

Trattamento delle acque per uso irriguo con sistemi di disinfezione UV

Introduzione

La produzione agricola si connota, da sempre, come maggiormente gravosa in termini quantitativi di fabbisogno idrico; un settore in cui lo sviluppo sostenibile è strettamente legato ad un utilizzo consapevole delle risorse da parte degli operatori. In questo studio vengono presentati alcuni dati di carattere generale riguardanti l'approvvigionamento idrico in ambito agricolo nel nostro paese, i volumi e le modalità di impiego, le normative di riferimento e l'importanza della qualità microbiologica dell'acqua. L'impiego dei sistemi di disinfezione a raggi UV sta riscontrando un grande interesse visti gli ineguagliabili vantaggi che questa tecnologia può offrire nel settore specifico: purezza microbiologica dell'acqua senza l'utilizzo di prodotti chimici, possibilità di riuso di reflui depurati con conseguente risparmio della risorsa primaria (in linea con le indicazioni ambientaliste) e maggiori garanzie igieniche, aspetti che si traducono alla fine in una migliore conservabilità e qualità del prodotto finito. A tal proposito vengono presentate **alcune tra le numerose installazioni che S.I.T.A. ha già effettuato, in Italia e all'estero, proprio nel campo specifico dell'agricoltura**, un settore che più di ogni altro necessita di acqua, in grandi quantità e di buona qualità, non solo per l'irrigazione ma anche per il lavaggio dei prodotti finiti.

L'acqua in agricoltura: approvvigionamento e volumi impiegati

Dati IRSA-CNR (1999) relativi al prelievo idrico, mostrano che, a livello nazionale, l'uso potabile conta per il 19%, l'uso energetico per il 14%, l'uso industriale per il 19%, mentre è preponderante l'uso irriguo che arriva al 48% della totalità dei prelievi. La provenienza delle acque destinate al settore agricolo è diversificata, anche se **la fonte di approvvigionamento maggiormente utilizzata in Italia è rappresentata dagli acquedotti e dai consorzi di irrigazione e bonifica^[1]**, come evidenziato nella seguente Tabella 1:

Fonte di approvvigionamento	%
Acquedotto, consorzio di irrigazione e bonifica o altro ente irriguo con consegna a turno	34,2
Acquedotto, consorzio di irrigazione e bonifica o altro ente irriguo con consegna a domanda	28,8
Acque sotterranee all'interno o nelle vicinanze dell'azienda	17,9
Acque sotterranee al di fuori dell'azienda	11,0
Acque superficiali (bacini naturali e artificiali) all'interno dell'azienda	4,7
Altra fonte	3,4

Tabella1: percentuale di ripartizione della tipologia di prelievo delle acque destinate all'uso irriguo

Il fabbisogno idrico in agricoltura dipende dall'estensione delle superfici irrigabili, dalle caratteristiche climatiche e ambientali, dalla tipologia colturale e dalle tecnologie di distribuzione utilizzate. Le colture che

richiedono il maggior consumo d'acqua sono il granturco, le foraggere e le ortive.

La rilevanza dell'utilizzo delle acque irrigue sulla produttività alimentare nazionale può essere evidenziata esaminando nove categorie di prodotti agricoli destinati al consumo umano^[2], come rappresentative della produzione nazionale, e i volumi di acque irrigue utilizzate in produzione (Tabella 2). Il dato medio nazionale non è tuttavia un indice particolarmente adeguato per descrivere la situazione territoriale in quanto la richiesta di acqua irrigua per quintale di genere alimentare prodotto varia notevolmente in funzione delle diverse condizioni climatiche e della diversa superficie impiegata per le colture.

Genere alimentare	m³/q
Mais	17,86
Cereali per granella (esclusi riso e mais)	4,17
Legumi secchi	22,74
Patate	1,80
Ortive in piena aria	4,69
Vite	3,21
Olivo per olio e per olive da tavola	11,37
Agrumi	15,59
Fruttiferi	9,75

Tabella2: ripartizione della domanda idrica per quintale di genere alimentare prodotto

L'acqua in agricoltura: modalità di utilizzo

Esistono differenti modalità con cui distribuire l'acqua sul terreno e sui prodotti da coltivare, la scelta del metodo dipende da svariati fattori tra i quali: la disponibilità idrica, la tipologia del terreno, il clima, la fonte di approvvigionamento e il tipo di coltura. In funzione di questi parametri si stabilisce la tecnica irrigua più consona all'impiego specifico, tra le cinque tipologie principali^[3]:

- sommersione;
- scorrimento;
- aspersione (o a pioggia);
- goccia (o microirrigazione);
- subirrigazione.

Il metodo di irrigazione per sommersione prevede la permanenza sul terreno per periodi più o meno lunghi di uno strato di acqua di spessore variabile. E' la tecnica adottata per le risaie (Figura 1), applicabile su terreni pianeggianti, argillosi, ossia poco permeabili, che richiede la disponibilità di volumi stagionali elevatissimi.



Figura 1: irrigazione a sommersione



Figura 2: irrigazione a scorrimento

L'irrigazione a scorrimento prevede un velo d'acqua costante durante tutto l'adacquamento, che lungo il suo corso si va ad infiltrare nel terreno, che viene adeguatamente preparato con sistemazioni diverse (ad ala semplice, ala doppia, spianata, campoletto, ecc) per far sì che l'acqua possa scorrere e raggiungere al meglio tutte le zone da irrigare (Figura 2). Questa tecnica è particolarmente adatta per prati e colture foraggere su terreni con buona permeabilità, dove si richiedono elevati volumi di adacquamento per il trattamento di grandi superfici.

Il metodo ad aspersione (Figura 3) prevede l'erogazione di acqua simulando una pioggia attraverso irrigatori con gittata e portata regolabile. A parte le limitazioni rappresentate dal vento, che può condizionare le traiettorie degli irrigatori all'aperto, questa tecnica presenta il vantaggio di non richiedere particolari sistemazioni del terreno e di avere un'elevata efficienza irrigua grazie all'assenza di perdite d'acqua per scorrimento e percolazione profonda.



Figura 3: irrigazione a pioggia



Figura 4: irrigazione a goccia

L'irrigazione a goccia (microirrigazione) avviene tramite gocciolatori sospesi (Figura 4) che consentono di distribuire l'acqua puntualmente, con modesti flussi e basse pressioni; questo metodo consente un notevole risparmio idrico ed è molto utilizzato in orticoltura, nelle serre e nei vivai. Una variante del tradizionale sistema a goccia è rappresentata dalla subirrigazione (o irrigazione interrata) che prevede ali gocciolanti interrate.

La Tabella 3 mostra le percentuali dei consumi idrici relativi ai sistemi di irrigazione^[4]:

Sistema di irrigazione	%
Sommersione	34,83
Scorrimento superficiale e infiltrazione laterale	27,20
A pioggia	26,82
Microirrigazione	9,63
Altro	1,51

Tabella3: percentuale di ripartizione dei consumi relativi alle differenti tecniche di irrigazione

La qualità dell'acqua in agricoltura

Indipendentemente dalla tecnica irrigua che viene utilizzata, l'acqua deve possedere caratteristiche igieniche tali da non compromettere la qualità del prodotto con cui viene in contatto e, quindi, la salute del consumatore finale.

La **presenza di elementi chimici tossici**, in particolare nelle aree dove è consistente il prelievo di acque sotterranee a fini agricoli, può essere di natura geogenica (es. arsenico, boro, fluoro, vanadio) o antropica (es. solventi organo-clorurati, in particolare tetracloroetilene e tricloroetilene, metalli ed elementi indesiderabili laddove si siano verificati smaltimenti di rifiuti industriali). La presenza di queste sostanze richiede l'impiego di trattamenti di rimozione degli inquinanti con tecniche adeguate. Inoltre, l'utilizzo irriguo di acque di origine superficiale, soprattutto nei casi in cui sussista contaminazione da reflui inadeguatamente trattati, può pregiudicare **la sicurezza microbiologica** della produzione agricola, in misura diversa a seconda della natura della risorsa di origine, della modalità di irrigazione e del destino dei prodotti primari, con un maggior rischio per i prodotti freschi consumati crudi.

Per quanto concerne la qualità delle acque utilizzabili in agricoltura^[5] non esistono disposizioni specifiche, bensì raccomandazioni per l'impiego, e norme riguardanti la qualità delle acque in funzione della loro provenienza.

Queste indicazioni, di carattere generale, applicate al campo agricolo servono quindi per scongiurare che l'irrigazione delle colture avvenga con acque di qualità non idonea, ovvero con presenza di inquinanti di natura chimica e/o microbiologica.

Le norme indirizzate alla sicurezza alimentare, con particolare riguardo alla produzione primaria (allevamento e coltivazione), pongono una specifica attenzione alla prevenzione della contaminazione delle acque utilizzate come fonte principale nell'irrigazione; a tal fine, è previsto che gli "Operatori del Settore Alimentare" (OSA) debbano, ove necessario, utilizzare acqua potabile, in ogni caso "acqua pulita" ovvero priva di microrganismi o sostanze nocive in quantità tali da incidere direttamente, o indirettamente, sulla qualità sanitaria degli alimenti.

La Tabella 4 riporta i fondamentali atti normativi nazionali in materia di qualità delle acque^[6].

Atto normativo	Campo di applicazione	Scopo
D.Lgs 31/2001	Acque destinate al consumo umano	Protezione della salute umana dagli effetti della contaminazione derivante dall'uso di acque non potabili
D.Lgs 152/2006	Acque superficiali, marine e sotterranee	Tutela delle acque dall'inquinamento e gestione delle risorse idriche
D.Lgs 30/2009	Acque sotterranee	Prevenzione e controllo dell'inquinamento e del depauperamento delle acque sotterranee
D.M 185/2003	Acque di riuso	Prevenzione e controllo dell'inquinamento e incentivazione del risparmio idrico

Tabella 4: Principali atti normativi nazionali, loro scopo e campo di applicazione

Queste norme concorrono al soddisfacimento di quanto previsto dal Regolamento (CE) 852/2004 "Igiene dei prodotti alimentari" anche se, ad oggi, **non sono ancora definiti specifici requisiti per le acque impiegate in ambito agricolo, rispetto a potenziali fattori di rischio chimico e microbiologico. In questo contesto si inserisce favorevolmente l'impiego di sistemi di disinfezione UV dell'acqua, una tecnologia che consente di ottenere eccezionali risultati circa la qualità microbiologica delle acque** ed è applicabile, anzi consigliata, a valle di qualsiasi trattamento di rimozione di inquinanti chimici, qualora fossero presenti, o più semplicemente a valle di un sistema di chiarificazione.

La disinfezione UV: principi di funzionamento

La tecnologia UV opera diversamente dai tradizionali reagenti chimici, sfruttando un principio fisico basato sull'irraggiamento di radiazione elettromagnetica a specifiche lunghezze d'onda. La radiazione ultravioletta è la regione dello spettro elettromagnetico compresa tra il visibile e i raggi X (tra 100 e 400 nm¹); tale banda è suddivisa in tre sottointervalli: UVA (luce solare, lampade abbronzanti), UVB (campo medicale) e UVC (germicida). **La radiazione ultravioletta utilizzata dai dispositivi per il trattamento dell'acqua è quindi del tipo UVC, particolarmente efficace nella disinfezione grazie alla capacità di interferire con il DNA dei microrganismi, causandone la morte o l'incapacità di riprodursi.**

La radiazione UV non altera le caratteristiche dell'acqua, né dal punto di vista chimico-fisico né da quello organolettico, un aspetto estremamente importante quando l'acqua è destinata al consumo umano; inoltre questa tecnologia presenta un'elevatissima efficacia nei confronti di tutte le specie microbiche, anche di quelle cloro resistenti (es. Giardia e Cryptosporidium, normalmente presenti nelle

¹ 1 nm = 1 miliardesimo di metro

acque superficiali). Particolare attenzione va fatta però alla presenza di particolato disperso nelle acque, che è in grado di diffondere la radiazione UV, diminuendone l'efficacia biocida. Il materiale in sospensione agisce fisicamente riflettendo e diffondendo la radiazione incidente, ciò consente ad una parte degli agenti patogeni presenti di sopravvivere; per questo motivo, per ottenere un'efficace disinfezione, è sempre necessario prevedere un'adeguata chiarificazione dell'acqua.

Gli apparecchi UV vengono installati intercettando la tubazione dell'acqua che si vuole trattare, gli attacchi idraulici possono essere in linea o contrapposti (Figura 5) a seconda delle esigenze applicative. Il flusso in ingresso, scorrendo all'interno del reattore, viene irraggiato con una dose di radiazione UV generata da speciali lampade a vapori di mercurio (a bassa o a media pressione). **Ogni apparecchio viene dimensionato per trattare una portata d'acqua tale da assicurare un tempo di irraggiamento sufficiente al raggiungimento della dose disinfettante, ciò avviene generalmente in pochi secondi, ovvero il tempo necessario al passaggio attraverso il reattore UV.**

Gli apparecchi UV sono quindi dispositivi concettualmente molto semplici, costituiti da una camera (generalmente in acciaio inox o alternativamente in teflon per gli impieghi con acque particolarmente aggressive) che contiene una o più lampade germicide, la cui accensione e la regolazione sono assicurate da un apposito quadro elettrico di controllo e comando.



Figura 5: Impianto UV – S.I.T.A. per la disinfezione dell'acqua

La disinfezione UV: efficacia microbiologica

Le acque inquinate possono ospitare numerosi microrganismi, responsabili di svariate epidemie alcune anche gravi. L'ingestione di acque non potabili può comportare svariate patologie, soprattutto legate all'apparato gastrointestinale, tuttavia il contagio può avvenire anche per inalazione (se le acque vengono nebulizzate) o per contatto (in presenza di ferite). Nella seguente Tabella 5 si riportano alcuni tra i principali microrganismi potenzialmente presenti nelle acque contaminate, il tipo di affezione e la modalità con cui può avvenire il contagio.

Microrganismo	Malattia indotta	Contagio
Batteri		
Campylobacter jejuni	gastroenterite	ingestione
Escherichia Coli	gastroenterite	ingestione
Francisella tularensis	tularemia	ingestione, contatto, inalazione
Legionella	legionellosi, febbre di Pontiac	inalazione
Pseudomonas aeruginosa	otiti, congiuntivite, follicolite	contatto, ingestione
Salmonella typhi	tifo, gastroenterite	ingestione
Shigella	dissenteria emorragica, gastroenterite	ingestione
Staphylococcus aureus	infezione della cute e delle mucose	contatto
Vibrio cholerae	colera, gastroenterite	ingestione
Yersinia enterocolitica	gastroenterite	ingestione
Virus		
Adenovirus	diarrea, faringo-congiuntivite	ingestione, contatto, inalazione
Enterovirus	gastroenterite, poliomielite, meningite	ingestione
Epatite A-E	epatite	ingestione
Norovirus	gastroenterite	ingestione
Rotavirus	gastroenterite	ingestione
Protozoi e Elminti		
Cryptosporidium parvum	criptosporidiosi	ingestione
Cyclospora caytenensis	ciclosporidiosi	ingestione
Entamoeba histolytica	amebiasi, gastroenterite	ingestione
Giardia intestinalis	gastroenterite	ingestione
Naegleria fowleri	meningoencefalite amebica primaria	inalazione
Dracunculus medinensis	dracunculosi	ingestione

Tabella 5: Microrganismi, affezione e modalità di contagio

L'acqua può essere un formidabile vettore di contagio, non a caso le "acque destinate al consumo umano", accezione che prevede usi non esclusivamente potabili, devono possedere determinate caratteristiche, soprattutto per quanto riguarda la qualità microbiologica.

Batteri, virus e protozoi sono microrganismi con peculiarità molto diverse tra loro, la cui presenza può avere esiti molto differenti per quanto riguarda l'impatto sulla salute umana, anche e soprattutto in funzione del livello di contaminazione e della condizione fisica del soggetto. I virus e i protozoi sono caratterizzati da una notevole resistenza ai trattamenti di disinfezione, in particolare questi ultimi, in condizioni ambientali sfavorevoli, possono assumere la forma di cisti e sopravvivere per lungo tempo in forma silente.

La radiazione UV risulta essere molto efficace nei confronti dei batteri, ma ottimi risultati si ottengono anche nei confronti dei virus i quali richiedono però dosi di irraggiamento superiori (circa 10 volte) rispetto ai più comuni

ceppi batterici. Per la contaminazione da protozoi ed elminti (le specie Giardia e Cryptosporidium sono spesso presenti nelle acque di origine superficiale) l'irraggiamento UV è particolarmente consigliato in quanto la radiazione è in grado di indurre mutazioni genetiche tali da rendere inefficace la riproduzione e l'attività vegetativa, a differenza del trattamento per clorazione che risulta, nello specifico, poco efficace^[7].

Qualsiasi trattamento di disinfezione, indipendentemente dal meccanismo di azione, per risultare efficiente deve essere applicato per un determinato periodo di tempo, una regola universale che vale per i reagenti chimici, il trattamento termico ed anche l'irraggiamento UV. L'efficacia della disinfezione UV si esprime in termini di dose², la quale dipende dal prodotto tra l'intensità di irraggiamento dell'acqua con la luce UV emessa dalle lampade germicide (W/m^2) ed il tempo di esposizione (s) a tale radiazione, generalmente alcuni secondi, ovvero il periodo di transito attraverso l'apparecchio:

$$D = I \times t \text{ [J/m}^2\text{]}$$

La seguente Tabella 6 mostra i valori di dose UV necessari per ottenere da 1 a 4 log di inattivazione³ di alcuni agenti patogeni potenzialmente presenti nelle acque^[8].

Microrganismo	Log di inattivazione			
	1,0	2,0	3,0	4,0
<i>Cryptosporidium parvum</i>	3,0	4,9	6,4	7,9
<i>Giardia lamblia</i> (cisti)	-	< 5	< 10	< 10
<i>Giardia muris</i> (cisti)	1,2	4,7	-	-
<i>Vibrio cholerae</i>	0,8	1,4	2,2	2,9
<i>Shigella dysenteriae</i>	0,5	1,2	2,0	3,0
<i>Shigella sonnei</i>	3,2	4,9	6,5	8,2
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	1,5	2,8	4,1	5,6
<i>Salmonella typhi</i>	1,8	4,8	6,4	8,2
<i>Salmonella typhimurium</i>	2	3,5	5	9
<i>Salmonella enteritidis</i>	5	7	9	10
<i>Legionella pneumophila</i>	3,1	5	6,9	9,4
Virus epatite A	4,1 - 5,5	8,2 - 14	12 - 22	16 - 30
Poliovirus tipo 1	4 - 6	8,7 - 14	14 - 23	21 - 30
Coxsackie virus B5	6,9	14	22	30
Rotavirus SA11	7,1 - 9,1	15 - 19	23 - 26	31 - 36

² Fattori di conversione tra alcune unità di misura della dose UV: $J/m^2 = Ws/m^2 = 100 \mu Ws/cm^2 = 0,1mJ/cm^2$

