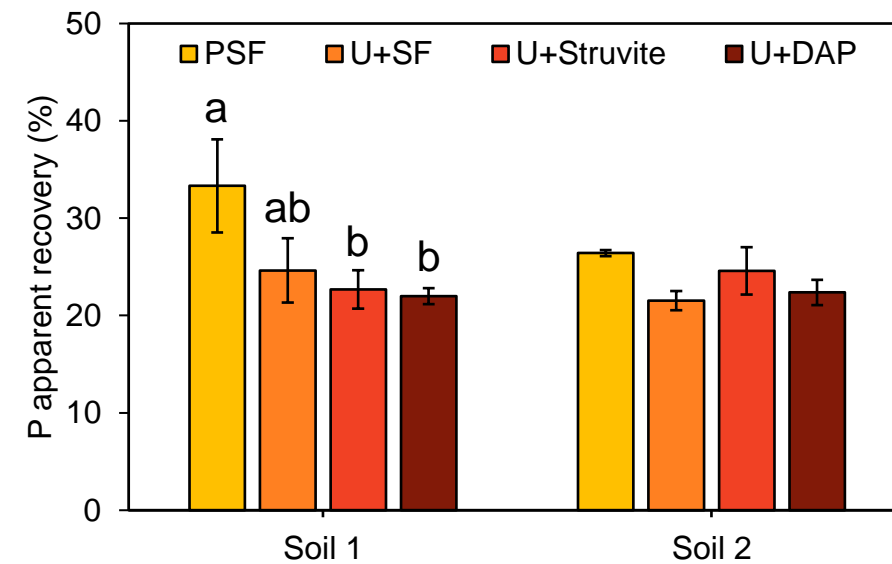
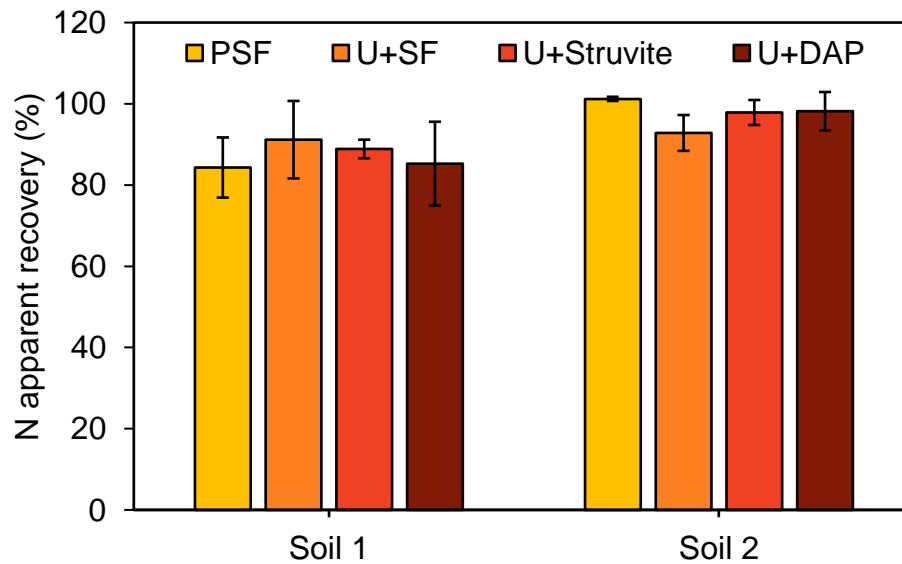
B. Phosphorus losses via run off

