



IRRIGAZIONE DEL CARCIOFO CON ACQUE REFLUE DEPURATE: VALUTAZIONE DEL CONTENUTO DI METALLI PESANTI NEL SUOLO E NEI CAPOLINI

Gatta G., **Gagliardi A.**, Disciglio G., Lonigro A., Francavilla M., Tarantino E., Giuliani M.M.

*Dipartimento di Scienze Agrarie, degli Alimenti e dell'Ambiente
Università di Foggia*

FIERA MACFRUT
SEMINARIO SCIENTIFICO
GRUSI ANBI CER

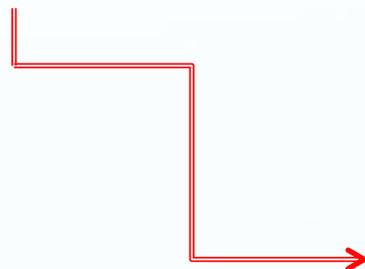
Rimini 11 maggio 2018



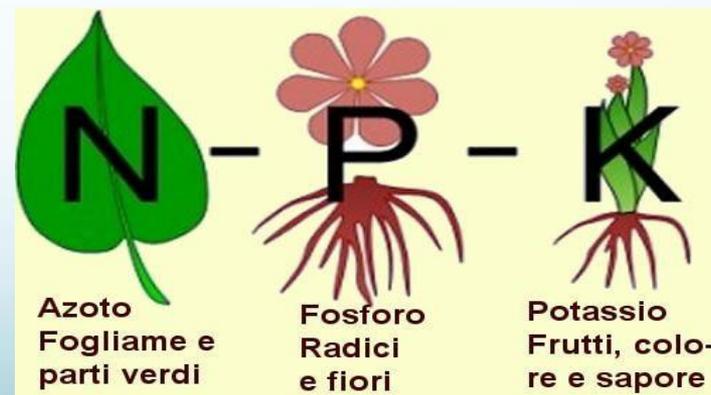
IMPIEGO DI ACQUE REFLUE DEPURATE



Una possibile integrazione all'impiego delle risorse idriche tradizionali per l'irrigazione delle colture agrarie

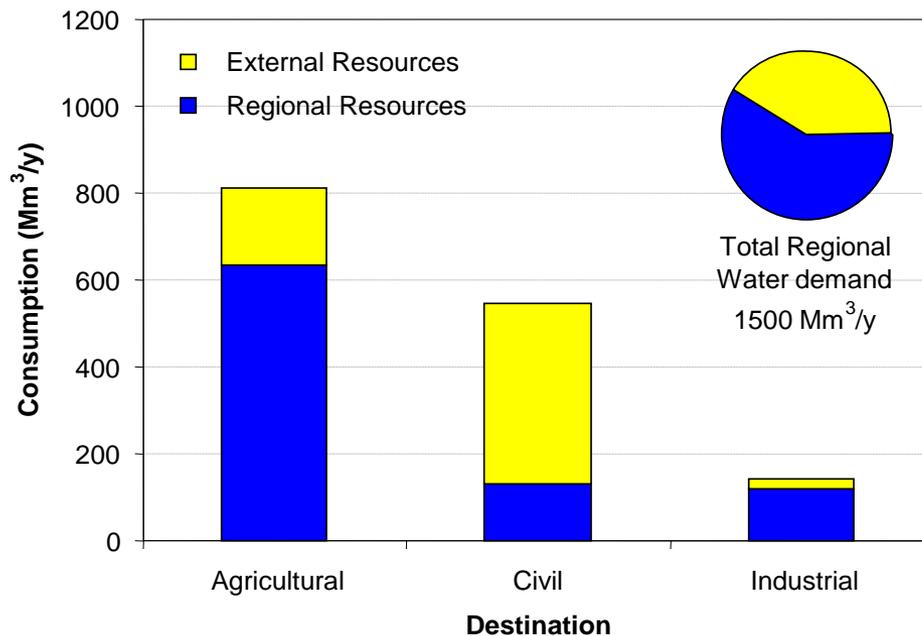


ACQUE REFLUE DEPURATE





IMPIEGO DI ACQUE REFLUE DEPURATE



Risparmio di risorsa idrica
primaria = 10%



- Totale stimato di acque reflue urbane potenzialmente disponibili → 150 Mm³/anno
- Impianti di trattamento terziari disponibili → 90 Mm³/anno



IMPIEGO DI ACQUE REFLUE DEPURATE

Se si vuol promuovere l'impiego di acque reflue urbane depurate in agricoltura risulta fondamentale garantire la sicurezza igienico-sanitaria dei prodotti destinati al consumo umano, a causa della possibile presenza di vari inquinanti.

DECRETO LEGGE N. 185 DEL 12 GIUGNO 2003



Detta le norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in agricoltura, disciplinandone le destinazioni d'uso ed i relativi requisiti di qualità.



