



L'orto sperimentale

Federica Scaini

Istituto Superiore di Sanità

Dipartimento Ambiente e Salute

Martedì 21 marzo 2017
Sala di Rappresentanza ATS di Brescia
Viale Duca degli Abruzzi 15



L'orto sperimentale

Dal 2003, nell'area agricola di Brescia, sussiste il divieto di coltivazione di tutte le specie vegetali con eccezione del mais e del sorgo, raccolto per trinciato e granella, destinato ad uso esclusivamente zootecnico. Il progetto di ricerca finalizzato all'allestimento di un "Orto Sperimentale" ha l'obiettivo di valutare il potenziale passaggio suolo - pianta, nelle diverse specie orticole, dei contaminanti tipici dell'area del SIN Brescia-Caffaro (As, Cd, Hg, Pb, PCB, PCDD e PCDF).



A tale scopo è stata stipulata una convenzione in data 08/05/2013 tra Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare/Regione Lombardia e Istituto Superiore di Sanità (ISS)

L'orto sperimentale

Per l'allestimento dell'Orto Sperimentale, sono stati selezionati 4 tipi di terreno a diversa concentrazione di contaminazione e sono stati identificati come: **Terreno rosso** (Via delle Rose), **Terreno giallo** (Via Parenzo), **Terreno azzurro** (Via Padova), **Terreno bianco** (controllo Via Cantore)



L'orto sperimentale

Le colture ortive scelte per lo studio sono state dieci e sono state suddivise, secondo quanto descritto nel Reg. (CE) 396/2005, come di seguito:

Ortaggi a frutto: pomodori, peperoni e zucchine;

Ortaggi a radice e tubero: carote;

Ortaggi a foglia: verza, spinacio, lattuga, radicchio rosso;

Erbe fresche: prezzemolo;

Legumi freschi: fagiolini.

Su ognuno dei quattro terreni, è stato possibile raccogliere ed analizzare le 10 matrici vegetali per un totale di 35 campioni.

Elenco matrici vegetali

In Tabella sono elencate le matrici vegetali sottoposte ad indagine analitica rispetto alle tipologie dei suoli utilizzati per la crescita delle stesse e le quantità in grammi di campione ottenuto espressa in sostanza secca.

<i>CAMPIONI</i>	<i>TERRENO</i>	<i>PESO g s.s.</i>
PREZZEMOLO	ROSSO	26,5
PREZZEMOLO	AZZURRO	26
PREZZEMOLO	GIALLO	20,2
PREZZEMOLO	BIANCO	10
SPINACIO	AZZURRO	14
SPINACIO	ROSSO	20,2
SPINACIO	BIANCO	17,3
SPINACIO	GIALLO	15,4
FAGIOLINI	AZZURRO	38,8
FAGIOLINI	ROSSO	22
FAGIOLINI	BIANCO	40,3
FAGIOLINI	GIALLO	17
LATTUGA	BIANCO	14,3
LATTUGA	ROSSO	11,3
LATTUGA	GIALLO	11,8
LATTUGA	AZZURRO	14,2
PEPERONI	BIANCO	17,1
PEPERONE	GIALLO	15,8
PEPERONE	ROSSO	15,3
PEPERONE	AZZURRO	14,2
RADICCHIO ROSSO	ROSSO	20,1
RADICCHIO ROSSO	AZZURRO	17,8
RADICCHIO ROSSO	BIANCO	16
RADICCHIO ROSSO	GIALLO	30
VERZA	GIALLO	20,7
VERZA	ROSSO	24
VERZA	AZZURRO	20
CAROTE	BIANCO	28
CAROTE	GIALLO	16
CAROTE	ROSSO	16
CAROTE	AZZURRO	12
ZUCCHINA	ROSSO	6,2
POMODORO	GIALLO	32
POMODORO	AZZURRO	20,4
POMODORO	BIANCO	23,1
POMODORO	ROSSO	18,9

Peso umido

Le indagini analitiche sono state effettuate sul campione asciutto e i dati ottenuti sono stati riportati a peso umido, come previsto dalle normative di settore. Di seguito si elencano le percentuali di umidità dei singoli prodotti.