C. Nitrogen losses as gas emissions

# Effetto Fertilizzante dei Materiali Ottenuti: Biomassa e Nutrienti

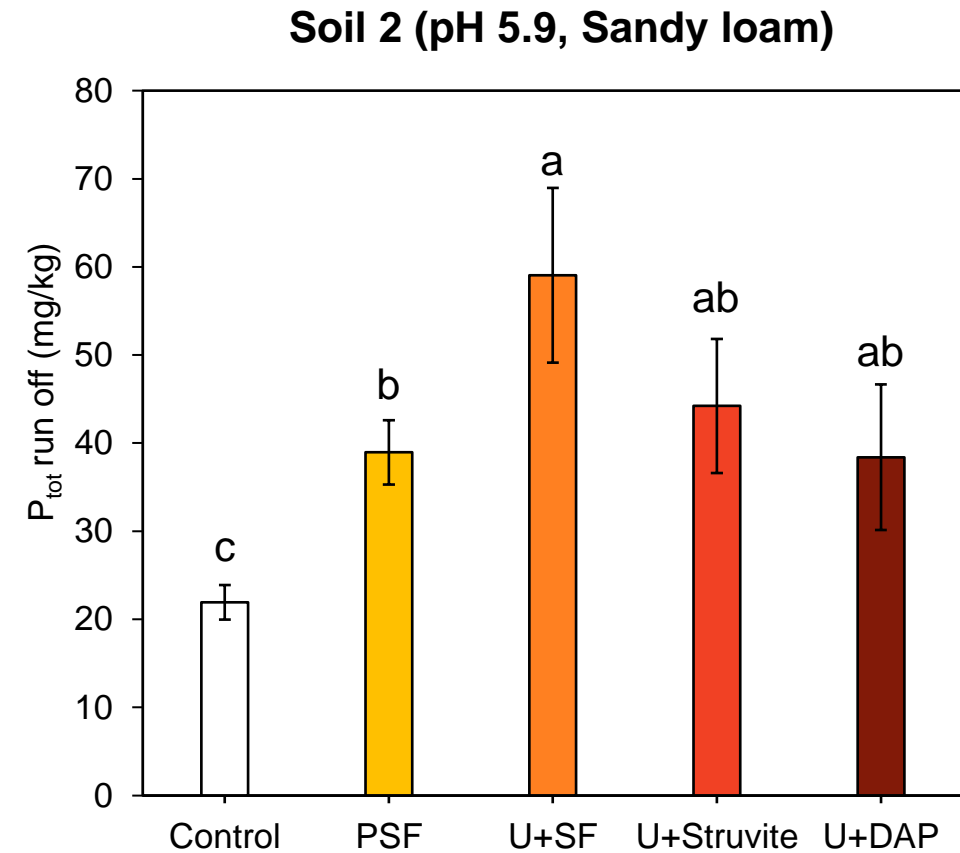
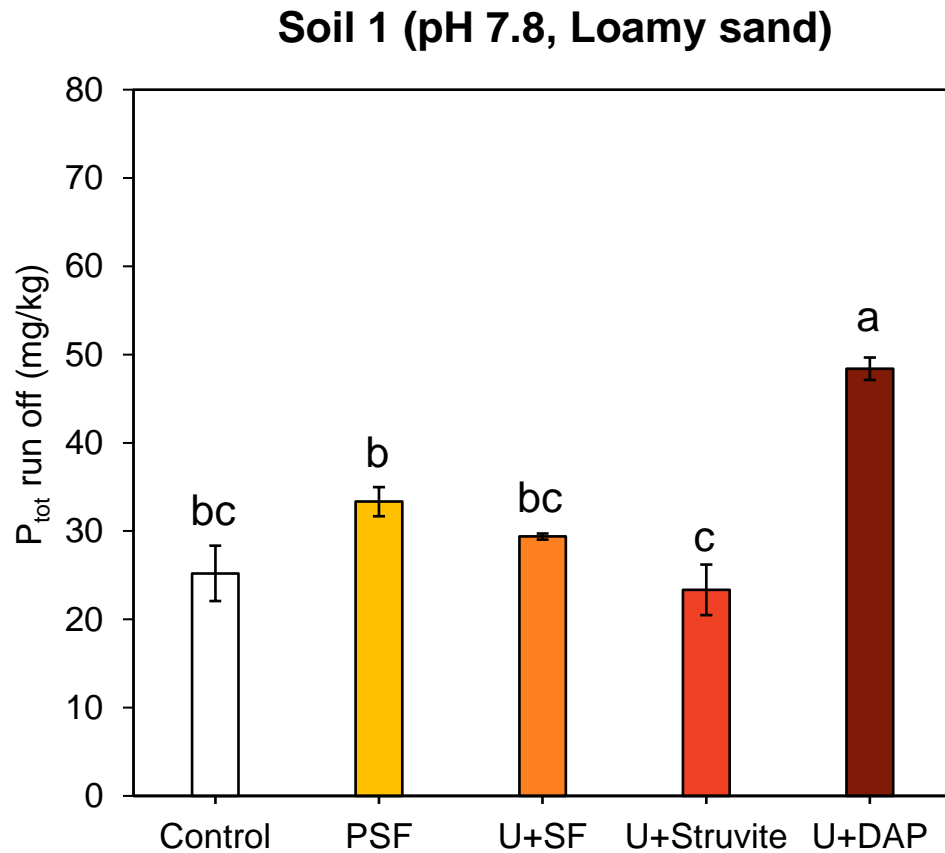


$$\text{Apparent recovery \%} = \frac{\text{Nutrient uptake fertilized plant} - \text{Nutrient uptake unfertilized control}}{\text{Quantity of nutrient applied for fertilization}} \times 100$$



PSF = Pretreated Solid Fraction, SF = Untreated Solid Fraction, U = Urea, DAP = Diammonium Phosphate

