



Riuso delle acque reflue: innovazioni tecnologiche e condizionamenti sociali e gestionali

ASPETTI AGRONOMICI DEGLI EFFLUENTI DEI DEPURATORI

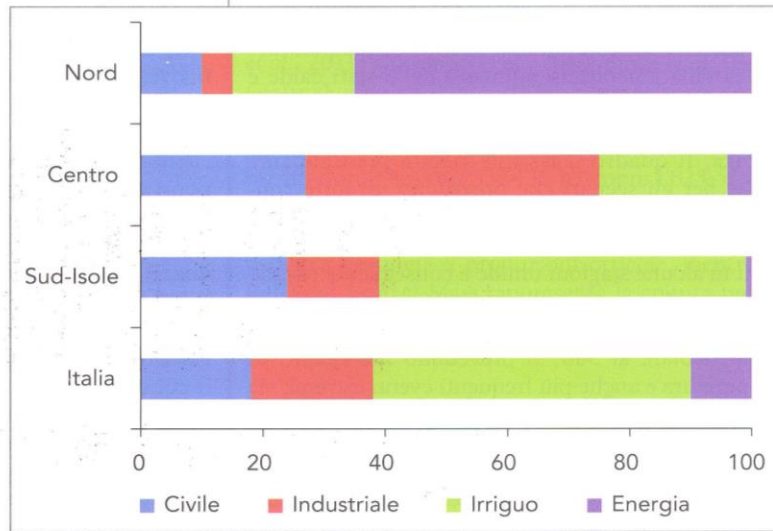
Emanuele Tarantino, Grazia Disciglio

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



Bari, 30 Gennaio 2020

SCARSITA' DELLA RISORSA IDRICA NELL'ITALIA MERIDIONALE



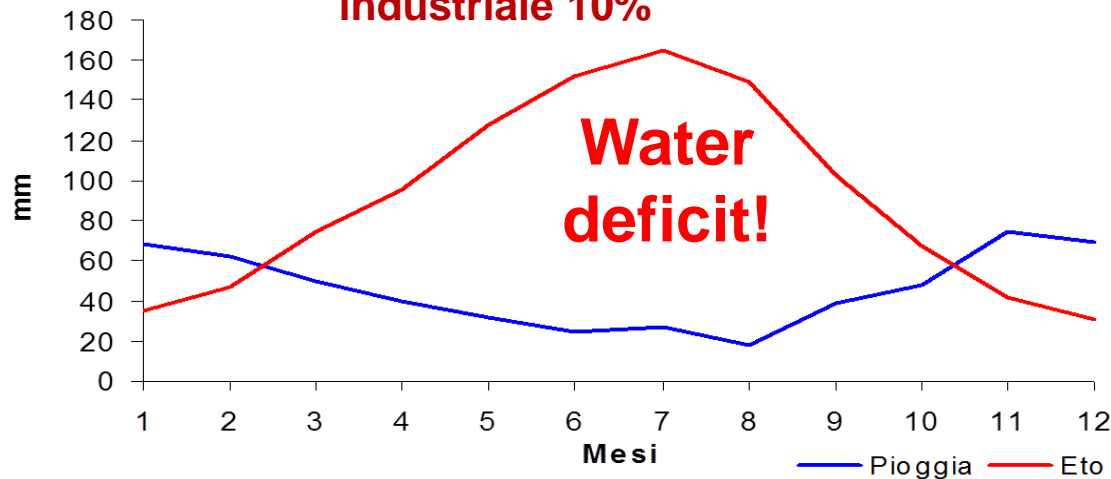
- Negli ultimi decenni numerosi fenomeni di carenza idrica.
- Forte aumento nei prelievi di acqua per uso agricolo.
- Espansione delle superfici irrigate.
- Per il futuro le previsioni meteorologiche non sembrano positive per cambiamenti climatici.

Fabbisogno Puglia:

