

# Progetto POLORISO - Ricerca, sperimentazione, tecnologie innovative, sostenibilità ambientale ed alta formazione per il potenziamento della filiera risicola nazionale

MIPAAF – DM 5337 del 05-12-2011

## Relazione di sintesi della attività del primo anno di progetto (periodo indicativo: gennaio – dicembre 2012)

UO5: Università degli Studi di Torino - UNITO

### SINTESI DELLE ATTIVITA' - ANNO 1

Responsabile di UO: Prof. Aldo Ferrero

#### Partecipanti:

UO	responsabile	collaboratori	Posizione*
UO5: UNITO	Prof. Aldo Ferrero		Prof. Ordinario
		<i>Prof.ssa Elisabetta Barberis</i>	Prof. Ordinario
		<i>Prof. Carlo Grignani</i>	Prof. Ordinario
		<i>Prof.ssa Luisella Celi</i>	Prof. Associato
		<i>Dott. Francesco Vidotto</i>	Ricercatore confermato
		<i>Dott. Dario Sacco</i>	Ricercatore confermato
		<i>Dott. Daniel Said-Pulicino</i>	Assegnista di ricerca
		<i>Dott.ssa Chiara Bertora</i>	Assegnista di ricerca
		<i>Dott.ssa Silvia Fogliatto</i>	Assegnista di ricerca
		<i>Dott.ssa Marcella Sodano</i>	Dottorando
		<i>Dott.ssa Maria Alexandra Cucu</i>	Dottorando
		<i>Dott. Simone Pelisetti</i>	Borsista

\*Ricercatore di ruolo; collaboratore a progetto; assegnista di ricerca; dottorando; altro

## Sintesi dei risultati del primo anno di attività:

*(fare riferimento diretto e corrispondente al progetto approvato Modello A, 10.5 Piano di attività)*

### Attività 2.10 Studio delle interazioni tra la gestione dei residui colturali del riso e la fertilizzazione azotata

La sperimentazione ha avuto luogo presso la piattaforma sperimentale di medio-lungo periodo situata presso l'azienda "Cascina Boschine" dell'Istituto Tecnico Agrario "G. Ferraris" di Vercelli.

Dal 2003, sono confrontate differenti tecniche agronomiche applicate alla coltivazione del riso in riferimento alla gestione della sostanza organica, alla fertilizzazione e all'acqua di sommersione. Il lavoro sperimentale qui presentato è concentrato solo su quattro trattamenti. In particolare si analizza l'effetto di:

- a) incorporazione dei residui colturali in autunno (AUT), poco dopo la raccolta;
- b) bruciatura delle paglie ed aratura primaverile (BRU);
- c) incorporazione dei residui colturali in primavera (PRI) con minimo anticipo rispetto alla semina;
- d) semina in asciutta ed interrimento dei residui colturali poco prima della semina (ASC).

Il suolo del sito sperimentale è classificato come Typic Endoaquept, coarse silty, mixed, nonacid, mesic. Risulta quindi poco evoluto, con idromorfia e drenaggio rallentato e presenta un orizzonte di alterazione poco riconoscibile per la struttura massiva in cui prevalgono i colori grigiastri dovuti a condizione di riduzione.

Il piano di concimazione adottato prevede un apporto totale di 130 kg N ha<sup>-1</sup>, 46 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e 100 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>.

#### *Materiali e metodi*

La quantificazione dell'efficienza di uso del fertilizzante azotato è stata effettuata attraverso due metodi riportati in bibliografia, uno basato sul metodo della diluizione ed uno basato sul metodo della differenza.

Il primo metodo è stato calcolato applicando la procedura descritta da Eagle et al., 2001 mentre il secondo metodo corrisponde al calcolo della differenza tra N assorbito da una parcella fertilizzata meno l'azoto assorbito da una parcella testimone, non fertilizzata. Il metodo per diluizione porta alla quantificazione dell'apporto di azoto proveniente dalla fertilizzazione minerale che è stato assorbito dalla cultura e che è quindi contenuto nei tessuti delle piante. Il metodo per differenza, invece, quantifica l'incremento di azoto assorbito come conseguenza della fertilizzazione minerale, registrando quindi anche l'azoto derivante dalla mineralizzazione dei residui colturali e della sostanza organica del suolo, ma promosso dall'aggiunta del fertilizzante minerale. Secondo Eagle et al., 2001 la differenza tra i due metodi può essere definita come ANI (Added Nitrogen Interaction), causata dal turnover dell'immobilizzazione-mineralizzazione, in cui l'azoto non marcato sostituisce l'azoto del fertilizzante nella soluzione del suolo (Jenkison et al., 1985) a causa dell'attività microbica.

Ad inizio stagione nei trattamenti sono state delimitate tre mini parcelle (3 x 3 m<sup>2</sup>), queste sono state recintate con del materiale plastico forato alla base per agevolare il flusso e il deflusso dell'acqua evitando così effetti negativi dati dal ristagno idrico.

La prima mini parcella (NF), detta testimone, non ha subito alcuna fertilizzazione azotata. La seconda (<sup>14</sup>N) è stata fertilizzata con urea adottando la classica fertilizzazione azotata, i tempi di fertilizzazione hanno seguito il calendario del piano di concimazione.

Per la terza miniparcella (<sup>15</sup>N) si è utilizzato un fertilizzante ureico con le stesse dosi ma arricchito in <sup>15</sup>N (2 atom%).

Il contenuto di carbonio organico e di azoto totale e il rapporto isotopico  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ , sono stati ottenuti con l'impiego dell'analizzatore elementare (Thermo Flash EA1112) collegato ad uno spettrometro di massa (Finnigan Delta Plus EP).

### Risultati

Tabella 2.10.1: Valori di produzione granellare, di paglia e della pianta intera, espressi in sostanza secca, dei vari trattamenti considerati in relazione alla fertilizzazione applicata.

Trattamenti	Produzione granella	Produzione paglia	Biomassa totale
	t/ha	t/ha	t/ha
<b>Gestione</b>			
ASC	4,8 B	4,6 b	9,4 b
AUT	6,6 A	6,5 a	13,1 a
BRU	6,6 A	6,9 a	13,8 a
PRI	5,7 ab	5,0 b	10,8 b
<b>Fertilizzazione</b>			
Fertilizzato	6,6	6,6	13,2
Controllo	4,6	4,1	8,6
<b>Sig.</b>			
Gestione	,000	,000	,000
Fertilizzante	,000	,000	,000
Gestione * fertilizzante	,758	,734	,759

Come si può vedere dalla tabella 2.10.1, la produzione di granella varia in base alla gestione dei residui colturali e ovviamente in relazione agli apporti di azoto forniti dalla fertilizzazione minerale azotata, mentre non risulta significativa l'interazione che vi è fra gestione delle parcelle e fertilizzazione.

La produzione di granella non mostra differenze significative tra i trattamenti AUT, BRU, mentre ASC mostra valori significativamente inferiori. Questo risultato mostra quindi che non vi è un effetto significativo del ritorno di residui colturali al sistema, come peraltro dimostrato da altri autori (Thuy, 2004). Il trattamento PRI occupa una posizione intermedia fra i due gruppi. Tale risultato conferma quanto già osservato da altri autori secondo i quali l'aggiunta di residui colturali porta a risultati differenti (Pongpan and Mosier, 2003 a, b, c). L'elemento che quindi pare essere più importante è il momento di interrimento più che l'interrimento in sé. Tale risultato dimostra una differenza di produzione rilevante tra AUT e BRU confrontati con ASC, con una riduzione di circa il 27%, ad indicare che la tecnica di semina ha una rilevanza importante nella produzione. L'incremento di produzione tra le parcelle fertilizzate e quelle testimone è di circa il 31%.

Tabella 2.10.2: Valori di concentrazione di N della granella, della paglia e della pianta intera dei vari trattamenti considerati in relazione alla fertilizzazione applicata.

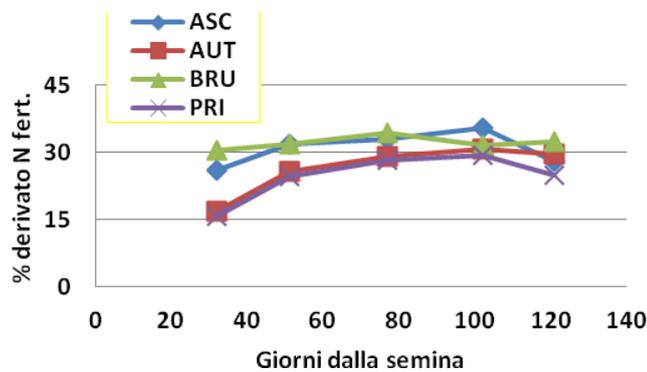
Trattamenti		Granella		Concentrazione azoto Paglia		Totale	
		%		%		%	
<b>Gestione</b>							
ASC	Fertilizzato	1,03	Ab	0,49	c	0,76	bc
	Controllo	0,93	Bc	0,45	c	0,71	cd
AUT	Fertilizzato	1,11	A	0,65	a	0,88	a
	Controllo	0,89	C	0,44	c	0,68	d
BRU	Fertilizzato	1,03	Ab	0,55	b	0,78	b
	Controllo	0,89	C	0,43	c	0,66	d
PRI	Fertilizzato	0,96	Bc	0,47	c	0,73	bcd
	Controllo	0,97	Bc	0,44	c	0,73	bcd
<b>Gestione</b>							
ASC		0,99		0,48		0,74	
AUT		1,04		0,58		0,81	
BRU		0,98		0,51		0,74	
PRI		0,96		0,46		0,73	
<b>Fertilizzazione</b>							
	Fertilizzato	1,03		0,54		0,79	
	Controllo	0,92		0,44		0,69	
<b>Sig.</b>							
	Gestione	,281		,000		,002	
	Fertilizzante	,000		,000		,000	
	Gestione * fertilizzante	,000		,000		,000	

Nella tabella 2.10.2 vengono presentate le concentrazioni di azoto nella granella, nella paglia e nella pianta intera.

Dai dati relativi alla granella e alla pianta intera si può vedere come la fertilizzazione abbia influito sulla concentrazione di azoto, maggiore nei trattamenti fertilizzati dello 0.1% di N. Anche l'interazione tra gestione e fertilizzazione risulta essere significativa e questa evidenza come l'effetto della fertilizzazione sui singoli trattamenti sia molto più evidente nelle gestioni dove i fertilizzati hanno prodotto molta biomassa ed asportato molto azoto, mentre la differenza si riduce notevolmente nei trattamenti i cui fertilizzati sono stati penalizzati dal tipo di gestione. Per quanto riguarda la granella la differenza di concentrazione fra fertilizzato e non fertilizzato è pari a 0.22% nel trattamento AUT, mentre essa si riduce a 0.01% nel trattamento PRI. Un simile comportamento lo si registra anche per quanto riguarda la concentrazione della paglia e quella totale.

Sulla base di questi dati risulta pertanto che se le produzioni sono abbattute anche nei trattamenti non fertilizzati, dove però le concentrazioni di azoto sono limitate allo stesso modo per tutti i trattamenti, visto che sono statisticamente non differenti, ne consegue che i trattamenti meno produttivi sono penalizzati non solo dalla scarsa disponibilità di azoto, ma anche da altri fattori che limitano la produzione della coltura. In accordo con la bibliografia tali fattori possono essere ricondotti, almeno per quanto riguarda la gestione PRI, all'effetto fitotossico che deriva dalla fermentazione delle paglie appena interrate, che producendo composti quali per esempio acidi organici e acidi alifatici aromatici, hanno un effetto deprimente sulla produzione vegetale (Peng et al., 2006; Shan et al., 2006).

Figura 2.10.1: Curva di assorbimento dell'azoto derivato dalla fertilizzazione minerale della coltura nei 4 trattamenti calcolati con il metodo isotopico  $^{15}\text{N}$ .



Per quanto riguarda l'efficienza di asportazione dell'azoto, in figura 2.10.1 si evidenzia che il rapporto di azoto provenienti dal fertilizzante rispetto alla quantità totale di azoto assorbito dalla coltura, stimato con metodo di diluizione, è inferiore in AUT e in PRI. I due trattamenti mostrano valori simili, ma derivati da due situazioni molto diverse. In PRI sia la quantità di azoto disponibile nella soluzione del suolo che la quantità derivante dal fertilizzante sono basse, il contrario del trattamento AUT. I trattamenti BRU e ASC mostrano un comportamento simile e l'assorbimento totale è intermedio rispetto agli altri due trattamenti. In questi due trattamenti il turnover della sostanza organica appare più lento rispetto agli altri due trattamenti e di conseguenza il loro assorbimento è principalmente basato sulla frazione disponibile di fertilizzanti azotati.

Figura 2.10.2: Curva di efficienza della fertilizzazione minerale azotata (FUE-N) durante la stagione di crescita calcolati con il metodo della isotopico <sup>15</sup>N.

