



ACCADEMIA DEI GEORGOFILI

**I GEORGOFILI IN ATTESA DEL VERTICE DEI MINISTRI
DELL'AGRICOLTURA DEL G20**

**LA METÀ NASCOSTA:
L'INTERFACCIA DINAMICA
TRA PIANTA E TERRENO**

INCONTRO

Mercoledì 8 settembre 2021

Raccolta dei Riassunti

PROGRAMMA

Saluti istituzionali

Coordina: AMEDEO ALPI

Relazioni

TEOFILO VAMERALI, GIULIANO MOSCA, AMEDEO ALPI

Tecnologie di studio della radice e risposta adattativa di specie diverse

MARIANA AMATO

Gli organi ipogei e l'ambiente: i servizi ecosistemici

ROSARIO DI LORENZO

Le "radici" del vigneto italiano: passato, presente e futuro

MARCO NUTI, LAURA ERCOLI

La società invisibile e le radici delle piante coltivate

MARIATERESA RUSSO

Il rapporto tra la metà nascosta e la salute dell'uomo: il caso delle nanoplastiche

Conclusione dei Lavori

PRESENTAZIONE

Il ruolo strategico delle radici delle piante ha sempre destato una notevole curiosità, in quanto coinvolte in numerosi processi che incidono sia sul miglioramento quanti- qualitativo della produzione vegetale, sia sulla sua sostenibilità ambientale. L'interesse per quest'ambito di indagine è tutt'ora attuale e la ricerca incentrata sullo studio delle radici appare oggi orientata in modo sempre più puntuale alla conoscenza delle interazioni tra parte aerea, pedosfera, e la "metà nascosta" della pianta. Le nuove conoscenze sugli apparati radicali, che da molte parti fanno irruzione nel campo delle Scienze agrarie, non si sommano a quelle proprie delle singole discipline (agronomia, arboricoltura, ecologia vegetale agraria, etc.), ma le trasformano e le arricchiscono, consentendo una visione più aggiornata e moderna dei vari problemi delle tematiche agro-ambientali. In ambito internazionale da alcuni decenni si è costituita l'International Society of Root Research (ISRR).

TECNOLOGIE DI STUDIO DELLA RADICE E RISPOSTA ADATTATIVA DI SPECIE DIVERSE

Teofilo Vamerali¹, Giuliano Mosca² Amedeo Alpi³

¹DAFNAE UNIPD

²Sezione Nord Est Accademia dei Georgofili

³Sezione Centro Ovest Accademia dei Georgofili

Lo studio dell'architettura radicale delle piante coltivate desta un crescente interesse poiché le nuove conoscenze aiutano a comprendere i meccanismi di colonizzazione della rizosfera e di adattamento all'ambiente. L'efficienza di acquisizione di acqua e nutrienti rappresenta infatti un argomento focale per la gestione di un'agricoltura sempre più eco-compatibile e sostenibile.

È ben noto come la radice svolga un ruolo chiave in numerosi processi fondamentali, tra cui l'organizzazione del network radicale, l'assorbimento, le simbiosi e le associazioni microbiche, gli essudati e le varie risposte adattative agli stress. Le radici delle piante superiori svolgono inoltre un ruolo essenziale nei principali servizi di supporto ecosistemici, come la genesi del suolo, i cicli biogeochimici e la creazione di habitat per una presenza di biota estremamente diversificati. Agronomicamente, l'accrescimento delle radici è fondamentale ai fini dell'adattamento ambientale e della tolleranza della pianta a situazioni di stress, come siccità o eccesso idrico, salinità, scarsa fertilità o inquinamento dei suoli.

