

## **RUOLO DELLA GESTIONE DELL'ACQUA IN RISAIA NELLA MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI CONTAMINAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI DA PRODOTTI FITOSANITARI**

A. FERRERO, M. MILAN, S. FOGLIATTO, F. DE PALO, F. VIDOTTO  
Università di Torino – DISAFA - Sezione di agronomia – Grugliasco (TO), Italia  
aldo.ferrero@unito.it

### **RIASSUNTO**

In questo lavoro si è fatto riferimento ai risultati di studi sulla dissipazione di alcuni diserbanti (cinosulfuron, pretilaclor, propanile e il suo metabolita 3,4 dicloroanilina, oxadiazon, imazamox e quinclorac) nelle acque di sommersione, in ingresso ed in uscita dalle risaie. Tutte queste sostanze nei primi 10 giorni dopo il trattamento (o la risommersione delle camere) hanno fatto registrare una degradazione compresa tra il 50 e il 90% della concentrazione iniziale riscontrata nelle acque. I dati sperimentali hanno evidenziato anche la presenza di un gradiente di concentrazione all'interno della risaia subito dopo il trattamento ed una contaminazione delle acque in ingresso assai inferiore a quella riscontrata nelle acque della risaia dopo il trattamento. Questi risultati suggeriscono di evitare, ove possibile, di far defluire nel sistema irriguo le acque di sommersione della risaia nel periodo compreso tra 7-10 giorni dal trattamento, di ripristinare lentamente la sommersione, di assicurare un buon livellamento del terreno nelle risaie, nonché di prevedere, nel caso di risaie interconnesse, una adeguata riduzione delle dosi di impiego nelle camere poste più a valle.

**Parole chiave:** diserbanti, acque, risaia, contaminazione, mitigazione

### **SUMMARY**

#### **WATER MANAGEMENT IN RICE FOR MITIGATING THE RISK OF CONTAMINATION OF SURFACE WATERS BY HERBICIDES**

This paper reports the results of studies carried out on the dissipation dynamics of different rice herbicides in paddy waters and in inlet and outlet waters. The herbicides studied were: cinosulfuron, pretilachlor, propanil, 3,4 dichloroaniline, oxadiazon, imazamox and quinclorac. In the first 10 days after the treatment (or starting from the reflooding of the paddies), these herbicides showed a dissipation in water ranging on average 50 to 90% of the initial herbicide concentration found in water. In the early days after fields reflooding, an important gradient of concentration was observed within the paddies. Residues of herbicides found in inlet waters were generally lower than those observed in paddy waters. According to these results, in order to limit the transfer of herbicides to surface water after the treatments, it is advisable to limit the release of water from the paddies in a period between 7-10 days after the treatment, to slow down the submersion of rice fields after herbicide application, to properly level the ground of the paddies, and, in the case of interconnected paddies, to reduce the herbicide dose rates in the downstream paddies.

**Keywords:** herbicides, paddies

### **INTRODUZIONE**

L'impiego dei prodotti fitosanitari comporta un potenziale rischio di contaminazione delle risorse idriche superficiali e sotterranee. La presenza di tali sostanze nelle acque è frequentemente evidenziata dagli esiti dei monitoraggi periodici eseguiti dalle autorità regionali per l'ambiente. Tra i prodotti fitosanitari, gli erbicidi ed i loro metaboliti rappresentano le sostanze caratterizzate dalla maggiore frequenza di rilevamento, sia nelle

acque superficiali, che sotterranee. Il rischio di contaminazione appare particolarmente elevato in certi contesti agricoli caratterizzati da una elevata presenza di corpi idrici, quali ad esempio gli ambienti risicoli, dove frequentemente i trattamenti fitosanitari vengono eseguiti in presenza di acqua. A questo riguardo merita segnalare che a livello nazionale le aree caratterizzate dai maggiori livelli di contaminazione sono oggi principalmente quelle del distretto risicolo piemontese e lombardo. Tale situazione, alla luce anche delle più recenti normative comunitarie e nazionali, misure di limitazione e talvolta di divieto di impiego dei prodotti fitosanitari. In alcune situazioni colturali l'esclusione o la limitazione d'uso di una determinata sostanza non è sempre la soluzione più efficace per limitare la sua presenza nelle acque. Nell'ambiente di risaia, in particolare, l'aspetto più critico per quanto riguarda il rischio di contaminazione, è rappresentato dall'esecuzione dei trattamenti effettuati in risaia sommersa o sgrondata, ma satura d'acqua. Mentre nel primo caso la contaminazione si manifesta in modo diretto, nel secondo avviene solo al momento del ripristino delle condizioni di sommersione della risaia. In entrambe le situazioni, dopo il trattamento le acque di sommersione presentano concentrazioni delle sostanze applicate più o meno elevate in relazione alle dosi di impiego ed alla tipologia di prodotto applicato. Al ripristino della circolazione le acque rilasciate dalle camere della risaia confluiscono dapprima nei fossi di scolo, ritornando in gran parte nella rete dei canali irrigui. In questo studio si è inteso caratterizzare la dinamica di dissipazione nelle acque di alcuni importanti diserbanti del riso e di individuare strategie di gestione dell'acqua in grado di limitare la contaminazione dei corpi idrici superficiali.