potabile 37%

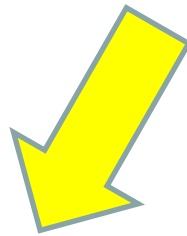
irrigazione 53%

industriale 10%

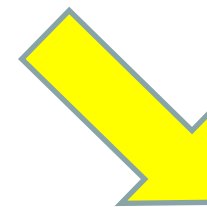


SALVAGUARDIA DELLA RISORSA IDRICA

Possibili strategie agronomiche



TECNICHE DI RISPARMIO IDRICO
IRRIGAZIONE DEFICITARIA



RIUSO ACQUE REFLUE

- URBANE
- AGRO-INDUSTRIALI

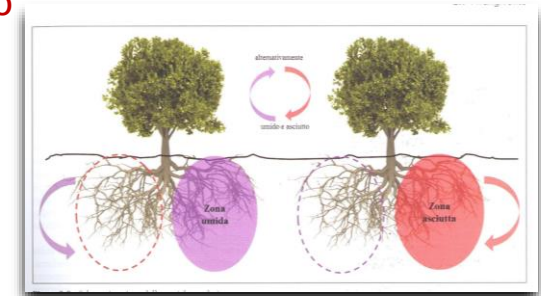
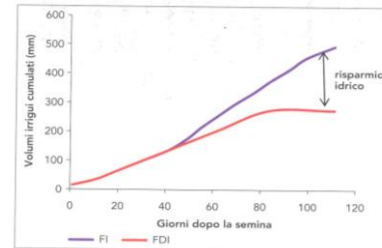
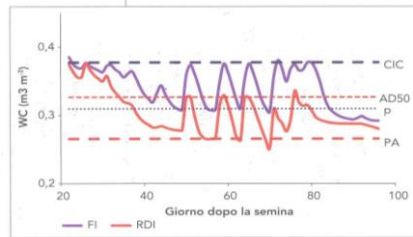
TECNICA DELL'IRRIGAZIONE DEFICITARIA BASATA SULLO STRESS IDRICO CONTROLLATO



Deficit Idrico Regolamentato (RDI)

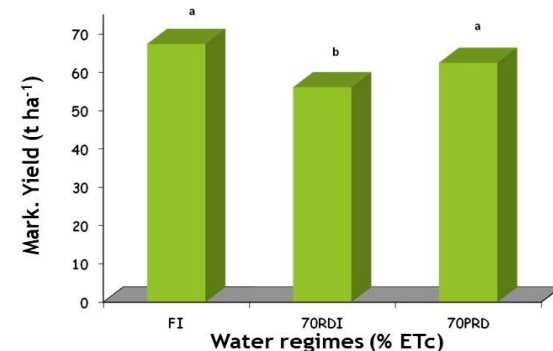
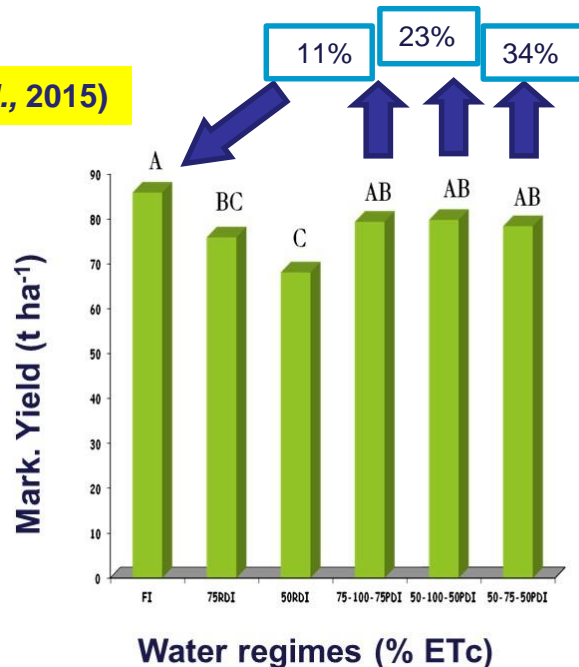
Irrigazione deficitaria alternata Partial root drying (PRD)

Deficit Idrico Fenologico (FDI)



Ricerche
su pomodoro da
industria

(Fonte: Giuliani *et al.*, 2015)



ACQUE REFLUE URBANE

STIME PUGLIA

ATTUAZIONE D.M. 185/2003 IMPIANTI PRIORITARI

39 IMPIANTI DI AFFINAMENTO ESISTENTI/O IN CORSI DI REALIZZAZIONE

di cui **20 impianti** di depurazione con livello di trattamento TERZIARIO
19 impianti di depurazione con livello di trattamento SECONDARIO

Volumi annui recuperabili

Province	Volumi recuperabili (m ³ /anno)
Bari	17.016.535
BAT	7.710.000
Foggia	22.636.000
Brindisi	41.970.000
Taranto	42.838.000
Lecce	12.530.000
Totale	107.700.535

ACQUE REFLUE AGRO-INDUSTRIALI

Numero totale imprese agro-alimentari in Puglia, oltre 4.800

La regione è al 4° posto in Italia

INDUSTRIA AGRO-ALIMENTARE PUGLIESE

Comparti agro-industriali: olivo da olio e da mensa, vino, lattiero-caseario, prodotti ortofrutticoli di IV gamma e conserve alimentari.

ESIGENZE TECNOLOGICHE DELLE AZIENDE

(Bisogni di investimenti emersi da interviste di numerose aziende)

ESIGENZE DI PRODOTTO

- Migliorare la sicurezza alimentare, la qualità salutistica, funzionale, nutrizionale, sensoriale e d'impiego.

ESIGENZE DI PROCESSO

- Ridurre i consumi energetici e idrici molto incidenti sui costi di produzione.
- Abbattere i costi di smaltimento e ridurre l'impatto ambientale attraverso la **GESTIONE e la VALORIZZAZIONE DEI REFLUI** (riuso irriguo in agricoltura o nella stessa azienda) e degli scarti (ammendanti agricoli, combustibile o estrazione di sostanze nutritive).