METALLI PESANTI

I metalli pesanti non presentano generalmente concentrazioni elevate nei reflui urbani, perché la maggior parte di essi viene rimossa efficacemente nel corso dei trattamenti di depurazione, attraverso i fanghi.

Un eventuale accumulo di metalli pesanti nel suolo, interesserebbe principalmente gli strati più superficiali, ma non si può escludere una loro migrazione verso orizzonti più profondi, fino ad interessare la falda.

Concentrazioni elevate nel suolo di metalli pesanti

qualità del suolo

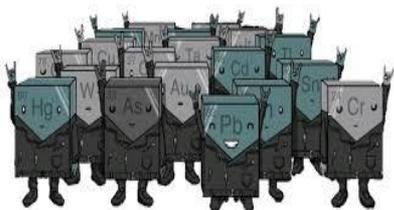
colture agrarie

uomo



OBIETTIVI

valutare la dinamica dei principali *metalli pesanti* presenti in acque reflue depurate nel sistema suolo/pianta, monitorando nel tempo il loro accumulo nel suolo e nella coltura orticola di interesse (nel nostro caso *Cynara cardunculus* L.)



stimare il *fattore di bioaccumulo* (BAF), indice del potenziale assorbimento dell'inquinante dal suolo alla pianta, sia in funzione dei metalli totali che della frazione biodisponibile nel suolo



valutare l'*indice di rischio* (HI) relativo agli effetti negativi sulla salute umana



Partners

Project



- UNIV. BARI (prof. P. Rubino)
- CNR-IRSA (dott. A. Lopez)
- UNIV. FOGGIA (prof. E. Tarantino)
- UNIV. LECCE
- IAM - Bari
- C.R.A. SCA - Bari
- AQUASOIL srl - Fasano
- INTESIS srl - Bari
- BIOTEC srl Molfetta
- FIORELISI srl - Foggia
- SERECO srl - Noci (BA)
- ECOIMPIANTI SUD srl - Brindisi
- ELETTR. CMC srl - Foggia

Innovazioni Tecnologiche e di processo per il Riutilizzo irriguo delle acque Reflue urbane e Agroindustriali ai fini della gestione sostenibile delle risorse idriche (In.Te.R.R.A).

Obiettivo

Il presente lavoro, è stato svolto nell'ambito del Programma Operativo Nazionale (PON) "Ricerca & Competitività 2007-2013", con l'obiettivo di promuovere l'uso delle acque reflue urbane ed agro-industriali trattate, per l'irrigazione di colture food e no-food, fornendo adeguate informazioni operative all'uso di questa acqua "speciale", per minimizzare il rischio e massimizzare la tutela ambientale.



Materiali e Metodi (*Trattamenti e disegno sperimentale*)

-
- **Prova di campo** È stata condotta a Trinitapoli (FG, Puglia) durante due stagioni di crescita (2012-2013 and 2013-2014)
-
- **Coltura** Carciofo (*Cynara cardunculus* L. subsp. *scolymus* Hayek)
-
- **Trattamenti** 3 tipi di acque per l'irrigazione:
- acqua convenzionale - FW
 - acqua in uscita dal trattamento secondario - SWW
 - acqua in uscita dal trattamento terziario - TWW
-
- **Condizioni agronomiche**
- trapianto Luglio 2012
 - 6.400 piante ha⁻¹ (1.25 m x 1.25 m)
 - medio impasto (classificazione U.S.D.A.)
 - sistema di irrigazione a goccia
 - durante il ciclo colturale sono state effettuate le normali pratiche agronomiche in uso nella zona
-

Impianto di depurazione a servizio del Comune di Trinitapoli gestito da AQP





Impianto di prefiltrazione a
sabbia



Vasca di accumulo acqua prefiltrata



Sezione di ultrafiltrazione
(filtrazione a membrana - MBR)



Materiali e Metodi (*Acqua, suolo, piante e capolini*)

-
- **Acqua** 6 prelievi in entrambe le stagioni di crescita

 - **Suolo** i campioni sono stati prelevati prima del trapianto e alla fine dei due cicli colturali, a 2 differenti profondità: 40 cm e 80 cm

 - **Pianta/Capolini** 3 campionamenti di capolini (Novembre, Marzo e Maggio) ed un campionamento dell'intera pianta a fine ciclo, per entrambe gli anni

 - **Raccolta** Raccolta scalare eseguita ogni 7 giorni:
 - ◆ da Novembre 2012 a Maggio 2013 (prima stagione di crescita)
 - ◆ da Ottobre 2013 a Maggio 2014 (seconda stagione di crescita)
-



Materiali e Metodi (*Determinazione dei metalli pesanti in acqua, suolo, pianta e capolini*)

| Metalli | | Metodo |
|------------------|---------------------|--|
| ➤ Alluminio (Al) | mg kg ⁻¹ | ICP-OES - Inductively coupled plasma optical emission spectroscopy |
| ➤ Cadmio (Cd) | mg kg ⁻¹ | |
| ➤ Cobalto (Co) | mg kg ⁻¹ | |
| ➤ Cromo (Cr) | mg kg ⁻¹ | |
| ➤ Ferro (Fe) | mg kg ⁻¹ | |
| ➤ Nichel (Ni) | mg kg ⁻¹ | |
| ➤ Zinco (Zn) | mg kg ⁻¹ | |
| ➤ Manganese (Mn) | mg kg ⁻¹ | |



Materiali e Metodi (*Determinazione dei metalli pesanti in acqua, suolo, pianta e capolini*)

Determinazione metalli pesanti totali nel suolo



- SW-846 EPA Method 3051, Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils, in: Test Methods for Evaluating Solid Waste, 3rd Edition, 3rd Update, US Environmental Protection Agency, Washington DC, 1995.