## MATERIALI E METODI

Lo studio è stato realizzato facendo riferimento alle informazioni raccolte nelle sperimentazioni effettuate in campo, in un ampio arco di tempo dagli stessi autori di questo lavoro. Gli studi, realizzati nel periodo 1997-2015 presso centri sperimentali e/o aziende risicole dell'areale vercellese e novarese hanno avuto l'obiettivo di studiare il comportamento ambientale nell'acqua e nel suolo di molecole erbicide impiegate nel diserbo del riso. Alcune di queste sostanze sono oggi ancora largamente utilizzate (imazamox), altre a seguito dei processi di revisione comunitaria sono state sottoposte a revoca della registrazione (cinosulfuron), e una parte di esse sono state autorizzate negli ultimi anni in deroga per ragioni di emergenza fitosanitaria ai sensi dell'art. 53 Reg. (CE) n° 1107/2009 (propanile, quinclorac, pretilaclor); altre ancora sono state recentemente oggetto di provvedimenti di riduzione delle dosi di impiego e/o di limitazione d'uso in certe zone (oxadiazon) (tabella 1).

Utilizzando i dati relativi alla concentrazione di queste molecole misurata nelle acque di sommersione ed in uscita dalle camere in un periodo compreso tra i 1 e 100 giorni dalla loro applicazione in campo, è stato possibile individuare la finestra temporale durante la quale si determina la maggior parte dei processi di dissipazione nell'acqua. Analogamente, l'analisi delle concentrazioni osservate nelle acque in entrata ha permesso di evidenziare il reale livello di contaminazione, da parte delle molecole erbicide, delle acque superficiali utilizzate per la sommersione delle camere. I campionamenti sono stati eseguiti nelle camere di risaia, nelle acque del canale adacquatore ed in quelle in uscita dalle stesse. In tutti gli studi i campioni raccolti sono stati immediatamente conservati in congelatore alla temperatura di -25°C sino al momento dell'estrazione e dell'analisi. L'estrazione è avvenuta in fase solida (SPE – *Solid phase extraction*), mentre le analisi sono state condotte, a seconda della molecola e del periodo di analisi, con diverse strumentazioni (GC, HPLC, GC-MS, LC-MS MS).

Tabella 1. Molecole erbicide e metaboliti oggetto di studio nel periodo 1997-2015

Sostanza attiva metabolita	Dose e tipo di impiego	Periodo di studio	Matrice studiata
Cinosulfuron	0,07 kg/ha s. a. risaia sommersa	1997-1998 Barengo (NO)	Acqua sommersione, entrata, uscita, falda, sedimento
Pretilaclor	1,12 kg/ha s. a. risaia sgrondata	2001-2002 Barengo (NO)	Acqua sommersione, sedimento!
Propanile 3,4 DCA	4,8 kg/ha s. a. risaia sgrondata	2004-2006 Vercelli	Acqua sommersione, entrata, uscita, sedimento!
Oxadiazon	0,35 kg/ha s. a. risaia sgrondata	2007-2009 Vercelli	Acqua sommersione, entrata, uscita, sedimento!
Imazamox	0,035 kg/ha s. a. (2 applicazioni) risaia sgrondata	2010-2011 Vercelli	Acqua sommersione, entrata, uscita, falda, sedimento!
Propanile 3,4 DCA, DCNB	0,5 kg/ha s. a. (max 2 applicazioni) risaia sgrondata	2012-2013 Vercelli	Acqua sommersione, entrata, uscita, sedimento!
Quinclorac	0,30 kg/ha s. a. risaia sgrondata	2014-2015 Olcenengo (VC)	Acqua sommersione, entrata, uscita, sedimento!