RIUSO ACQUE REFLUE URBANE E AGRO-INDUSTRIALI

AZIONI AGRONOMICHE PRINCIPALI

- **Apporto al terreno di:**
 - **sostanza organica**
 - **macroelementi nutritivi (azoto, fosforo e potassio)**
 - **macroelementi non nutritivi (Ca, Mg, cloruri e solfati)**
 - **microelementi (come boro, metalli pensanti ecc.)**
 - **di microrganismi**

- **Diffusione di sostanze volatili e/o aeriformi**

IL VALORE FERTILIZZANTE È IMPORTANTE ALMENO QUANTO L'ACQUA STESSA

Ipotizzando concentrazioni di nutrienti in reflui trattati sono:

N 20 – 40 mg/l

P 10 – 15 mg/l

K 15 - 30 mg/l

**Con un volume irriguo stagionale di 4 000 m³/ha/anno,
il contributo annuale di fertilizzante sarebbe:**

azoto 80 -160 kg/ha

fosforo 40 -60 kg/ha

potassio 40-120 kg/ha

Si tratta di oltre la metà dei fabbisogni nutrizionali delle colture che non può essere trascurata nella gestione della fertilizzazione

RISCHIO IGIENICO SANITARIO

Indicatori microbiologici: *Coliformi fecali, Streptococchi fecali, Spore di clostridi solfito-riduttori.*

Tale rischio è connesso al contatto diretto delle acque reflue con gli operatori, anche per via aerosol (*rischio infettivo*) e al consumo di prodotti agricoli (*rischi infettivo e tossico*).

Nella progettazione di un sistema di riuso il rischio infettivo può essere minimizzato in alternativa:

- prevedendo **trattamenti depurativi spinti** delle acque reflue al fine di eliminare o ridurre a valori accettabili la probabilità di presenza di microrganismi patogeni e la concentrazione di sostanze tossiche (**grandi sistemi**);
- consentendo l'uso di acque reflue solo **parzialmente trattate** ponendo vincoli sulle colture e metodi irrigui (**piccoli sistemi**).

Tempi di sopravvivenza (in giorni) di alcuni patogeni su specie agrarie e sul suolo

Specie Agrarie	<i>Salmonella</i>	<i>Shigella</i>	<i>Enterovirus</i>	Uova di <i>Ascaris</i>	<i>Entamoeba histolytica</i>	Coliformi totali
Foraggio	12 - 42	< 2				12 - 34
Colture da tuberi	10 - 53		15 - 60			
Colture da foglia	1 - 40	2 - 7	15 - 60	27- 35	2	35
Frutteti	0,75 - 2	6				
Suolo	15 - 280	1 - 68	8	> 7 anni	6 - 8	38

(da Krongaard e Bonde, 1977 modif.)

A questo riguardo una ulteriore misura precauzionale ai fini di minimizzare il rischio igienico è quello di **interrompere l'irrigazione** con acque reflue almeno **10-15 giorni primi della raccolta**.

PARAMETRI DI RISCHIO AGRONOMICO E AMBIENTALE

- **Solidi sospesi totali**, che potrebbero occludere i sistemi di irrigazione a goccia
- **Salinità**: in base alla quale **le colture** si classificano in:
 - Sensibili C.E. < 5 dS/m
 - Moderatamente sensibili C.E. 5-10 dS/m.
 - Moderatamente resistenti C.E. 10-15 dS/m
 - Resistenti C.E. < 25 dS/m
- **SAR**: in base al quale esiste una scala di accettabilità per le colture:
 - Accettabile da tutte le colture SAR < 10
 - Determina ridotte limitazioni SAR 10 - 18
 - Determina forti limitazioni SAR > 18
- **Boro**: rappresenta l'elemento che determina le maggiori conseguenze negative per le colture (clorosi e danni all'apparato epigeo) già a concentrazioni di 0, 75 mg/L.
- **Cloro attivo**: il cloro residuo solitamente non determina conseguenze alle colture se la sua concentrazione non eccede 1 mg/L, mentre è sempre dannoso a concentrazioni superiori a 5 mg/L (USEPA, 1992).
- **Metalli pesanti**: molti metalli (Fe, Cu, Zn, Mn ecc.) sono microelementi essenziali per il metabolismo vegetale, ma in elevate concentrazioni possono esercitare effetti tossici.

Tuttavia, nei reflui essi sono presenti in **piccole quantità**, perché rimangono nei fanghi durante i processi di depurazione e sedimentazione.

MONITORAGGIO: Saggi ecotossicologici delle acque basati sulla mortalità di alcune specie animali (crostacei e lombrichi)
- **Microinquinanti organici emergenti**: antibiotici, residui di farmaci, prodotti per l'igiene della persona ecc.