Determinazione metalli disponibili nel suolo



- ISO 14870, 2001, Soil Quality-Extraction of Trace Elements by Buffered DTPA Solution; Geneva, Switzerland, 2001.

Determinazione metalli pesanti pianta/capolini



- SW-846 EPA Method 3050B, Acid digestion of sediments, sludges and soils, in: Test Methods for Evaluating Solid Waste, 3rd Edition, 3rd Update, US Environmental Protection Agency, Washington DC, 1995.



Materiali e Metodi (*Fattore di bioaccumulo e indice di rischio*)

Il *fattore di bioaccumulo* (BAF) è un indice correlato all'accumulo di un particolare metallo nella pianta rispetto alla sua concentrazione nel suolo ed è stato calcolato secondo la seguente equazione:

$$\text{BAF} = \frac{C_{\text{plant}}}{C_{\text{soil}}} \quad \text{Cui et al., 2004}$$

In questo studio il BAF è stato calcolato sia in funzione dei metalli totali (BAF_t) che in funzione della frazione disponibile estratta con DTPA (BAF_e).

L'indice di rischio (HI), usato per determinare il rischio sulla salute umana, è stato stimato paragonando l'assunzione giornaliera di un particolare metallo, attraverso la parte edule del carciofo, con la corrispondente dose di riferimento (RfD_m) (US EPA guidelines).

$$\text{HI} = \frac{\text{Ef} \times \text{Ed} \times \text{DI}}{\text{RfD} \times \text{BW} \times \text{ET}}$$

Risultati



Article

Irrigation with Treated Municipal Wastewater on Artichoke Crop: Assessment of Soil and Yield Heavy Metal Content and Human Risk

Giuseppe Gatta ^{1,*} , Anna Gagliardi ¹ , Grazia Disciglio ¹, Antonio Lonigro ²,
Matteo Francavilla ¹, Emanuele Tarantino ¹ and Marcella Michela Giuliani ¹ 

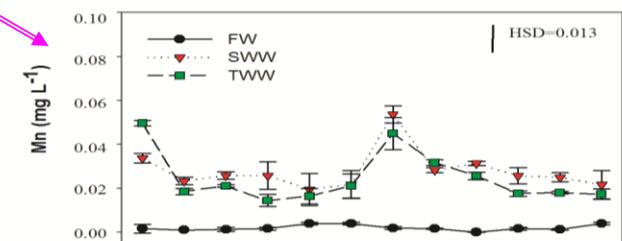
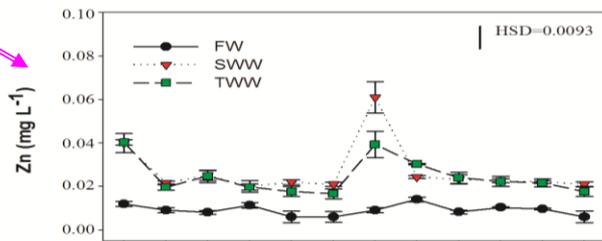
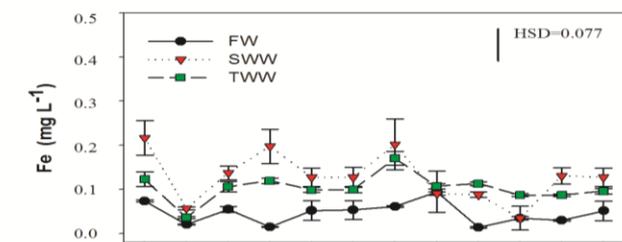
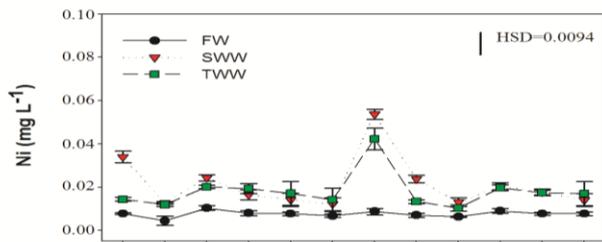
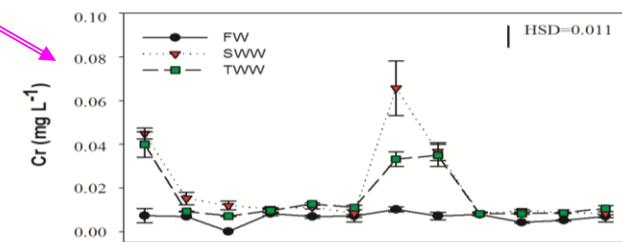
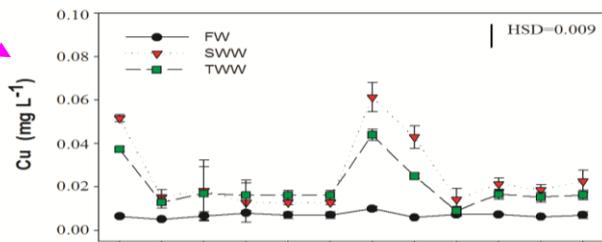
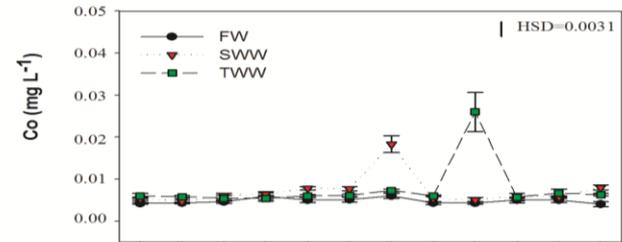
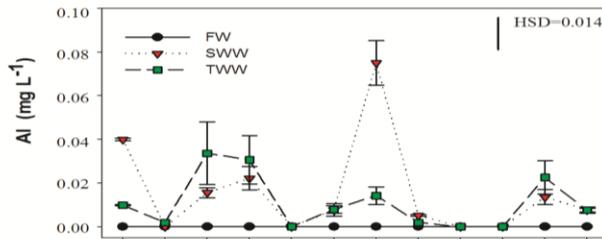
¹ Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Foggia, 71122 Foggia, Italy; anna.gagliardi@unifg.it (A.G.); grazia.disciglio@unifg.it (G.D.); matteo.francavilla@unifg.it (M.F.); emanuele.tarantino@unifg.it (E.T.); marcella.giuliani@unifg.it (M.M.G.)

