

## **Il concetto di bioraffineria per la produzione di fertilizzanti organici sostenibili – Parte 2**

Vinante C., Basso D., Gribaudo E., Pavanetto R.

L'utilizzo di materia organica come mezzo per aumentare la produttività del suolo rappresenta uno degli esempi per eccellenza di Economia Circolare secondo il "ciclo biologico" della materia introdotto nel Diagramma di Sistema introdotto dalla Ellen MacArthur Foundation [1]. In questo ambito, una delle soluzioni praticate da secoli riguarda l'impiego di letame di origine animale grazie alla sua abbondanza e dal costo pressoché nullo. Azoto e Fosforo sono due degli elementi che, contenuti in questa tipologia di feedstock, apportano effetti benefici al suolo se applicati in quantità tali da evitare la contaminazione da patogeni ed effetti dannosi nel lungo periodo. Molto spesso però, grazie alla facilità di reperimento del letame e alla relativa difficoltà nel valorizzarlo diversamente, l'applicazione sul suolo risulta essere incontrollata. La conseguente ricchezza di nutrienti sulla superficie del terreno unita alla presenza di corsi d'acqua ed agenti atmosferici sono spesso causa di crescita di alghe e conseguenti fenomeni di eutrofizzazione delle acque, senza considerare la produzione di Gas ad effetto serra ed una forte presenza di odori [2]. Un altro effetto negativo legato all'abbondanza di azoto riguarda invece il fenomeno di acidificazione del suolo con conseguente deficit di fosforo, perdita di biodiversità ed infine di produttività del suolo [3].

La peculiarità dei fertilizzanti organici di rilasciare gradualmente i nutrienti, necessitando una minore frequenza di applicazione sul suolo, risulta essere un fattore favorevole al loro utilizzo che spesso però, a causa della necessità di fornire nutrienti rapidamente per soddisfare le richieste del mercato, richiede una miscelazione con fertilizzanti inorganici adottando di fatto quella che viene chiamata gestione della fertilità integrata [4].

L'abbondante presenza di fosforo nei fanghi di depurazione rende quest'ultimi potenziali fonti alternative di questo nutriente fondamentale per la produttività del suolo, abilitando il suo recupero ed abbattendo il suo approvvigionamento da rocce fosfatiche non rinnovabili ed in stato di esaurimento. Tuttavia, la forte presenza di sostanze indesiderate quali patogeni, metalli pesanti, idrocarburi e residui farmaceutici, rende necessario l'intervento di tecnologie in grado di valorizzare il fango estraendo macro- e micro-nutrienti. Carbonizzazione idrotermale, pirolisi, combustione e compostaggio sono solo alcune delle soluzioni per compiere tale azione. Fra queste, le tecnologie basate sulla carbonizzazione idrotermale (HTC, Hydrothermal Carbonization) ed il successivo recupero del fosforo sotto forma di struvite rappresentano un'alternativa di successo in grado di raggiungere un'estrazione pari a 80 %. Una riduzione di agenti patogeni indirizzata al condizionamento dei fanghi per uso agricolo è altresì ottenibile attraverso pirolisi, una tecnologia in grado di ridurre gli idrocarburi policiclici aromatici così come altre sostanze potenzialmente tossiche e dannose per la stabilità del suolo [5]. Il recupero del fosforo è inoltre ottenibile dalle ceneri ottenute dalla combustione dei fanghi di depurazione, estraendo quantità interessanti soprattutto in assetti di combustione a basse temperature [6]. Infine, un'alternativa per il trattamento dei fanghi, spesso però riservata ai rifiuti agroalimentari, è rappresentata dal compostaggio. Quest'ultima, se applicata ai rifiuti alimentari di origine domestica ed industriale abilita la diversione di una grossa porzione di risorse dallo smaltimento in discarica e dalla conseguente eliminazione del potenziale legato all'Economia Circolare. Tuttavia, la completa sostenibilità del compostaggio è minata dalla necessità di elevate temperature di trattamento, dall'emissione di odori e dalla possibile contaminazione da metalli pesanti [7].

Ad oggi, il potenziale tecnologico per l'estrazione di risorse ad alto valore aggiunto da scarti biodegradabili rappresenta una soluzione in grado di aumentare il livello di circolarità e la quale sostenibilità è fortemente legata alla scala di applicazione e dalla qualità degli output utilizzabili per la produzione di fertilizzanti organici. Nel prossimo Green Paper, le maggiori differenze fra fertilizzanti di origine sintetica ed organica verranno definite per arrivare all'impatto ambientale delle diverse soluzioni in ambito agricolo.

## **The concept of biorefinery for sustainable organic fertilizers production – Part 2**

Vinante C., Basso D., Gribaudo E., Pavanetto R.

The use of organic matter as a mean to increase soil productivity is one of the best examples of Circular Economy according to the "biological cycle" introduced in the System Diagram of the Ellen MacArthur Foundation [1]. In this context, one of the solutions practiced for centuries regards the use of animal manure because of its abundance and its almost negligible cost. Nitrogen and phosphorus are two of the elements that, contained in this type of feedstock, bring beneficial effects to the soil if applied in such quantities as to avoid contamination by pathogens and long-term harmful effects. Very often however, thanks to the ease of finding the manure and the relative difficulty in valorizing it differently, the direct application on the soil is often uncontrolled. The resulting abundance of nutrients on the surface of the soil combined with the presence of water flows and atmospheric agents are often the cause of algae growth and the consequent phenomena of water eutrophication, without considering the production of GHGs and a strong odors presence [2]. Another negative effect linked to the abundance of nitrogen concerns the phenomenon of soil acidification with consequent phosphorus deficiency, loss of biodiversity and soil productivity [3].

The peculiarity of organic fertilizers to gradually release nutrients, requiring a lower frequency of application on the soil, appears to be a favorable factor for their use, which however requires mixing with inorganic fertilizers due to the need to supply nutrients rapidly, therefore adopting de facto what is called integrated fertility management [4].

The abundant presence of phosphorus in sewage sludge makes it a potential alternative source of this essential nutrient for soil productivity, enabling its recovery and lowering its supply from non-renewable and phosphate rocks with low availability. However, the strong presence of unwanted substances such as pathogens, heavy metals, hydrocarbons and pharmaceutical residues, makes it necessary to use technologies capable of valorizing the sludge by extracting macro- and micro-nutrients. Hydrothermal carbonization, pyrolysis, combustion and composting are just some of the solutions to carry out this action. Among these, the technologies based on hydrothermal carbonization (HTC) and the subsequent recovery of phosphorus in the form of struvite represent a successful alternative able to reach an extraction equal to 80%. A reduction of pathogens in order to condition the sludge for agricultural use is also obtainable through pyrolysis, a technology capable of reducing polycyclic aromatic hydrocarbons as well as other substances potentially toxic and harmful to soil stability [5]. The recovery of phosphorus is also obtainable from the ashes obtained from the combustion of sewage sludge, with the opportunity of extracting interesting values especially in low temperature combustion [6]. Finally, an alternative for the treatment of sludge, often reserved for agri-food waste, is represented by composting. The latter, if applied to domestic and industrial food waste, enables the diversion of a large portion of resources from landfill disposal and the consequent elimination of the potential linked to Circular Economy. However, the complete sustainability of composting is undermined by the need for high processing times, the emission of odors and the possible contamination by heavy metals [7].

To date, the technological potential for the extraction of high value-added resources from biodegradable waste represents a solution capable of increasing the level of circularity and which sustainability is strongly linked to the scale of application and the quality of the outputs usable for production of organic fertilizers. In the next Green Paper, the major differences between synthetic and organic fertilizers will be defined in order to complete with the environmental impact of the different solutions in the agricultural sector.

## References

1. *Circular Economy System Diagram*. EMF. Available at: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/infographic>
2. *Nutrient transport characteristics of livestock manure in a farmland*. Lee, Y.; Oa, S.-W.. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.* 2013, 2, 1
3. *Effects of nitrogen fertilizer on the acidification of two typical acid soils in South China*. Zhou, J.; Xia, F.; Liu, X.; He, Y.; Xu, J.; Brookes, P.C.. *J. Soil. Sedim.* 2014, 14, 415–422
4. *The growth response of coffee (*Coffea arabica* L) plants to organic manure, inorganic fertilizers and integrated soil fertility management under different irrigation water supply levels*. Chemura, A.. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.* 2014, 3, 1–9.
5. *Pyrolysis treatment of sewage sludge: A promising way to produce phosphorus fertilizer*. Frišták, V.; Pipíška, M.; Soja, G.. *J. Clean. Prod.* 2018, 172, 1772–1778.
6. *Improved utilization of phosphorous from sewage sludge (as Fertilizer) after treatment by Low-Temperature combustion*. Meng, X.; Huang, Q.; Gao, H.; Tay, K.; Yan, J.. *Waste Manag.* 2018, 80, 349–358.
7. *Current status of food waste generation and management in China*. Bioresour. Li, Y.; Jin, Y.; Borrion, A.; Li, H.. *Technol.* 2019, 273, 654–665.