

Possibile applicazione di *Chrysopogon zizanioides* in freatica superficiale. Il supporto dell'Agencia nella bonifica con applicazione di interventi sostenibili mediante Phytoremedio

Francesca Cerniglia e Maria Grazia Scialoja (ARPAE Emilia Romagna)

Il Boro è un elemento chimico naturalmente presente nell'ambiente, le sue concentrazioni medie, in base a dati internazionali, corrisponderebbero: nel suolo a circa 30 mg/kg (10/300), nelle acque sotterranee <0.5 mg/L (0.01/15), nelle superficiali 0,1 mg/L e nelle marine 4.5 mg/L.

La mobilità nel suolo è mediamente elevata e giustifica rapida diffusione Boro nella matrice idrica, in forma di ione borato o acido borico. Non è soggetto a degradazione e le forme più comuni di legame sono con molecole o ioni inorganici.

Il Boro è utilizzato in svariate produzioni industriali: industria ceramica, produzione di smalti, galvaniche, verniciature, industria del vetro, trattamento di legnami, produzione di erbicidi e fertilizzanti, esistono pertanto rischi espositivi professionali; risultano inoltre emissioni significative da impianti di combustione del carbone per produzione di energia.

Il Boro è un nutriente essenziale per i vegetali che può diventare fitotossico a livelli anche di poco superiori a quelli ottimali con considerevole variabilità interspecie nella tolleranza.

I tessuti vegetali tendono ad incrementare la percentuale di Boro tissutale fino al raggiungimento di livelli oltre i quali si manifestano effetti tossici.

L'esposizione umana al Boro è dovuta a: consumo di verdure coltivate in suoli od irrigate con acque ad elevato contenuto di Boro, consumo di acque potabili contenenti Boro, consumo di organismi acquatici cresciuti in ambienti ad alto contenuto in Boro, uso di cosmetici o medicinali mediante assorbimento dalle mucose, inalazione od ingestione accidentale di detersivi, pesticidi, fertilizzanti.

In passato ed a tutt'oggi il Boro è utilizzato in ambito terapeutico come disinfettante e, recentemente, chemioterapico.

Assunzione giornaliera di Boro stimata da studi statunitensi mediamente superiore in adulti vegetariani: 1,47M e 1,29F mg /die, rispetto alla popolazione media maschile e femminile: 1,17M e 0,96F mg / die, dimostra che il consumo di frutta e verdura contribuiscono in gran parte alla assunzione di boro nella dieta umana. Da questi studi è derivata una stima dell'assunzione media giornaliera americana di 1 mg. Il consumo di vino può contribuire con un ulteriore 3-4 mg / giorno di Boro. La cinetica del Boro nell'uomo e negli animali prevede un assorbimento completo a livello intestinale ed una relativamente rapida escrezione urinaria di oltre il 50% di quanto ingerito.

La *US Environmental Protection Agency* classifica Boro come elemento Gruppo D, non vi sono cioè prove a supporto di un effetto cancerogeno ne sull'uomo ne sugli animali.

Ci sono, però, numerosi studi che collegano, sia a carenza che ad esposizione cronica al Boro: teratogenicità, tossicità embrionale e ritardo nella crescita in diverse specie di vertebrati compresi mammiferi.

La tossicità acuta, per dosaggi molto elevati, si estrinseca nei mammiferi con danni tissutali evidenti ai glomeruli e tubuli renali ed al tessuto nervoso.

Da letteratura si considera dose potenzialmente letale per l'uomo 3-6 g totali i bambini e 15-20 g totali per l'adulto. Tuttavia non esistono molti studi sull'argomento.

Sintomi di intossicazione acuta da Boro sono alterazioni neurologiche, irritabilità, disturbi gastrointestinali, infiammazione, congestione, edema, esfoliazione della mucosa, degenerazione granulare delle cellule tubulari, e dermatite esfoliativa. I bambini sembrano essere più sensibili degli adulti ai composti del Boro.

La tossicità cronica si manifesta nei mammiferi con alterazioni ematopoietiche e cutanee e danni ai testicoli. In particolare esistono dati riguardanti l'esposizione orale subcronica e cronica ad acido borico o borace in animali da laboratorio che inequivocabilmente dimostrano che il tratto riproduttivo maschile è un importante bersaglio. Gli effetti tossici appaiono in genere reversibili.

L'EPA ha determinato che non sono attesi effetti negativi per una esposizione quotidiana per l'intera vita ad acqua potabile contenente 1 mg/L di Boro.