Tra le innumerevoli peculiarità che caratterizzano la rizosfera è da annoverare anche il sequestro del carbonio, che esercita un certo impatto sul cosiddetto "global change". Il sistema radicale e i suoi essudati rappresentano infatti una cospicua fonte di immobilizzazione di carbonio organico a diverso grado di rimobilizzazione. Utilizzando una serie di approcci e terminologie mutuati dalla scienza dei materiali è stato accertato che le radici influenzano le proprietà fisiche del suolo; questo spiega come gli essudati radicali migliorino i processi di "incollaggio" interparticellare, di dispersione e di aggregazione, mentre le radici agiscono come un'armatura in fibra. Tutte queste funzioni sono ampiamente regolate dalla dinamica di formazione-accrescimento e morte-decomposizione (turnover), la cui incidenza può arrivare al 50% in barbabietola da zucchero e all'86% annuo delle radici fini in molte conifere. Il turnover influenza direttamente il potenziale di assorbimento dell'acqua e dei nutrienti e l'intensità di interscambio di messaggi molecolari con la rizosfera.

Nonostante le recenti innovazioni tecnologiche abbiano fornito alla ricerca validi strumenti di indagine, sono ancora poche le informazioni sull'architettura radicale. Il presente contributo chiarisce quali tra le possibili metodologie di indagine offrono la possibilità di fare chiarezza su alcune caratteristiche morfo-fisiologiche e funzioni ecologiche dei sistemi radicali. Nella presentazione verranno citate le principali metodologie (distruttive e conservative, mappe radicali, analisi d'immagine, metodi elettrici, etc.) di studio delle radici.

Una nuova frontiera di indagine radicale sta prendendo piede con la diffusione dell'agricoltura di precisione. Questa si basa sull'applicazione di tecniche e principi che hanno come obiettivo finale l'incremento della performance della coltura e la qualità ambientale attraverso la gestione della variabilità spaziale e temporale, realizzata tramite l'uso di sensori, attuatori, mappe digitali e satelliti. Precisione significa esattezza e accuratezza in ogni aspetto della produzione; gli approfondimenti di ricerca in tema di apparati radicali vanno posti quindi in relazione al management in tutte le fasi del processo produttivo. Sono variabili agronomiche in grado di modificare l'accrescimento radicale la scelta varietale, il dosaggio di fertilizzanti e della risorsa idrica, i trattamenti concianti e biostimolanti al seme e alla pianta, e molti altri. In barbabietola, ad esempio, un più precoce attingimento di acqua da orizzonti profondi si ottiene a dosaggi moderati di azoto; in mais la scelta dell'ibrido basata su indici di accrescimento radicale è invece essenziale per la modulazione dell'apertura stomatica e migliorare l'efficienza d'uso dell'acqua. I biostimolanti rappresentano una delle ultime frontiere nell'ambito nella nutrizione vegetale e, insieme ad alcune nuove molecole fungicide, appaiono promettenti anche nella stimolazione dell'accrescimento radicale in numerose specie coltivate.

Alla luce di quanto sopra espresso si auspica l'approfondimento di ricerca della "rizologia", intesa come area di ricerca integrata dalle competenze di agronomi e genetisti, forestali, fisiologi, ecologi, microbiologi e chimici del suolo, in grado di rispondere alle necessità di un ambiente e di una agricoltura in continua evoluzione.

ROOT METHODS AND ADAPTIVE RESPONSE OF DIFFERENT SPECIES

The study of root architecture of cultivated plants is gaining growing interest as new knowledge helps to understand the mechanisms of rhizosphere colonization and plant adaptation to the environment. In fact, the efficiency of water and nutrient acquisition represents a crucial topic for the management of sustainable agriculture.

It is well known that plant roots play a key role in many fundamental processes, including the organization of root networks, uptake, symbiosis and microbial associations, exudates release and various adaptive responses to stresses. Roots of higher plants also play an essential role in ecosystem support services, such as soil genesis, nutrient cycle and the creation of habitats for contrasting biota. Agronomically, root growth is essential for environmental adaptation and plant tolerance to stress conditions, such as drought or waterlogging, salinity, poor fertility or soil pollution.