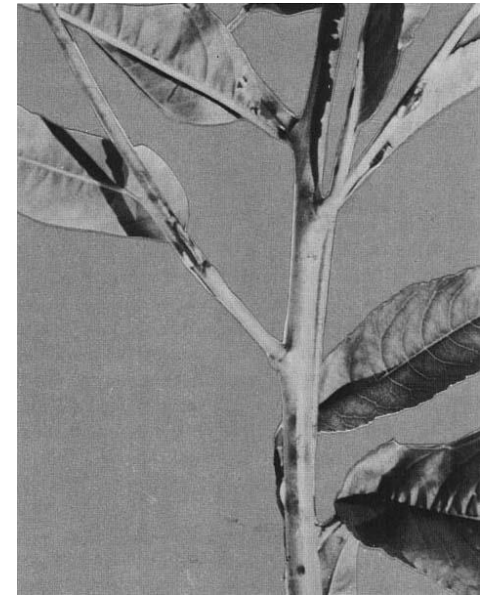
RISCHIO PER LE COLTURE

Tossicità severa da Boro



Deficenza da Boro su pesco

Source: Childers et al., 1995



**Eccesso di cloro
su foglie di pesco**



Danni da Boro su foglie di mandarino (Source: U.S. Dept. of Agriculture, 1976)



Source: LaRue and Johnson, 1989



Eccesso di vigore

RECENTI RICERCHE

Impiego d acque reflue trattate in diverso modo su:

Colture orticole

UNIFG: effluenti agro-industriali - pomodoro da industria - carciofo
cavolo broccolo

Colture orticole in successione

UNIBA: effluenti urbani - cetriolo – lattuga – melone – indivia
pomodoro – finocchio – sedano

Colture arboree frutticole

pesco – olivo – vite - agrumi

Colture industriali e no-food

C.R.A. BA: effluenti urbani - barbabietola da zucchero, sorgo da biomassa

Su ciascuna coltivazione sono state confrontate l'impiego di:

- **acque affinate** (con tecnologia innovativa)
- **acque depurate** (trattamento primario e secondario)
- **acque convenzionali** (da pozzo o da consorzio irriguo)

RILIEVI AGRONOMICI, CHIMICO-FISICI E MICROBIOLOGICI

Volumi stagionali d'irrigazione erogati durante le ricerche nei siti sperimentali (In Te.R.R.A.)

Anno	Colture	Volume irriguo stagionale	Volume annuo	Colture	Volume irriguo stagionale	Volume annuo
		(m ³ ha ⁻¹)	(m ³ ha ⁻¹)		(m ³ ha ⁻¹)	(m ³ ha ⁻¹)
Sito 1				Sito 2		
2012	Pomodoro + Finocchio	3170+800	3970	Lattuga + Cicoria	1620+800	2320
2013	Lattuga + Finocchio	1660+1076	2736	Sedano + Lattuga	3440+931	4671
2014	Melone + Lattuga	2064+1086	2944	Pomodorino + Lattuga	3387+920	4307
Sito 3				Sito 4		
2012	Cetriolo + Lattuga	3680+780	4460	Pomodoro + Finocchio	6300+1383	7683
2013	Melone + Scarola	4487+983	5470	Pomodoro + Finocchio	5528+1071	6599
2014	Barattiere + Lattuga	3060+900	3960	Lattuga + Lattuga	2908+687	3595
2014				Pesco	3970	3970
Sito 5				Sito 4		
2012	Pomodoro + Cavolo broccolo	4957+920	5877	Carciofo	3000	3000
2013	Pomodoro + Cavolo broccolo	4400+830	5230	Carciofo	2870	2870
2014	Pomodoro	4600	4600	Sorgo da biomassa	3500	3500
2014				Barbabietola da zucchero	1500	1500

SCELTA DEL METODO IRRIGUO

Nel riuso irriguo delle acque reflue affinate il **metodo consigliato** è quello a **microportata di irrigazione a goccia o subirrigazione**, perché:

- si adatta per tutti i tipi di coltura
- ad alta efficienza irrigua
- si determina un abbassamento della concentrazione salina nella zona di massima attività radicale (per i turni brevi anche giornalieri);
- si riduce sensibilmente o si evita del tutto il contatto dell'acqua con gli operatori agricoli e con le parti eduli delle piante

Tuttavia, l'irrigazione a goccia può presentare **inconvenienti** legati soprattutto all'**otturazione dei gocciolatori** dovuta a sostanze organiche ed inorganiche sospese o disciolte nell'acqua. Queste possono essere eliminate con sistemi di **filtrazione** più o meno complessi;

Valori medi dei principali parametri microbiologici delle acque utilizzate a fini irrigui nel Progetto In.Te.R.R.A.

