Effetti di lavorazione e fertilizzazione del suolo sull’assorbimento dell’Arsenico in frumento duro

written by Rivista di Agraria.org | 1 ottobre 2022
di Lorenzo Boccale, Emanuele Radicetti, Roberto Mancinelli, Papetti Patrizia



Abstract
L’arsenico (As) è un elemento tossico onnipresente: può inquinare il suolo, l’acqua ed essere assimilato dalle piante. L’uomo, attraverso il consumo di acqua o cibo contaminati, può essere esposto a gravi rischi per la salute. Per queste ragioni, risulta utile analizzare il contenuto di arsenico in una delle colture di maggior interesse alimentare: il frumento. In particolare, è interessante valutare come le lavorazioni del terreno e le tecniche di fertilizzazione influenzano l’“*uptake*” di As nei vari caratteri morfologici della pianta. Le lavorazioni del terreno messe a confronto sono state l’aratura, la vangatura e la rippatura; le tecniche di fertilizzazione sono state rispettivamente concimazione organica e minerale. Dai risultati ottenuti si rileva che le lavorazioni del suolo influiscono sul contenuto di arsenico nella radice, nella foglia e nella cariosside della coltura di frumento.

Parole chiave: Arsenico, Lavorazioni del suolo, Fertilizzazione, Frumento, Agroecosistema.

Introduzione
L’arsenico (As) è un elemento chimico appartenente al gruppo dei metalloidi, elementi che allo stato elementare presentano caratteri vicini a quelli dei metalli, mentre i loro composti hanno proprietà non metalliche. Si trova naturalmente nella superficie terrestre (in media 1,5–2,0 mg kg^{-1}). Tuttavia, come osservato in molte aree del mondo la concentrazione di As nel suolo varia notevolmente tra le aree raggiungendo un’alta concentrazione

(sopra 50,0 mg kg^{-1}) nel suolo e nell'acqua (Stazi et al., 2018). La presenza naturale di As nel suolo e nell'acqua è correlata alla presenza di sistemi geotermici (Webster e Nordstrom, 2003; Ballantyne e Moore, 1988) o alle interazioni roccia-acqua che portano alla mobilitazione dell'As dalla falda acquifera (Charlet e Polya, 2006; Smedley e Kinniburgh, 2002). Esistono poi una serie di attività antropiche responsabili dell'accumulo di arsenico nell'ambiente. Elevati livelli, infatti, si accumulano nel suolo attraverso attività geogeniche e antropogeniche come l'estrazione e fusione dei metalli, l'uso di pesticidi contenenti arsenico, erbicidi, conservanti del legno, additivi alimentari e irrigazione con acqua contaminata da arsenico (Mitra et al., 2017). Essendo un elemento ubiquitario, l'arsenico, può inquinare il suolo, l'acqua, essere assimilato dalle piante e arrivare ad altri comparti dell'ecosistema, avendo quindi effetti negativi sulla salute dell'uomo. Esistono diversi modi in cui le persone possono essere esposte a questo metalloide. Il più importante è probabilmente attraverso l'ingestione di acqua potabile o cibo (Le et al., 2000); la presenza di As nell'acqua di irrigazione o nel terreno ad un livello elevato, inoltre, può ostacolare la normale crescita delle piante con sintomi di tossicità come la riduzione della biomassa (Carbonell-Barrachina et al., 1997) e le perdite di resa (Jiang e Singh, 1994). A questo proposito il trasferimento di arsenico dal suolo ai sistemi vegetali è un problema serio che porta a una considerevole esposizione umana (Dave et al., 2013). L'esposizione a lungo termine a basse concentrazioni di As può portare a cancro della pelle, della vescica, dei polmoni e della prostata. Effetti non cancerogeni della sua ingestione a bassi livelli includono malattie cardiovascolari, diabete e anemia (Zhang et al., 2002).
Per valutare il possibile rischio per la salute è importante conoscere il trasporto suolo-pianta di As e cercare di ridurre al minimo l'accumulo di As nelle piante consumate direttamente da esseri umani, animali allevati o animali selvatici (Meharg e Hartley-Whitaker, 2002; Pigna et al., 2010). L'effetto fitotossico dell'arsenico nelle piante è evidenziato da cambiamenti fisiologici come ridotta estensione della radice, clorosi nelle foglie, restringimento e necrosi delle parti aeree della pianta, ecc. (Carbonell et al., 1998). A questo va aggiunto che elevate concentrazioni di elementi potenzialmente tossici, influenzano le popolazioni microbiche del suolo e le attività alle quali sono collegate (MacGrath, 1994; MacGrath et al., 1995). L'assimilazione dell'arsenico da parte delle piante, inoltre, può essere o meno favorita da fattori come il metodo di coltivazione e la specie coltivata.
Il frumento, presenta una limitata capacità di assorbimento dell'arsenico contenuto nel terreno e una limitata capacità di traslocazione dell'elemento nella cariosside. In uno studio condotto su come le differenti concentrazioni di As influenzano la crescita delle piante, la biomassa e l'altezza del grano sono aumentate rispettivamente del 24,1% e del 7,8% in un terreno con concentrazioni di 60 mg kg^{-1} di As, mentre, se esposto a livelli elevati di As (≥80 mg kg^{-1}), l'altezza del grano e la biomassa sono diminuite in modo significativo (Liu et al., 2012). La pianta coltivata nei territori che ricadono all'interno della provincia di Viterbo risulta avere un livello medio di Arsenico sei volte superiore rispetto alla media nazionale. È importante sottolineare come la maggior concentrazione di arsenico nel frumento coltivato nel viterbese sia da ricollegare a un fenomeno del tutto naturale: l'area della Tuscia, infatti, presenta due distretti vulcanici, il Cimino e il Vicano, che nei secoli hanno influenzato la pedogenesi di questi territori attraverso i prodotti vulcanici emessi.
La ricerca ha voluto valutare gli effetti sull'assorbimento dell'arsenico nella coltura di frumento duro (Antalis) delle differenti tecniche di lavorazione (aratura, rippatura, vangatura) e di fertilizzazione nella zona del viterbese.