Among many peculiarities that characterize the rhizosphere, there is also carbon sequestration, which has a certain impact on "global change". The root system and its exudates represent a large source of immobilization of organic carbon with different degrees of re-mobilization. Using a series of approaches and terminologies coming from materials science, it has been found that roots affect the physical properties of the soil; this explains how root exudates improve the interparticle "bonding", dispersion and aggregation processes, while the roots act as fiber reinforcement. All these functions are largely regulated by the dynamics of formation-growth and death-decomposition (root turnover), the incidence of which can reach 50% in sugar beet and 86% per year of fine roots in many conifers. Turnover directly affects the uptake potential of water and nutrients and the intensity of the interchange of messages with the rhizosphere.

Although recent technological innovations have provided research with valuable investigation tools, there is still little information on root architecture. This contribution can clarify which of the available methodologies can shed light on some morpho-physiological characteristics and ecological functions of root systems. This presentation will mention the main methodologies (destructive and conservative, root maps, image analysis, electrical methods, etc.) for studying plant roots.

A new frontier of root investigation is taking place with the spread of precision agriculture. This is based on the application of techniques and principles that have as their ultimate goal the increase in crop performance and environmental quality through the management of spatial and temporal variability, achieved through the use of sensors, actuators, digital maps and satellites. Precision implies exactness and accuracy in every aspect of crop management; in-depth research on root systems must therefore be placed in relation to management at all stages of the production process. Among agronomic variables capable of modifying root growth there are: variety choice, fertilization rate and irrigation volume, seed and plant treatment with biostimulants, and many others. In sugar beet, for example, an earlier water uptake from deep horizons is achieved at moderate nitrogen rate; in maize, the hybrid choice based on root growth indices is instead essential for modulating stomatal opening and improving the water use efficiency. Biostimulants represent one of the latest frontiers in plant nutrition and, together with some new fungicides, also appear promising in stimulating root growth in many crops.

Given this background, it is expected that further insight is gained in "rhizology" as a research area integrated by the skills of agronomists and geneticists, foresters, physiologists, ecologists, microbiologists and soil chemists, capable of responding to the needs of a constantly evolving environment and agriculture

GLI ORGANI IPOGEI E L'AMBIENTE: I SERVIZI ECOSISTEMICI

Mariana Amato¹, Roberta Rossi²

¹*Università degli Studi della Basilicata*

²*CREA-ZA*

Le radici delle piante sono oggetto di un crescente interesse della ricerca, in larga parte dedicata a studiarne il ruolo di ancoraggio, riserva ed acquisizione di risorse.

Gli organi ipogei però svolgono un ruolo chiave anche nel senso inverso della relazione suolo-pianta: le loro strutture, residui ed essudati, infatti, rappresentano il produttore primario nella dimensione sotterranea. I suoli sono il più grande serbatoio di carbonio terrestre e la maggior parte del C ipogeo è di fatto C radicale: i meccanismi di stabilizzazione della sostanza organica determinano una conservazione selettiva del C radicale rispetto a quello di origine epigea (Rasse et al., 2005). La deposizione di carbonio è particolarmente importante negli strati profondi di suolo (Rumpel et al., 2004), ed il miglioramento genetico per la selezione di piante con radici profonde è stato individuato come mezzo per aumentare lo stock di carbonio, l'efficienza e la resilienza delle colture (Kell, 2011). I servizi ecosistemici ipogei vanno dalla mitigazione del cambiamento climatico alla protezione dall'erosione (Amato et al., 2004, 2018; Di Marsico et al., 2018): i meccanismi di rinforzo del suolo da parte delle radici rappresentano un hot-spot della ricerca (Wang et al., 2020). La relazione presenterà risultati e strategie legate ai comportamenti degli organi sotterranei, i metodi tomografici e di imaging per comprendere il ruolo delle "parti nascoste" della pianta per l'ecosistema, ed il potenziale dei prodotti vegetali sotterranei per lo sviluppo di materiali e tecnologie per la sostenibilità dei sistemi naturali e antropici.