Sia EPA che CDC hanno altresì previsto che l'acqua utilizzata per l'abbeveraggio di animali di allevamento non debba eccedere i 5 mg/L.

Ad oggi, per il boro non è stata inserita nella Tabella 1 dell'Allegato 5 della Parte Quarta del D.Lgs 152/2006 e successive modifiche una concentrazione soglia di contaminazione (CSC) nel suolo e nel sottosuolo; invece esiste una concentrazione soglia di contaminazione per le acque sotterranee stabilita dalla Tabella 2 dello stesso decreto pari a 1 mg/l.

La rimozione del Boro dalle acque può avvenire esclusivamente mediante resine a scambio ionico selettive od osmosi inversa.

Il Caso Studio

In base agli esiti di pregresse indagini, è stata evidenziata la significativa presenza di Boro nelle acque sotterranee di una falda freatica superficiale (primi 10 m circa da p.c.) in un piccolo comune della Pianura Padana. Le concentrazioni superano, puntualmente, fino a due ordini di grandezza la concentrazione di riferimento per le acque sotterranee.

La problematica si estende ad una area circoscritta del territorio comunale, attualmente completamente edificata e compresa nel centro urbano ma negli anni Trenta occupata da un'area di cava piuttosto ampia, anche se di ridotta profondità (max circa 3 metri da p.c.), asservita alla produzione di laterizi di una fornace demolita nel primo dopoguerra.

La contaminazione si ritiene correlabile all'utilizzo di materiali contenenti elevate concentrazioni di sali di Boro (fanghi e scarti di verniciatura e forse fanghi ceramici di provenienza extra-comunale) interrati nella fase di ritombamento, avvenuto in diverse fasi in un periodo compreso tra gli anni Cinquanta ed Ottanta.

Tali materiali, a parte un piccolo residuo presente in un'area pubblica adibita a parcheggio, risultano non rimovibili, poiché posti in aree residenziali di proprietà privata, in gran parte edificate, né trattabili *in situ*, data la natura del contaminante.

L'ipotesi di lavoro qui illustrata deriva dalla necessità di contenere la problematica relativa alla falda, non attuabile altrimenti. Da precisare che il primo acquifero freatico, anche se non adibito ad usi potabili, presenta produttività e caratteristiche sufficienti ad essere idoneo per usi agricoli e domestici.

A seguito di una valutazione della bibliografia internazionale sull'argomento, si è ritenuta molto interessante, ed economicamente sostenibile, trattandosi di una bonifica a carico dell'ente pubblico, la tecnica fitoestrazione del Boro dalla falda mediante l'impianto di una barriera verde di *Chrysopogon zizanioides* da attuare presso un'area a verde di proprietà comunale.

Chrysopogon zizanioides è già stata utilizzata, nell'ambito delle "phyto" per la sua attitudine ad accumulare e tollerare diversi inquinanti.

La pianta è originaria dell'India e viene utilizzata degli anni Ottanta per le eccellenti attitudini per l'utilizzo bioingegneristico e per fito depurazione delle acque e fitorimediazione dei terreni.



Si caratterizza per:

- tolleranza a variazioni climatiche estreme quali prolungata siccità, inondazione, sommersione e temperature estreme da -15 a +55°C;
- veloce rigenerazione dopo *shock* da gelo, siccità, salinità; l'essenza risponde velocemente al miglioramento delle condizioni ambientali.
- tolleranza ad un ampio spettro di pH: da 3.3 a 12.5 senza correttivi del suolo.
- alto livello di tolleranza alla presenza di erbicidi e pesticidi.
- elevata efficienza nell'incorporare nutrienti disciolti quali N e P e metalli pesanti presenti nelle acque inquinate.
- elevata tolleranza a substrati di crescita acidi, alcalini, sodici, salini o ricchi di magnesio.
- elevata tolleranza ad Al, Mn e metalli pesanti presenti nel suolo quali As, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg, Se e Zn.