Tipi di acque	<i>Coli Totali</i> u.f.c./100 mL	<i>Coli fecali</i> u.f.c./100 mL	<i>Escherichia coli</i> u.f.c./100 mL	<i>Salmonella</i> presenza/assenza
---------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--	---------------------------------------

SITO 1

Controllo (acqua di pozzo)	34	10	8	Assente
Effluente (FDG+UV)	1174	648	454	Assente
Effluente MBR + UV	67	13	9	Assente
Effluente terziario in piena scala	1500	1117	1019	Assente

SITO 2

Controllo (acqua di pozzo)	38	10	5	Assente
Effluente MBR in piena scala	121	19	7	Assente

SITO 3

Effluente terziario in piena scala	35	12	8	Assente
Effluente terziario PILOTA	58	21	12	Assente

SITO 4

Controllo (acqua del Consorzio)	9	6	3	Assente
Effluente secondario	42189	29656	1501	Assente
Effluente terziario (UF)	193	163	89	Assente
Lagunaggio	6436	5297	4001	Assente

SITO 5

Controllo (acqua di pozzo)	16	9	7	Assente
Effluente secondario	8200	5800	4400	Assente
Effluente terziario (UF + UV)	----	----	76	Assente

VALORI DEI PARAMETRI FISICO-CHIMICI E DEI METALLI PESANTI NELLE ACQUE REFLUE UTILIZZATE

- **Parametri chimico-fisici:** Ce, pH, BOD, COD, Na, NH₄, Cl, SO₄, F e SAR erano al disotto del limite DM 185/2003.
- **Cloro attivo:** ove era presente la disinfezione con ipoclorito i valori erano in eccesso (4-10 mg/l) rispetto al limite (0,2 mg/l) del DM 185/2003.
- **Metalli pesanti:** Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn erano al disotto dei valori limiti del DM 185/2003.

Riuso di acque reflue urbane su colture orticole

Risultati produttivi (t ha⁻¹)

Sito 1	Trattamenti		Sito 2	Trattamenti	
Coltura	Convenzionale	Acqua Reflua	Coltura	Convenzionale	Affinata
Cetriolo	7,6	23,95	Lattuga	10,2	16,3
Lattuga	12,2	13,70	Cicoria	58,5	70,7
Melone	17,4	21,7	Sedano	89,0	97,0
Indivia	25,0	35,2	Lattuga	30,8	35,3

Sito 3	Trattamenti			
Coltura	Convenzionale	MBR	FDG	Affinata
Pomodoro da industria	50,7	---	---	66,1
Finocchio	32,2	47,8	31,1	46,1
Lattuga	34,0	53,5	34,9	38,5
Finocchio	25,60	38,7	---	---

Sito 4	Trattamenti			
Coltura	Convenzionale	Secondaria	Lagunare	Affinata
Pomodoro da industria	18,3	27,4	26,8	22,4
Finocchio	33,1	39,2	40,6	39,1
Pomodoro da industria	120,0	125,6	132,8	113,5
Carciofo (n. capolini ha⁻¹)	78.330 b	88.333 a	---	83.680 a

Riuso di acque reflue agro-industriali su colture orticole

Risultati produttivi



pomodoro

cavolo broccolo

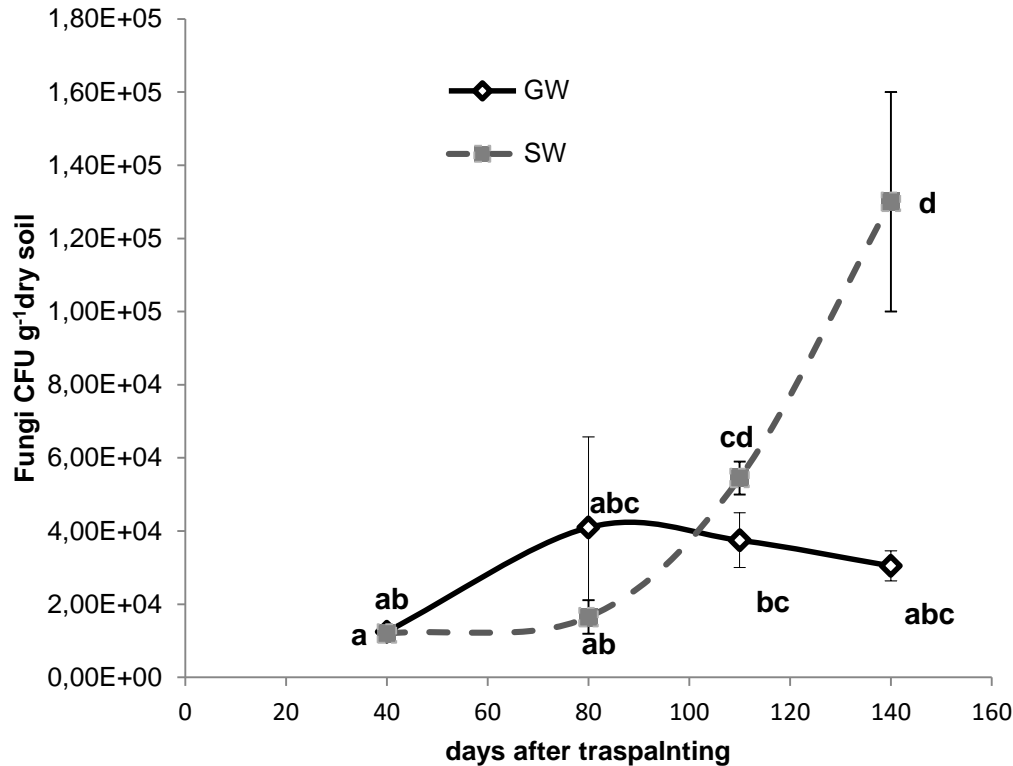
Sito 4	Trattamenti		
	Convenzionale	Secondaria	Terziaria
Coltura			
Pomodoro da industria (t ha⁻¹)	87,5	88,0	85,3
Cavolo broccolo (t ha⁻¹)	9,7	9,1	9,5