BELOWGROUND PLANT PARTS AND THE ENVIRONMENT: ECOSYSTEM SERVICES AND ROLES

Plant root systems are the object of a growing body of research, largely aimed at their functions for plant statics, storage of assimilates, and acquisition of resources. Below-ground organs, though, play a key role in the reverse direction of the soil-plant relation as well: their structures, residues and exudates represent the primary producer's underground dimension. Soils are the largest terrestrial carbon reservoir, and most soil-C is in fact root-C: different SOM stabilization mechanisms lead to the selective preservation of root-C over shoot-C (Rasse et al., 2005). Root-C is especially important in deep soil (Rumpel et al., 2004), and breeding for deep roots has been envisaged as a mean to build-up C and improving crop efficiency and resilience (Kell, 2011). Ecosystem services provided by plant roots range from climate change mitigation to erosion protection (Amato et al., 2004, 2018; Di Marsico et al., 2018) and the soil reinforcement potential of plants roots is a research hotspot (Wang et al., 2020). The presentation will focus on results and different strategies linked to specific below-ground behaviours. Two case-studies will focus on the role of tomographic and imaging methods for understanding the role of the plant's "hidden parts" for the ecosystem, and the potential of below-ground plant products for the development of materials and technologies for the sustainability of natural and anthropic systems.

LE "RADICI" DEL VIGNETO ITALIANO: PASSATO, PRESENTE E FUTURO

Rosario Di Lorenzo

Università di Palermo, Dipartimento Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali

Fino alla comparsa della fillossera (*Daktulosphaira vitifoliae*, Fitch.) in Europa (fine XIX secolo) la vite veniva propagata per via vegetativa mediante talea e propaggine. L'innesto era praticato solamente per sostituire nel vigneto piante improduttive o varietà poco idonee. Le viti erano in ogni caso caratterizzate, quindi, dall'averne apparato radicale e aereo della stessa specie: la *Vitis vinifera* (viticoltura pre-fillosserica).

La viticoltura post-fillosserica, invece, si caratterizza per la diversità genetica dell'apparato radicale (portinnesto) in cui è presente materiale genetico di specie del genere *Vitis* di origine americana e apparato aereo (nesto) rappresentato da *Vitis vinifera*.

Si stima che oggi oltre l'85% della viticoltura mondiale sia innestata e che 10 varietà di portinnesti rappresentino il 90% di quelli utilizzati.

Nel Registro Nazionale delle varietà di Vite, sono iscritte 46 varietà di portinnesti: il 71,8 % è stato iscritto tra il 1971 e il 1990; il 13% tra il 1991 e il 2010 e il 15,2% dopo il 2010 (M1, M2, M3 ed M4 proposti dall'Università di Milano, Star 50 e Star 75 proposti dall'Università di Bologna e Georgikon 28 ottenuto in Ungheria).

I portinnesti utilizzati nel 2019 per l'impianto dei vigneti con barbatelle selvatiche sono gli ibridi *V. berlandieri* x *V. rupestris* 140Ru (58,8%), 1103P. (25,4%) e 775 P. (4%), mentre per la produzione di barbatelle innestate il vivaismo nazionale ha utilizzato come portinnesto le varietà Kober 5BB (33,2%), SO4 (16,8) e il 420A (2,9%) ibridi *V. berlandieri* x *V. riparia*, e gli ibridi *V. berlandieri* x *V. rupestris* 1103P. (21%), 110R (13,3%) e 140Ru. (4,8%) (dati del Servizio Nazionale Certificazione Vite).

Quindi le "radici" del nuovo vigneto italiano impiantato nel 2019 sono rappresentate per circa il 90%, soltanto da 7 varietà di portinnesti, tutti selezionati tra il 1869 e il 1920 e iscritti nel Registro nazionale nel 1971.

Considerazioni simili possono essere fatte per la viticoltura francese e spagnola.