GRASS



CONVERTED INTO BRIQUETTES FOR COOKING



USED AS THATCH FOR ROOFING



ESSENTIAL OIL AND CRAFT PRODUCTION FOR MARKET



LIVESTOCK FEED, GROUND MULCH, AND SOIL RECONDITIONING

ROOTS



SOIL STABILIZATION, EROSION CONTROL, AND GROUNDWATER RETENTION



REMOVE NITRATES, PHOSPHATES AND HEAVY METALS CONTAMINANTS



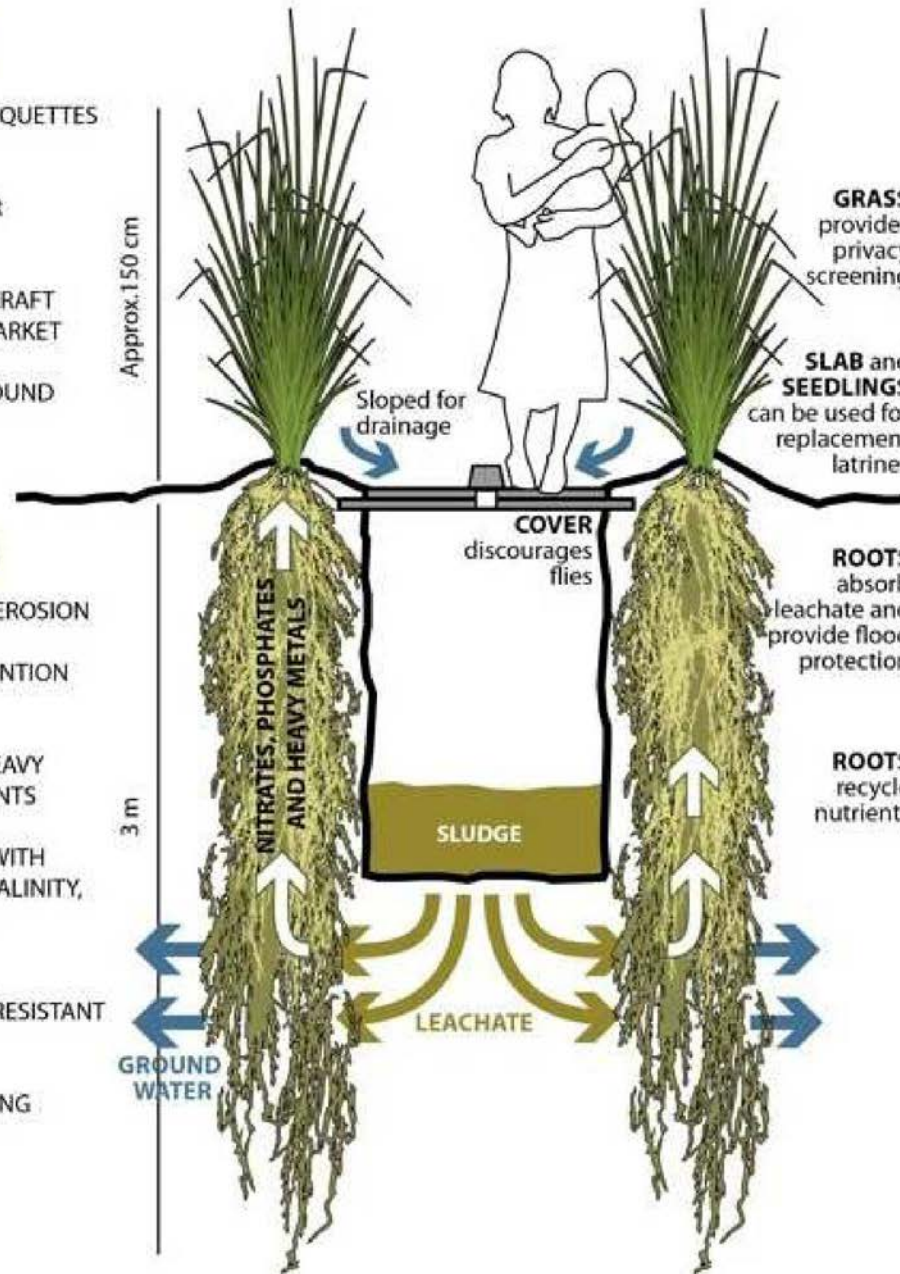
TOLERANT TO SOILS WITH HIGH AND LOW PH, SALINITY, AND HEAVY METALS



DROUGHT AND FIRE RESISTANT



CARBON SEQUESTERING



GRASS provides privacy screening

SLAB and SEEDLINGS can be used for replacement latrines

ROOTS absorb leachate and provide flood protection

ROOTS recycle nutrients

NITRATES, PHOSPHATES AND HEAVY METALS

SLUDGE

LEACHATE

GROUND WATER

Di particolare interesse tuttavia, per quanto illustrato precedentemente, la estrema tolleranza ad elevate concentrazioni di Boro, addirittura compatibili con i massimi livelli rilevati in uno dei pozzi di monitoraggio del sito.