Sperimentazione

Lo studio è stato condotto in un campo sperimentale del Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali (DAFNE), dell'Università degli Studi della Tuscia, in un appezzamento con suolo di origine vulcanica
I fattori sperimentali a confronto sono stati: la lavorazione del suolo (aratura, rippatura e vangatura) e la fertilizzazione del suolo (minerale e organica).

PROPRIETA' FISICHE	Unità di misura	Valori
Argilla	%	7,8
Limo	%	34,6
Sabbia	%	57,5
Tessitura	Sabbioso- limoso	
Punto di appassimento	%	17,8
Capacità di campo	%	24,8
Acqua disponibile	%	7,0

Tabella 1 - Caratteristiche fisiche del suolo del campo sperimentale

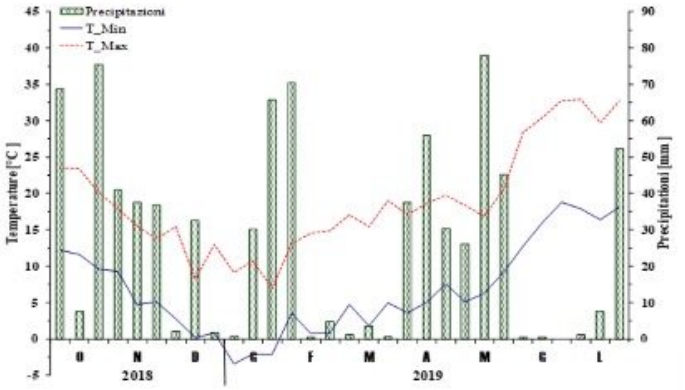


Figura 1 - Andamento delle temperature atmosferiche e delle precipitazioni durante l'anno di sperimentazione

In campo è stato adottato uno schema sperimentale a blocchi randomizzati con tre repliche. Le lavorazioni del suolo con aratro, ripper e vangatrice sono state effettuate tutte alla profondità di 25 cm. Di seguito alla lavorazione principale, su tutte le parcelle è stato effettuato un affinamento del suolo con erpice rotante alla profondità di 5 cm.

Sono stati campionati i diversi caratteri morfologici della pianta (cariosside, fusto, foglia e radice) e analizzato il contenuto di As.

Il campionamento a fine ciclo della coltura di frumento è stato effettuato prelevando un campione (massello) su due file adiacenti per una lunghezza di 2 metri lineari in un'area centrale delle parcelle sperimentali, quindi i campioni sono stati trasferiti in laboratorio per determinare la produzione di granella, fusto, foglie e radici.