I dati evidenziati sollevano inevitabilmente innumerevoli riflessioni e quesiti: la componente genetica dell'apparato radicale del "nuovo" vigneto Italiano è idonea per le sfide della viticoltura del prossimo ventennio?; le problematiche poste dal cambiamento climatico, dalle esigenze di sostenibilità del sistema viticolo, dalla necessità di raggiungere obiettivi produttivi diversi e di garantire alla viticoltura una capacità competitiva rispetto ad altri comparti produttivi, possono essere affrontate in modo efficace con portinnesti selezionati nel secolo scorso? È ovvia la necessità per il comparto di tornare a porre grande attenzione al portinnesto e quindi all'apparato radicale della vite, ricordando che già Democrito (460-370 A.C.) sosteneva che: "gli alberi potessero essere paragonati a uomini capovolti con la testa infissa nel suolo e i piedi all'aria": le radici sono il centro di comando. La ricerca riconosce il ruolo del portinnesto sulla fenologia, sullo sviluppo vegetativo delle piante, sull'adattamento e sulle risposte a differenti condizioni abiotiche e biotiche, sull'assorbimento e traslocazione di acqua e nutrienti, sul microbioma e sulla quantità e qualità delle produzioni. Oggi c'è la consapevolezza, come è dimostrato da progetti di ricerca nazionali (Progetto Ager-Serres) e internazionali, attività editoriali (VINIFERA-Ripartiamo dalle Radici edizione AssoEnologi) e simposi (Proceedings of the I International Symposium on Grapevine roots, ISHS 2016) di riprendere gli Studi sui portinnesti.

E' ormai improcrastinabile per la viticoltura italiana avviare programmi di ricerca, di studio e di miglioramento genetico sui portinnesti finalizzati alla individuazione, costituzione e iscrizione nel Registro Nazionale di nuove varietà di portinnesto, studiando i portinnesti già costituiti presenti nelle collezioni varietali ma non utilizzati dal vivaismo viticolo, valorizzando l'ampia ma poco esplorata variabilità inter e intraspecifica presente nel genere *Vitis*, adottando le più moderne tecnologie di breeding e di valutazione delle accessioni, sviluppando però programmi Nazionali che vedano coinvolte tutte le necessarie competenze e partecipi tutti gli Attori della Filiera vitivinicola.

THE “ROOTS” OF THE ITALIAN VINEYARD: PAST, PRESENT AND FUTURE.

Until first reported phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch.) infestation in Europe (late XIX century), the vine plants was vegetatively propagated by cutting and offshoot (pre-phylloxera viticulture).

Grafting was practiced only to replace unproductive plants or unsuitable varieties. The vines were therefore characterized by having a root and aerial system of the same species: *Vitis vinifera*.

Post-phylloxera viticulture, on the other hand, was characterized by the genetic diversity between the root system (rootstock), in which is also present genetic material of species of the genus *Vitis* of American origin, and the aerial system (graft), still represented by *Vitis vinifera*.

To date, over 85% of world viticulture is grafted and only 10 varieties of rootstocks represent 90% of the total rootstocks used.

In the Italian National Register of Vine Varieties are registered 46 varieties of rootstocks: 71.8% were registered between 1971 and 1990; 13% between 1991 and 2010 and 15.2% after 2010 (M1, M2, M3 and M4 proposed by University of Milan, Star 50 and Star 75 proposed by University of Bologna, Georgikon 28 obtained in Hungary).

The rootstocks used in 2019 for planting vineyards (data from SNCV, National Vine Certification Service) are inter-specific crosses of American species *V. berlandieri* x *V. rupestris* 140Ru (58, 8%), 1103P (25.4%) and 775P (4%). For the production of grafted cuttings instead, the national nursery used Kober 5BB (33.2%), SO4 (16.8) and 420A (2.9%) (*V. berlandieri* x *V. riparia*) and 1103P. (21%), 110R (13.3%) and 140Ru. (4.8%) (*V. berlandieri* x *V. rupestris*).

So the "Roots" of the new Italian vineyard, planted in 2019, used over 90% of only 7 varieties of rootstocks, all selected between 1869 and 1920 and registered in the Italian National Register of Vine Varieties in 1971. Similar considerations can be made for French and Spanish viticulture.