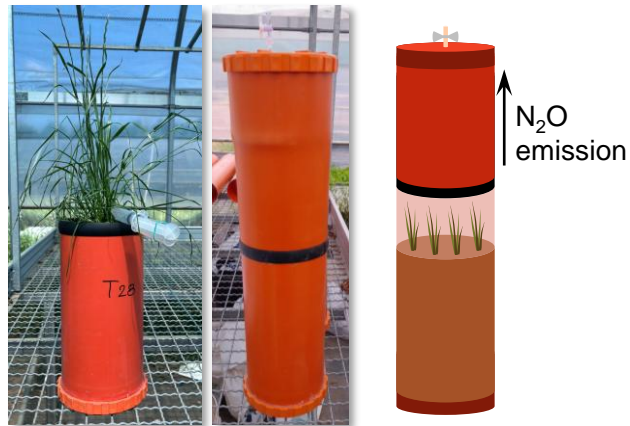
# Effetto Fertilizzante dei Materiali Ottenuti: Perdite di P per Ruscellamento



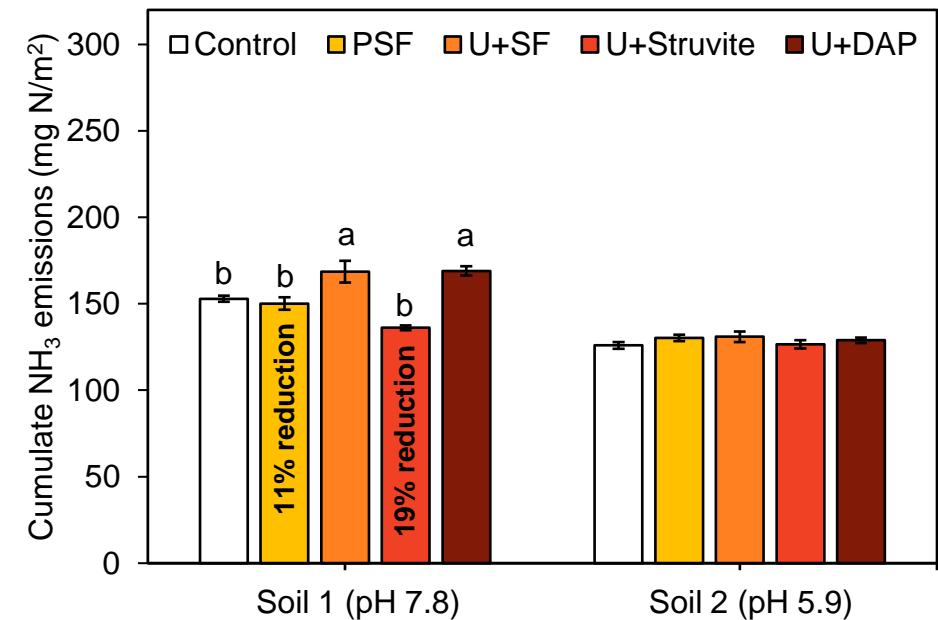
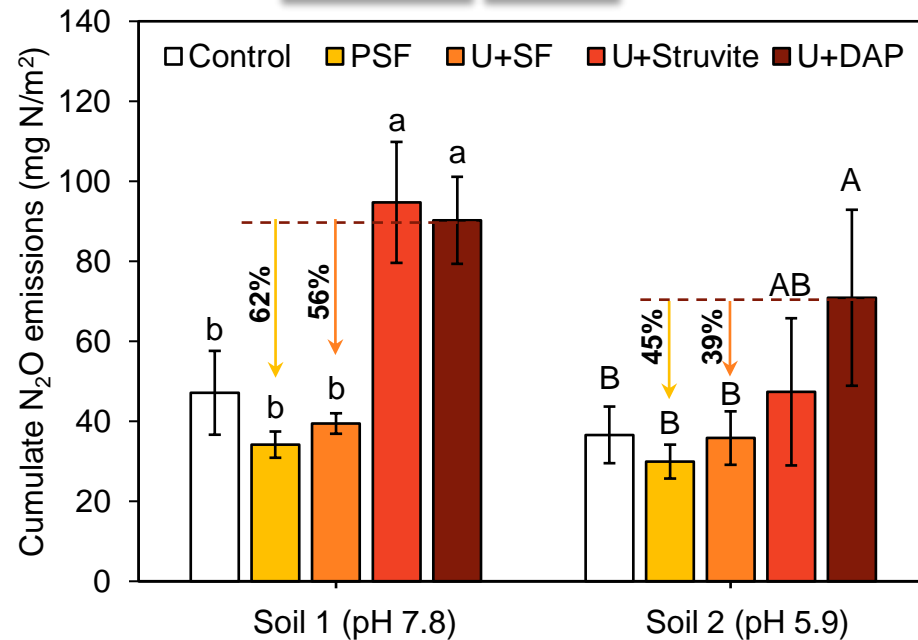
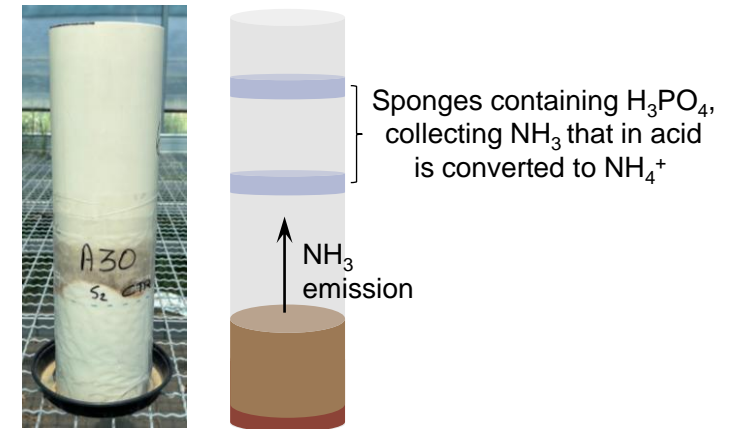
PSF = Pretreated Solid Fraction, SF = Untreated Solid Fraction, U = Urea, DAP = Diammonium Phosphate