In seguito da ogni campione è stato prelevato un sub-campione e sono stati messi in stufa alla temperatura di 70°C fino al raggiungimento di peso costante per determinarne il peso secco.

L'analisi dell'Arsenico presente nella cariosside, nel fusto, nelle foglie e nelle radici, è stata effettuata utilizzando 0,2-0,4 g di campioni mineralizzati attraverso un processo di digestione umida, in presenza di una miscela di 3 ml di acido nitrico (HNO_3 65% RS) e 0,5 mL di perossido di idrogeno (H_2O_2 40% m/v in acqua puramente stabilizzata) fornito da Carlo Erba Reagents. Dopo la digestione acida, la miscela è stata portata a un volume finale di 10 ml (Papetti e Rossi, 2009). La presenza di arsenico è stata determinata attraverso lo spettrofotometro ad assorbimento atomico AA-600 (Perkin Elmer, USA), con un limite di rilevamento dello strumento sul GFAA di 1 ppb.

La calibrazione è stata effettuata utilizzando opportune diluizioni della soluzione madre di As a 1.000 ± 0,002 g L^{-1} in HNO_3 (CPA chem) al 2%, e per garantire la riproducibilità e l'accuratezza del metodo, sono state condotte le stesse analisi su materiale di riferimento standard con un recupero medio di circa il 95 ± 1%. La concentrazione di As è stata espressa in milligrammi per chilo di peso secco (mg kg^{-1} p.s.).

I risultati ottenuti sono stati analizzati statisticamente in un disegno sperimentale a blocchi randomizzati.

Risultati e discussione

L'arsenico è stato assorbito dalla pianta e accumulato nella radice in modo diverso a seconda della lavorazione del terreno effettuata (Fig. 2). L'aratura ha presentato concentrazioni maggiori di arsenico nella radice, seguita poi dalla rippatura e infine dalla vangatura. Per quanto riguarda la tecnica di fertilizzazione, questa non ha influenzato l'assorbimento di As.

Nell'assorbimento di arsenico nello stelo del frumento non hanno interferito significativamente né le lavorazioni del terreno né le tecniche di fertilizzazione (Fig. 3). Tuttavia, i dati fanno rilevare una tendenza di maggiore assorbimento dell'arsenico nella lavorazione con aratro rispetto alle altre due.

Figura 2 - Arsenico (As) nella radice del frumento. (V= vangatura, R= rippatura, A= aratura) [Le lettere minuscole diverse in apice agli istogrammi indicano valori significativamente differenti per P< 0,05

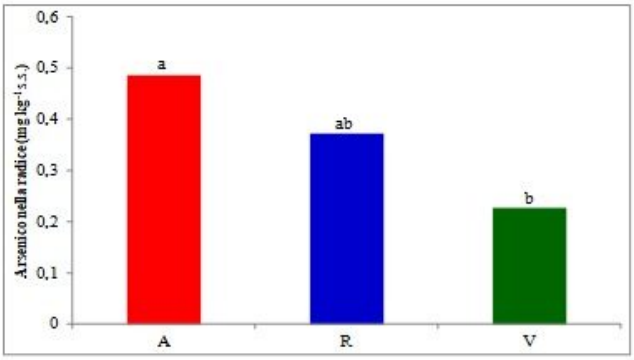
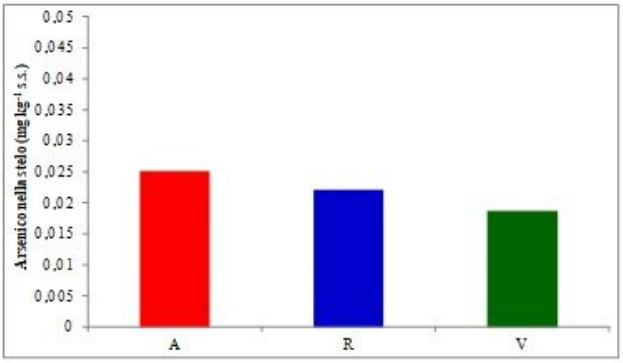


Figura 3 - Arsenico (As) nello stelo del frumento. (V= vangatura, R= rippatura, A= aratura) [Le lettere minuscole diverse in apice agli istogrammi indicano valori significativamente differenti per P< 0,05