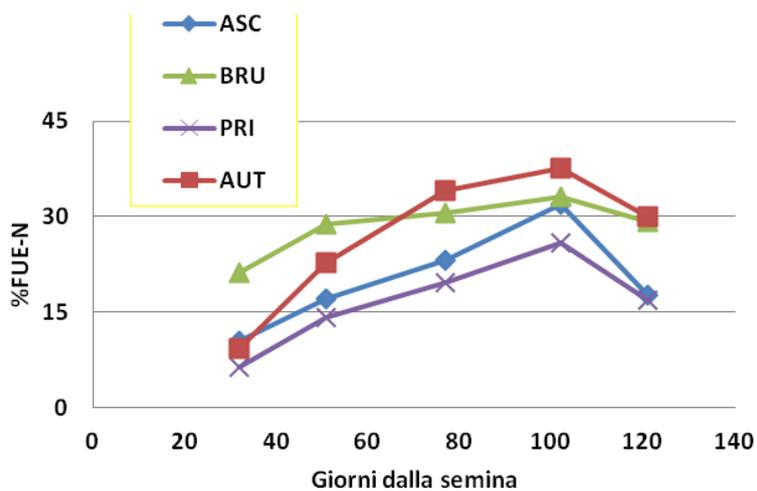
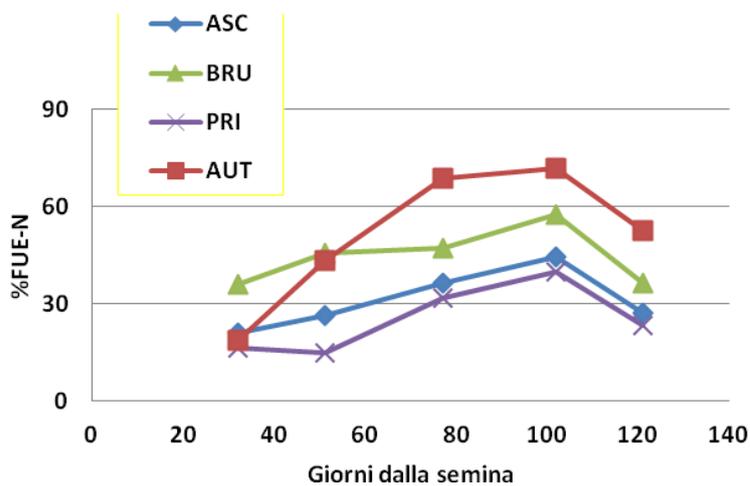


Figura 2.10.3: Curva di efficienza della fertilizzazione minerale azotata (FUE-N) durante la stagione di crescita calcolati con il metodo della differenza.



L'efficienza d'utilizzo del fertilizzante azotato (FUE-N), riportata in figura 2.10.2, aumenta nel tempo in risposta all'applicazione progressiva di fertilizzante durante il ciclo colturale. Il valore massimo raggiunto al quarto campionamento è del 37% con il metodo della diluizione e il 72% con il metodo della differenza (figura 2.10.3). Il rapporto misurato in ogni trattamento calcolato nei due picchi dei valori massimi di assorbimento è incluso nel range 1.4-1.9 mostrando valori simili a quelli trovati da Eagle et al. (2001), ed è maggiore per AUT e inferiori per ASC,.

PRI mostra i valori più bassi della FUE-N calcolati con entrambi i metodi. Questo indica una grande immobilizzazione del fertilizzante azotato causata dall'incorporazione tardiva della paglia. La mineralizzazione di questa nuova sostanza organica probabilmente avviene quando questa non può più essere utilizzata dalla coltura.

Nel trattamento ASC, il comportamento dell'azoto è simile a quello misurato in PRI, ma il tempo trascorso tra l'incorporazione di paglia e la sommersione, caratterizzata da condizione aerobica, migliora un po' la decomposizione della paglia, aumentando la FUE.

Tuttavia, i risultati non sono sostanzialmente migliori rispetto al trattamento PRI. Infine, il trattamento BRU è influenzato dalla mancanza di aggiunta di nuova sostanza organica. Questo si traduce in un'efficienza superiore al trattamento AUT nel primo periodo della stagione di crescita. Tuttavia più avanti nella stagione di crescita, la disponibilità di azoto derivante dalla mineralizzazione della sostanza organica è inferiore a quella misurata sul trattamento AUT, portandolo così ad una minore efficienza massima.

Dal punto di vista della FUE-N, la decomposizione aerobica durante l'inverno, della paglia interrata, nel trattamento AUT mostra la più veloce e la più elevata mobilizzazione di fertilizzante azotato, dando grande beneficio alla coltura in atto e portando una maggiore disponibilità di azoto.

Tabella 2.10.3: Ripartizione dell'azoto derivante da fertilizzazione in azoto direttamente assorbito dal fertilizzante minerale ed in azoto derivante da mineralizzazione della sostanza organica promossa dalla fertilizzazione. Si riporta inoltre l'incremento proporzionale di azoto derivante da fertilizzazione stimato con i due metodi di indagine ed il rapporto di concentrazione della pianta intera nel caso di fertilizzazione o non fertilizzazione. Dati riferiti al momento del quarto campionamento.

Gestione	N da fert min	N da SOM per fert (ANI)	N tot da fert	Rapporto F	Rapporto concentrazione pianta intera
kg N ha <sup>-1</sup>					
ASC	41.6	16.1	57.7	1.39	1.31
AUT	48.9	44.7	93.7	1.91	1.12
BRU	43.1	31.7	74.9	1.74	1.11
PRI	33.5	18.5	52.0	1.55	1.39

La Tabella 2.10.3 focalizza l'attenzione al momento del quarto campionamento, avvenuto prima dell'asciutta definitiva, momento in cui la coltura presenta la massima FUE-N. E' interessante osservare il comportamento dei vari trattamenti in questo momento di campionamento perché qui si ha il massimo assorbimento da parte della pianta e quindi si può quantificare bene il contributo dei diversi flussi del sistema. Dopo questo momento nella maggior parte dei trattamenti si ha una

importante perdita di azoto, derivante soprattutto dalla perdita delle foglie che porta ai risultati produttivi finali.

La prima parte della tabella indica i chilogrammi di azoto provenienti dalla fertilizzazione minerale (N da fert. min.), maggiori per AUT e minori per PRI, che rapportati ai chilogrammi di azoto proveniente dalla sostanza organica (ANI), ci indicano come la fertilizzazione minerale abbia influito anche sull'asporto di azoto derivato dalla mineralizzazione della sostanza organica, maggiore per AUT e minore per ASC.

La miglior performance complessiva è data da AUT (93.7 kg N ha<sup>-1</sup>) che offre così una maggior disponibilità di azoto proveniente dal fertilizzante che a sua volta garantisce una maggior quantità di azoto proveniente dalla sostanza organica.

Il trattamento PRI è quello che meno si avvantaggia della fertilizzazione sia per la minore disponibilità di azoto derivante direttamente da apporto minerale, sia per la minore disponibilità derivante dalla mineralizzazione indotta della sostanza organica.

Interessanti i valori misurati in ASC che mostrano una relativamente alta capacità di sfruttamento del fertilizzante, ma un ridotto apporto da mineralizzazione che però dovrebbe essere messo in relazione anche con il ridotto sviluppo vegetativo di questo trattamento.

In conclusione i valori di assorbimento di azoto da parte della coltura hanno evidenziato che le gestioni AUT e BRU sono quelle che permettono di raggiungere i maggiori valori di asporto di azoto.

Se la paglia non può essere incorporata nel terreno nel periodo invernale a causa delle precipitazioni atmosferiche, si consiglia di eliminare i residui colturali invece di attendere la primavera per l'incorporazione degli stessi che provocherebbe una riduzione della disponibilità di azoto nella soluzione del suolo e di conseguenza una riduzione della crescita e dell'assorbimento dello stesso da parte della coltura.

La possibilità di anticipare parte del fertilizzante azotato durante il periodo di decomposizione aerobica della paglia, come viene normalmente fatto nella pratica agronomica, potrebbe migliorare i risultati di questo trattamento.

## **Effetto della gestione dell'acqua e dei residui colturali sulle dinamiche dell'N in risaia: sperimentazione in condizioni controllate**

La gestione dei residui colturali e dell'acqua gioca un ruolo fondamentale nel controllare la disponibilità dell'N con effetti importanti sia sulle rese produttive sia sull'impatto dell'agrosistema risicolo sulla qualità dell'aria e dell'idrosfera. Infatti sebbene l'apporto di N regoli la produttività nel sistema risicolo si assiste ad una bassa efficienza di utilizzo del fertilizzante azotato che può arrivare a solo il 30-40% della quantità applicata (Cassman et al. 2002). Ciò è stato attribuito sia a forti e rapide perdite dell'N applicato per emissioni gassose e per lisciviazione e ruscellamento nelle acque (Cassman et al., 1998; Ghosh et al., 1998), sia ad un elevato grado di immobilizzazione dell'N nel suolo (Bird et al. 2001). Capire quindi l'influenza delle pratiche agronomiche sulle dinamiche dell'N diventa fondamentale per ridurre l'impatto ambientale di tali agroecosistemi e al contempo ottimizzare le rese produttive ma richiede studi più approfonditi sui meccanismi e fattori che regolano sia la disponibilità sia l'immobilizzazione dell'N in sistemi caratterizzati dall'alternarsi di condizioni redox. Il seguente studio ha quindi avuto come obiettivo quello di approfondire i meccanismi e i fattori che regolano la disponibilità e l'immobilizzazione dell'N in funzione della gestione dei residui colturali e delle condizioni redox.

### *Materiali e Metodi*

A tale scopo il suolo della piattaforma sperimentale di VC (orizzonte Ap) è stato sottoposto ad un'incubazione in condizioni controllate in sommersione (F) o in asciutta (NF) e in presenza (S) o assenza di paglie (NS). Il destino del fertilizzante azotato è stato seguito applicando solfato di ammonio arricchito al 10% in  $^{15}\text{N}$  mentre su un secondo set di campioni è stato applicato  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  con abbondanza naturale al fine di valutare il frazionamento isotopico durante l'incubazione. I suoli sono stati incubati per 160 giorni per mimare un intero ciclo colturale e settimanalmente sono stati misurati Eh e pH. A intervalli maggiori sono state determinate anche le concentrazioni di  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  e DOC per estrazione con  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . La quantità di N derivante dal fertilizzante (FDN) immobilizzato nei campioni residui dopo estrazione con  $\text{K}_2\text{SO}_4$  è stata calcolata sulla base dell'eccesso di atomi di  $^{15}\text{N}$  determinato mediante IRMS. La quantità di FDN presente invece nella frazione disponibile è stata determinata mediante metodo della diffusione (Schleppi et al. 2006). Per determinare possibili reazioni abiotiche di immobilizzazione dell'N la frazione argillosa del suolo è stata caratterizzata mediante XRD, mentre la frazione organica che non interagisce con la fase minerale è stata caratterizzata mediante  $^{15}\text{N}$  NMR.

### *Risultati*

I risultati evidenziano che la gestione dell'acqua e dei residui colturali hanno un forte effetto non solo nel controllare la distribuzione dell'FDN tra frazione disponibile e immobilizzata ma anche di quello derivante dal suolo (Figura 2.10.4).

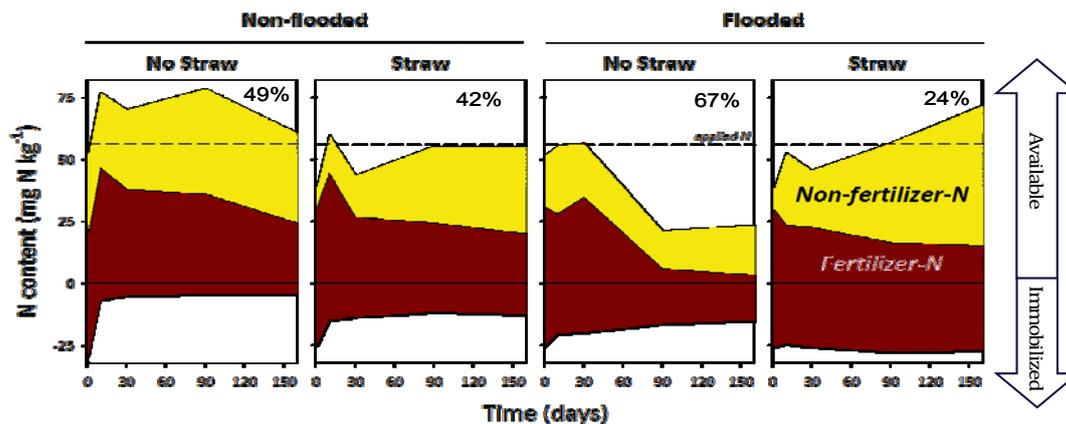


Figura 2.10.4: Variazione del contenuto di N in forma disponibile (valori positivi) sia derivante dal fertilizzante (marrone) sia dal suolo (giallo) e in forma immobilizzata (valori negativi) durante l'incubazione in condizioni aerobiche e anaerobiche e in presenza o in assenza di paglia. Le percentuali sono riferite all'N derivante dal fertilizzante perduto dopo 160 g di incubazione

In particolare si assiste ad una iniziale immobilizzazione dell'FDN (Figura 2.10.4) indipendente dalle condizioni imposte, probabilmente dovuta alla presenza di argille poco alterate capaci di fissare temporaneamente lo ione ammonio. Gli spettri XRD evidenziano la presenza di vermiculiti e illiti interstratificate in grado di fissare l' $\text{NH}_4^+$  (Figura 2.10.5) e rilasciarlo nel momento in cui si abbia una forte variazione delle concentrazioni nella soluzione del suolo.

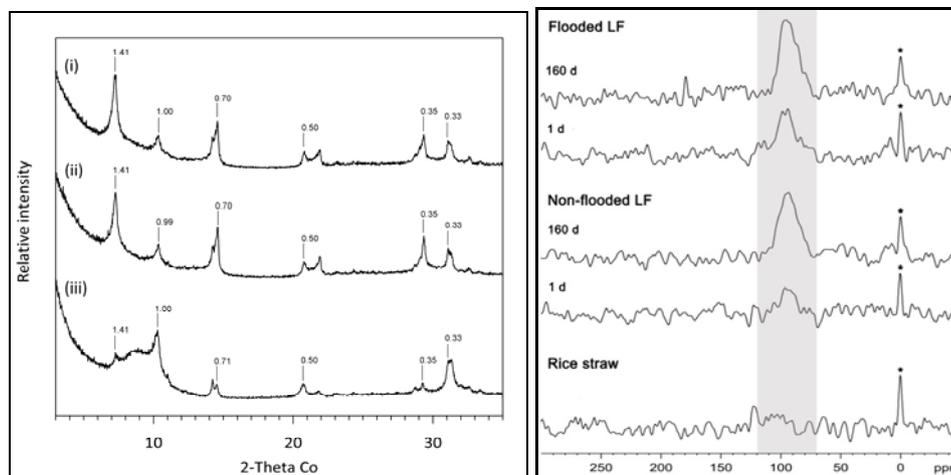


Figura 2.10.5: Diffratogrammi della frazione argillosa del suolo (a). Spettri  $^{15}\text{N}$  NMR della paglia di riso e della frazione di sostanza organica libera dopo 1 e 160 giorni di incubazione.