RISULTATI ACQUE REFLUE AGRO-INDUSTRIALI

Indicatori microbiologici nelle acque irrigue, nel suolo, nelle piante e nei prodotti di pomodoro da industria e cavolo broccolo

Source	TOMATO 2012			BROCCOLI 2012-2013			TOMATO 2013			Significances	
	Irrigation water			Irrigation water			Irrigation water				
	Bacterial indicator	GW	SW	GW	SW	TW	GW	SW	TW		
Water (CFU 100 ml ⁻¹)											
<i>E. coli</i>	7.0	4.0x10 ³	*	0	1.6 x10 ⁴	0	*	0	1.6x10 ⁴	7.3x10 ²	*
Fecal coliforms	nd	nd	*	1.4	1.4x10 ⁵	0.33	*	1.6x10	5.4x10 ²	1.0x10 ³	*
Fecal <i>Enterococci</i>	9.0	3.8x10 ³		2.1x10	1.17x10 ⁶	0.33	*	4.5	4.3x10 ⁴	1.5x10 ³	*
Soil (CFU g ⁻¹)											
<i>E. coli</i>	0	0	ns	0	0	0	ns	0	0	0	ns
Fecal <i>COLIFORMS</i>	1.2x10 ³	1.4x10 ³	ns	3.4x10 ³	5.4x10 ³	8.2x10 ²	ns	4.0x10	2.0x10 ²	8.3x10	ns
Total heterotrophic counts	3.7x10 ⁶	4.0x10 ⁶	ns	4.7x10 ⁵	4.0x10 ⁵	2.0x10 ⁵	ns	5.7x10 ⁵	1.0x10 ⁶	5.3x10 ⁵	ns
Plant (CFU g ⁻¹)											
<i>E. coli</i>	0	0		0	0	0		0	0	0	ns
Fecal <i>COLIFORMS</i>	1.5 x10 ²	1.8x10 ²	ns	6.5x10 ²	4.5x10 ²	2.5x10 ²	ns	0	0	2.0	ns
Total heterotrophic counts	1.8 x10 ⁴	1.6x10 ⁴	ns	1.2x10 ⁴	6.5x10 ³	1.2x10 ⁴	ns	6.0x10 ³	3.2x10 ³	1.0x10 ⁴	ns
Yield (CFU g ⁻¹)											
<i>E. coli</i>	0	0	ns	0	0	0	ns	0	0	0	ns
Fecal <i>COLIFORMS</i>	1.7x10 ²	2.3x10 ²	ns	6.2x10	5.8x10	5.5x10	ns	0	0	1.2x10	ns
Total heterotrophic counts	5.5x10 ³	7.4x10 ⁴	ns	4.5x10 ³	3.5x10 ³	3.6x10 ³	ns	6.0x10 ³	6.0x10 ⁴	5.1x10 ⁴	ns

FUNGHI TELLURICI



Mean values and standard error of **total fungi** (CFU g⁻¹ dry soil) detected on **soil** samples (30 cm depth) at different dates during the **tomato crop cycle** in each of the two soil plots irrigated with groundwater (GW) and secondary-treated wastewater (SW). The interaction between treatments and dates of samples is indicated by different letters with the probability $P \leq 0.05$, according to Tukey's test. The mean values for each treatment were determined on three replication.

***Fusarium oxisporum* 3.9%**
***Penicillium* 42.3%**
***Tricoderma* 15.4%**
Altri (Micorrize)

***Fusarium oxisporum* 20.3%**
***Penicillium* 8.5%**
***Tricoderma* 10.4%**
Altri (Micorrize)

Percentuale di piante di pomodoro colpite da ***Phytophthora* spp.** nella prova di campo

Trattamenti	Rilievo alla raccolta
Convenzionale	8,32 b
Secondario	2,49 a
Terziario	4,62 ab

Fonte: Tarantino e Disciglio, 2015

COLTURE ARBOREE DA FRUTTO

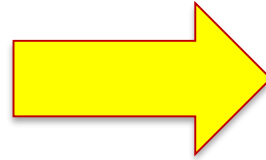
CARATTERISTICHE

- La **stagione irrigua** nelle colture arboree è **più lunga** di quelle erbacee.
- E' importante il valore nutrizionale degli **elementi nutritivi**. Tuttavia questo aspetto deve essere valutato con particolare attenzione in riferimento soprattutto alla possibilità di causare **squilibri nutrizionali e fitotossici**.
- L'impiego di **metodi irrigui a microportata di erogazione** con ali gocciolatori sottochioma o subirrigazione evita qualsiasi occasione di contatto delle acque reflue affinate con i frutti.