CAMPIONI	Umidità %
PREZZEMOLO	90
SPINACIO	95
FAGIOLINI	90
LATTUGA	96
PEPERONI	93
RADICCHIO ROSSO	93
VERZA	94
CAROTE	91
ZUCCHINA	95
POMODORO	94

Valutazioni

L'elaborazione e la valutazione dei risultati è stata orientata su due livelli, aventi due scopi diversi:

- Valutazione del potenziale passaggio suolo-pianta (Fattore di Trasferimento)
- Valutazioni rispetto alla normativa vigente di settore (Reg. CEE 1881/2006 s.m.i.; Raccomandazione Europea 2014/663/UE)

Valutazione del potenziale passaggio suolo-pianta

I vegetali, in linea generale, non sono inclini ad assorbire dal suolo contaminanti ambientali in quantità preoccupanti, soprattutto i composti organici, quando ciò accade tali sostanze non tendono comunque a trasferirsi verso i frutti o i semi, ma spesso rimangono nelle radici o migrano nel fogliame.

I fattori che influenzano la mobilità e biodisponibilità dei **microinquinanti inorganici** nel suolo sono molteplici.

Le forme chimiche di ciascun elemento e la distribuzione del contenuto totale tra frazioni caratterizzate da diverso grado di disponibilità varia al variare delle condizioni ambientali.

Un parametro importante che diversifica la disponibilità è il pH del terreno.

Valutazione del potenziale passaggio suolo-pianta

L'assorbimento da parte delle piante di PCDDs/PCDFs e PCBs diossina-simili dipende dalle caratteristiche chimico-fisiche di ciascun composto, o congenere.

Generalmente i congeneri a grado di clorurazione minore prediligono l'assorbimento radicale e la traslocazione nei germogli.

Di contro, i congeneri a maggior grado di clorurazione, caratterizzati da elevati valori dei coefficienti di ripartizione ottanolo-acqua (K_{ow}), rimangono maggiormente adesi alla superficie radicale.

Elevati valori di coefficienti di partizione, portano ad un adsorbimento maggiore nelle particelle di terreno e alla sostanza organica, diminuendo la disponibilità per le radici delle piante.

Le modalità di accumulo di PCDDs e PCDFs da parte delle piante sono diverse, e possono interessare i meccanismi di:

- adsorbimento dalla superficie radicale
- assorbimento radicale e successivo trasporto nei germogli
- volatilizzazione dal suolo superficiale e successivo assorbimento fogliare
- possibile contaminazione delle superfici vegetali (foglie e frutti) attribuibile a particelle di terreno e a deposizioni atmosferiche.

L'apporto dovuto all'assorbimento radicale costituisce, in linea generale, una via di accumulo poco rilevante, in quanto diossine e furani risultano fortemente adsorbiti al carbonio organico e, conseguentemente, poco disponibili per l'assorbimento.

Nel caso di suoli caratterizzati dalla presenza di elevate concentrazioni di PCDDs e PCDFs, diventa rilevante l'accumulo, da parte delle piante, attribuibile al meccanismo di volatilizzazione dal suolo e al successivo assorbimento del vapore da parte delle foglie. In particolare si osserva un assorbimento diretto nella parte bassa della vegetazione epigea (caso noto zucchine)

Stima del passaggio suolo pianta

La stima del passaggio dei contaminanti dal suolo alla pianta può essere effettuata mediante l'uso del Fattore di Trasferimento (FT), definito come segue:

$$FT = C_{veg} / C_{suolo}$$

dove FT è il fattore di trasferimento, adimensionale;

C_{veg} è il generico valore di concentrazione di un contaminante, nei prodotti di origine vegetale. Esso rappresenta il valore di concentrazione da stimare, espresso in mg/Kg sostanza umida;

C_{suolo} è la concentrazione del contaminante al suolo.

Rappresenta il valore di riferimento stimato; è espresso in mg/Kg sostanza secca.

Valutazione dei risultati della sperimentazione (FT)

Diossine/Furani

Nell'elaborazione dei dati, il Fattore di Trasferimento è stato calcolato considerando la sommatoria delle concentrazioni dei singoli congeneri delle Diossine e dei Furani espressa in ng/Kg sostanza umida, per tutte le matrici vegetali indagate, nei rispettivi quattro terreni utilizzati per la sperimentazione.