## RISULTATI

Nelle figure 1-4 è possibile osservare le curve di dissipazione delle molecole erbicide studiate nelle acque di sommersione, in uscita ed in entrata nelle camere. Dall'analisi dei dati è possibile notare che, per la maggior parte di queste sostanze, nell'arco temporale compreso tra 1 e 10 giorni dal trattamento (o dal ripristino delle condizioni di sommersione nella camera) si è registrata una riduzione della concentrazione compresa tra il 50 e l'80%. Nel caso del cinosulfuron, a distanza di 8 giorni dal trattamento nelle acque di sommersione la concentrazione dell'erbicida è diminuita di oltre il 50% (Ferrero *et al.*, 2001). Anche per il pretilaclor, che nel biennio di studio preso in considerazione, (2001-2002) era impiegato a dosi di oltre 1100 g s.a. per ettaro, è stata osservata un altrettanto rapida dinamica di dissipazione nell'acqua (5-7 giorni) (Vidotto *et al.*, 2004). L'imazamox, erbicida il cui impiego è cresciuto parallelamente alla diffusione delle varietà di riso Clearfield, presenta una dinamica di dissipazione nelle acque di sommersione piuttosto veloce ( $DT_{50 \text{ acqua}}$ : 3-7 giorni), da attribuirsi soprattutto a fenomeni di fotodegradazione della molecola nell'acqua (Milan *et al.*, 2016). Particolarmente significativo è il caso dell'erbicida propanile, un prodotto revocato dopo alcuni decenni di commercializzazione e da tre anni autorizzato per ragioni di emergenza fitosanitaria. Lo studio sul comportamento ambientale del propanile condotto nel periodo 2004-2006 ha evidenziato per questo erbicida una veloce dissipazione sia nel suolo che nell'acqua. Nell'acqua, in particolare, la  $DT_{50}$  è risultata inferiore ad un giorno. Anche la 3,4 DCA, principale metabolita del propanile, ha manifestato una veloce dissipazione nell'acqua

(Milan *et al.*, 2012). A partire dal 2010 i formulati autorizzati in Europa contenenti la sostanza attiva propanile prevedono dosi di impiego pari a circa un decimo (0.5 kg/ha, e 2 applicazioni all'anno), di quelle consentite in passato (4-6 kg/ha di s.a.). In ragione delle diminuite dosi di impiego la veloce dissipazione del propanile è stata confermata anche nella sperimentazione condotta nel biennio 2012-2013, dove sia per il propanile che per il suo metabolita principale 3,4 DCA le concentrazioni osservate nelle acque di sommersione ed in uscita sono risultate decisamente inferiori rispetto ai valori riscontrati nello studio precedente (Milan *et al.*, 2016).

L'erbicida quinclorac, anche esso impiegato nel 2014 e 2015 con autorizzazione di emergenza, ha presentato nel complesso una relativa maggiore persistenza nelle acque di sommersione; per questa molecola va comunque osservato che il tempo di dissipazione nelle acque ( $DT_{50 \text{ acqua}}$ ) è risultato compreso tra 6,7 e 7,8 giorni (Vidotto *et al.*, 2016). L'oxadiazon ha evidenziato una generale maggiore persistenza nel suolo rispetto agli altri prodotti studiati. E' quindi verosimile ritenere un più prolungato rilascio di tale molecola per mezzo di fenomeni di desorbimento, anche in relazione alla diversa natura granulometrica del suolo. Occorre inoltre considerare che anche l'oxadiazon è soggetto ad una più o meno rapida fotolisi acquosa. Per questo erbicida nel triennio considerato è stata calcolata una  $DT_{50}$  compresa tra tre ed undici giorni (Milan *et al.*, 2016).

Gli studi considerati hanno permesso anche di definire le relazioni tra le concentrazioni determinate nelle acque di sommersione e quelle riscontrate nelle acque in uscita dalle camere di risaia. La concentrazione osservata nelle acque di sommersione rappresenta infatti un dato medio dei valori relativi a numerosi campioni prelevati in diverse posizioni della camera. In molti casi le concentrazioni riscontrate nelle acque in uscita dalle camere sono risultate superiori rispetto alle concentrazioni osservate in quelle di sommersione all'interno delle stesse camere. Questo comportamento è legato al fatto che le acque in uscita sono soggette, in particolare nel primo periodo di risommersione delle camere dopo i trattamenti, ad un trasporto ed accumulo dei residui dei prodotti applicati verso la parte bassa della camera.

A titolo di esempio vengono riportati nella figura 5 i casi studio dell'oxadiazon (anno 2009), del propanile e della 3,4 dicloroanilina (3,4 DCA) (anno 2005), nei quali la presenza di questo gradiente di concentrazione è risultata particolarmente evidente.