These data inevitably raise reflections and doubt: is the genetic component of the root system of the new Italian vineyard suitable for the viticulture challenges of the next twenty years? Can the problems deriving from climate change, from the need for sustainability, from the need to achieve different production objectives be dealt effectively with rootstocks selected in the last century? And can it guarantee the competitiveness of viticulture compared to other production sectors?

It is obvious the need to re-focus on rootstock and, therefore, to the root system of the vine, recalling that Democritus (460-370 BC) already argued that: “the trees could be compared to men upside-down: their heads stuck in the ground and their feet in the air”: roots are the command center.

The research recognizes the role of rootstocks on phenology, vegetative development of plants, adaptation and responses to different abiotic and biotic conditions, absorption and translocation of water and nutrients, on the microbiome and the quantity and quality of productions. Today there is awareness, as demonstrated by national research projects (Ager-Serres Project) and international publishing activities (VINIFERA-Ripartiamo dalle Radici edition AssoEnologi) and Symposiums (Proceedings of the I International Symposium on Grapevine roots ISHS 2016) to resume studies on rootstocks.

It is therefore urgent for Italian viticulture to start research and genetic improvement programs on rootstocks in order to identify, establish and register new varieties of rootstocks, study rootstocks already constituted but not used by grapevine nurseries, enhance the wide but little explored inter- and intra-specific variability of genus *Vitis* and adopt the most modern technologies of breeding and evaluation of accessions by developing National programs that involve all the necessary skills and all the actors of the wine sector.

LA SOCIETÀ INVISIBILE E LE RADICI DELLE PIANTE COLTIVATE

Marco Nuti, Laura Ercoli

Scuola di Studi Superiori Sant'Anna

Che da piante sane possa dipendere una sana alimentazione per gli animali e gli esseri umani è considerato intuitivo. Ma che la salute e benessere delle piante dipenda dalla salute e benessere del suolo è concetto sostanziato sperimentalmente in tempi recenti, in particolare per quel che riguarda l'interfaccia tra il suolo e le radici delle piante. Infatti, mentre la cognizione della predisposizione del suolo ad ospitare la crescita delle piante coltivate risale ad almeno 6000 anni fa (i libri cinesi Yugong e Zhouli scritti durante le dinastie Xia e Zhou; Harrison et al, 2010) e si arricchisce durante la civiltà egizia e quella romana, è solo dagli anni '90 del secolo scorso che s'incomincia a parlare di "salute" del suolo, riferita anche come "qualità" del suolo. Il termine "salute del suolo" ha la sua origine nella osservazione che la qualità del suolo influenza la salute umana ed animale attraverso la qualità delle colture agrarie (Warkentin, 1995). Essa può essere definita come la "capacità continua del suolo a funzionare come un ecosistema vivente che sostiene piante, animali ed esseri umani" (National Resources Conservation Service, 2019 <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/health/>) senza diventare degradato o capace di danneggiare l'ambiente (Buneman et al., 2018). I parametri per definire lo stato di "salute" di un terreno agrario (sempre in relazione ad una zona pedo-climatica ed alla gestione agronomica; E.K. Bunemann, www.isqaper-project.eu, 2016-2020) comprendono le proprietà: chimiche (pH, C, N, P, S, micro-elementi, sostanza organica), fisiche (tessitura, macro- e micro-aggregati), biochimiche (attività enzimatiche) e quelle biologiche (densità, composizione, struttura del micro- meso- e macro-biota, densità e biodiversità delle sotto-popolazioni). L'interfaccia suolo/pianta consente ad una sotto-popolazione del microbiota terricolo, dopo un intensissimo scambio di segnali bio-molecolari con le radici emergenti, di colonizzare la pianta stessa a livello di radice (rizoplana, endo- ed eso-rizosfera), di caule (endo- ed eso-caulosfera), di foglie (endo- ed eso-fillosfera). Si ritiene oggi che il ruolo degli endofiti sia da rivalutare rispetto al passato, soprattutto in termini di contributo alla difesa e nutrizione della pianta, tanto che quest'ultima è considerata un olo-bionte, cioè un super-organismo formato da due diverse entità biotiche, il vegetale e il microbiota. Questa nuova visione è sostanziata dalle evidenze che il microbiota induce variazioni essenziali di espressione genica nel vegetale, quand'anche non si consideri che i microrganismi sono capaci di trasmettere nuove informazioni genetiche alla pianta, trasformandole. In quali termini queste interazioni biocenotiche si traducono in una concreta gestione agronomica sostenibile? In un quadro di un'agricoltura che deve sostenere una domanda crescente di cibo, sia in quantità che qualità, nella metà nascosta degli ecosistemi e cioè i terreni agrari, la rizosfera è la parte più attiva di questa frontiera, nella quale i processi biogeochimici influenzano la nutrizione della pianta e il biota terricolo determina la capacità della pianta a reagire agli stress ambientali (ad es. i cambiamenti climatici) e biotici (ad es. i fitopatogeni) (McNear, 2013). Sfida epocale per specialisti agronomi, chimici, economisti, fisiologi, genetisti, microbiologi, sociologi e per la società civile in generale. Considerando che sia per il biota terricolo che per le interazioni pianta-microrganismi sono la cooperazione e l'interazione funzionale a prevalere, indicherei come prioritarie per la ricerca le aree della selezione di sistemi colturali in grado di potenziare l'accumulo di carbonio la sua protezione fisica nel terreno e, congiuntamente, della selezione di piante con sistemi radicali che meglio rispondono agli stimoli microbici ed interagiscono con i microrganismi rizosferici. Se riusciremo a riportare i terreni agrari ad un maggior stato di "salute", a coltivare piante sane e ben dotate di principi nutrizionali appropriati, forse potremo affrontare la salute umana ed animale con una prospettiva di vera sostenibilità ambientale.