Le tecniche di lavorazione del terreno hanno condizionato il contenuto di arsenico nella foglia e nella cariosside (fig.4, fig.5). La rippatura e la vangatura hanno riportato valori più alti rispetto all'aratura, inferiori, comunque, a quelli previsti dalla normativa vigente in termini di contenuto di arsenico. Analizzando, inoltre, l'arsenico assorbito a livello dell'intera pianta, si evince che le lavorazioni influiscano significativamente sull'assorbimento (Fig. 6). L'aratura presenta le più alte concentrazioni rispetto a rippatura e vangatura, che non presentano differenze significative tra di loro.

Figura 4 - Arsenico (As) nella foglia del frumento. (V= vangatura, R= rippatura, A= aratura; M= fertilizzazione minerale, O= fertilizzazione organica) [Le lettere minuscole diverse in apice agli istogrammi indicano valori significativamente differenti per P< 0,05]

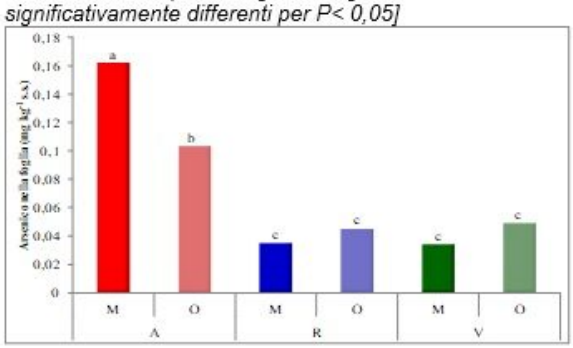
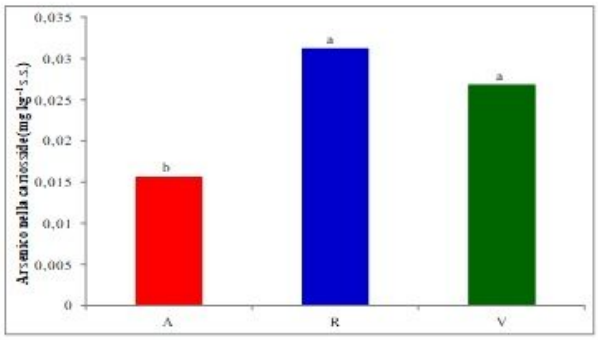


Figura 5 - Arsenico (As) nella cariosside. (V= vangatura, R= rippatura, A= aratura) [Le lettere minuscole diverse in apice agli istogrammi indicano valori significativamente differenti per P< 0,05]



Presumibilmente, i tre sistemi di lavorazione influiscono in modo diverso sull'assimilazione di arsenico da parte della pianta perché la lavorazione del terreno, effettuata in condizioni non ottimali di tempera, può aver generato squilibri o comunque alterazioni alla attività del pool microbico determinando differente disponibilità di nutrienti a favore della coltura in specifici momenti del ciclo vegetativo. L'analisi statistica, la regressione lineare della concentrazione di arsenico nella cariosside rispetto al contenuto di carbonio e azoto nel suolo, evidenzia, come il contenuto di carbonio e di azoto possa incrementare o diminuire la concentrazione di arsenico presente nella cariosside in relazione alla differente tipologia di lavorazione del terreno; nel caso di aratura con bassi livelli di carbonio oppure di azoto nel suolo, si nota un elevato contenuto di As nella cariosside; viceversa, un'elevata presenza di carbonio o di azoto riducono l'assorbimento dell'arsenico nella granella (fig.6, fig.7).

Figura 6 - Stima bivariata di As-frutto rispetto a C suolo nel trattamento con Aratura + fertilizzazione Minerale.
[As-frutto = 0,0609183 - 0,0514948*C suolo # R^2= 0.74 # Prob > F 0,03]