Gli studi considerati hanno fatto rilevare anche la presenza di residui degli stessi erbicidi nelle acque in ingresso nelle camere. La contaminazione da parte degli erbicidi delle acque superficiali utilizzate per inondare le camere appare essenzialmente legata al rilascio dalle risaie dopo i trattamenti o durante le operazioni di sgrondo delle stesse, oltreché a fenomeni di deriva durante l'applicazione. A questo riguardo va però rilevato che per i prodotti presi in considerazione le concentrazioni osservate risultano di livello molto inferiore a quelle riscontrate all'interno delle camere o nelle acque in uscita (figure 1-4). Confrontando le concentrazioni osservate nelle camere di risaia con quelle in ingresso, derivanti dalla rete dei canali adacquatori, è possibile notare una differenza generalmente di 1 ordine di grandezza. A titolo di esempio negli studi condotti sull'oxadiazon e sull'imazamox il picco di concentrazione riscontrato nelle acque in entrata è stato pari a 2.2 µg/L e 1.0 µg/L, valori corrispondenti a circa un decimo dei valori osservati dopo i trattamenti all'interno delle camere (figure 1-4). Per alcuni prodotti, come ad esempio nel caso del propanile e del suo metabolita 3,4 DCA, i residui sono generalmente riscontrati nei campioni prelevati a ridosso del trattamento, mentre nel resto della stagione colturale risultano al di sotto dei limiti di quantificazione analitica.

Figura 1. Concentrazione di cinosulfuron (1997-1998) nelle acque di sommersione, in uscita ed in entrata nelle camere di risaia

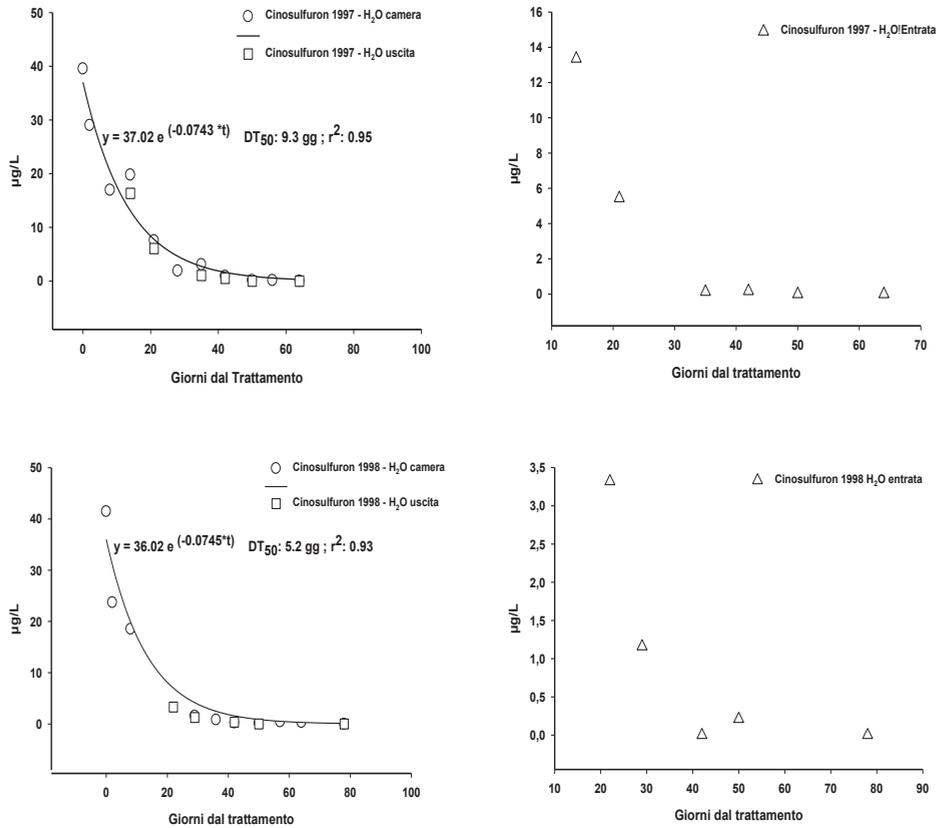
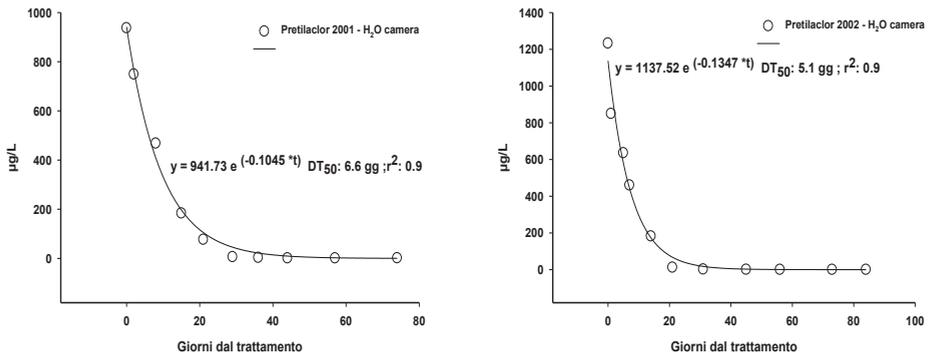


