



# Linee guida per l'impiego di percorsi agronomici innovativi per una risicoltura sostenibile

## INTRODUZIONE

Le tecniche agronomiche adottate nelle aziende risicole italiane hanno subito profonde evoluzioni nell'ultimo decennio e ora devono rapidamente adeguarsi a strategie innovative e più sostenibili. Oggi le aziende sono chiamate ad affrontare le criticità che insorgono in seguito alla peculiare gestione agronomica che caratterizza la risicoltura.

La definizione di percorsi agronomici sostenibili permette ai risicoltori di acquisire maggiori conoscenze su determinate tecniche colturali del riso e di compiere scelte agronomiche che permettono di ridurre l'impatto ambientale, ampliando l'efficienza dei mezzi produttivi, accrescendo la fertilità dei terreni e mantenendo un adeguato livello produttivo.

Per rispondere a queste richieste, i risicoltori possono avvalersi di percorsi innovativi, sviluppati per le diverse gestioni agronomiche (semina in acqua e semina interrata) e per la corretta pianificazione della concimazione in risaia.

Nell'ambito della semina in acqua del riso, fra le pratiche innovative per incrementare la sostenibilità e ridurre le emissioni di metano, è possibile impiegare la sommersione invernale e la tecnica AWD. L'adozione combinata di queste tecniche permette di perseguire l'obiettivo di ottenere un più razionale utilizzo dell'acqua irrigua.

La sommersione invernale è una pratica che prevede la sommersione delle risaie dopo la raccolta, durante il periodo autunno-invernale. Tale gestione, adottata per ragioni agronomiche, ambientali e idrologiche, favorisce la degradazione dei residui colturali e la riduzione del carico delle infestanti, contribuendo al tempo stesso all'aumento della biodiversità e alla ricarica della falda freatica.

A questa può essere affiancata la tecnica AWD, che consiste nell'alternare periodi di sommersione e asciutta durante una parte del ciclo colturale del riso. Invece di mantenere costantemente allagata la risaia, a partire dalla fase fenologica dell'accestimento l'acqua viene lasciata infiltrare e il terreno si

asciuga parzialmente fino a una certa soglia di umidità prima della successiva irrigazione. Se correttamente gestita, la tecnica AWD permette di ridurre i consumi idrici e le emissioni di gas serra senza compromettere la produttività.

Per quanto riguarda la semina interrata, invece, attraverso l'attuazione del sovescio di colture intercalari, in particolare leguminose, è possibile favorire l'apporto di carbonio organico di alta qualità per promuovere l'aumento della sostanza organica nel suolo e la nutrizione azotata del riso.

Infine, le modalità di applicazione dell'azoto in copertura in funzione della gestione dell'acqua e della tipologia di concime da impiegare rappresentano delle pratiche innovative da valutare per ridurre le emissioni di ammoniaca in atmosfera ed aumentare l'efficienza d'uso del macro-nutriente.

## STATO DELL'ARTE BENEFICI DERIVANTI DALL'IMPIEGO DI PERCORSI AGRONOMICI INNOVATIVI

### La semina in acqua, la tecnica AWD e la sommersione invernale

La causa primaria che mette in discussione la sostenibilità climatica del riso è legata all'ambiente sommerso, necessario per un'adeguata redditività della coltura. In condizioni di anaerobiosi, infatti, il ciclo dei principali nutrienti viene mutato e la degradazione della sostanza organica comporta la produzione di elevate quantità di metano da parte dei metanogeni. Il forte legame tra la coltivazione in sommersione e l'emissione di gas effetto serra rende di fatto univoca la gestione dell'impatto emissivo di questo peculiare agroecosistema.

Il delicato equilibrio idrologico che storicamente caratterizza i territori a riso è frutto dell'irrigazione per sommersione, che produce un'alta percolazione dell'acqua impiegata per l'irrigazione e supporta, di conseguenza, la ricarica delle falde. In molte aree del territorio, le risorgenze della falda superficiale nei corsi d'acqua naturali e nelle estese reti di canali non rivestiti, nonché il recupero delle colature in uscita dalle camere di risaia, costituiscono una quota rilevante delle portate distribuite tramite i canali irrigui nei territori posti più a valle. L'acqua nel territorio è dunque riutilizzata più volte permettendo di fatto di raggiungere un'efficienza irrigua superiore a quella teorica. In anni particolarmente siccitosi e a seguito dell'intensificarsi di fenomeni meteorologici estremi, l'equilibrio sopra descritto viene ad essere sempre più fragile. In vista di questi scenari, è chiaro come l'adozione di tecniche irrigue innovative volte al risparmio idrico, quali l'*Alternate Wetting and Drying* (AWD), possano coniugare l'efficienza d'uso dell'acqua con la pressante esigenza di sostenibilità ambientale sul fronte delle emissioni di gas serra. In progetti precedenti (POLORISO e RISWAGEST), si è dimostrata l'efficacia dell'alternanza di periodi di asciutta e sommersione in risaia al fine di ridurre le emissioni di metano.