Infatti, in aerobiosi e senza paglia, dopo una prima immobilizzazione si osserva un rilascio dell'N immobilizzato e un aumento della concentrazione di N disponibile, rappresentata sia da FDN sia da N derivante dal suolo, per la maggior parte sotto forma di  $\text{NO}_3^-$  (Figura 2.10.6).

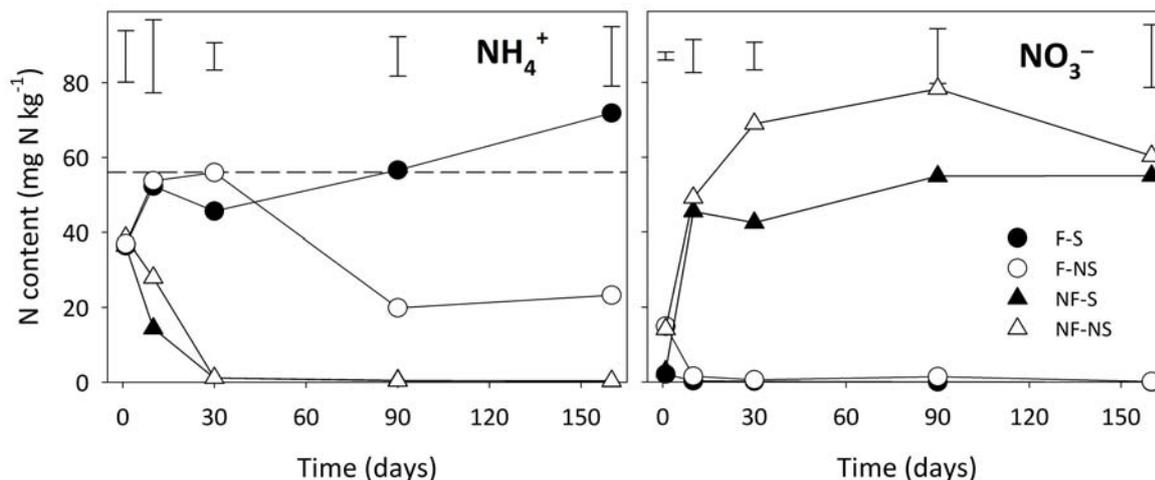


Figura 2.10.6: Variazione del contenuto di  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  in aerobiosi (NF) e anaerobiosi (F) e in presenza (S) e in assenza di paglia (NS).

In anaerobiosi la riduzione dell'N immobilizzato è minore ma è seguita da una parallela riduzione dell'N disponibile con conseguenti perdite di N fino a >60% dell'N applicato dopo 160 g di incubazione. L'applicazione di paglia determina una forte immobilizzazione dell'FDN in anaerobiosi, dove tuttavia si osserva un aumento notevole dell'N disponibile derivante dal suolo soprattutto nelle ultime fasi dell'incubazione. Si può quindi concludere che in suoli poco evoluti come quelli che caratterizzano l'area risicolo italiano la presenza di argille poco alterate può abbassare temporaneamente l'efficienza di utilizzo del fertilizzante azotato ma in presenza di paglia si favorisce la comunità microbica che, se da una parte immobilizza N nelle proprie strutture cellulari, dall'altra attiva processi metabolici che favoriscono il rilascio di N dal pool organico con una conseguente maggiore disponibilità per la pianta.

## Attività 2.12 Misura in campo delle emissioni di gas serra

### Materiali e metodi

Sul sito sperimentale del Centro Ricerche dell'Ente Nazionale Risi di Castello d'Agogna nel corso del 2012, l'UO5 ha condotto una valutazione dei flussi emissivi di metano e protossido d'azoto, in funzione della diversa gestione delle acque irrigue.

Le tecniche monitorate sono state: i) il sistema tradizionale con semina in acqua e sommersione continua (FLD); ii) la semina interrata a file e la sommersione posticipata in 3° 4° foglia (DRY); la semina interrata seguita da irrigazioni turnate (IRR). Le prove sono state svolte sulla varietà di riso Gladio, appartenente ai risi a granello lungo B.

Sono state utilizzate camere di accumulo statico non stazionario come strumento per il monitoraggio delle emissioni di  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$  dal suolo. Le camere sono state installate in campo a marzo 2012 e nel periodo intercorso tra marzo 2012 e marzo 2013 sono stati effettuati 60 punti di misura delle emissioni gassose. La frequenza dei campionamenti è stata più elevata nei periodi in cui si sono eseguite le principali operazioni colturali all'interno del ciclo del riso, per cercare di descrivere in modo più dettagliato possibile le variazioni di emissioni e il loro legame con le tecniche di coltivazione e in

Progetto POLORISO – Ricerca, sperimentazione, tecnologie innovative, sostenibilità ambientale ed alta formazione per il potenziamento della filiera risicola nazionale

special modo di gestione dell'acqua. Le misure sono state condotte anche sul suolo nudo, durante il periodo in cui la coltura non era presente in campo.

Per ogni sessione di misura, il campionamento del gas è stato ripetuto per tre volte; il primo campionamento è stato effettuato alla chiusura della camera, il secondo dopo 15 minuti e il terzo dopo 30 minuti. Il prelievo del campione gassoso è stato fatto attraverso una siringa e successivamente il campione trasferito in vials di vetro da 12 ml, pre-evacuati e poi mantenuti in sovrappressione. Queste operazioni sono state condotte direttamente in campo; successivamente i campioni di gas prelevato sono stati trasportati al laboratorio per le analisi con il gascromatografo. Per la stima dei flussi emissivi si è utilizzato un modello appositamente studiato, sviluppato su un foglio di calcolo Excel®. Questo modello necessita come dati di input i valori elaborati dal gascromatografo e restituisce come valori di output finali i flussi di N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> espressi come kg C (oppure N) ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>. Tale elaborazione è basata sull'utilizzo di due modelli di stima dei flussi emissivi dal suolo: il modello di Hutchinson e Mosier (1981) che prevede la misura della concentrazione del gas in una camera ad accumulo statico in tre momenti successivi ed equidistanti e il modello CEAT di Venterea e Baker (2008), utile per valutare correttamente la sottostima dei flussi dovuti al sistema di misura stesso, utilizzando dei parametri legati alle proprietà del suolo (tessitura, umidità e densità apparente).

È stato calcolato l'indice di Global Warming Potential per i tre trattamenti analizzati, partendo dai flussi misurati e applicando la metodologia suggerita dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Per confrontare i trattamenti di gestione dell'acqua in risaia bilanciando le emissioni prodotte e le produzioni di risone raccolte, si è calcolato l'indice di Green house gases (GHG) Eco-efficiency. Tale indicatore è stato calcolato dividendo i kg totali di CO<sub>2</sub> equivalenti emessi da ciascun trattamento per i kg di risone prodotti.

Parallelamente alle analisi di emissioni gassose sono state poste in ciascun plot coppe porose alla profondità di 25, 50 e 75 cm e piezometri a 150 e 300 cm per studiare le variazioni della soluzione del suolo a seguito della diversa gestione dell'acqua. Settimanalmente è stata campionata la soluzione del suolo ed analizzata per determinare la concentrazione di DOC e TDN mediante TOC (TOC Elementar). Ferro (II), nitrato e ammonio sono stati determinati per colorimetria mentre fosfato, solfato e cloruri sono stati determinati per cromatografia ionica.

### *Risultati*

In Figura 2.12.1 sono riportati i dati di emissioni cumulate di N<sub>2</sub>O. Il sistema di gestione irrigua che ha evidenziato le emissioni più alte è stato il trattamento IRR, mentre il trattamento in sommersione continua (FLD) è risultato avere i valori di emissione cumulati più bassi, circa il 25% del sistema IRR. Il trattamento in sommersione posticipata e semina in asciutta (DRY) ha emesso circa la metà del trattamento IRR e ha evidenziato un andamento caratterizzato da due aumenti significativi: uno in corrispondenza all'interramento dei residui colturali e l'altro dopo la raccolta del riso.

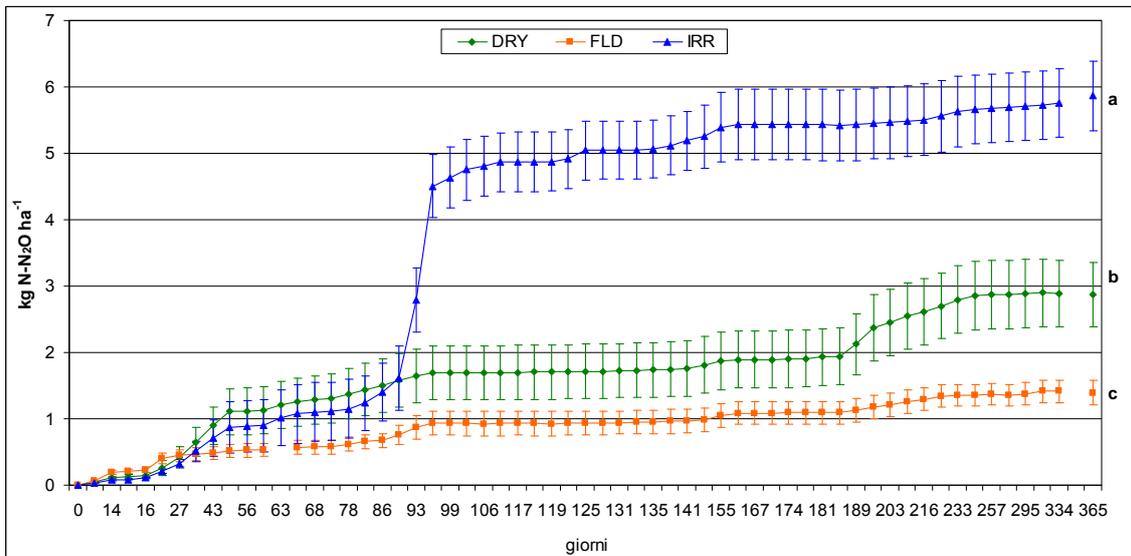


Figura 2.12.1: Andamento dei cumulati delle emissioni di N-N<sub>2</sub>O dei tre trattamenti su base annuale; il giorno 0 corrisponde alla prima data di campionamento avvenuta il 21 marzo 2012. Lettere differenti corrispondono a trattamenti significativamente differenti.

I cumulati totali delle emissioni di protossido d'azoto sono inversamente proporzionali al quantitativo di giorni di sommersione della coltura. Infatti, il trattamento che ha evidenziato i minori flussi di emissione è stato quello in sommersione continua (FLD) con un valore annuale di 1,39 kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, mentre il trattamento DRY ha emesso complessivamente 2,87 kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> e quello IRR 5,87 kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>.

In Figura 2.12.2 sono riportati gli andamenti dei cumulati di CH<sub>4</sub>; è possibile osservare come il trattamento FLD e DRY mostrino delle curve molto simili, con la sola differenza che il trattamento in semina interrata è stato sommerso 26 giorni dopo il trattamento FLD, per cui anche le emissioni di metano risultano ritardate. L'andamento della cumulata del trattamento IRR ha evidenziato, al contrario, la quasi assenza di emissioni di metano.

L'analisi statistica effettuata sui cumulati ha mostrato delle differenze altamente significative tra le tre tecniche di gestione dell'acqua in risaia.

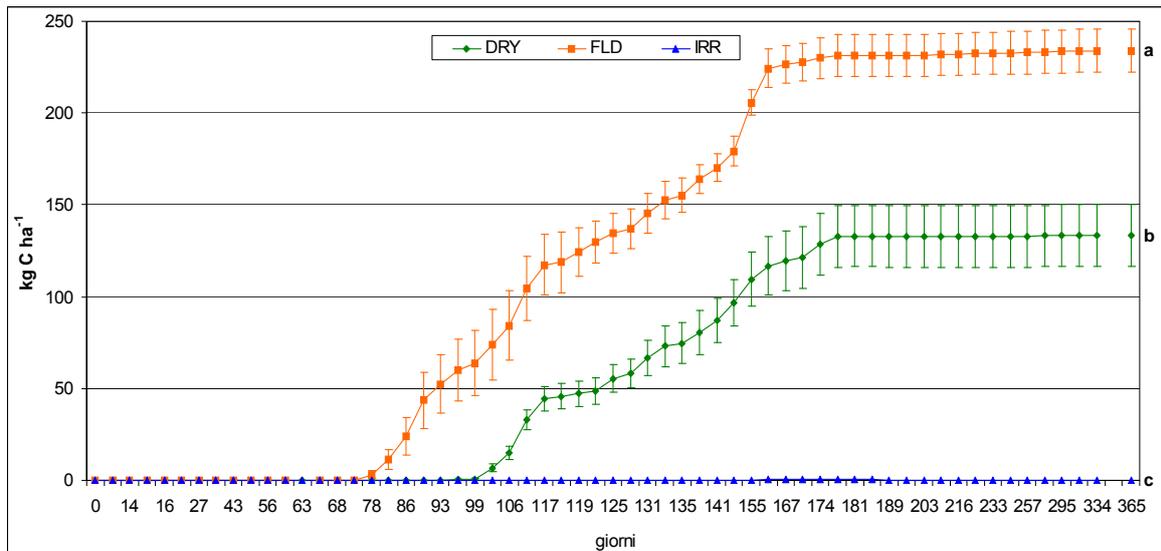


Figura 2.12.2: Andamento dei cumulati delle emissioni di C-CH<sub>4</sub> dei tre trattamenti su base annuale; il giorno 0 corrisponde alla prima data di campionamento avvenuta il 21 marzo 2012. Lettere differenti corrispondono a trattamenti significativamente differenti.