Figura 2. Concentrazione di pretilaclor (2001-2002), propanile (2006), 3,4 DCA (2006) e oxadiazon (2008) nelle acque di sommersione, in uscita ed in entrata nelle camere di risaia



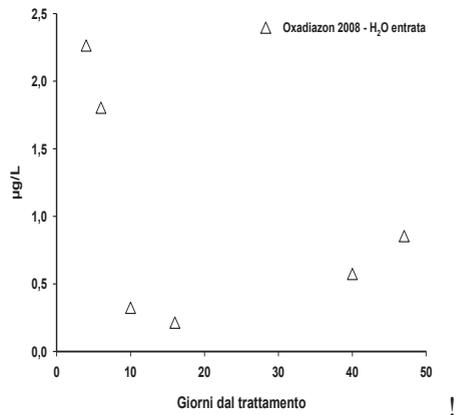
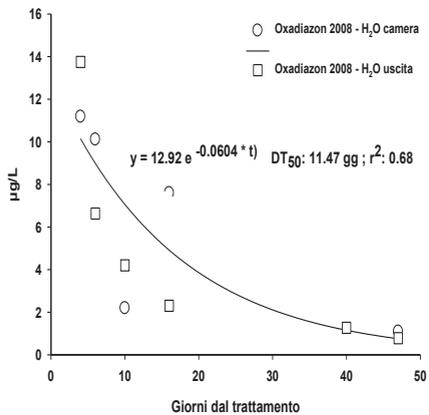
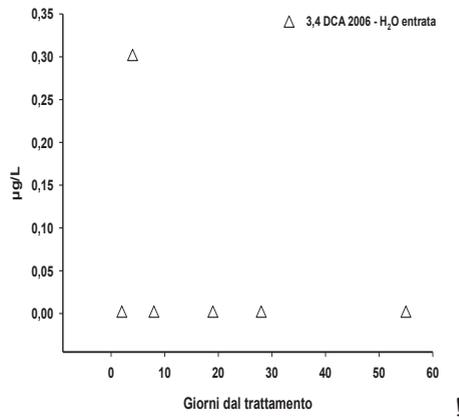
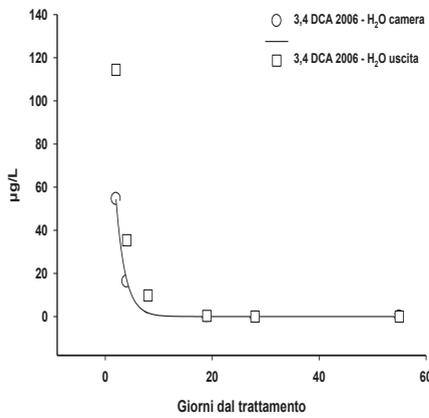
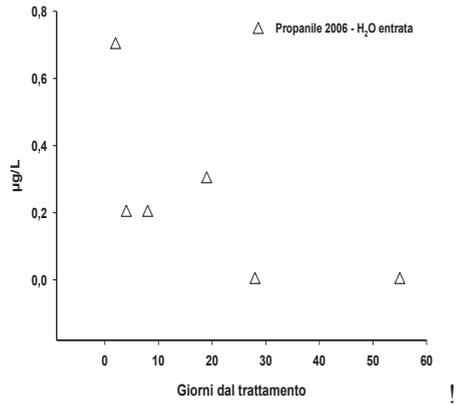
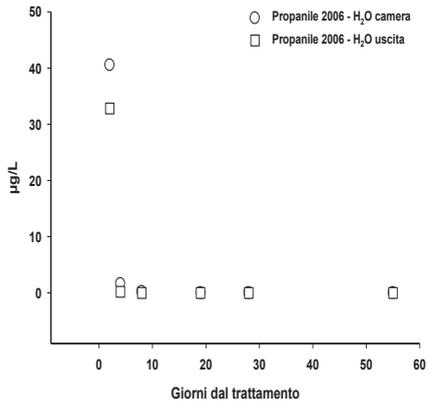


Figura 3. Concentrazione di oxadiazon (2009), imazamox (2010-2011) e 3,4 DCA (2013) nelle acque di sommersione, in uscita ed in entrata nelle camere di risaia

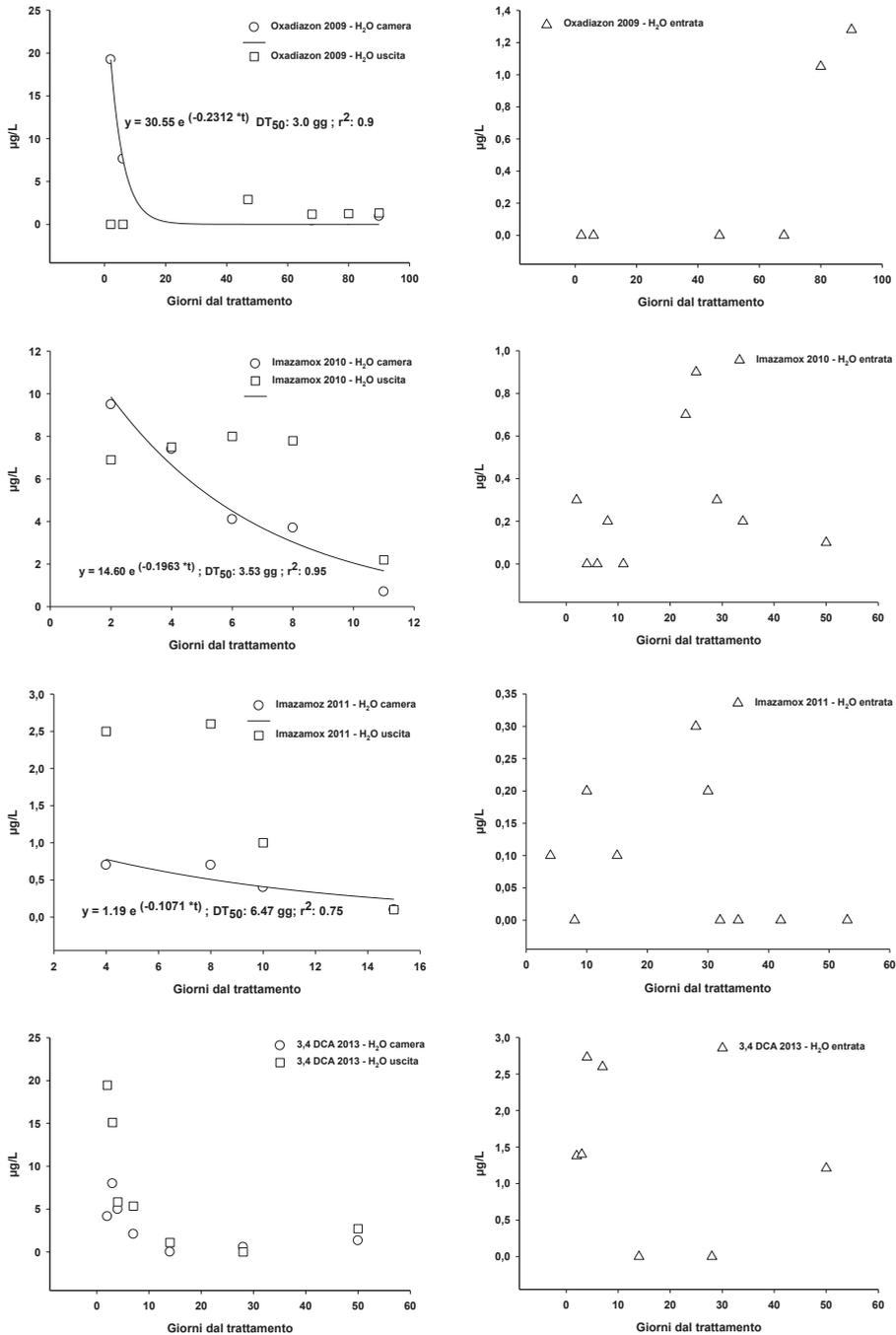


Figura 4. Concentrazione di quinclorac (2014-2015) nelle acque di sommersione, in uscita ed in entrata nelle camere di risaia