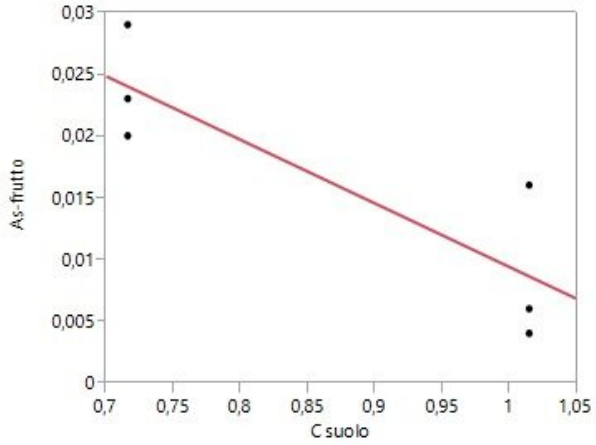
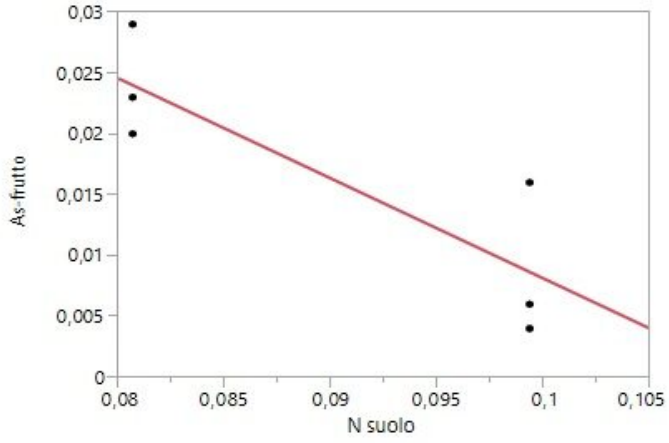


Figura 7 - Stima bivariata di As-frutto rispetto a N suolo nel trattamento con Aratura + fertilizzazione organica.
[As-frutto = 0,0903522 - 0,8218766*N suolo # R^2= 0.73 # Prob > F 0,03]



Conclusioni

Il lavoro di sperimentazione realizzato ha ottenuto dei risultati scientifici interessanti. La ricerca è stata incentrata principalmente su come le tecniche di lavorazione e fertilizzazione del terreno influenzano l'assorbimento di arsenico da parte dei vari caratteri morfologici della pianta di frumento. Sono stati poi analizzati, sempre in funzione dei due trattamenti (lavorazione e fertilizzazione), parametri relativi alla coltura del frumento e al contenuto di carbonio e azoto nelle parcelle di suolo.

I risultati ottenuti rilevano che le tre differenti tecniche di lavorazione del terreno considerate nella sperimentazione (aratura, rippatura, vangatura) influenzano in modo statisticamente significativo l'assorbimento di arsenico nella radice, nella foglia e nella cariosside. Al contrario, si osserva che le due tipologie di fertilizzazione (minerale e organica) non incidono in nessun modo sull'assorbimento di As nella pianta di frumento.

È stata interessante, inoltre, la relazione tra assorbimento di arsenico nella cariosside e contenuto di carbonio o azoto nel suolo in condizione di aratura e rippatura del terreno. Infatti, in base alle lavorazioni, sono stati ottenuti risultati opposti: nel terreno arato dove era presente poco carbonio o poco azoto è stata rilevata un'alta concentrazione di arsenico nella cariosside; nel terreno lavorato con il ripper un'elevata presenza di carbonio o azoto determinava un'alta concentrazione di As nella cariosside.

Per quanto riguarda i parametri colturali possiamo affermare che, lavorazione e fertilizzazione del suolo, hanno fatto rilevare effetti statisticamente significativi per la maggior parte dei caratteri esaminati. Le produzioni di granella sono state influenzate significativamente sia dalle lavorazioni del terreno che dal tipo di fertilizzazione. In dettaglio, la lavorazione risultata più produttiva è senz'altro la rippatura; per quanto concerne la concimazione, quella minerale ha mostrato rese produttive ampiamente maggiori rispetto a quella organica.

Seppur i risultati ottenuti sono particolarmente interessanti non possono ancora essere considerati definitivi ma meritano interesse di prolungamento dello studio per accertare tali effetti anche lungo gli anni a venire e con andamenti climatici differenti.

Bibliografia

Ballantyne, J.M., Moore, J.N. 1988. Arsenic geochemistry in systems. Geochim. Cosmochim. Acta 52, 475e483

Carbonell A., Aarabi M., Delaune R., Gambrell R., Patrick W. Jr, 1998. Arsenic in wetland vegetation: Availability, phytotoxicity, uptake and effects on plant growth and nutrition. The Science of the Total Environment, 217: 189–199.