MATRICE	Terreno ROSSO	Terreno GIALLO	Terreno AZZURRO	Terreno BIANCO
prezzemolo	0,005	0,004	0,029	0,009
spinacio	0,002	0,001		0,004
fagiolino	0,004	0,002	0,021	0,010
lattuga	0,002	0,001	0,009	0,004
peperone	0,003	0,001	0,016	0,007
radicchio rosso	0,007	0,001	0,015	0,007
verza	0,002	0,001	0,013	
carota	0,005	0,002	0,019	0,008
zucchina	0,006			
pomodoro	0,002	0,001	0,013	0,006

I Fattori di Trasferimento calcolati mostrano che il terreno Azzurro è quello che rappresenta valori più alti sia rispetto al Bianco che al terreno Rosso e Giallo, in tutte le specie vegetali studiate.

Valutazione dei risultati della sperimentazione (FT)

PCB diossina simile

Lo stesso principio applicato per le Diossine/Furani, è stato utilizzato per il calcolo dei FT per i PCB diossina simile.

MATRICE	Terreno ROSSO	Terreno GIALLO	Terreno AZZURRO	Terreno BIANCO
prezzemolo	0,01	0,02	0,2	0,1
spinacio	0,006	0,014		0,05
fagiolino	0,007	0,01	0,07	0,04
lattuga	0,003	0,02	0,13	0,07
peperone	0,007	0,015	0,18	0,04
radicchio rosso	0,005	0,01	0,09	0,05
verza	0,004	0,009	0,12	
carota	0,015	0,015	0,06	0,02
zucchina	0,09	0,01	0,07	
pomodoro	0,005	0,01	0,07	0,03

Anche in questo caso il terreno Azzurro mostra valori di traslocazione maggiori rispetto agli altri suoli e ai prodotti orticoli considerati.

Valutazione dei risultati della sperimentazione (FT)

PCB non diossina simile

Il Regolamento (UE) n. 1259/2011 della Commissione del 2 dicembre 2011 che modifica il regolamento (CE) n. 1881/2006 per quanto riguarda i tenori massimi per i PCB diossina-simili e i PCB non diossina-simili nei prodotti alimentari, suggerisce la somma dei sei PCB indicatori (PCB 28,52,101,138,153 e 180).

Benché il regolamento non fissi limiti sui prodotti ortofrutticoli, si è ritenuto, comunque, opportuno utilizzare la suddetta sommatoria anche come indicatore nei prodotti vegetali.

MATRICE	Terreno ROSSO	Terreno GIALLO	Terreno AZZURRO	Terreno BIANCO
prezzemolo	0,019	0,046	0,226	0,135
spinacio	0,010	0,017		0,064
fagiolino	0,009	0,011	0,059	0,045
lattuga	0,015	0,018	0,094	0,055
peperone	0,007	0,012	0,079	0,035
radicchio rosso	0,009	0,012	0,083	0,038
verza	0,007	0,011	0,149	
carota	0,016	0,011	0,044	0,022
zucchina	0,043			
pomodoro	0,004	0,003	0,028	0,019

Il terreno Azzurro rimane quello che presenta valori di FT maggiori rispetto agli altri terreni, confermando quanto già emerso per le Diossine/Furani e per i PCB diossina simile.

Valutazione dei risultati della sperimentazione (FT)

PCB 209

Apposite considerazioni sono sviluppate rispetto al PCB 209, noto indicatore della reale contaminazione dei terreni nell'area oggetto di studio.