² Department of Agricultural and Environmental Science, University of Bari, 70121 Bari, Italy; antonio.lonigro@uniba.it

* Correspondence: giuseppe.gatta@unifg.it; Tel.: +39-0881-589238

Received: 3 February 2018; Accepted: 26 February 2018; Published: 1 March 2018

Risultati – Metalli pesanti nelle acque di irrigazione



S_{w1} S_{w2} S_{w3} S_{w4} S_{w5} S_{w6} S_{w7} S_{w8} S_{w9} S_{w10} S_{w11} S_{w12}
 GS₁ GS₂

S_{w1} S_{w2} S_{w3} S_{w4} S_{w5} S_{w6} S_{w7} S_{w8} S_{w9} S_{w10} S_{w11} S_{w12}
 GS₁ GS₂

FW = Fresh Water

SWW = Secondary -Treated Wastewater

TWW = Tertiary -Treated Wastewater

Risultati – Metalli pesanti totali nel suolo

| Experimental Factor | Total Heavy Metal Content (mg kg ⁻¹) | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|----|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | Al | Co | Cr | Cu | Fe | Ni | Zn | Mn |
| Irrigation water (IW) | ns | | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| FW | 2827.9 ± 45.8 | nd | 21.4 ± 1.7 | 21.0 ± 1.7 | 18,007.6 ± 298.1 | 18.3 ± 1.8 | 51.8 ± 3.1 | 504.1 ± 13.9 |
| SWW | 2839.8 ± 45.2 | nd | 22.7 ± 1.7 | 21.6 ± 1.8 | 17,554.4 ± 193.2 | 19.3 ± 1.5 | 50.3 ± 2.7 | 528.0 ± 133 |
| TWW | 2915.6 ± 57.8 | nd | 22.3 ± 0.6 | 21.1 ± 0.9 | 18,228.1 ± 244.4 | 19.1 ± 0.5 | 51.9 ± 4.1 | 524.9 ± 12.1 |
| → Soil depth (H) | *** | | *** | *** | * | *** | *** | *** |
| H ₁ | 3007.2 ± 24.9 ^a | nd | 24.3 ± 0.8 ^a | 25.8 ± 2.2 ^a | 17,615.1 ± 183.4 ^b | 20.4 ± 0.9 ^a | 56.7 ± 2.3 ^a | 562.3 ± 6.5 ^a |
| H ₂ | 2715.1 ± 33.3 ^b | nd | 20.0 ± 0.9 ^b | 18.3 ± 0.3 ^b | 18,244.7 ± 214.7 ^a | 17.5 ± 1.0 ^b | 46.2 ± 1.5 ^b | 475.8 ± 6.7 ^b |
| Soil sampling date (S _s) | ns | | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| S _{s1} | 2959.4 ± 54.2 | nd | 22.2 ± 1.6 | 21.2 ± 1.7 | 18,179.5 ± 288.8 | 18.2 ± 1.4 | 51.6 ± 2.5 | 517.7 ± 13.3 |
| S _{s2} | 2845.8 ± 53.1 | nd | 22.3 ± 1.9 | 22.3 ± 1.8 | 17,632.2 ± 226.3 | 19.4 ± 1.6 | 51.5 ± 4.2 | 516.2 ± 12.7 |
| S _{s3} | 2832.2 ± 42.3 | nd | 21.8 ± 0.7 | 22.1 ± 1.0 | 17,978.2 ± 247.8 | 19.2 ± 0.9 | 50.9 ± 3.5 | 523.1 ± 13.7 |

FW = Fresh Water

SWW = Secondary -Treated Wastewater

TWW = Tertiary -Treated Wastewater

Risultati – Metalli pesanti disponibili nel suolo estratti con DTPA

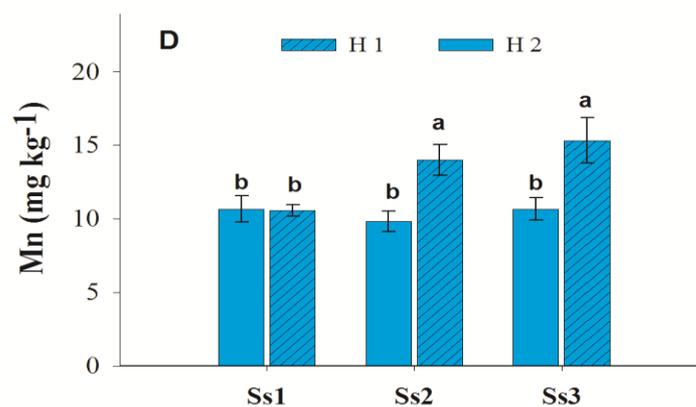
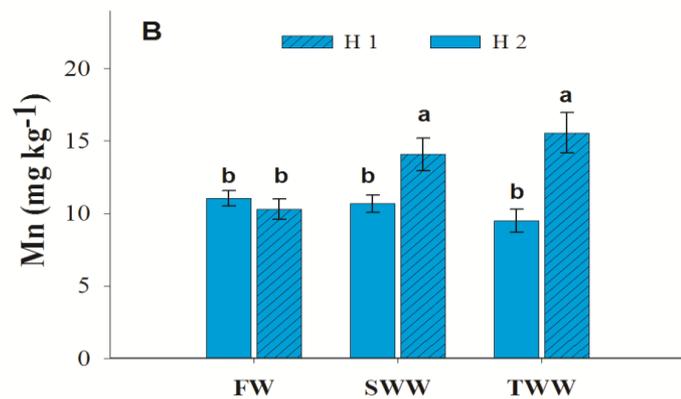
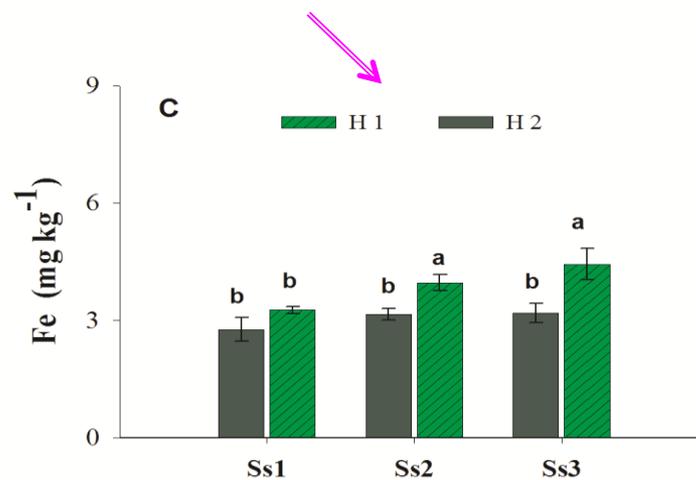
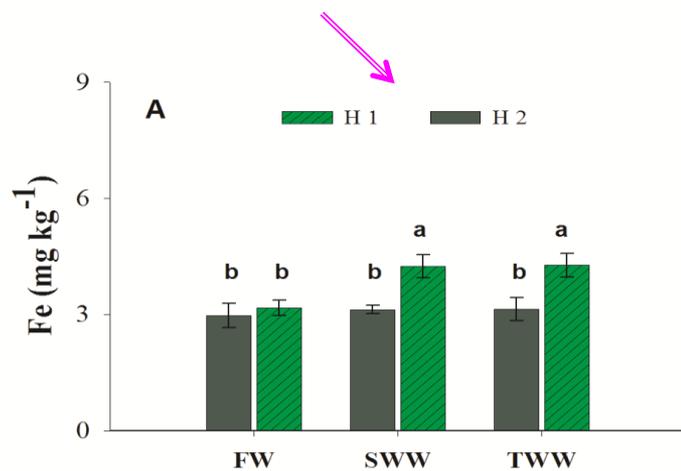
| Experimental Factor | Exchangeable Heavy Metal Content (mg kg ⁻¹) | | | | | |
|---------------------------|---|----|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Al | Co | Cr | Cu | Ni | Zn |
| → Irrigation water (IW) | *** | | * | ** | *** | ** |
| FW | 0.64 ± 0.02 ^b | nd | 0.34 ± 0.01 ^b | 3.02 ± 0.15 ^b | 0.29 ± 0.02 ^b | 6.78 ± 0.28 ^b |
| SWW | 0.74 ± 0.01 ^a | nd | 0.41 ± 0.02 ^a | 3.52 ± 0.20 ^a | 0.41 ± 0.02 ^a | 7.60 ± 0.24 ^a |
| TWW | 0.70 ± 0.02 ^a | nd | 0.39 ± 0.02 ^{ab} | 3.55 ± 0.20 ^a | 0.38 ± 0.01 ^a | 8.39 ± 0.57 ^a |
| → Soil depth (H) | *** | | *** | ** | *** | * |
| H ₁ | 0.73 ± 0.01 ^a | nd | 0.44 ± 0.01 ^a | 3.56 ± 0.18 ^a | 0.40 ± 0.01 ^a | 7.33 ± 0.20 ^b |
| H ₂ | 0.66 ± 0.02 ^b | nd | 0.33 ± 0.02 ^b | 3.17 ± 0.13 ^b | 0.32 ± 0.02 ^b | 7.95 ± 0.25 ^a |
| → Soil sampling date (Ss) | ns | | ns | *** | ns | ns |
| Ss ₁ | 0.71 ± 0.02 | nd | 0.38 ± 0.02 | 2.53 ± 0.08 ^b | 0.34 ± 0.02 | 7.79 ± 0.17 |
| Ss ₂ | 0.67 ± 0.03 | nd | 0.39 ± 0.02 | 3.71 ± 0.16 ^a | 0.35 ± 0.02 | 7.39 ± 0.37 |
| Ss ₃ | 0.70 ± 0.02 | nd | 0.36 ± 0.03 | 3.86 ± 0.17 ^a | 0.37 ± 0.02 | 7.60 ± 0.39 |