Carbonell-Barrachina, A.A., Burlo, F., Burgos-Hernandez, A., Lopez, E., Mataix, J. 1997. The influence of arsenite concentration on arsenic accumulation in tomato and bean plants. Scientia Horticulturae. 71, 167–176.

Charlet L., Polya D.A., 2006. Arsenic hazard in shallow reducing groundwaters in southern Asia. Elements 2, 91e96.

Dave R., Singh P., Tripathi P., Shri M., Dixit G., Dwivedi S., Chakrabarty D., Trivedi P.K., Sharma Y.K., Dhankher O.P., et al. 2013. Arsenite tolerance is related to proportional thiolic metabolite synthesis in rice (Oryza sativa L.). Arch.

Environ. Contam. Toxicol. 64, 235–242.
MacGrath S.P. 1994. Effects of heavy metals from sewage sludge on soil microbes in agricultural ecosystems, p. 242–274. In Ross, S. M. (ed.), Toxic metals in soil-plant systems. John Wiley, Chichester.
Le X.C., Yalcin S., Ma M. 2000. Speciation of submicrogram per liter levels of arsenic in water: on-site species separation integrated with sample collection. Environmental Science and Technology, 34: 2342–2347.
MacGrath S.P., Chaudri A.M. and Giller K.E. 1995. Longterm effects of metals in sewage sludge on soils, microorganisms and plants. J. Ind. Microbiol., 14, 94–104.
Mancinelli R., Radicetti E., Muleo R., Marinari S., Bravo I., Papetti P. 2019. Can Hairy Vetch Cover Crop Affects Arsenic Accumulation in Vegetable Crops? Agriculture 9, 89, 10 pages.
Mitra A., Chatterjee S., Moogouei R., and Gupta K. D. 2017. Arsenic Accumulation in Rice and Probable Mitigation Approaches: A Review Agronomy, 7, 67, pages 22.
Meharg A.A., Hartley-Whitaker J. 2002. Arsenic uptake and metabolism in arsenic resistant and non resistant plant species. New Phytol. 154, 29–43.
Pigna M., Caporale A.G., Cozzolino V., Fernández López C., Mora M. L., Sommella A. and Violante A. 2012. Influence of phosphorus on the arsenic uptake by tomato (Solanum lycopersicum L) irrigated with arsenic solutions at four different concentrationsJournal of Soil Science and Plant Nutrition, 12 (4), 775-784.
Pigna M., Cozzolino V., Giandonato Caporale A., Mora M.L., Dimeo V., Jara A.A., Violante A. 2010. Effects of phosphorus fertilization on arsenic uptake by wheat grown in polluted soils. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 10: 428–422.
Smedley P.L., Kinniburgh D.G. 2002. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. Appl. Geochem. 17, 517e568
Stazi S.R., Mancinelli R., Marabottini R., Allevato E., Radicetti E., Campiglia E., Marinari S. 2018. Influence of organic management on As bioavailability: Soil quality and tomato As uptake. Chemosphere, 211, 352–359.
Webster J.G., Nordstrom D.K., 2003. Geothermal arsenic. In: Welch A.H., Stollenwerk K.G. (Eds.), Arsenic in Groundwater. Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts, pp. 101e125.
Zhang W., Cai Y., Tu C., Ma L.Q. 2002. Arsenic speciation and distribution in an arsenic hyperaccumulating plant. The Science of Total Environment, 300: 167–177.

Lorenzo Boccale – Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali – Università degli Studi della Tuscia Via S. Camillo de Lellis – 01100 Viterbo, Italy
Emanuele Radicetti – Dipartimento di Scienze chimiche, farmaceutiche ed agrarie e Forestali – Università degli Studi di Ferrara Via Luigi Borsari, n. 46 – 44121 Ferrara, Italy
Roberto Mancinelli – Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali – Università degli Studi della Tuscia Via S. Camillo de Lellis – 01100 Viterbo, Italy
Papetti Patrizia – Dipartimento di Economia e Giurisprudenza, Laboratorio di Analisi merceologiche e Territoriali (LAMeT), Università di Cassino e del Lazio meridionale, Via Sant'Angelo, Località Folcara, Cassino 03043, Italy.