³ 1log = 90%; 2log = 99%; 3log = 99,9%; 4log = 99,99%

<i>Aeromonas hydrophila</i>	1,1	2,6	3,9	5
<i>Campylobacter jejuni</i>	1,6	3,4	4	4,6
<i>Salmonella anatum</i>	7,5	12	15	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	3,9	5,4	6,5	10,4
<i>Yersinia enterocolitica</i>	1,7	2,8	3,7	4,6
Adenovirus tipo 40	30	59	90	120
Cryptosporidium	2,5	5,8	12	-
Giardia	2,1	5,2	11	-

Tabella 6: Dose UV (mJ/cm²) richiesta per l'abbattimento di alcune specie microbiche

La tecnologia UV in ambito agricolo: una realtà in grande espansione

S.I.T.A. è presente nel settore UV del trattamento acque dal 1982, con una distribuzione dei propri impianti che ha raggiunto, oggi, il livello mondiale. Le installazioni in 62 paesi di apparecchi in grado di trattare sino a 3000 m³/h d'acqua riguardano i più diversi casi di applicazione: dal trattamento di acque primarie per l'uso potabile alla piscicoltura, dal trattamento di reflui civili ed industriali all'industria alimentare. Particolarmente interessanti sono le applicazioni nel settore agricolo, realizzate in Italia e all'estero, dove la richiesta di ingenti volumi d'acqua di idonea qualità microbiologica si è dimostrata perfettamente compatibile con la tecnologia UV per la disinfezione delle acque di irrigazione e di risciacquo dei prodotti finiti.

La vasta gamma di prodotti standard, unita agli impianti su progetto che regolarmente realizza il nostro Ufficio Tecnico, consente di far fronte a qualsiasi esigenza da parte del cliente. I nostri impianti UV per la vostra acqua.

Olanda

Applicazione: disinfezione acqua di processo per la produzione ed il trasporto delle mele

Impianto UV: 400/1 RA

Portata e dose UV: 30 m³/h - 400 J/m² (95% - 1cm)



Potenza assorbita: 440 W



Italy – Puglia

Applicazione: irrigazione alberi di ciliegie e lavaggio prodotto finito

Impianto UV: 400/5

Portata e dose UV: 200 m³/h – 400 J/m² (90% - 1cm)

Potenza assorbita: 2200 W

Figura 6: Impianto UV 400/5

Italy – Campania

Applicazione: Irrigazione in serra

Impianto UV: AM 96

Portata e dose UV: 96 m³/h - 400 J/m² (98% - 1cm)

Potenza assorbita: 660 W



Figura 7: Impianto UV AM 96



Regno Unito

Applicazione: orticoltura

Impianto UV: 400/1 RA

Portata e dose UV: 30 m³/h – 400 J/m² (95% - 1cm)

Potenza assorbita: 440 W

Bibliografia:

- [1], [4], [6] Lucentini L, Achene L, La Sala L, Stacchini P, Bonadonna L, La Rosa G, Veschetti E, Gianfranceschi M, Cerroni M, Beccaloni E, Carere M, Fiori M. "Elementi di analisi del rischio correlati all'utilizzo e riutilizzo di acque in produzione primaria e alimentare". Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2016 (Rapporti ISTISAN 16/12)
- [2] ISTAT- Datawarehouse 2010 (<http://daticensimentoagricoltura.istat.it/>)
- [3] Andrea Palazzo – "Metodi di irrigazione" (www.agraria.org)
- [5] Stefano Fabiani "La qualità delle acque in agricoltura" Roma, 26 febbraio 2010
- [7] WRRF. Potential infectivity assay for *Giardia lamblia* cysts. Alexandria, VA: Water Reuse Research Foundation; 2012a. WRF-08-18
- [8] G.Temporelli, R.Porro (2005) "La radiazione UV nel trattamento delle acque destinate al consumo umano" edizioni Franco Angeli