FW = Fresh Water

SWW = Secondary -Treated Wastewater

TWW = Tertiary -Treated Wastewater

Risultati – Metalli pesanti disponibili nel suolo estratti con DTPA



FW = Fresh Water

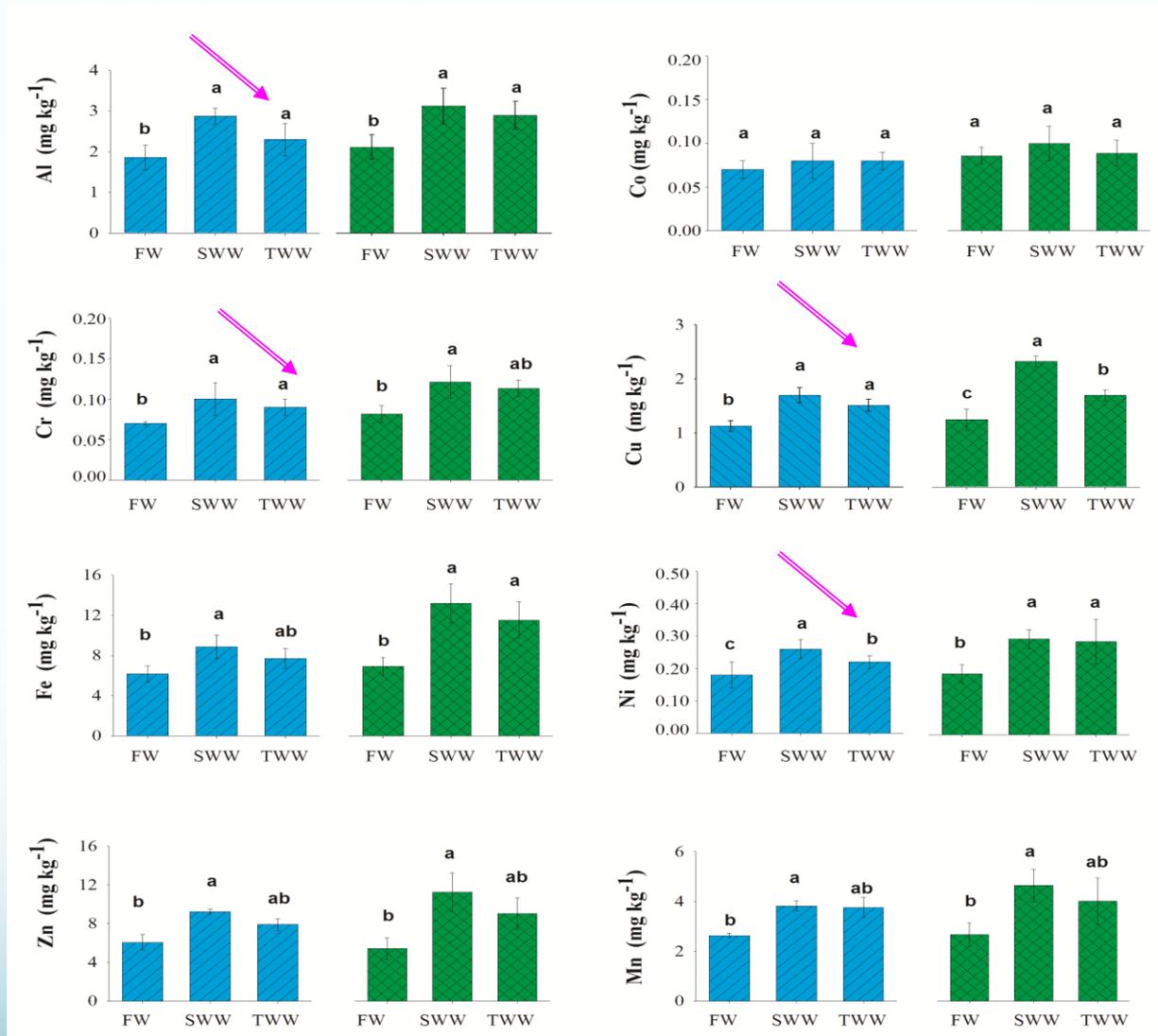
SWW = Secondary -Treated Wastewater

TWW = Tertiary -Treated Wastewater

Risultati – Metalli pesanti in piante e capolini

capolini

pianta



FW = Fresh Water

SWW = Secondary -Treated Wastewater

TWW = Tertiary -Treated Wastewater

Fattore di bioaccumulo

| IW | Bioaccumulation Factor Values for Heavy Metals | | | | | | |
|------------------|--|---------------|---------------------------|----------------|--------------|---------------------------|---------------------------|
| | Al | Cr | Cu | Fe | Ni | Zn | Mn |
| BAF _t | ns | ns | ns | ns | ns | ** | ns |
| FW | 0.004 ± 0.0010 | 0.018 ± 0.006 | 0.30 ± 0.05 | 0.002 ± 0.0004 | 0.05 ± 0.007 | 0.44 ± 0.03 ^b | 0.03 ± 0.007 |
| SWW | 0.005 ± 0.0007 | 0.023 ± 0.003 | 0.38 ± 0.09 | 0.003 ± 0.0008 | 0.07 ± 0.004 | 0.92 ± 0.04 ^a | 0.04 ± 0.008 |
| TWW | 0.005 ± 0.0006 | 0.022 ± 0.004 | 0.37 ± 0.04 | 0.003 ± 0.0004 | 0.06 ± 0.004 | 0.87 ± 0.04 ^a | 0.04 ± 0.007 |
| BAF _e | * | ns | ** | ns | ns | * | * |
| FW | 17.8 ± 0.45 ^b | 1.14 ± 0.05 | 1.95 ± 0.06 ^b | 5.38 ± 0.28 | 3.11 ± 0.09 | 3.99 ± 0.08 ^b | 1.30 ± 0.06 ^b |
| SWW | 21.4 ± 1.02 ^a | 1.18 ± 0.02 | 2.24 ± 0.04 ^a | 5.77 ± 0.20 | 3.29 ± 0.08 | 6.10 ± 0.44 ^a | 1.43 ± 0.08 ^a |
| TWW | 18.83 ± 1.09 ^{ab} | 1.19 ± 0.03 | 2.14 ± 0.10 ^{ab} | 5.64 ± 0.21 | 3.21 ± 0.08 | 5.63 ± 0.18 ^{ab} | 1.42 ± 0.05 ^{ab} |

FW = Fresh Water

SWW = Secondary -Treated Wastewater

TWW = Tertiary -Treated Wastewater

Indice di rischio



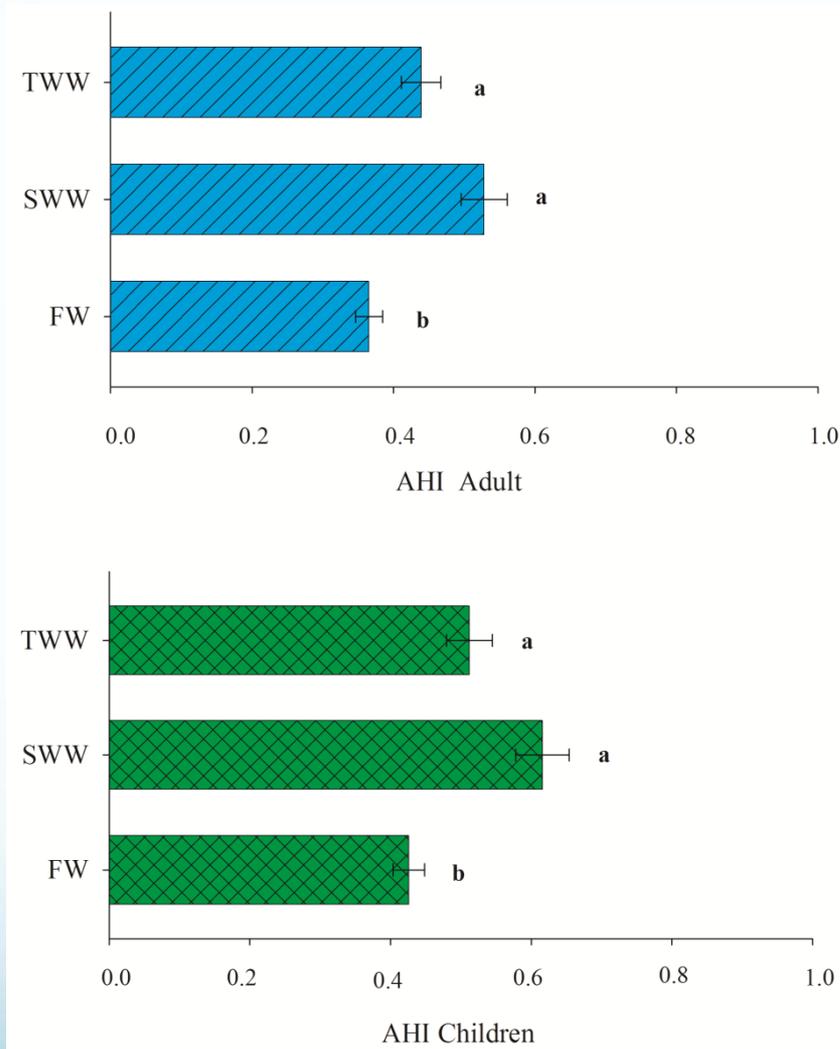
| IW | Hazard Indices for Specific Heavy Metals | | | | | | |
|----------|--|--------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | Al ($\times 10^{-3}$) | Cr | Cu | Fe ($\times 10^{-3}$) | Ni | Zn ($\times 10^{-3}$) | Mn |
| Adults | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| FW | 0.10 ± 0.006^b | 0.25 ± 0.013^b | 0.018 ± 0.001^b | 1.07 ± 0.06^b | 0.037 ± 0.002^b | 2.0 ± 0.1^b | 0.05 ± 0.003^b |
| SWW | 0.16 ± 0.010^a | 0.36 ± 0.013^a | 0.027 ± 0.004^a | 1.55 ± 0.15^a | 0.054 ± 0.005^a | 4.0 ± 0.2^a | 0.08 ± 0.005^a |
| TWW | 0.14 ± 0.008^a | 0.30 ± 0.046^a | 0.022 ± 0.001^a | 1.30 ± 0.10^a | 0.045 ± 0.004^{ab} | 3.0 ± 0.4^a | 0.07 ± 0.004^{ab} |
| Children | ** | ** | ** | ** | * | * | * |
| FW | 0.12 ± 0.007^b | 0.29 ± 0.015^b | 0.020 ± 0.001^b | 1.25 ± 0.06^b | 0.043 ± 0.002^b | 2.9 ± 0.15^b | 0.06 ± 0.002^b |
| SWW | 0.18 ± 0.011^a | 0.42 ± 0.026^a | 0.031 ± 0.002^a | 1.81 ± 0.11^a | 0.063 ± 0.004^a | 4.2 ± 0.26^a | 0.09 ± 0.006^a |
| TWW | 0.17 ± 0.010^a | 0.35 ± 0.022^a | 0.026 ± 0.002^a | 1.51 ± 0.10^a | 0.052 ± 0.004^{ab} | 3.5 ± 0.20^a | 0.08 ± 0.005^{ab} |

FW = Fresh Water

SWW = Secondary -Treated Wastewater

TWW = Tertiary -Treated Wastewater

Indice di rischio totale



FW = Fresh Water

SWW = Secondary -Treated Wastewater

TWW = Tertiary -Treated Wastewater



Conclusioni



Il contenuto di Cr, Cu, Zn, Mn nelle acque SWW e TWW, nonostante abbia mostrato variabilità in funzione delle date di campionamento delle stesse, è sempre rimasto al di sotto delle concentrazioni soglia definite dalle linee guida.



Solo la frazione disponibile di metalli pesanti nel suolo, estratta con il metodo DTPA, ha evidenziato gli effetti delle differenti acque di irrigazione utilizzate sul contenuto di metalli pesanti nella pianta di carciofo e nei capolini, sebbene la maggior parte di loro non ha superato le concentrazioni soglia definite dalle linee guida nazionali ed internazionali.



Il più alto valore di BAft è stato osservato per lo Zn (0.9) sottolineando la potenziale contaminazione dei capolini inseguito ad irrigazione della pianta con acque reflue depurate.



L'indice di rischio (HIs e AHIs) basato sul consumo di carciofo è rimasto sempre inferiore all'unità, sia per gli adulti che per i bambini, indicando che il rischio sul consumatore, non è risultato significativo.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