Ricerche su olivo, vite, agrumi e pesco

SITUAZIONI CRITICHE IN PUGLIA

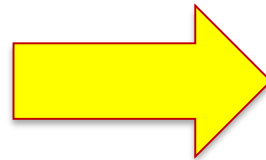
360.000 ha olivo



Solo il 20% irriguo

- + area fogliare
- + radici
- + frutti
- + olio (+ 15%)

32.450 ha uva da tavola



Gestione idrica problematica

- + equilibrio v/p
- + produzione
- + conservazione
- + aromi

OLIVO

E' il fruttifero industriale più vocato all'impiego delle acque reflue, a rischio microbiologico notevolmente ridotto

Italia

Irrigazione

Studi pluriennali

- Acqua convenzionale
- Depurazione semplificata

Tunisia

Irrigazione

10 anni di sperimentazione

- Acqua convenzionale
- Acqua affinata

Israele

Irrigazione e Concimazione

3 anni di sperimentazione

- F W + 100% concimato
- TW + 100% concimato
- TW + <100% non concimato

RISULTATI

- Maggiore produzione
- Sviluppo vegetativo produttivo più equilibrato
- Riduzione dell'alternanza
- Fornisce circa il 50% del fabbisogno nutrizionale di N e K
- Precoce maturazione dei frutti

- **Incremento del pH, Ec, OM, sali e metalli pesanti nel suolo**
- **Diminuzione Polifenoli totali**
- **Diminuzione clorofilla**

- Nessuna differenza:**
- Diametro del tronco
 - Numero di frutti per
 - Produzione di frutti e olio
 - Peso dei frutti

Bibliografia

- Lopez et al., 2006. **Agricultural wastewater reuse in southern Italy.** *Desalination.*
- Palese et al 2006. **Treated municipal wastewater for irrigation of olive trees.** *Proceeding – Marsala Italy.*
- Dag et al., 2011. **Olive orchard irrigation with reclaimed wastewater: agronomic and environmental considerations.** *Agriculture, Ecosystems & Environment.*
- Bedbabis et al., 2015. **Long-terms effects of irrigation with treated municipal wastewater on soil, yield and olive oil quality.** *Agricultural Water Management.*

VITE

Il riuso di acque reflue è molto diffuso in California, Canada e Australia

California

Canada

Irrigazione

8 anni con acqua affinata

3 anni con acqua affinata

RISULTATI

- No accumulo di sali e ioni tossici
+effetti benefici dei nutrienti presenti
nelle acque

+ produzione
+ pH del vino
+ solidi totali solubili

Bibliografia

- Weber et al 2014. **Recycled water causes no salinity or toxicity issues in Napa vineyards.** *California Agriculture*
- Nielsen et al., 1989. **The effect of municipal wastewater irrigation and rate of N fertilization on petiole composition, yield and quality of Okanagan Riesling grapes.** *Canadian Journal of Plant Science.*

AGRUMI

I risultati sull'impiego di acque reflue urbane sono contrastanti.

In funzione del portinnesto (arancio amaro + resistente)

Occorrono terreni ben drenati

Florida

Spagna

Irrigazione

10 anni con acqua affinata

2 anni con acqua affinata

RISULTATI

+ resa in succo
+ solidi solubili

+ Cloro nel suolo
+ Boro nelle foglie

Bibliografia

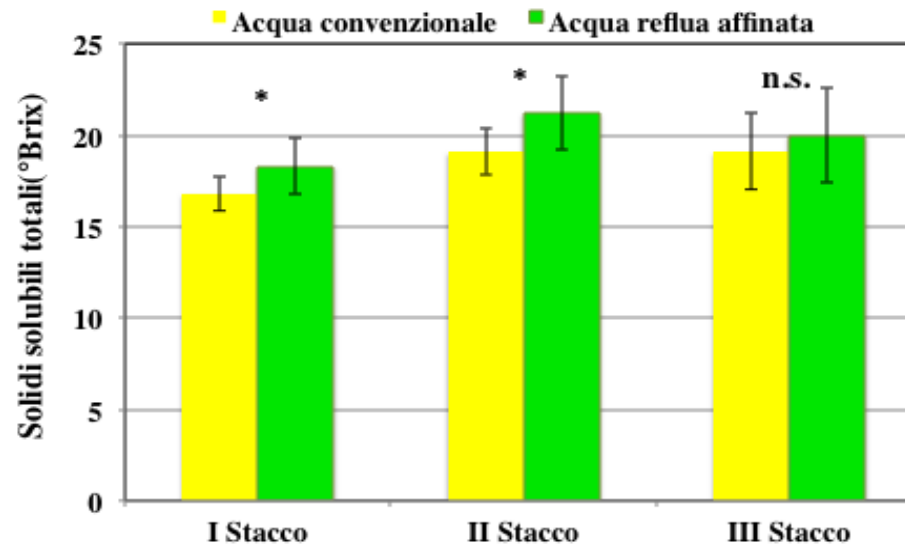
- Morgan K.T., Wheaton T.A., Parsons L.R., Castle W.S. (2008). **Effects of reclaimed municipal wastewater on horticultural characteristics, fruit quality, and soil and leaf mineral Concentration of citrus.** *HortScience* 43(2): 459-464.