# Effetto Fertilizzante dei Materiali Ottenuti: Perdite di N per Emissioni Gassose

Monitoring N<sub>2</sub>O emissions



Monitoring NH<sub>3</sub> emissions  
Same conditions and soils, no plant



PSF = Pretreated Solid Fraction, SF = Untreated Solid Fraction, U = Urea, DAP = Diammonium Phosphate

# Riduzione delle Perdite di Nutrienti dai Due Suoli

	Pre-treated solid fraction	Untreated solid fraction + urea	Struvite + urea
Substitution N synthetic fertilizer	100%	60%	10%
Substitution P synthetic fertilizer	100%	100%	100%
<b>Soil 1 (pH 7.8, Loamy sand)</b>			
Reduction N-N <sub>2</sub> O emission	62%	56%	-5%
Reduction N-NH <sub>3</sub> emission	11%	0%	19%
Reduction P for run-off	31%	39%	52%
<b>Soil 2 (pH 5.9, Sandy loam)</b>			
Reduction N-N <sub>2</sub> O emission	45%	39%	26%
Reduction N-NH <sub>3</sub> emission	-1%	-2%	2%
Reduction P for run-off	-1%	-54%	-15%

La combinazione di **idrocavitazione** ed **enzimi** ha promosso la solubilizzazione del P nel digestato.



Ottimizzazione del **rapporto N/P** nella frazione **solida** del digestato.



Il digestato solido pretrattato ha consentito di **sostituire completamente** i fertilizzanti sintetici, permettendo la crescita delle piante e riducendo le perdite di N e P dal suolo.



La sostituzione dei fertilizzanti sintetici con derivati organici bilanciati nei nutrienti, rappresenta una strategia valida per un'**agricoltura sostenibile**.



Riduzione della quantità di P aggiuntivo necessaria per la **precipitazione della struvite** dalla frazione **liquida** del digestato.



La precipitazione della struvite ha permesso di **recuperare** ~70% di P- $\text{PO}_4^{3-}$ , ~80% di N- $\text{NH}_4^+$  e ~60% di  $\text{Mg}^{2+}$  dalla frazione liquida del digestato.



L'uso della struvite garantisce una sostituzione parziale dei fertilizzanti sintetici, promuovendo al contempo una **gestione circolare dei nutrienti**.

# Punti di Discussione

- Quali sono i potenziali **vantaggi** dell'applicazione di pre-trattamento della biomassa e il recupero di struvite?  
(Valore aggiunto di digestato solido bilanciato e struvite; Riduzione fertilizzanti sintetici; Riduzione emissioni e perdite nutrienti; Miglioramento fertilità del suolo...)
- Quali sono le potenziali **difficoltà**?  
(Complessità tecnologica: inserimento idrocavitazione idrodinamica e aggiunta enzimi; Costi e sostenibilità economica; Compatibilità con macchinari esistenti; Variabilità della composizione dei reflui...)
- Quali fattori sono determinanti nella scelta di investire in queste innovazioni e **integrarle in azienda**?  
(Riduzione globale dei costi; Miglioramento della resa in biogas; Riduzione dell'impatto ambientale; Accesso a incentivi ambientali...)



## Stime dei costi

- 30 – 200 € per kg di fitasi
- 1'000 – 10'000 € per cavitatore idrodinamico