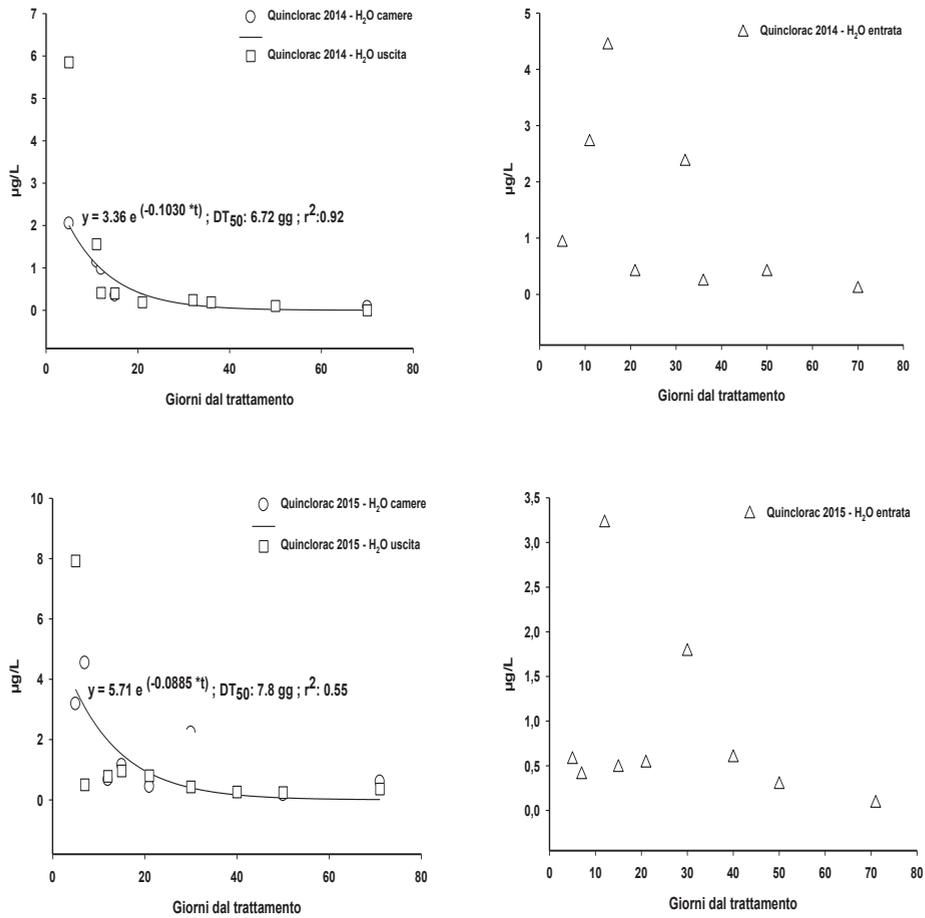
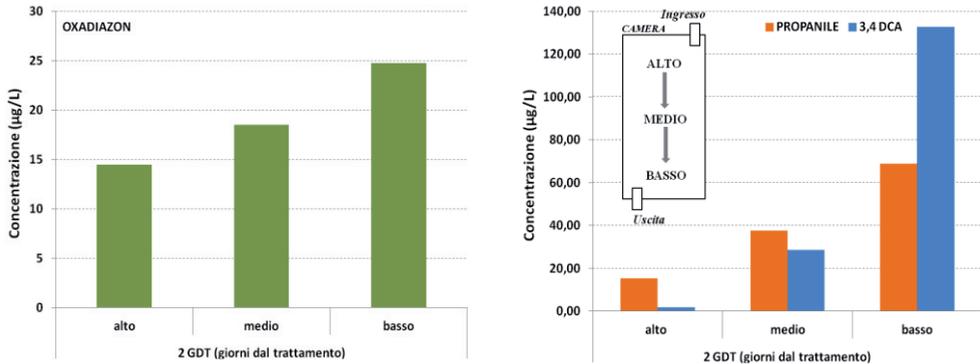


Figura 5. Gradiente di concentrazione osservato nelle camere di risaia (vedi didascalia all'interno del grafico sulla destra) nei primi giorni dopo il ripristino della sommersione a seguito del trattamento



### **Misure di mitigazione del rischio di contaminazione delle acque superficiali**

I risultati ottenuti negli studi condotti nel periodo 1997-2015 sul comportamento ambientale di diverse molecole erbicide impiegate nel diserbo del riso hanno permesso di formulare alcune considerazioni su possibili strategie di intervento per contenere il rischio di contaminazione delle acque superficiali.