I dati cumulati finali hanno sottolineato quanto il sistema in sommersione continua emetta il doppio rispetto al sistema DRY. Da un punto di vista quantitativo, il totale emesso dal sistema FLD è di 233 kg C-CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>; mentre per quanto riguarda il trattamento DRY le emissioni totali sono state di 109 kg C-CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>.

Per ottenere informazioni circa l'impatto in termini di emissioni, che i trattamenti oggetto di studio hanno sul riscaldamento globale si è calcolato l'indice di Global Warming Potential (GWP). Questo indicatore (riportato in Figura 2.12.3) ci ha permesso di confrontare, attraverso un parametro univoco come le tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalenti, i diversi sistemi di gestione dell'acqua irrigua in risaia.

Il trattamento che ha evidenziato le emissioni più elevate è stato il sistema in sommersione continua (FLD), con un valore complessivo di 8,5 t CO<sub>2</sub>-eq year<sup>-1</sup> di cui il 92% sono derivate dalle emissioni di metano. Il trattamento DRY ha emesso il 31% in meno rispetto al FLD, con un valore totale di 5,8 t CO<sub>2</sub>-eq year<sup>-1</sup>, in questo caso il peso delle emissioni di metano sul dato complessivo, è risultato pari al 70%. Il trattamento che ha registrato il livello di GWP più basso è stato il sistema IRR, con un valore complessivo di 2,7 t CO<sub>2</sub>-eq year<sup>-1</sup>. Il trattamento ha emesso nel complesso il 70% in meno del sistema FLD; in questo tipo di gestione dell'acqua irrigua il GWP è legato quasi esclusivamente alle emissioni di protossido d'azoto, che comunque mostrano di pesare di meno rispetto alle emissioni di metano.

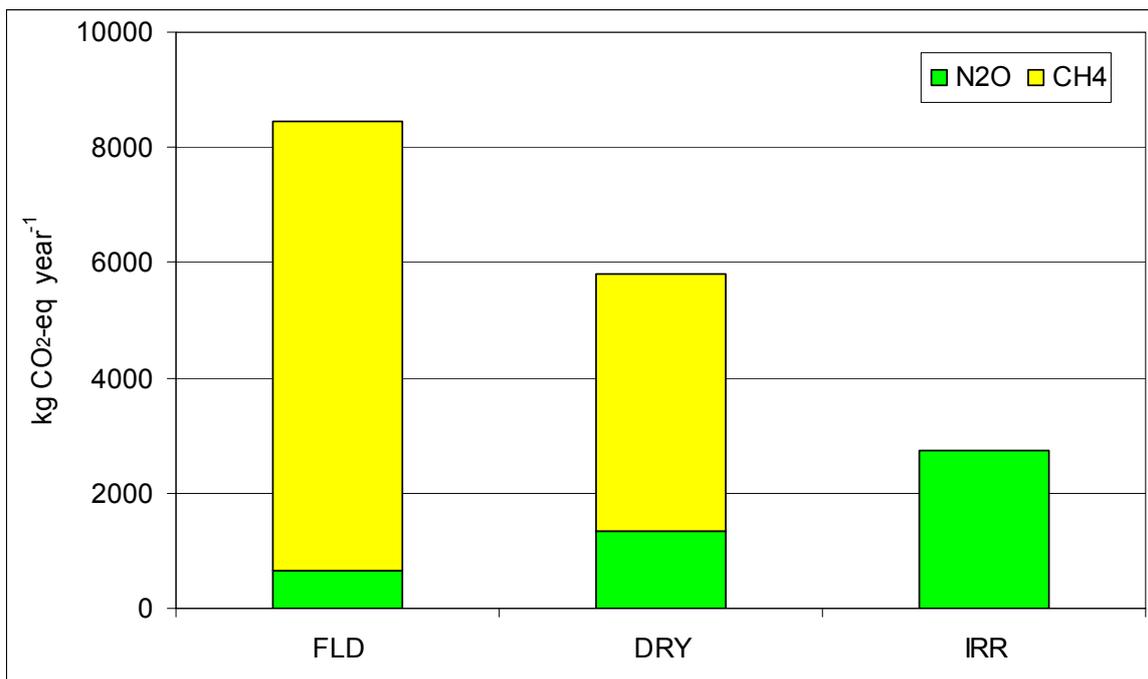


Figura 2.12.3: Global Warming Potential (GWP) espresso in kg CO<sub>2</sub> equivalenti year<sup>-1</sup> per i tre trattamenti presi in considerazione, con colori differenti è evidenziato il contributo di ciascun gas.

In Figura 2.12.4 è riportato l'indicatore GHG eco-efficiency.

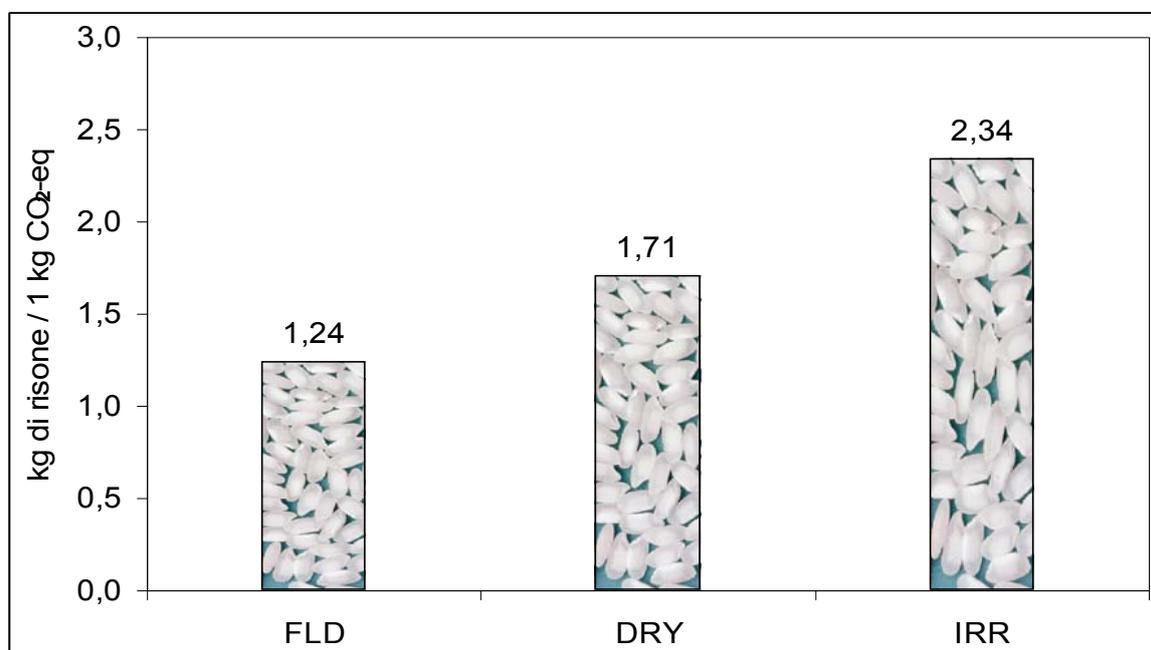


Figura 2.12.4: Green house gases (GHG) Eco-efficiency dei diversi trattamenti.

Il trattamento che ha registrato il valore più basso è stato il sistema gestito in sommersione continua (FLD), con un valore di 1,24 kg di risone prodotti ogni kg di CO<sub>2</sub>-eq emessa. Il trattamento DRY ha evidenziato un valore di 1,71 kg di risone prodotti ogni kg di CO<sub>2</sub>-eq emessa, mentre il sistema che ha mostrato il valore di GHG eco-efficiency più elevato è stato il trattamento IRR, con 2,34 kg di risone prodotti ogni kg di CO<sub>2</sub>-eq emessa.

Il sistema in semina interrata e sommersione posticipata (DRY) risulta essere il trattamento che, da una parte ha ridotto in maniera significativa le emissioni di gas a effetto serra rispetto al sistema tradizionale (FLD) e dall'altra ha mantenuto dei livelli produttivi elevati (a differenza di IRR).

Questo sistema risponde efficacemente sia al continuo incremento della popolazione mondiale, e quindi alla crescente necessità di cibo, sia alla necessità di un'attenzione crescente all'impatto ambientale del settore agricolo.

### **Misura della qualità della soluzione del suolo in funzione delle condizioni redox**

La gestione dell'acqua ha un ruolo chiave nel controllare le variazioni della soluzione del suolo in particolare la concentrazione di DOC, ferro, fosfato, nitrato e ammonio, solfato e cloruri con particolari conseguenze sia per la nutrizione vegetale sia per le emissioni. Contemporaneamente al monitoraggio delle emissioni gassose sono state quindi determinate nelle acque le concentrazioni delle componenti che più risentono della variazione delle condizioni redox. La concentrazione di DOC nei trattamenti FLD e DRY (Fig. 2.12.5) tende ad aumentare in corrispondenza al periodo di sommersione, con valori più elevati nelle zone più superficiali del suolo (25 cm). L'aumento di DOC nelle acque può essere legato a diversi processi tra i quali la decomposizione dei residui colturali incorporati, la più lenta mineralizzazione in condizioni anossiche, e anche a processi di desorbimento che rilasciano nella soluzione circolante sostanza organica precedentemente stabilizzata sui minerali del suolo in particolare gli ossidi di ferro. Infatti, in condizioni di sommersione, la riduzione degli ossidi di ferro presenti nel suolo risulta in un aumento della concentrazione di Fe(II) nelle acque, possibilmente responsabile per il desorbimento e rilascio di sostanza organica in soluzione. La sostanza organica appare con il tempo sempre più caratterizzata da una componente aromatica e da una maggiore complessità, come evidenzia l'andamento dei valori di SUVA, che sono appunto un indice del grado di aromaticità e complessità molecolare. Ciò testimonierebbe che con il tempo, il DOC è sempre più formato da materiale aromatico desorbito in seguito alla dissoluzione degli ossidi di ferro. Al contrario, le concentrazioni di DOC nel trattamento IRR risultano relativamente basse durante tutta la stagione colturale rispetto agli altri trattamenti, così come le concentrazioni di Fe(II) in soluzione. La produzione di CH<sub>4</sub> mostra un incremento in corrispondenza dei periodi di sommersione con una correlazione positiva con la concentrazione di DOC ( $r=0.661$ ,  $p<0.05$ ) e di Fe ( $r=0.771$ ,  $p<0.05$ ) indicando che l'aumento di emissioni si ha significativamente quando il rilascio di DOC per desorbimento diventa predominante. Nel caso del trattamento IRR la minore concentrazione di DOC si riflette infatti in una produzione pressoché nulla di CH<sub>4</sub> da parte di queste parcelle.

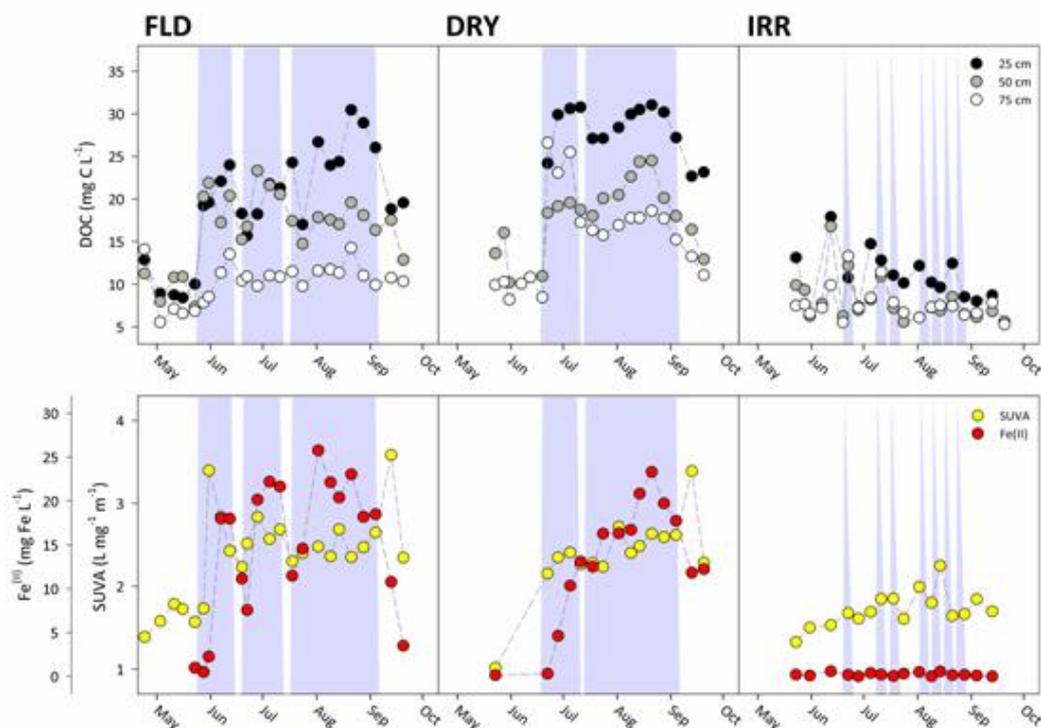


Figura 2.12.5: Andamento della concentrazione di DOC, del Fe e del SUVA (parametro per la determinazione dell'aromaticità della sostanza organica solubile) nella soluzione del suolo a 25, 50 e 75 cm durante il ciclo colturale 2012.

Le dinamiche dell'N dipendono anch'esse dalla gestione dell'acqua (Figura 2.12.6). Nel trattamento FLD il periodo più lungo di sommersione sembra incidere sulle concentrazioni di  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  nelle acque, con valori relativamente bassi rispetto agli altri trattamenti. Le basse concentrazioni di  $\text{NH}_4^+$  in soluzione, anche dopo la fertilizzazione azotata, suggeriscono che la maggior parte dell'N aggiunto viene asportata da parte della coltura, mentre le condizioni riducenti del suolo sommerso inibiscono la nitrificazione e quindi la formazione di  $\text{NO}_3^-$  che risulta pressoché assente a tutte le profondità. Rispetto al trattamento FLD, il trattamento DRY presenta concentrazioni di  $\text{NH}_4^+$  più elevate, principalmente in concomitanza con le date di fertilizzazione, possibilmente dovute ad un asporto inferiore da parte della coltura. Anche le concentrazioni di  $\text{NO}_3^-$  risultano più elevate particolarmente nella prima fase quando il suolo è ancora in condizioni ossiche. Infatti, in condizioni aerobiche parte dell' $\text{NH}_4^+$  viene nitrificato a  $\text{NO}_3^-$  che può subire lisciviazione o denitrificazione quando il suolo viene successivamente sommerso.

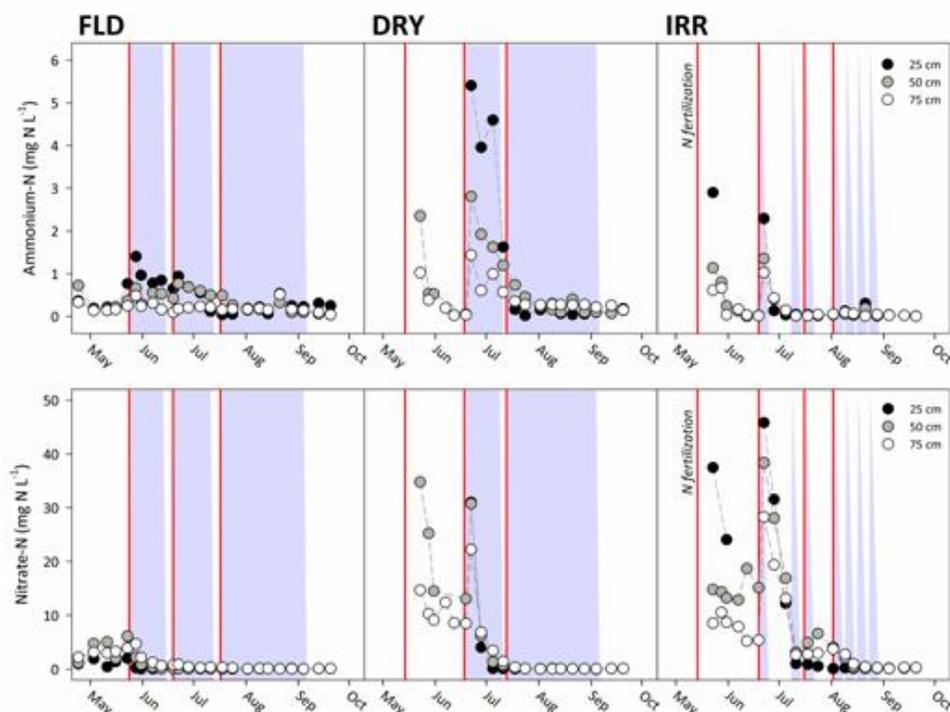


Figura 2.12.6: Andamento della concentrazione di ammonio e nitrato nella soluzione del suolo a 25, 50 e 75 cm durante il ciclo colturale 2012.

Nella seconda fase del ciclo colturale le concentrazioni di  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  risultano molto simili a quelle riscontrate nel trattamento FLD. Nel caso del trattamento IRR, invece, le condizioni di aerobiosi in cui si trova il suolo durante la maggior parte del ciclo colturale permettono all'ammonio apportato di subire nitrificazione con un relativo aumento delle concentrazioni di nitrati nelle acque a tutte le profondità, persi successivamente in corrispondenza dell'irrigazione per lisciviazione o parziale denitrificazione quando le condizioni redox del suolo lo permettono. Infatti, questo trattamento mostra dei flussi di  $\text{N}_2\text{O}$  relativamente più elevati rispetto agli altri trattamenti in cui è prevista una sommersione delle parcelle. Questo è probabilmente imputabile ad una denitrificazione incompleta che caratterizza gli ambienti in cui si ha una forte oscillazione nel potenziale redox del suolo dovuta alle varie irrigazioni che vengono effettuate durante la stagione colturale.

Si può quindi concludere che le dinamiche della sostanza organica solubile e dell'N inorganico sono particolarmente correlate alle condizioni redox del suolo e a loro volta influenzano la produzione di gas serra quali  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ . I processi sono altresì funzione del tipo di suolo ed in particolare sia delle caratteristiche della sostanza organica sia della componente minerale

## WP 2.18: Dinamiche dell'As nel suolo e assorbimento da parte del riso

Nella soluzione del suolo si è esaminato anche l'andamento della concentrazione dell'As durante l'intero ciclo colturale in modo da valutare il dinamismo di tale contaminante in funzione del diverso tipo di gestione dell'acqua (Figura 2.18.1).

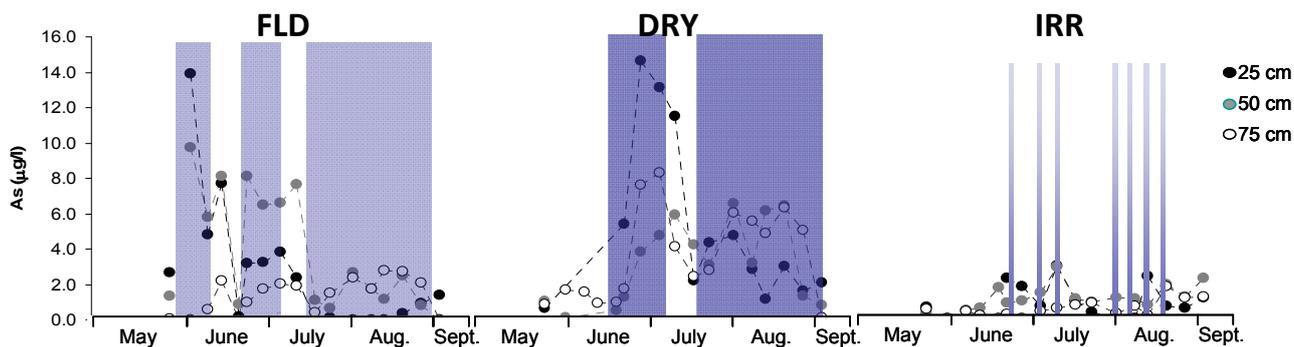


Figura 2.18.1: Andamento delle concentrazioni di As nella soluzione del suolo alle profondità di 25, 50 e 75 cm in funzione della diversa gestione dell'acqua

L'arsenico passa in soluzione nei giorni immediatamente successivi alla sommersione (dimostrando una sensibilità alle variazioni di potenziale redox più spiccata rispetto al Fe), raggiunge valori massimi nella prima parte del ciclo colturale (fine maggio nella tesi FLD e fine giugno nella tesi DRY) e si riabbassa successivamente, in modo più evidente con la semina in acqua rispetto alla semina in asciutta. Nel caso delle irrigazioni ripetute le concentrazioni si mantengono sempre estremamente basse. Lo studio svolto durante la prima stagione colturale sembrerebbe indicare, per le tre gestioni dell'acqua, concentrazioni di As in soluzione che si mantengono mediamente più alte per la semina in asciutta. La potenziale fitodisponibilità per il riso potrebbe variare nel senso  $DRY \geq FLD \gg IRR$ . Per verificare questa indicazione occorre un secondo anno di misurazioni.

Per verificare la possibile dipendenza delle concentrazioni di As nella granella del riso prodotto nell'areale padano da quelle di As nel suolo, è stato analizzato l'As in 61 suoli da cui proveniva la granella oggetto di un monitoraggio eseguito dall'ENR (Tabella 2.18.1).

Tabella 2.18.1. Concentrazioni di As nei suoli e nella granella di 61 risaie dell'areale risicolo padano

	As suolo ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) (Dati UNITO)	As granella ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) (Dati ENR)
Media	9.3	0.162
Mediana	7.6	0.144
Minimo	2.9	0.056
Massimo	38	0.586
dev.st.	6.5	0.083

Non c'è correlazione tra concentrazione di As nel suolo e nel riso ( $r=0.13$ ;  $p=0.32$ ;  $n=60$ ) se si considera l'intero areale, probabilmente a causa di importanti differenze pedologiche e ancor più agronomiche. Se si isola l'areale vercellese-novarese, con gestione più omogenea, la correlazione migliora ( $r=0.62$ ;  $p>0.05$ ;  $n=30$ ). Tuttavia, anche in questo caso, la concentrazione di As nel suolo spiega solo un terzo della variabilità della concentrazione nella granella ( $r^2=0.37$ ). Occorrono quindi indagini più approfondite sulle proprietà del suolo per mettere in luce i principali fattori che influenzano la disponibilità dell'As per la pianta.

## **WP 2.13 Trasferimento di diserbanti all'acqua**

### *Comportamento dell'erbicida propanile dei suoi principali metaboliti nelle acque*

Nel corso del 2012 è stato avviato lo studio del comportamento ambientale dell'erbicida propanile e dei suoi principali metaboliti (3,4-Dichloroaniline (3,4 DCA), 3,4-Dichloronitrobenzene (DCNB), N-hydroxy-3,4-Dichloroazobenzene (DCAB), e 3,4',4,4'-Tetrachlorobenzene (TCAB)), anche in relazione alla gestione agronomica della risaia. Una migliore conoscenza della dinamica di dissipazione del propanile e dei suoi metaboliti nell'acqua appare ad oggi importante poiché l'utilizzo di questa molecola può trovare ancora un certo interesse nelle strategie di diserbo della coltura del riso, soprattutto in chiave anti-resistenza nei confronti di quelle popolazioni di infestanti divenute resistenti a prodotti erbicidi ALS inibitori verso le quali le possibilità di controllo sono limitate.

### *Materiali e metodi*

Lo studio, avviato nel 2012, è in corso presso l'azienda sperimentale (Cascina Boschine) di Vercelli. La prova sperimentale è stata effettuata su due parcelle (8x23m) di seguito identificate con gli acronimi AUT e ASC. Le due parcelle sono caratterizzate da una diversa gestione agronomica: la parcella AUT è sottoposta ad una gestione tradizionale, con aratura autunnale, interrimento delle paglie, fertilizzazione minerale e semina in sommersione. La parcella ASC è sottoposta ad aratura primaverile ed interrimento dei residui colturali, la semina è interrata ed avviene in asciutta mentre la sommersione della camera avviene circa con un mese di ritardo. I due sistemi messi a confronto rappresentano le due gestioni agronomiche maggiormente adottate nell'areale risicolo italiano.

Lo studio del comportamento ambientale di questa molecola e dei suoi metaboliti nelle acque ha previsto il prelievo di campioni di acqua di sommersione, di ingresso e di uscita dalle camere. Il prelievo dei campioni di acqua è avvenuto a partire dall'esecuzione dei trattamenti ed ad intervalli crescenti dal trattamento stesso. I campioni di acqua di sommersione (tre per ogni camera), sono stati prelevati in tre diverse posizioni (alto, medio e basso) individuate all'interno di ciascuna camera in relazione alla posizione della bocchetta di ingresso dell'acqua nella camera. I campioni di acqua in uscita sono stati prelevati in corrispondenza delle bocchette di uscita delle camere, mentre l'acqua in ingresso è stata campionata eseguendo dei prelievi direttamente nel canale adacquatore.

Nel corso del primo anno è stata completata la messa a punto del metodo di estrazione dall'acqua delle molecole in studio. E' stato altresì messo a punto il metodo di determinazione analitica. Le estrazioni e le analisi sono in corso di svolgimento.

## **WP 2.14 Influenza delle pratiche agronomiche sull'evoluzione della vegetazione infestante**

### *Materiali e metodi*

Durante la coltivazione del riso, le malerbe emerse in campo (flora reale) sono state determinate sia nelle aree sottoposte ad intervento di diserbo sia nelle aree testimone non trattate, individuate all'interno di ogni camera.

In tutte le camere considerate nello studio è stata determinata la banca semi delle malerbe (flora potenziale) prelevando dei campioni di suolo in tre posizioni di ogni camera e prendendo in considerazione gli strati di suolo corrispondenti a 0-10 cm e 10-20 cm di profondità. Le plantule delle

diverse specie germinate ed emerse sono state conteggiate per oltre un anno al fine di consentire la germinazione anche dei semi dotati di dormienza.

### Risultati

#### Flora reale

La densità di infestazione all'interno delle aree testimone, rilevata in tre momenti del ciclo colturale, è risultata differente tra i diversi sistemi colturali adottati (Figura 2.14.1). I livelli di infestazione più bassi sono stati osservati nelle parcelle che prevedevano la rotazione con il MAIS, la liquamazione (LIQ) e l'aratura autunnale (AUT). In queste tre parcelle la densità media di malerbe è risultata compresa tra le 75 piante m<sup>-2</sup> registrate nella parcella MAIS e le 112 piante m<sup>-2</sup> presenti nella parcella AUT.

Le infestazioni maggiori sono state rilevate nelle parcelle in cui era prevista la bruciatura delle paglie (BRU) e nella parcella a semina in asciutta (ASC) con circa 250 piante m<sup>-2</sup> e 260 piante m<sup>-2</sup>, rispettivamente. Le elevate infestazioni di queste parcelle erano principalmente dovute ad una consistente presenza di *Echinochloa crus-galli* e *Portulaca oleracea* nella parcella ASC e di *Cyperus difformis* nella parcella BRU (Figura 2.14.2).