It is an intuitive concept that healthy nutrition for animals and humans depend on healthy plants. But only recently it was experimentally substantiated that the health and well-being of plants depends on the health and well-being of the soil, and specifically of the interface between the soil and the roots of plants. While the concept of the ability of soil to sustain cultivated plants dates back to at least 6000 years ago (the Chinese books *Yugong* and *Zhouli* written during the Xia and Zhou dynasties; Harrison et al, 2010) and is further supported and extended during the Egyptian civilization and the Roman one, it is only from the '90s of the last century that we began to talk about soil "health", also referred to as soil "quality". The term "soil health" originates from the observation that soil quality affects human and animal health through the quality of agricultural crops (Warkentin, 1995). It can be defined as the "continuous capacity of the soil to function as a living ecosystem that supports plants, animals and humans" (National Resources Conservation Service, 2019 <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/health/>) without becoming degraded or capable of damaging the environment (Buneman et al., 2018). The parameters to define the state of "health" of an agricultural soil (related to a given pedo-climatic area and agronomic management; EK Bunemann, www.isqaper-project.eu, 2016-2020) include chemical (pH, C, N, P, S, micro-elements, organic matter), physical (texture, macro- and micro-aggregates), biochemical (enzymatic activities) and biological properties (density, composition, structure of the micro-meso - and macro-biota, density and biodiversity of sub-populations). The soil/plant interface allows a sub-population of the soil microbiota, after an intense exchange of bio-molecular signals with the emerging roots, to colonize the plant itself at the root level (rhizoplane, endo- and exo-rhizosphere), of caule (endo- and exo-caulosphere), of leaves (endo- and exo-phyllosphere). Recent scientific advances have demonstrated the important role endophytes, especially in terms of contribution to plant defense and nutrition. Therefore, plant and associated microbiota can be regarded as a single organism, the "holobiont". This paradigm is substantiated by the evidence that microbiota induces variations of gene expression in the plant, even not considering that microorganisms are capable of transforming plant genome. How these biotic interactions can be translated into concrete and sustainable agronomic management? For an agriculture able to support a growing demand for food, both in quantity and quality, the rhizosphere is the most active part of the hidden half of the ecosystem, i.e. the agricultural soil, where biogeochemical processes influence plant nutrition and soil biota determine the plant ability to adapt to environmental (e.g. climate change) and biotic (e.g. phytopathogens) stresses (McNear, 2013). These are epochal challenge for agronomists, chemists, economists, physiologists, geneticists, microbiologists, sociologists and for the civil society in general.