A questo riguardo appare in primo luogo molto importante evitare il rilascio delle acque dalle camere nel periodo successivo al trattamento in cui si registrano generalmente le più elevate concentrazioni dei prodotti distribuiti. In genere, tale periodo critico corrisponde ad una finestra temporale compresa tra 7 e 10 giorni dal trattamento. Come osservato negli studi precedentemente analizzati, durante questo arco di tempo i residui presenti nelle acque vanno incontro ai processi di dissipazione quantitativamente più importanti. In relazione a questi aspetti, per limitare il rischio di contaminazione delle acque del sistema risicolo, e con riferimento agli erbicidi utilizzati nello studio, risulta necessario mantenere chiuse le bocchette di uscita delle camere per almeno una settimana dopo la distribuzione del diserbante. A questo riguardo si rendono necessarie adeguate informazioni da riportare nell'etichetta dei prodotti per agevolare l'agricoltore nell'individuazione del periodo di "ritenzione" dell'acqua di sommersione entro le camere. In questi stessi studi si è anche osservato che nel caso dei prodotti erbicidi che richiedono l'applicazione con risaia sgrondata, nei primi giorni successivi al ripristino delle condizioni di sommersione si può determinare un forte gradiente di concentrazione tra la parte a monte delle camere, quella cioè vicina alle bocchette di ingresso dell'acqua, e la parte a valle, prossima a quelle di uscita. In queste condizioni è importante al momento della risommersione limitare la velocità di immissione dell'acqua nella camera di risaia per evitare trasporto dei residui dei prodotti utilizzati in prossimità delle bocchette di uscita con il rischio di trasferimento alle acque della rete irrigua all'apertura delle stesse bocchette. A questo riguardo è da considerarsi altrettanto importante il mantenimento di un adeguato livellamento delle camere di risaia per evitare la presenza di un maggiore livello idrico nella parte a valle della stessa camera, con un conseguente accumulo dei residui eventualmente presenti nell'acqua. In relazione a questi aspetti va altresì posta particolare attenzione al rischio legato all'accumulo dei residui degli erbicidi nel caso molto frequente dell'interconnessione idrica delle risaie. Potrebbe rendersi necessario, in queste condizioni, il ricorso a dosaggi via via minori nell'ambito di quelli previsti in etichetta, nelle camere poste più a valle per evitare l'accumulo e lo scarico di maggiori quantitativi di residui dalla bocchetta di uscita dell'ultima camera.

### **CONCLUSIONI**

L'analisi condotta ha permesso di evidenziare che le concentrazioni più elevate nelle acque di sommersione ed in quelle in uscita sono state riscontrate subito dopo il trattamento o nei giorni successivi alla esecuzione dello stesso a seguito del ripristino delle condizioni di sommersione delle camere. Si è altresì osservato che le acque in ingresso hanno fatto rilevare, nel periodo dei trattamenti, una generale presenza delle molecole considerate nello studio, ma con livelli di concentrazione di molto inferiori a quelli riscontrati nelle acque di sommersione o in uscita dalle risaie. Questa situazione è verosimilmente da porre in relazione ai processi di degradazione e di diluizione a cui vanno incontro le molecole presenti nelle acque in uscita dalle camere, nel percorso dai fossi colatori ai canali adacquatori. Va altresì evidenziato che la presenza di residui nelle acque dei canali adacquatori è da imputare non solo alle acque di colatura dalle camere di risaia ma anche a fenomeni di contaminazione da deriva durante l'applicazione dei prodotti.

Alla luce di queste considerazioni è possibile individuare alcune utili strategie per limitare il trasferimento degli erbicidi alle acque superficiali a seguito dei trattamenti erbicidi:

-! limitare, ove possibile, il rilascio delle acque di sommersione dalle camere diserbate in un periodo tra 7-10 giorni dal trattamento.

-! assicurare un buon livellamento del terreno nelle camere e ripristinare le condizioni di sommersione delle stesse dopo l'esecuzione dei trattamenti facendo entrare l'acqua molto lentamente per evitare l'accumulo dei residui degli erbicidi e/o metaboliti;

-! nelle risaie interconnesse nella circolazione dell'acqua ridurre possibilmente le dosi dei diserbanti nelle camere poste più a valle.

### LAVORI CITATI

- Ferrero A., Vidotto F., Gennari M., Negre M. 2001. Behavior of cinosulfuron in paddy surface waters, sediments, and ground water. *Journal of environmental quality*, 30, (1), 131-40.
- Vidotto F., Ferrero A., Bertoia O., Gennari M., Cignetti A., 2004. Dissipation of pretilachlor in paddy water and sediment. *Agronomie*, 24, 473-479.
- Milan M., Vidotto F., Piano S., Negre M., Ferrero A. 2012. Dissipation of propanil and 3,4 dichloroaniline in three different rice management systems. *Journal of environmental quality*, 41, (5) 1487-1496.
- Milan M., Vidotto F., Fogliatto S., De Palo F., Ferrero A., 2016. Imazamox dissipation in two rice management systems. *Journal of agricultural science*. In corso di pubblicazione.
- Vidotto F., Milan M., Fogliatto S., Ferrero A., 2016. Dissipation of the herbicide quinclorac in paddy water and monitoring of its residues within a definite irrigation district in Northern Italy. Dati non pubblicati
- Milan M., Vidotto F., Fogliatto S., Ferrero A., 2016. Water and top-soil dissipation of oxadiazon in flooded and dry-seeded rice fields. Dati non pubblicati.
- Milan M., Vidotto F., Fogliatto S., Ferrero A., 2016. Water and soil dissipation of propanil, 3,4 dichloroaniline, DCNB, DCAB and TCAB in two different rice management systems. Dati non pubblicati.