MATRICE	Terreno ROSSO	Terreno AZZURRO	Terreno GIALLO	Terreno BIANCO
prezzemolo	5,13E-04	2,63E-03	6,25E-04	3,06E-03
spinacio	4,27E-04		3,13E-04	5,10E-04
fagiolino	1,71E-04	2,63E-03	6,25E-04	1,02E-03
lattuga	2,39E-04	1,05E-03	2,50E-04	4,08E-04
peperone	5,98E-05	1,84E-03	4,38E-04	7,14E-04
radicchio rosso	1,02E-03	1,84E-03	4,38E-04	7,14E-04
verza	5,13E-05	1,58E-03	3,75E-04	
carota	1,15E-03	2,37E-03	5,63E-04	9,18E-04
zucchini	1,71E-04			
pomodoro	5,13E-05	1,58E-03	3,75E-04	6,12E-04

I Fattori di Trasferimento sono molto bassi, circa due ordini di grandezza inferiori, rispetto a tutti gli altri fin qui calcolati, ciò dimostra quanto già riportato in precedenza e cioè che i congeneri a maggior grado di clorurazione, traslocano con difficoltà e rimangono maggiormente adesi alla superficie radicale.

Carbonio organico

L'assorbimento da parte delle piante di PCDDs/PCDFs, PCB e PCBs diossina-simili, dipende oltre che dalle proprietà chimico-fisiche di ciascun composto o congenere, anche dalle caratteristiche del suolo, in particolare dalla quantità di sostanza organica che compone il suolo stesso.

Quanto detto trova particolare riscontro nel terreno Azzurro, che pur presentando concentrazioni totali più basse (meno contaminato), mostra fattori di traslocazione più alti rispetto agli altri terreni studiati.

Indagini effettuate sui campioni di suolo relative alle caratteristiche chimico-fisiche eseguite dall'Istituto Tecnico Agrario Statale "G. Pastori" - Laboratorio di Chimica Agraria di Brescia, mostrano che tutti i terreni risultino poveri rispetto al contenuto di sostanza organica; tre di essi (bianco, giallo e azzurro) presentano valori inferiori rispetto ai valori "normali" (30-60 g/Kg). La differenza maggiore si evidenziano tra il terreno azzurro (14.84 g/Kg) e il rosso (31.11 g/Kg).

g/kg	Terreno Giallo	Terreno Bianco	Terreno Azzurro	Terreno Rosso
Carbonio Organico	10.53	11.98	8.63	18.09
Sostanza Organica	18.11	20.61	14.84	31.11

Valutazione rispetto alla normativa vigente

Microinquinanti inorganici

A livello normativo per il Cadmio e Piombo, nei prodotti vegetali, si fa riferimento a quanto definito nel Reg. CEE 1881/2006 s.m.i. che stabilisce i tenori massimi di alcuni contaminanti nei prodotti alimentari.

I risultati ottenuti nella sperimentazione non mostrano particolari criticità rispetto alla normativa di settore vigente.

Per quanto riguarda Arsenico e Mercurio, al momento, non ci sono riferimenti normativi per i prodotti vegetali.

I valori ottenuti su tutti i campioni analizzati coltivati nei quattro suoli selezionati (rosso, giallo, azzurro e bianco) sono equivalenti al limite di rivelabilità, per cui si può ragionevolmente pensare che questi non destano preoccupazione.

Valutazione rispetto alla normativa vigente

Diossine/Furani

La Raccomandazione Europea 2014/663/UE, stabilisce livelli d'azione per le diossine e per i PCB diossina-simile al fine di stimolare la riduzione della presenza di tali sostanze negli alimenti tra cui gli ortaggi e la frutta. Per la generica voce "frutta e ortaggi", il livello d'azione per Diossine + Furani espresso in TEQ è pari a 0,30 pg/g (ng/Kg) di peso umido.

MATRICE	Terreno ROSSO	Terreno GIALLO	Terreno AZZURRO	Terreno BIANCO
prezzemolo	0,08	<u>0,15</u>	0,06	0,06
spinacio	0,04	0,05		0,03
fagiolino	0,05	0,05	0,05	0,05
lattuga	0,02	0,02	0,02	0,02
peperone	0,04	0,04	0,04	0,04
radicchio rosso	0,24	0,04	0,04	0,04
verza	0,03	0,03	0,03	
carota	0,09	<u>0,12</u>	0,05	0,05
zucchina	0,25			
pomodoro	0,03	0,03	0,03	0,03

Dai risultati non si riscontrano superamenti del valore di attenzione definito dalla Raccomandazione Europea 2014/663/UE. Si evidenzia comunque che, nel terreno rosso le zucchine ed il radicchio rosso mostrano valori non lontani dai valori di attenzione;

Nel terreno giallo, il prezzemolo (0,15 ngTEQ /Kg) e la carota (0,12 ngTEQ /Kg) mostrano valori più elevati rispetto al resto dei campioni considerati.