Considering that cooperation and functional interactions among plants and associated microbiota are essential, research priorities are the selection of cropping systems capable of boosting new C additions and enhancing physical protection of the newly added C, together with the selection of plants with root systems that best respond to microbial stimuli and interact with rhizospheric microorganisms. If we succeed to restore agricultural land to a greater health level, to cultivate healthy plants well equipped with appropriate nutritional principles, perhaps we will be able to face human and animal health with a perspective of true environmental sustainability.

IL RAPPORTO TRA LA METÀ NASCOSTA E LA SALUTE DELL'UOMO: IL CASO DELLE NANOPLASTICHE

Mariateresa Russo

Università "Mediterranea" degli Studi di Reggio Calabria

Cresce, finalmente, la consapevolezza che la contaminazione ambientale da microplastiche (MP) e nanoplastiche (NP) sia una minaccia emergente per la biodiversità e per il funzionamento degli ecosistemi. Finora l'attenzione della ricerca si era concentrata sugli effetti di questi contaminanti negli ambienti acquatici, tralasciando quelli su ambienti terrestri ed ecosistemi agricoli. I suoli agricoli, in particolare, sono ampiamente contaminati da MP ma rimangono ancora, in gran parte, sconosciuti l'impatto sugli ecosistemi e ancor di più gli effetti sulla salute umana attraverso l'assunzione di fonti alimentari primarie contaminate.

A colmare le lacune la prima ricerca, condotta dalla Anglia Ruskin University (1), che ha dimostrato come le MP abbiano un effetto inibitore sulla crescita dei lombrichi con pesanti conseguenze sulla fertilità dei suoli e successivi studi che hanno valutato la risposta biofisica del suolo e gli effetti sulla germinazione dei semi o sulla produzione di biomassa.

Ma è lo studio condotto su *Arabidopsis thaliana* (2) che ha fornito prove dirette che le NP - particelle di dimensioni <100 nm derivate MP - possono accumularsi nelle piante con effetti ecologici diretti ed implicazioni sia sulla produttività che sulla sostenibilità agricola e sulla sicurezza alimentare. Nel 2020 uno studio condotto da ricercatori italiani (3) ha dimostrato, per la prima volta, la presenza di NP, traslocate attraverso le radici, nella frutta e verdura abitualmente consumata nel nostro paese

Finally, awareness is growing that environmental contamination by microplastics (MP) and nanoplastics (NP) is an emerging threat to biodiversity and ecosystems. Until now, research has focused on the effects of these contaminants in aquatic environments, leaving aside those on terrestrial environments and agricultural ecosystems. Agricultural soils, in particular, are largely contaminated by MP but the impact on ecosystems is still largely unknown, and even more, the effects on human health through the intake of contaminated primary food sources.

To fill the gaps the first research, conducted by Anglia Ruskin University (1), which demonstrated how MPs have an inhibitory effect on the growth of earthworms with heavy consequences on soil fertility and subsequent studies that evaluated the biophysical response of the soil and the effects on seed germination and biomass production. But it is the study conducted on *Arabidopsis thaliana* (2) that provided direct evidence that NP - particles <100 nm derived MP - can accumulate with direct ecological effects in plants on both productivity and agricultural sustainability and food safety. In 2020 a study conducted by Italian researchers (3) demonstrated, for the first time, the presence of NP, traslocated through the roots, in the fruit and vegetables usually consumed in our country.