In rapporto alle caratteristiche fisiologiche della pianta e del contesto di applicazione della barriera il sistema potrebbe consentire di realizzare un parziale contenimento della diffusione del contaminante e, nel contempo, portare gradualmente ad una riduzione della concentrazione del Boro nelle acque sotterranee.

Preliminarmente dovrà essere prevista, fin dove possibile, la rimozione dello strato di terreno contaminato fino alla profondità circa di 1,50 m da p.c..

L'area da trattare dovrà avere una superficie di circa 400 m² si trova in prossimità del pozzo in cui è stata trovata la massima concentrazioni di Boro nelle campagne di monitoraggio svolte.



Una volta rimosso lo strato di terreno contaminato, si procederà al riempimento dello scavo utilizzando un substrato idoneo all'attecchimento degli stoloni a radice nuda, ad esempio sabbia o comunque terreno sciolto con aggiunta di compost.

Solo nella fase di attecchimento saranno necessarie concimazioni ed irrigazione a frequenza periodica.

Nello strato di terreno sottostante il substrato la pianta troverà le condizioni ideali per poter crescere poiché la stratigrafia del sito ha rilevato terreni naturali limo sabbiosi, le radici pertanto potranno svilupparsi intercettando la falda superficiale (0,80 m a 1,60 m da p.d.c.).

Le piante, per garantire il contenimento fisico della falda, dovranno essere disposte in siepi vegetative compatte orizzontali (5 piante per mq di superficie a quinconce).

Nel complesso, considerata l'intera superficie, saranno quindi impiantate circa 2.000 piantine.

La stagione più indicata per l'impianto, nell'area di interesse è la primavera, in modo da poter fornire alla piante un intero periodo di vegetazione dal momento del trapianto; d'estate le piante saranno vigorose e riusciranno già a cercare l'acqua autonomamente.

L'anno successivo all'impianto le piante saranno autosufficienti e potranno essere richieste innaffiature solo in periodi particolarmente siccitosi.

Una volta superata la fase di attecchimento, si suggerisce di utilizzare per l'irrigazione, l'acqua del pozzo contaminato, al fine di sfruttare le capacità di bioaccumulo della pianta e agevolare la riduzione delle concentrazioni di boro in falda.

A pieno sviluppo, considerando i valori piezometrici, le radici dovrebbero autonomamente pescare nella falda contaminata.



Per quanto riguarda la gestione delle potature si dovrà effettuare un primo sfalcio a 40 cm, a circa tre mesi dal trapianto, in modo da promuovere l'accestimento; in seguito le piante dovranno essere falciate una sola volta all'anno, raso terra, nel mese di giugno utilizzando una tagliasiepi o un decespugliatore.

Gli sfalci potranno essere saranno conferiti presso impianti di compostaggio.

L'efficacia del trattamento di fitorimediazione potrà essere valutata attraverso l'analisi dei tessuti vegetali al fine di determinare l'assorbimento di Boro ed il monitoraggio dei pozzi, localizzati in prossimità dell'area di trattamento

Una volta raggiunto l'obiettivo, ovvero la riduzione del Boro nell'acqua dei pozzi, si potrà procedere alla dismissione dell'impianto mediante scavo superficiale con la rimozione della porzione vegetativa, lasciando in posto le radici.

Si precisa che la essenza proposta non è fertile e pertanto non presenta caratteristiche di invasività né costituisce pericolo per la fauna locale per la presenza di tossine.

L'intervento di bonifica sarà attuato da una amministrazione pubblica avvalendosi di Arpae per il supporto tecnico-scientifico nella fase di progettazione, attuazione e monitoraggio.

L'applicazione proposta dovrebbe consentire di conseguire un miglioramento dello stato di contaminazione della falda, un contenimento della diffusione del boro nel corpo acquifero superficiale senza praticamente determinare alcun impatto ambientale sull'area.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

dott.ssa Maria Grazia Scialoja

dott.ssa Francesca Cerniglia

ARPAE Emilia Romagna - Modena

Telefono 059 669066

E-mail mscialoja@arpae.it

fcerniglia@arpae.it



Seminario Nazionale

Fitotecnologie per la gestione e la bonifica di siti contaminati: esempi di buone pratiche
III sessione: il ruolo e il contributo delle Agenzie Ambientali nell'impiego delle fitotecnologie
Pesaro 4 marzo 2019