PESCO

Effetti dell'irrigazione con acque reflue affinate sulla produzione di nettarine (cv BigTop. n.s. non significativo; * significativo)



Acqua irrigua	Produzione (kg albero ⁻¹)	Pezzatura (cm)
Convenzionale	27	6,74
Reflua affinata	24	6,65
	n.s.	*



Effetti dell'irrigazione con acque reflue affinate sul contenuto in solidi solubili (°Brix) di nettarine nei tre stacchi

COLTURE 'NO-FOOD'

Le **colture energetiche** sono promosse da:

- politiche su colture 'no-food' nella UE;
- protocollo di Kyoto (politica ambientale del pianeta);
- sono colture che richiedono consistenti volume di acqua per garantire una buona produttività.

A livello nazionale I punti a favore di queste colture sono:

- diversificazione degli ordinamenti colturali;
- valorizzazione delle aree marginali (3 milioni di ettari potrebbero contribuire per il 6-7% del fabbisogno nazionale).

Il riuso su colture 'no-food' potrebbe consentire il ricorso a sistemi di **trattamenti semplificati** con benefici economici ed acque arricchite di elementi nutritivi.

COLTURE 'NO-FOOD' PER PRODUZIONE DI ENERGIA



Sorgo da biomassa



Barbabetola da zucchero

Colture 'no-food' per produzione di energia

Trattamento	Produzione		Resa energetica		
	Sorgo da biomassa	Barbabetola da zucchero	Sorgo da biomassa		Barbabetola da zucchero
	(t ha ⁻¹)	(t ha ⁻¹)	Rendimento energetico (GJ ha ⁻¹)	Etanolo (t ha ⁻¹)	Etanolo (L ha ⁻¹)
AC	20,4 b	15,7 b	335 c	6092 c	5446 a
AF	22,6 ab	17,7 ab	371 b	6533 b	6164 b
AS	23,9 a	20,0 a	395 a	7115 a	6785 a

Le migliori risposte produttive sono state ottenute in molti casi con il trattamento di depurazione ridotto delle acque reflue (AS), quale conseguenza dell'apporto di nutrienti aggiuntivi, senza inquinare il suolo con metalli pesanti.

METALLI PESANTI NEL TERRENO

Concentrazioni medie di metalli pesanti rilevate nelle parcelle irrigate con acqua convenzionale (CONV), affinata (AFF) e secondaria (SECOND) nello strato di terreno 0-0,40 m, al termine del triennio di sperimentazione

Campo A (sorgo+barbabietola)

Campo B (sorgo + barbabietola)

Variabile (mg/kg)	CONV media	AFF media	SECOND Media	CONV media	AFF Media	SECOND media
Cd	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Cr	23,54	20,32	23,38	26,84	25,45	23,07
Cu	25,16	21,71	22,58	24,60	26,37	26,39
Ni	13,68	12,66	14,17	14,75	14,21	12,76
Pb	20,47	17,91	20,94	20,88	26,78	21,68
Zn	78,27	73,12	78,24	71,68	75,79	74,16

Fonte: Stellacci *et al.* 2014

I risultati mostrano nessuna differenza tra i trattamenti a confronto, confermando quelli riportati da altri autori condotti nel medio periodo.

Altri studi di lungo periodo riportano significativi incrementi di metalli pesanti negli strati superficiali del suolo anche se a concentrazioni inferiori alle soglie critiche riportate nelle Linee Guida. Importante è il monitoraggio

Fonte: Feizzi *et al.*, 2001; Simmonson *et al.*, 2002)

CONCLUSIONI

- Le acque reflue urbane ed agro-industriali adeguatamente depurate possono rappresentare una risorsa di importanza strategica non solo dal punto di vista delle disponibilità idriche ma anche di quelle nutrizionali delle colture.
- I risultati tecnico-scientifici di ricerche nazionali ed internazionali condotte anche in condizioni estreme (ortaggi da consumare crudi) utilizzando acque reflue con **parametri di qualità** degli affluenti secondari e a volta i terziari (per mal funzionamento dell'impianto) al **di sopra dei limiti legali**, nessuna inconvenienza è stata rilevata sul terreno, sulle piante e sui prodotti e quindi per i consumatori finali, confermando l'opinione della maggioranza degli operatori del settore che considera la **normativa italiana estremamente severa**.
- Tuttavia, queste "garanzie" di natura tecnico-scientifiche, non sono sufficienti per una implementazione diffusa del riuso, ma in aggiunta occorrono, oltre all'**affidabilità e funzionamento degli impianti di depurazione, seri e puntuali controlli e monitoraggi ambientali** in modo che la presenza di sostanze non possa rivelarsi tossica per le colture e per l'ambiente o consentire un apporto nutrizionale non adeguato per il rischio di squilibri nutrizionali e quindi per un peggioramento quanti-qualitativo delle produzioni.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE