

Grazia Soccio^{1*}, Michele Morgante²

¹ Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS), Trieste, ITALIA

² Università degli Studi di Udine, Dipartimento di Scienze AgroAlimentari, Ambientali e Animali, Udine, ITALIA

* Presenting author - Corresponding Author Contact Details: gsoccio@ogs.it

Le innovazioni tecnologiche per la sostenibilità dei sistemi agroalimentari

Parole chiave: agricoltura a basso impatto, produzione alimentare sostenibile, tecnologie emergenti

1. Introduzione

La sicurezza alimentare, la prevenzione delle malattie zoonotiche, la qualità dei servizi ecosistemici, la resilienza climatica e l'equità sociale dipendono dalla capacità di progettare sistemi alimentari sostenibili e integrati (Figura 1). Comprendere perché il cibo occupi una posizione centrale nella crisi planetaria implica considerare la molteplicità degli impatti ambientali generati dai sistemi agroalimentari sulla nutrizione, sulla salute, sull'ecologia, sull'economia e sulla società (1, 2).

Obiettivo: migliorare l'efficienza, la redditività nonché la sostenibilità dei sistemi produttivi agricoli e zootecnici attraverso l'uso di tecnologie ed innovazioni al fine di proteggere il pianeta, soddisfare i fabbisogni globali, diminuire l'impatto ambientale della produttività agricola per unità di prodotto e migliorare la qualità nutrizionale degli alimenti.

2. Metodologia

L'approccio globale alla valutazione dell'impatto ambientale dei prodotti indica un cambiamento metodologico che bilancia le esigenze di produzione alimentare con la conservazione della salute ambientale. Sviluppare un sistema di etichettatura che possa consentire di certificare gli impatti ambientali dei prodotti agroalimentari in maniera quantitativa è essenziale per garantire la loro qualità e la sicurezza sulla provenienza, sulle pratiche di coltivazione, sulla catena di produzione e sull'impatto ambientale del processo produttivo utilizzato, promuovendo una maggiore trasparenza (3).

Figura 1. Attualmente vi è una domanda crescente di alimenti ultra trasformati ad alta intensità di risorse. Inoltre, un'enorme quantità di rifiuti che non possono essere assorbiti dall'ambiente finisce negli ambienti alimentari e minaccia la loro biodiversità (1, 4).



Figura 1. Demand for resource-intensive ultra-processed foods is increasing. Furthermore, large amounts of waste that cannot be degraded by the environment end up in food-related environments, threatening their biodiversity (1, 4).

3. Risultati

Lo studio pone in luce che possiamo compiere passi cruciali verso una produzione alimentare sostenibile: 1) adottando pratiche agricole più sostenibili e resilienti con un uso efficiente dell'acqua; 2) minimizzando le lavorazioni del terreno; 3) valorizzando le risorse naturali locali; 4) promuovendo la diversificazione dei sistemi agricoli e zootecnici; 5) trasformando le diete; 6) riducendo le perdite e gli sprechi alimentari mediante processi virtuosi di recupero in un'ottica di vera Economia Circolare; 7) innovando la tecnologia e l'ingegneria alimentare (6) (Figura 2).

4. Discussione

Si sono registrate notevoli innovazioni nelle fonti proteiche alternative alla produzione tradizionale di carne: proteine vegetali e da insetti, carne coltivata, proteine ricavate da funghi e dalle alghe. La loro produzione richiede meno risorse (acqua e terra). Inoltre, può ridurre l'impatto ambientale e soddisfare il divario di accessibilità al cibo nutriente soprattutto nei Paesi emergenti. La sfida più difficile per l'agricoltura del futuro è ottenere la piena accettazione dei prodotti innovativi da parte dei consumatori. Ad oggi, una parte di essi nutre dubbi sulla sicurezza della carne coltivata (7).

5. Conclusioni

Abbiamo consolidato che la transizione alimentare equa e sostenibile non è una singola azione. Si tratta di un processo partecipativo complesso tra scienza, istituzioni, settore privato, comunità locali, scuola e società civile. Richiede la convergenza d'innovazione tecnologica responsabile, soluzioni climatiche basate sulla natura, strategie agroecologiche e rigenerative, riforma delle politiche pubbliche, cambiamento culturale e redistribuzione sociale (8).

6. Bibliografia - Bibliography

- (1) Wackernagel M., Beyers Bert (2019), *Ecological Footprint. Managing Our Biocapacity Budget*, New Society Publishers, Pages. 288
- (2) Dasgupta P. (2021), *The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. Abridged Version* (London: HM Treasury)
- (3) Bonfante P., Morgante M. (2024), *Agricoltura. Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti-Undicesima Appendice*, Istituto della Enciclopedia Italiana fondata da Giovanni Treccani S.p.A., Roma
- (4) Rockström J. (2026), *How to eat well and within Earth's limits*, Nature Vol. 649(8099):1081.
- (5) Hassoun A. (2025), *Food sustainability 4.0: harnessing fourth industrial revolution technologies for sustainable food systems*, Discover Food Vol.5:171
- (6) EASAC (European Academies Science Advisory Council) policy report 44 (2022), *Regenerative agriculture in Europe. A critical analysis of contributions to Europe Union Farm to Fork and Biodiversity Strategies*, ISBN:978-3-8047-4372-4
- (7) Lanzoni D., Rebucci R., Formici G., Cheli F., Ragone G., Baldi A., Violini L., Sundaram T.S., Giromini C. (2024), *Cultured meat in the European Union: Legislative context and food safety issues*, Current Research in Food Science Vol. 8:100722
- (8) European Commission, Joint Research Centre, Borchardt S., Barbero Vignola G., Listorti G., Fronza V., Guerrieri V., Acs S., Buscaglia D., Maroni M., Marelli L. (2024), *Cultivating sustainability: the role of European Food Systems in advancing the SDGs*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, JRC137661

Technological innovations for the sustainability of agri-food systems

Keywords: low-impact agriculture, sustainable food production, emerging technologies

1. Introduction

Food security, zoonotic disease prevention, the quality of ecosystem services, climate resilience and social equity depend on the ability to design sustainable and integrated food systems (Figura 1). Understanding why food plays a central role in the planetary crisis requires considering the wide range of environmental impacts generated by agri-food systems on nutrition, health, the environment, the economy and society (1, 2).

Objective: to improve the efficiency, profitability and sustainability of agricultural and livestock production systems through the use of technologies and innovations, in order to protect the planet, to meet global needs, to reduce the environmental impact per unit of agricultural output and to improve nutritional quality of food.

2. Methodology

The integrated approach to the assessment of the environmental impact of products reflects a methodological shift that balances food production needs with the preservation of environmental health. Developing a labelling system that can certify the environmental impacts of agri-food products in a quantitative manner is essential to ensure their quality and safety in terms of origin, farming practices, the production chain, and the environmental impact of the production process, while promoting greater transparency (3).

Figura 2. Le potenzialità delle tecnologie abilitanti e l'impatto sui tre pilastri dello sviluppo sostenibile (5).

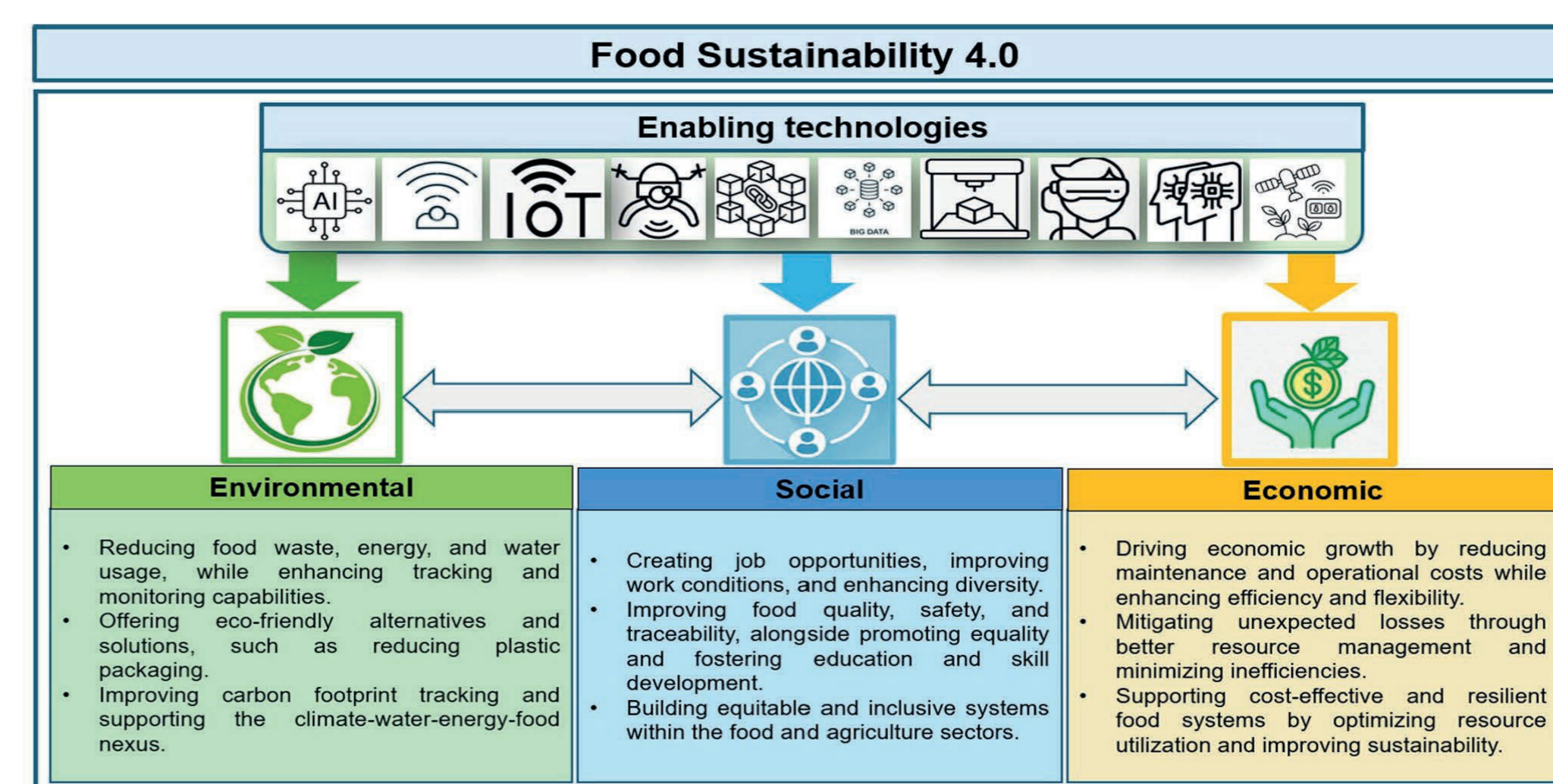


Figura 2. The potential of enabling technologies and their impact on the three pillars of sustainable development (5).

3. Results

The study highlights that crucial steps can be taken towards sustainable food production: 1) adopting more sustainable and resilient agricultural practices with efficient water use; 2) minimising soil tillage; 3) enhancing the use of local natural resources; 4) promoting the diversification of agricultural and livestock systems; 5) transforming diets; 6) reducing food losses and waste through effective recovery processes within a genuine circular economy framework; 7) advancing innovation in food technology and engineering (6) (Figura 2).

4. Discussion

Significant innovations have emerged in alternative protein sources to conventional meat production systems: plant-based and insect-based proteins, cultured meat, mycoproteins (fungal-derived proteins), and algae-derived proteins. Their production requires fewer resources (water and land). Furthermore, it can reduce environmental impact and bridge the gap in access to nutritious food, especially in emerging economies. The most difficult challenge for the future of agriculture is achieving full consumer acceptance of these innovative products. To date, some consumers have concerns about the safety of cultivated meat (7).

5. Conclusions

We have established that an equitable and sustainable food transition is not a single action. This is a complex and participatory process involving science, institutions, the private sector, local communities, schools and civil society. It requires the convergence of responsible technological innovation, nature-based climate solutions, agroecological and regenerative strategies, public policy reform, cultural change, and social redistribution (8).

7. Ringraziamenti - Acknowledgments

Progetto finanziato dal MUR (Ministero dell'Università e della Ricerca). Promosso dall'OGS (Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale) e dalla FIT (Fondazione Internazionale Trieste per il Progresso e la Libertà delle Scienze). Importante collaborazione istituzionale formalizzata con la Fondazione Venezia per la Capitale Mondiale della Sostenibilità.

Project funded by MUR (Italian Ministry of University and Research). Promoted by OGS (National Institute of Oceanography and Applied Geophysics) and FIT (Trieste International Foundation for the Progress and Freedom of Sciences). Important institutional collaboration formalized with the Venice Foundation for the World Capital of Sustainability.