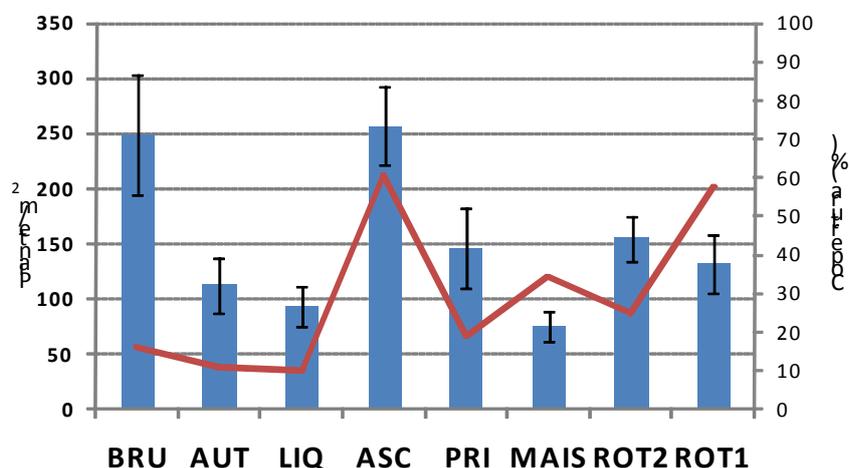


Figura 2.14.1: Densità e copertura percentuale delle malerbe nelle parcelle testimoni (media di 3 rilievi).

La copertura percentuale delle infestanti sul suolo ha avuto un andamento simile a quello della densità facendo rilevare però una presenza di infestanti ad uno stadio di sviluppo più elevato nelle parcelle in rotazione, in particolare in MAIS e ROT1.

Le specie infestanti maggiormente rilevate sono state quelle tipiche degli ambienti risicoli quali *Ammania coccinea*, *Cyperus difformis*, *Heteranthera reniformis*, *Lindernia dubia* e *Schoenoplectus mucronatus*, ad eccezione delle parcelle in rotazione.

La specie più rappresentata nelle diverse gestioni è risultata essere *C. difformis* che ha fatto registrare le densità più elevate nelle parcelle BRU, LIQ, PRI, ROT2 e ROT1.

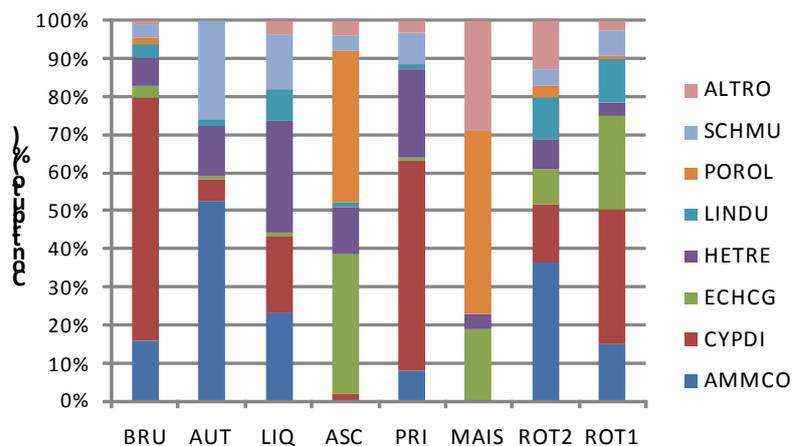


Figura 2.14.2: Specie maggiormente rappresentate (contributo percentuale) nei diversi sistemi di gestione.

#### Flora potenziale

L'analisi della flora potenziale ha evidenziato un numero di semi variabile tra i sistemi messi a confronto e tra i due strati considerati (Figura 2.14.3). Il grado di infestazione più basso è stato rilevato nello strato superficiale (0-10 cm), con un numero di semi variabile da 7500 (parcella MAIS) a 47000 semi m<sup>-2</sup> circa (parcella ROT2). Nello strato profondo (10-20 cm) il numero di semi era invece compreso tra 15000 (parcella MAIS) e 59000 semi m<sup>-2</sup> (parcella ROT2).

In generale, la consistenza della banca semi è risultata piuttosto elevata principalmente a causa di una notevole presenza di *L. dubia* e di *P. annua* in tutti i sistemi. La presenza di *P. annua* non è però stata riscontrata nella stessa misura nella flora reale, probabilmente perché tale specie ha un ciclo autunno-vernino e in primavera viene ben controllata dalle lavorazioni del terreno e dalla sommersione delle camere.

Le elevate infestazioni presenti nella parcella in rotazione (ROT2) sono dovute alla presenza, oltre che di *P. annua* e *L. dubia*, anche di *P. oleracea* ed *E. crus-galli*.

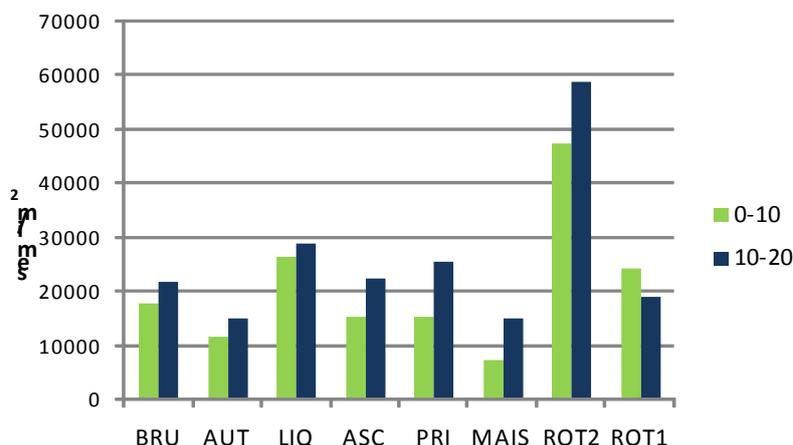


Figura 2.14.3: Consistenza della banca semi (semi m<sup>-2</sup>) nei diversi sistemi di gestione.

## WP 2.15 Impiego di varietà di riso tolleranti a diserbanti e gestione del rischio di induzione della resistenza ai diserbanti.

### Studio sulla densità di semi di riso crodo in campi coltivati con varietà Clearfield

#### Materiali e Metodi

L'obiettivo dello studio è stato quello di determinare l'evoluzione della banca semi di riso crodo in campi in cui erano state seminate varietà di riso resistenti agli erbicidi imidazolinoni (Clearfield-CL). A tale scopo, all'interno del comprensorio risicolo piemontese e lombardo sono state scelte aziende nelle quali le varietà Clearfield erano state impiegate per la prima volta sullo stesso terreno e aziende dove le stesse varietà sono state usate per due anni consecutivi. Per determinare la consistenza della banca semi di riso crodo sono state prelevate carote di suolo di 12 cm di diametro a due profondità (0-10 cm e 10-20 cm).

In ogni camera considerata sono state individuate tre aree rappresentative in cui sono stati prelevati 5 campioni di suolo, per un totale di 15 campioni per camera.

I campioni di suolo sono stati disgregati per mezzo di un getto d'acqua ad alta pressione; il suolo e l'acqua sono poi stati filtrati attraverso setacci con maglie di dimensione adeguata, in grado di trattenere tutti i semi di riso crodo presenti nel campione. La distinzione tra riso coltivato e riso crodo è stata eseguita sulla base della colorazione del pericarpo, previa asportazione delle glumette di ogni seme.

#### Risultati

La banca semi di riso crodo prelevata in campi sottoposti a differenti modalità di gestione agronomica e di lotta al riso crodo ha presentato un andamento variabile. In figura 2.15.1 sono rappresentate 5 località di campionamento in cui la densità di semi di riso crodo è risultata compresa tra 5 (Vercelli dopo 2 anni di impiego di varietà Clearfield) e 800 semi  $m^{-2}$  (Rivoltella dopo un anno di impiego di varietà Clearfield) (Figura 2.15.1). Nei campioni di suolo prelevati nei campi seminati con una varietà di riso Clearfield la presenza di semi di riso crodo è stata ancora rilevata, evidenziando il non completo esaurimento della banca semi del suolo dopo due anni di applicazione della tecnica.

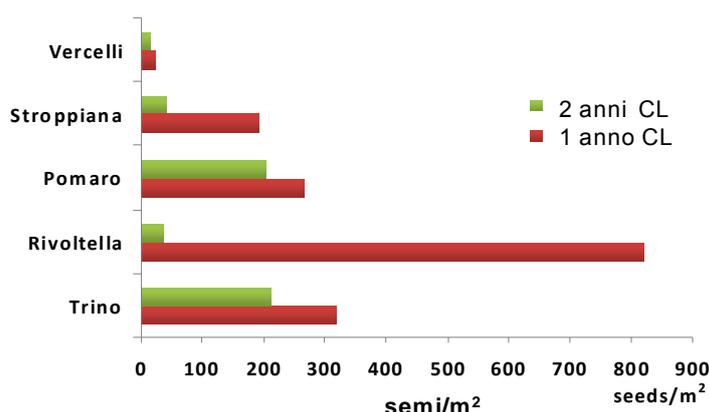


Figura 2.15.1: Densità di semi di riso crodo in campi con varietà Clearfield dopo un anno o due di coltivazione.

La prosecuzione di tale attività di ricerca avrà lo scopo di determinare la sensibilità all'erbicida imazamox di alcune popolazioni di riso crodo, sia in campi seminati con varietà tradizionali sia in campi seminati con varietà CL .

## Valutazione della presenza di fenomeni di resistenza in popolazioni di giavone

### Materiali e Metodi

L'obiettivo di questo studio è stato quello di verificare, in condizioni di serra, la presenza di resistenza in piante appartenenti al genere *Echinochloa* (giavoni), sfuggite, nel 2011, ai trattamenti di diserbo nelle risaie del nord Italia.

Nello studio è stata, in particolare, esaminata la sensibilità di 50 popolazioni nei confronti di due diserbanti, specificamente usati per il controllo di queste malerbe, cyhalofop-butyl (inibitore dell'enzima ACC-asi) e penoxsulam (inibitore dell'enzima ALS), impiegati da soli o in miscela tra di loro. Entrambi i prodotti sono stati impiegati a 1/3, 1 e 3 volte la dose di campo. Nello studio è stata valutata anche l'eventuale presenza di resistenza nei confronti di altri tre tra i più importanti erbicidi per la lotta contro i giavoni in risaia, impiegati alla normale dose di campo: profoxydim (inibitore dell'enzima ACC-asi), imazamox (inibitore dell'enzima ALS) e bispyribac-sodium (inibitore dell'enzima ALS). I semi di *Echinochloa* sfuggiti ai trattamenti in campo sono stati raccolti, conservati in appositi sacchetti di carta a temperatura ambiente e infine seminati in vasetti. Le piante ottenute sono state poi trattate allo stadio di 3-4 foglie con una apposita cabina di irrorazione ad uso sperimentale. L'efficacia erbicida è stata valutata sia mediante raccolta della parte aerea (peso fresco) delle piante presenti in ogni singolo vaso, sia attraverso una stima visiva del grado di controllo da parte dell'erbicida. Le popolazioni in studio sono state quindi classificate sulla base della loro sensibilità ai vari prodotti considerati (Tabella 2.15.1).

Tabella 2.15.1: classificazione della sensibilità agli erbicidi

	SS	S	MS	MR	R	RR
Controllo	>95%	95-85%	85-70%	70-50%	50-25%	<25%
Sopravvivenza	<5%	5-15%	15-30%	30-50%	50-75%	>75%

### Risultati

Nell'ambito delle cinquanta popolazioni considerate nello studio, si è osservata un'ampia variabilità di risposta agli erbicidi (Figura 2.15.2). Tale risultato trova spiegazione nella notevole variabilità morfologica e genetica osservata nell'ambito di piante di questo genere, anche all'interno della stessa popolazione. Penoxsulam, è stato, nel complesso, il prodotto che ha presentato l'efficacia inferiore; venti popolazioni sono risultate, infatti, resistenti (totalmente o in parte) a questo erbicida. Profoxydim è apparso il principio attivo in grado di fornire la maggior efficacia nei confronti di queste malerbe. Cyhalofop-butyl ha fornito, alla dose di campo, una buona efficacia generale pur presentando una non completa azione nei confronti di alcune popolazioni. La miscela di cyhalofop-butyl e penoxsulam ha avuto un'efficacia nel complesso inferiore a quella rilevata per l'erbicida cyhalofop-butyl utilizzato da solo. Imazamox e bispyribac-sodium hanno controllato efficacemente la maggior parte delle popolazioni, evidenziando, nel complesso, una buona attività erbicida.

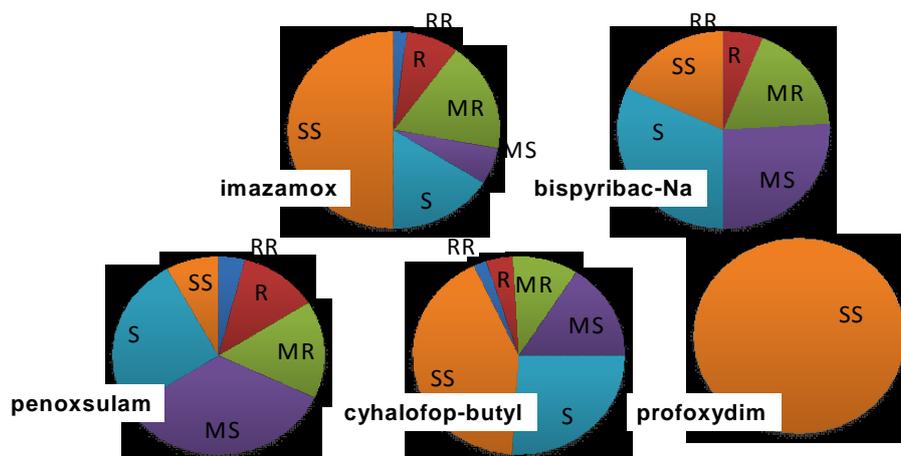


Figura 2.15.2: Classificazione delle popolazioni di giavone sulla base della sensibilità ad alcuni erbicidi (imazamox, bispiribac-sodium, penoxsulam, cyhalofop-butyl e profoxydim).

## WP 2.16 Effetto della sommersione invernale sullo sviluppo delle malerbe

### Materiali e Metodi

Al fine di migliorare le conoscenze sugli effetti della sommersione invernale della risaia sulla dinamica delle infestazioni di riso crudo è stato intrapreso uno studio di campo.

Nello studio è stato determinato, mediante dei carotaggi di suolo, il numero di semi vitali di riso crudo presenti in autunno, dopo la raccolta del riso, e in primavera, prima delle lavorazioni di preparazione del letto di semina, sia in condizioni di risaia sommersa nel periodo invernale, sia di risaia asciutta. Sono state considerate due camere di risaia (della dimensione di oltre 3 ha ciascuna), gestite con differenti regimi idrici nel periodo invernale: in asciutta e in sommersione. In ognuna delle camere aree oggetto di studio sono state individuate tre aree campione in cui sono state prelevate 30 carote di suolo di 12 cm di diametro a due profondità (0-10 cm e 10-20 cm). Il numero di semi di riso crudo presenti in ogni campione è stato determinato secondo le procedure indicate al W.P. 2.15 (studio sulla densità di semi di riso crudo in campi con varietà Clearfield). Dai dati rilevati si è determinata l'efficacia della sommersione invernale considerando la percentuale di riduzione dei semi durante il periodo invernale.

### Risultati

La gestione delle camere di risaia attraverso la tradizionale asciutta invernale ha determinato una riduzione della banca semi superficiale di riso crudo variabile dal 5% (profondità 0-10 cm) al 60% (profondità 10-20 cm) (Figura 2.16.1). La sommersione invernale, invece, ha permesso una riduzione superiore al 95%, ad entrambe le profondità.

### Riduzione semi crodo dopo inverno (%)

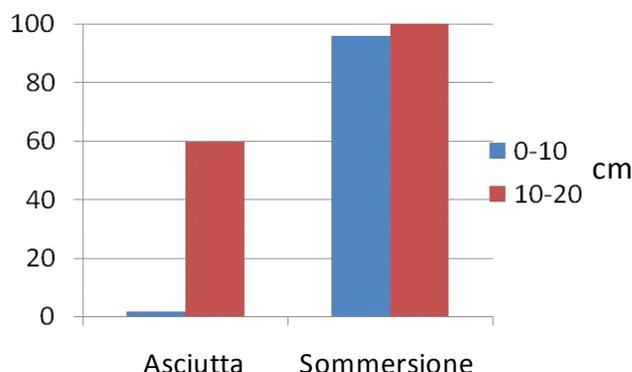


Figura 2.16.1: Riduzione di semi di riso crodo dopo l'asciutta e la sommersione nel periodo invernale.

La sommersione invernale delle risaie è risultata una tecnica in grado di limitare la diffusione del riso crodo, in quanto favorisce alcuni fattori che normalmente concorrono alla diminuzione del numero di semi nel suolo quali la predazione ad opera degli uccelli acquatici, la germinazione anticipata durante l'autunno e la riduzione della vitalità del seme sottoposto all'azione dell'acqua e alle basse temperature invernali per periodi prolungati.

I risultati raggiunti con tale sperimentazione hanno confermato quelli ottenuti con precedenti studi in cui era stata osservata una forte riduzione del numero di semi di riso crodo dopo la sommersione invernale ma considerando solo la superficie del suolo. Questo studio pone in evidenza come la riduzione del numero di semi avvenga anche nei primi centimetri di suolo.

### Attività 2.17

#### *La predisposizione del sito sperimentale*

A Crescentino (VC), presso l'azienda agricola Paolo Mosca, è stato realizzato un sito sperimentale per il confronto di due tecniche di agricoltura conservativa, basate sulla non lavorazione, con una gestione tradizionale. Le tecniche di non lavorazione considerate sono state una basata sulla semina a spaglio in acqua e una sulla semina interrata e sommersione ritardata.

I parcelloni predisposti sono di grandi dimensioni al fine di poter essere condotti con normali attrezzature aziendali. Essi sono lunghi 90 m e larghi 18 m. Il disegno sperimentale scelto è stato a blocchi randomizzati con tre repliche.

All'avvio del sito sperimentale i nove parcelloni (tre trattamenti per tre repliche), sono stati separati idraulicamente attraverso la realizzazione di argini fissi.

Si è inoltre provveduto ad eseguire un rilievo per la caratterizzazione fisico chimica del suolo, per verificare l'omogeneità della superficie. I risultati di tale caratterizzazione sono riportati in tabella 2.17.1.

Tabella 2.17.1: Caratteristiche fisico-chimiche del suolo nei trattamenti sperimentali.

Variabile	Aratura	Sodo sommerso	Sodo interrato	P(F) Tratt	P(F) Blocco
pH	5.6	5.5	6.0	n.s.	0.002
Azoto totale (%)	0.133	0.117	0.115	0.007	0.048
Ctot (%)	1.29	1.16	1.11	0.009	0.012
CSC (meq/100g)	15.2	15.1	15.6	n.s.	0.000
Ca scambiabile (ppm)	1285	1177	1339	n.s.	0.010
K scambiabile (ppm)	69	69	71	n.s.	n.s.
P Olsen (ppm)	7.9	7.0	6.5	n.s.	0.000
Argilla (%)	16.532	15.081	17.368	n.s.	0.000
Limo tot (%)	64.671	66.335	63.566	0.022	0.000
Sabbia totale (%)	18.797	18.588	19.067	n.s.	n.s.
Fe ass. (ppm)	134.762	132.362	108.482	n.s.	0.000
Mn ass (ppm)	30.727	25.760	29.516	n.s.	n.s.
Zn ass. (ppm)	.842	.524	.491	n.s.	0.038
Cu ass. (ppm)	4.120	3.807	3.673	n.s.	n.s.
Boro estraib. (ppm)	.147	.137	.147	n.s.	n.s.

Come si evince dalla tabella 2.17.1 il numero elevato di variabili che mostrano un effetto blocco giustifica pienamente l'adozione di tale disegno sperimentale. Rispetto invece ai trattamenti, solo carbonio organico e azoto totale mostrano differenze significative all'avvio della sperimentazione. Per queste due variabili negli anni occorrerà analizzare le variazioni di contenuto e non i semplici valori misurati, essendo queste differenze già presenti all'origine. Le variazioni sono comunque di modesta entità.

## Aspetti produttivi e qualitativi

### *La tecnica agronomica adottata*

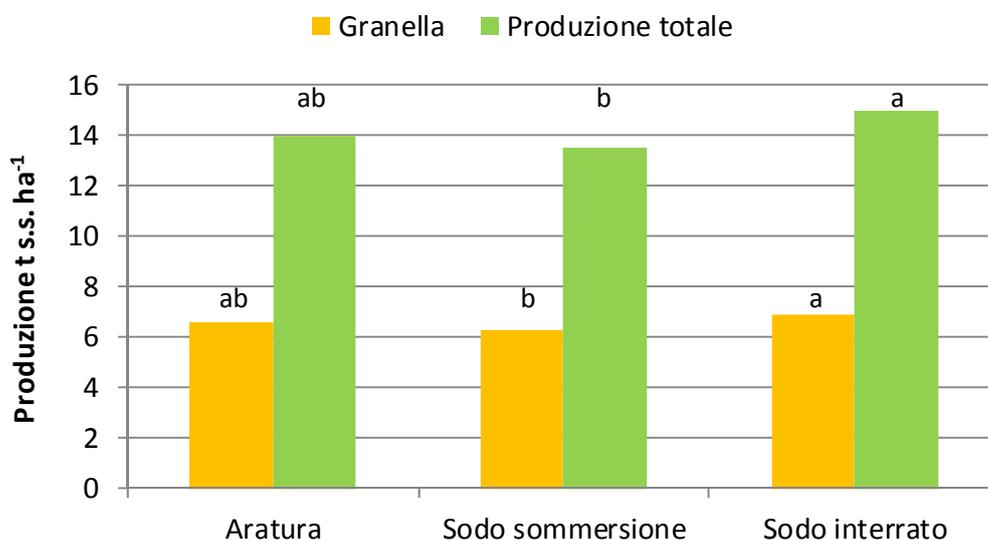
In tabella 2.17.2 sono riportate le tecniche agronomiche applicate ai tre trattamenti sperimentali. La tecnica applicata nel trattamento Aratura è quella tradizionale dell'area, mentre quelle applicate in sodo sommerso e interrato sono state definite a seguito di un'indagine effettuata nelle provincie di Vercelli, Novara e Pavia, presso aziende che in vario modo già adottavano pratiche di semina su sodo. Le esperienze acquisite sono poi state integrate con informazioni bibliografiche e conoscenze acquisite in Sud America, dove da anni sono praticate tecniche simile, anche se in un contesto non del tutto assimilabile a quello europeo.

Il riso è stato seminato tra la seconda e la terza decade di maggio. Si è utilizzata la varietà CL26, varietà registrata ClearField®, alla dose di 180 kg seme ha<sup>-1</sup>. CL26 è una varietà di riso precoce Lungo B.

Tabella 2.17.2: Tecniche agronomiche applicate ai tre trattamenti sperimentali.

Operazione	Decade	Dose	Aratura	Sodo sommerso	Sodo interrato
Aratura	1° maggio		X		
Livellamento	1° maggio		X		
Fertilizzazione N + K	1° maggio	50 kg N/ha + 60 kg K <sub>2</sub> O/ha	X	X	
Fertilizzazione K	1° maggio	60 kg K <sub>2</sub> O/ha			X
Erpicatura	1° maggio		X		
Diserbo	2° maggio	Glifosate 4 l/ha f.c.36% + Oxadiazon 1 l/ha f.c. 34,8 %	X	X	X
Diserbo	2° maggio	Pendimetalin 2 l/ha f.c. 45%			X
Semina file	2° maggio	CL 26 180 kg/ha			X
Sommersione	2° maggio		X	X	
Semina acqua	3° maggio	CL 26 180 kg/ha	X	X	
Asciutta di radicamento	3° maggio		X	X	
Asciutta accestimento	1° giugno		X	X	
Fertilizzazione N + K	1° giugno	(70 NT-ASC) 40 kg N/ha	X	X	X
1° diserbo post.em.	1° giugno	0,875 l/ha f.c. Beyond p.a. imazamox	X	X	X
Sommersione	1° giugno		X	X	X
Asciutta diff. pannocchia	1° luglio		X	X	X
2° diserbo post.em.	1° luglio	0,875 l/ha f.c. Beyond p.a. imazamox	X	X	X
Fertilizzazione N + K	1° luglio	(40 NT-ASC) 20 kg N/ha + 60 kg K <sub>2</sub> O/ha	X	X	X
Asciutta finale	1° settembre		X	X	X
Raccolta	1° ottobre		X	X	X

## I risultati produttivi



Granella P(F) trattamenti: 0,057; CV: 8%  
 Produzione totale P(F) trattamenti: 0,037; CV: 8%

Figura 2.17.1: Produzione di granella e totale nei trattamenti a confronto.

Il primo anno di sperimentazione ha mostrato i risultati produttivi riportati in figura 2.17.1. Come si evidenzia dal grafico, nonostante nel primo anno di attività non siano attesi differenze importanti fra i trattamenti, si evidenziano differenze al limite della significatività sia per quanto riguarda la produzione di granella che per quanto riguarda la produzione totale.

Il test post hoc di Bonferroni, eseguito al 10% di probabilità per evidenziare le differenze, anche se al limite della significatività, mostrano che il trattamento caratterizzato dalla semina su sodo interrato è quello che ha mostrato le migliori prestazioni, mentre quello con semina su sodo in sommersione, ha mostrato le peggiori. Entrambi i trattamenti non differiscono significativamente dal trattamento in gestione convenzionale. Le due tecniche di semina su sodo, comunque, al primo anno non mostrano differenze di produzioni tali da far scegliere fra le due tecniche. Una verifica sui due anni, quando si avrà un maggior compattamento del suolo, è necessaria per verificare la sostenibilità sul medio periodo delle due pratiche.

Tabella 2.17.3: Valori delle componenti della produzione.

Variabile	Aratura	Sodo sommerso	Sodo interrato	P(F) Tratt	P(F) Blocco
N° culmi	677	617	591	n.s.	0.003
Peso 1000 semi (g)	20.9	20.8	20.9	n.s.	0.016
Spighette/pannocchia	100	94	115	0.025	0.002
Sterilità (%)	9.9	10.6	11.0	n.s.	n.s.

Dall'analisi delle componenti della produzione, riportata in tabelle 2.17.3, si evidenzia che l'unico parametro che mostra differenze fra i trattamenti, e che quindi è responsabile delle diverse produzioni, è il numero di spiglette per pannocchia.

Per quanto riguarda gli aspetti qualitativi, ed in particolare le concentrazioni ed i contenuti in elementi nutritivi della paglia e della granella, riportati nelle tabelle 2.17.4 e 2.17.5, non si evidenzia mai un effetto legato al trattamento, pur essendo i coefficienti di variazione molto bassi.

Tabella 2.17.4: Valori di concentrazione percentuale dei tessuti.

Variabile		Aratura	Sodo sommerso	Sodo interrato	P(F) Tratt	P(F) Blocco
Granella	N	1.03	0.99	1.00	n.s.	n.s.
	P	0.27	0.26	0.27	n.s.	n.s.
	K	0.19	0.20	0.20	n.s.	0.030
Paglia	N	0.46	0.39	0.41	n.s.	n.s.
	P	0.16	0.15	0.14	n.s.	0.008
	K	1.32	1.27	1.31	n.s.	0.001
Totale	N	0.73	0.67	0.68	n.s.	n.s.
	P	0.21	0.21	0.20	n.s.	n.s.
	K	0.79	0.77	0.79	n.s.	0.001

Tabella 2.17.5: Valori di contenuto totale (kg ha<sup>-1</sup>) dei tessuti.

Variabile		Aratura	Sodo sommerso	Sodo interrato	P(F) Tratt	P(F) Blocco
Granella	N	67.579	62.602	68.945	n.s.	n.s.
	P	17.344	16.606	18.523	n.s.	n.s.
	K	12.633	12.215	13.644	n.s.	n.s.
Paglia	N	34.091	28.503	32.916	n.s.	n.s.
	P	11.807	11.230	11.510	n.s.	0.014
	K	97.665	92.156	104.694	n.s.	n.s.
Totale	N	101.670	91.106	101.861	n.s.	n.s.
	P	29.152	27.836	30.032	n.s.	n.s.
	K	110.298	104.370	118.338	n.s.	n.s.

Tabella 2.17.5: Valori di resa alla lavorazione dei diversi trattamenti.

Variabile	Aratura	Sodo sommerso	Sodo interrato	P(F) Tratt	P(F) Blocco
Globale	70.5	70.2	70.1	n.s.	0.005
Grani interi	65.8	65.7	65.6	n.s.	n.s.
Grani gessati	0.7	0.7	0.9	n.s.	0.008
Grani macchiati	1.1	1.0	1.1	n.s.	0.022

Anche l'aspetto legato alla resa alla lavorazione del risone, non mostra differenze significative tra i diversi trattamenti.

## Aspetti malerbologici

### Materiali e Metodi

In ogni parcella si è provveduto al prelievo di campioni di suolo relativi allo strato 0-10 cm e 10-20 cm per la determinazione della banca semi delle malerbe (flora potenziale).

Gli effetti delle diverse modalità di gestione adottate sull'evoluzione della comunità di malerbe sono stati valutati prendendo in considerazione la flora reale e la flora potenziale. Nel caso della flora reale, si è proceduto, sia in aree testimoni non sottoposte a diserbo poste all'interno dei parcelloni, sia nelle zone dei parcelloni sottoposte a diserbo, alla determinazione delle specie presenti, della loro densità (numero di individui m<sup>-2</sup>) e della loro copertura totale.

Per la flora potenziale, la consistenza della banca semi è stata valutata disponendo i campioni di suolo in vaschette di plastica, collocate in serra in condizioni ideali alla germinazione. In vari momenti sono state determinate e conteggiate le plantule emerse.

### Risultati

Nelle parcelle testimoni, il sistema convenzionale di aratura ha fatto rilevare le densità più elevate con valori di poco superiori a 120 piante m<sup>-2</sup> (Figura 2.17.2). Nei sistemi con semina su sodo sono state invece rilevate circa 60 piante m<sup>-2</sup> sia con la semina in sommersione, sia con quella interrata. Analoghi rapporti fra le gestioni considerati, pur con valori di densità nettamente inferiori, sono stati osservati nella parte dei parcelloni sottoposta a trattamento erbicida.

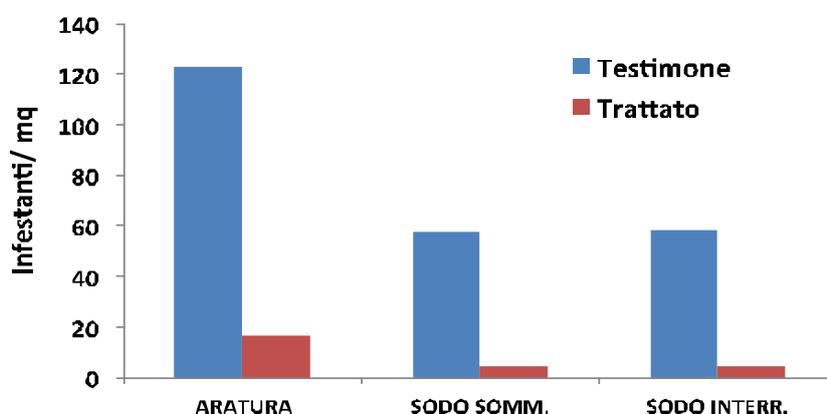


Figura 2.17.2: Densità delle malerbe nelle diverse gestioni considerate.

Le infestanti maggiormente rappresentate nelle parcelle arate sono state *Ottelia alismoides* (34%) ed *E. crus-galli* (18%); il riso crodo (*O. sativa*) era presente con densità piuttosto basse (2%) (Figura 2.17.3). Nelle camere con semina su sodo è stata registrata un'infestazione piuttosto elevata di riso crodo, che rappresentava circa il 34% delle infestanti delle parcelle con semina su sodo in risaia sommersa e circa il 58% nelle parcelle con semina su sodo in asciutta.

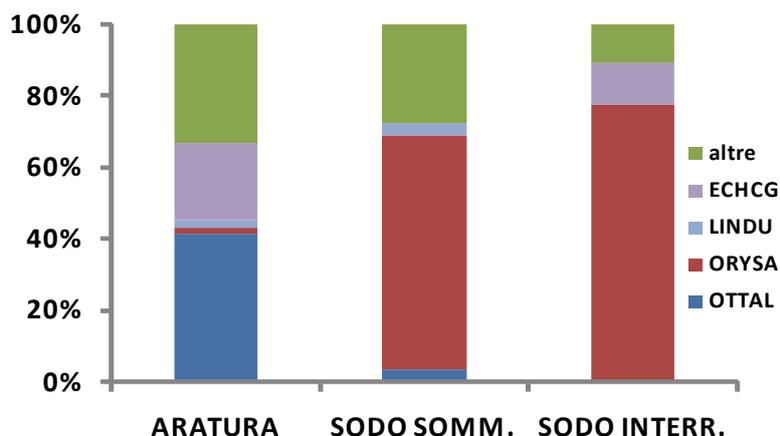


Figura 2.17.3: Specie maggiormente rappresentate (contributo percentuale) nei diversi sistemi di gestione.

I rilievi sulla banca semi hanno fatto registrare una densità di semi più consistente nello strato 0-10 cm di profondità nei sistemi con aratura (1137 semi m<sup>-2</sup>) e semina su sodo in sommersione (1900 semi m<sup>-2</sup>) (Figura 2.17.4), mentre nel sistema sodo con semina interrata il numero di semi è risultato leggermente più elevato nello strato 10-20 cm di profondità (1250 semi m<sup>-2</sup>).

La più elevata densità di semi nelle parcelle seminate su sodo in sommersione è dovuta alle presenza di elevate infestazioni di *C. difformis* e *L. dubia*, malerbe tipiche della risaia sommersa.

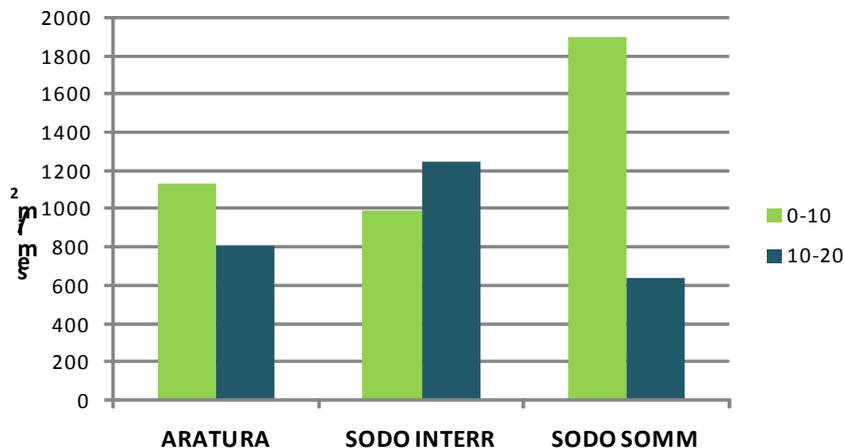


Figura 2.17.4: Consistenza della banca semi nei diversi sistemi di gestione.

## Attività di divulgazione e pubblicazioni:

### Convegni Internazionali

- Said-Pullicino, D., Birk, J.J., Cucu, M.A., Sodano, M., Glaser, B., Celi, L., 2012. *Nitrogen immobilization in paddy soils as affected by redox conditions and rice straw incorporation*. Congresso EUROSOIL, Bari.
- Cucu, M.A., Said-Pullicino, D., Maurino, V., Celi, L., 2012. *Nitrogen availability in fertilized paddy soils as a function of redox conditions and rice straw incorporation*. Congresso EUROSOIL, Bari.
- Bianchet, P., Sacco, D., Said-Pullicino, D., Celi, L., Saviolo, A., Romani, M., Grignani, C., 2012. *Does crop residue management influence fertilizer use efficiency in irrigated rice?* Congresso EUROSOIL, Bari.
- Romani, M., Beltarre, G., Miniotti, E., Said-Pullicino, D., 2012. *Comparative study of the chemical and biological diversity of soil of two rice fields subjected to organic and conventional farming*. 1st International Conference on Organic Rice Farming and Production Systems, Montpellier, France.
- Vidotto F., Fogliatto S., Milan M., Ferrero A., 2012. *Weed community dynamics of rice fields in different management systems*. VI International Weed Science Congress, Hangzhou, China.
- Ferrero A., Vidotto F., Tesio F., Dalla Valle N., Cavanna S., 2012. *Sensitivity to rice herbicides in Echinochloa spp. populations from Italian rice fields*. VI International Weed Science Congress, Hangzhou, China.
- Fogliatto S., Vidotto F., Ferrero A., 2012. *Winter flooding of rice fields: an important option for weedy rice control*. 1st International Conference on Organic Rice Farming and Production Systems, Montpellier, France.

### Convegni Nazionali

- Said-Pullicino, D., Cucu, M.A., Sodano, M., Celi, L. 2012 *Bulk and compound-specific stable-isotope  $\delta^{15}N$  techniques for evaluating fertilizer-N dynamics in paddy soils*. Convegno SICA, Milano.

## Attività di formazione:

---

### Tesi di Laurea

<i>Processi biotici ed abiotici coinvolti nell'immobilizzazione dell'azoto nei suoli di risaia</i>	Candidata:	Federica Divotti
	Relatrice:	Luisella Celi
<i>Gestione dell'acqua in risaia: Effetti sulla composizione della soluzione del suolo e implicazioni agroambientali</i>	Candidata:	Cristina Lerda
	Relatrice:	Luisella Celi
<i>Applicazione di tecniche di risparmio idrico in risicoltura: conseguenze sulla produzione e sulle emissioni di gas serra</i>	Candidato:	Matteo Peyron
	Relatore:	Sacco Dario
<i>Dinamica degli inerbimenti nella coltura del riso</i>	Candidato:	Michela Miscioscia
	Relatore:	Aldo Ferrero
<i>Influenza di diversi sistemi gestionali risicoli sull'evoluzione della vegetazione infestante</i>	Candidato:	Gabriele Della Pia Casa
	Relatore :	Aldo Ferrero

---

#### Dottorandi

- Maria Alexandra CUCU
- Marcella SODANO
- Marco MILAN

#### Borse e assegni di ricerca (post-doc)

- Silvia FOGLIATTO
- Daniel SAID-PULLICINO
- Chiara BERTORA
- Simone PELLISSETTI

#### **Sintesi delle attività predisposte per il secondo anno:**

*(fare riferimento diretto e corrispondente al progetto approvato Modello A, 10.5.3 Piano articolato temporale delle attività)*

.....

---

#### **WP Attività prevista**

---

- 2.10 Valutazione agronomica gestione residui colturali (2° Anno; Vercelli);  
Preparazione pubblicazioni scientifiche;
  - 2.11 Valutazione gestione residui colturali sulla sostanza organica del suolo (Vercelli);  
Preparazione pubblicazioni scientifiche;
  - 2.12 Misure emissioni GHG gestione alternativa dell'acqua (2° anno; Castello d'Agogna);  
Misure acque superficiali/subsuperficiali (2° anno; Castello d'Agogna);  
Preparazione pubblicazioni scientifiche;
  - 2.13 Trasferimento dei diserbanti all'acqua e al sedimento (2° anno)
  - 2.14 Influenza delle pratiche agronomiche sull'evoluzione della vegetazione infestante (2° anno; Vercelli)
  - 2.15 Impiego di varietà di riso tolleranti a diserbanti, prevenzione rischio resistenze
  - 2.16 Effetto della sommersione invernale sullo sviluppo delle malerbe
  - 2.16 Effetto sommersione invernale sulla distribuzione della SOM e fertilità del suolo
  - 2.17 Misura della qualità e quantità delle produzioni per il 2° anno in relazione alle tecniche di agricoltura conservativa adottate.  
Calcolo del bilancio energetico.
  - 2.17 Effetti delle diverse tecniche di agricoltura conservativa sulla evoluzione delle malerbe
  - 2.18 Misure acque superficiali/subsuperficiali (2° anno; Castello d'Agogna);  
Preparazione pubblicazioni scientifiche;
  - 6.1 Continuazione attività di formazione;
- 

#### Altri Attività congressuale

Organizzazione sessione "Element cycling and ecological functions of paddy and wetland soils" all'EGU2013.

---

Progetto POLORISO – Ricerca, sperimentazione, tecnologie innovative, sostenibilità ambientale ed alta formazione per il potenziamento della filiera risicola nazionale

Redatto in data  
20 maggio 2013

Responsabile di UO  
Prof. Aldo Ferrero

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Aldo Ferrero', written in a cursive style.