Valutazione rispetto alla normativa vigente

PCB diossina-simile

Per i PCB diossina-simile vale quanto detto per le Diossine/Furani per cui anche in questo caso il riferimento rimane la Raccomandazione Europea 2014/663/UE che definisce un livello d'azione pari a 0,10 pg TEQ/g equivalente a 0,10 ngTEQ /Kg di peso umido.

MATRICE	Terreno ROSSO	Terreno GIALLO	Terreno AZZURRO	Terreno BIANCO
prezzemolo	0,02	0,02	0,02	0,02
spinacio	0,01	0,01		0,01
fagiolino	0,04	0,01	0,01	0,03
lattuga	0,01	0,06	0,05	0,01
peperone	0,01	0,02	0,02	0,02
radicchio rosso	0,09	0,11	0,01	0,02
verza	0,03	0,03	0,01	
carota	0,08	0,12	0,01	0,01
zucchina	0,21			
pomodoro	0,10	0,01	0,01	0,01

Rispetto ai livelli d'azione di riferimento si evidenziano delle criticità su alcuni ortaggi coltivati nel terreno Rosso e, nello specifico, un superamento per le zucchine e valori prossimi al limite d'azione per il radicchio rosso, il pomodoro e le carote; anche sul terreno giallo, le carote ed il radicchio rosso, presentano valori leggermente superiori a quelli definiti dalla Raccomandazione Europea.

Considerazioni Conclusive

Dai dati ottenuti si evince che, in generale, è possibile una traslocazione dal suolo alla pianta dei composti organici e che questa dipende dai diversi congeneri e dalle caratteristiche del suolo.

Quanto detto trova particolare riscontro nel terreno Azzurro, che pur presentando concentrazioni totali più basse (meno contaminato), mostra fattori di traslocazione più alti rispetto agli altri terreni studiati.

Si sottolinea che per la valutazione del rischio, le concentrazioni totali di PCDDs/PCDFs e di PCBs diossina-simile vengono espresse in tossicità equivalente, per cui non è la concentrazione assoluta del singolo congenere che ne definisce, a livello normativo, il tenore massimo accettabile, ma il Fattore di Tossicità Equivalente (TEF) ad esso associato.

Esprimendo i risultati ottenuti in TEQ, alcune specie vegetali coltivate nel terreno Rosso e nel terreno Giallo presentano valori critici.

Per i PCB diossina-simile, si nota un superamento dei livelli d'azione di riferimento di alcuni ortaggi coltivati sul terreno rosso e sul terreno giallo.

Rispetto a quanto ottenuto per il Decaclorobifenile (PCB 209), l'alta frequenza di valori restituiti come LOQ negli ortaggi studiati, e il bassissimo Fattore di Trasferimento, confermano in generale la scarsa capacità di tale PCB a traslocare dal suolo alla pianta.

Considerazioni Conclusive

Rispetto ai microinquinanti inorganici, e nello specifico per Cadmio e Piombo, contemplati nel Reg. CEE 1881/2006 s.m.i., i risultati ottenuti nella sperimentazione non mostrano particolari criticità.

Per quanto riguarda Arsenico e Mercurio, al momento, non ci sono riferimenti normativi per i prodotti vegetali, ma i risultati ottenuti in tutti i campioni vegetali analizzati, mostrano valori di concentrazione pari al LOQ, pertanto si può ragionevolmente dedurre che per tali contaminanti nei quattro terreni considerati non c'è traslocazione.

In conclusione si può affermare che, benché il terreno Azzurro presenti FT superiori agli altri terreni, i valori dei congeneri considerati maggiormente tossici non sono presenti in concentrazioni tali da mostrare criticità.

Le considerazioni espresse nella presente relazione derivano da uno studio condotto su un orto sperimentale in condizioni controllate per cui sarebbe opportuno verificare i risultati ottenuti eseguendo la stessa sperimentazione in campo.



Grazie per l'attenzione