L'effetto di volano termico, dato dalla sommersione invernale del campo nel periodo invernale, influenza la degradazione delle paglie, favorendo l'attività dei microrganismi del suolo. La sommersione invernale non induce, infatti, un aumento delle emissioni di metano in atmosfera nel periodo invernale e ne favorisce la mitigazione durante la stagione estiva (progetto RISTEC). Inoltre, la tecnica può comportare benefici in termini di ricarica artificiale degli acquiferi, incrementando i livelli di falda e aumentando l'umidità del suolo all'inizio della stagione agraria.

### La semina interrata e il sovescio

Ulteriore discriminante a cui far fronte è l'ampia diffusione della semina interrata. Tale tipo di semina si distingue nettamente dalla più tipica semina in acqua per le fasi colturali iniziali, ritardando il picco di richiesta irrigua di circa un mese; questo, tuttavia, porta alla necessità di volumi irrigui elevati da parte della risicoltura in periodi in cui gli stessi sono richiesti anche da altre colture presenti nel territorio, quali il mais. Il ritardo nella sommersione delle camere ha un effetto negativo sui fenomeni di ricarica della falda superficiale e, di conseguenza, posticipa la disponibilità delle risorgenze, determinando situazioni critiche soprattutto nei territori più meridionali del comprensorio risicolo. L'adozione della semina interrata, a discapito di quella in acqua, porta tuttavia ad alcune ricadute positive per la sostenibilità agronomica del riso, consentendo una diversificazione delle strategie per richiesta idrica, concimazione, scelta varietale e, soprattutto, gestione delle malerbe. Il passaggio da un sistema di semina ad un altro può essere associato ad una rotazione colturale, diversificando i processi biogeochimici del suolo e modificando la composizione malerbologica del campo. Inoltre,

dal lato emissivo, vi è una minore produzione di metano (dal 40 al 70% in meno), attribuibile alla sommersione ritardata e alla riduzione complessiva del periodo di anossia del terreno, nonché alla maggiore degradazione dei residui colturali in aerobiosi.

Considerando il sistema colturale risicolo nel suo insieme, non può essere sottovalutata l'importanza del periodo di tempo che separa due stagioni colturali successive. L'incorporazione dei residui della stagione colturale precedente rappresenta infatti una delle maggiori criticità ambientali per questo settore, ponendosi come principale substrato organico per la metanogenesi, specialmente quando essi sono incorporati in prossimità della sommersione. La sostanza organica, rigorosamente correlata alla fertilità dei terreni, rappresenta un prezioso serbatoio di carbonio che deve essere sapientemente amministrato, ancor di più nel peculiare agrosistema monocolturale del riso. Col susseguirsi delle stagioni, la forte pressione esercitata sui suoli di risaia in monosuccessione spinge verso un impoverimento della fertilità e dei servizi ecosistemici. L'adozione di tecniche intercalari, quali la sommersione invernale e l'uso di cover crop, sono ad oggi una valida soluzione per promuovere il turnover della sostanza organica e il rilascio di nutrienti per la nutrizione vegetale, unitamente alla conservazione della sostanza organica del suolo in risicoltura.

Il sovescio di colture di copertura offre comprovati benefici, agendo in primo luogo sulle caratteristiche chimico-fisico-biologiche e sulla pedofauna del suolo. La co-incorporazione di specie leguminose con stoppie e paglie di riso ne accelera infatti la loro degradazione andando a favorire l'attività della popolazione di batteri decompositori, favorendo il rilascio di azoto durante la decomposizione del materiale organico sovesciato. Il più rapido turnover dei residui colturali non si può tradurre che in una mitigazione dell'impatto emissivo finale, riducendo la disponibilità di substrato organico labile per la metanogenesi e aumentando la quota di elementi nutritivi disponibili per la pianta. Questo effetto è particolarmente evidente quando al sovescio viene seguita la semina interrata del riso, che permette un ritardo della sommersione e, quindi, nell'instaurazione delle condizioni anossiche.

#### La concimazione di copertura

Il riso non è considerato una coltura altamente performante in termini di efficienza di utilizzo dell'azoto, per via delle potenziali perdite dal sistema. Stime mondiali attribuiscono alla risicoltura un'efficienza del solo 46% dell'azoto minerale apportato. Ai fenomeni di lisciviazione connessi prevalentemente alla gestione irrigua ed alla tessitura grossolana dei suoli di risaia, si combinano le perdite del nutriente per via aerea come protossido d'azoto e, soprattutto, ammoniaca. In particolare, l'ammoniaca è imputata nella formazione di particolato fine (PM<sub>10</sub>) in atmosfera, ed è quindi in grado di comportare peggioramenti qualitativi del comparto aria.

Il bacino padano è un'area altamente esposta al rischio di superamento dei valori limite di particolato per via delle sue caratteristiche climatiche e necessita dunque di mitigare tale criticità attraverso l'adozione di nuove agrotecniche. Nel settore risicolo italiano le perdite di ammoniaca sono tutt'oggi ancora poco indagate, nonostante la quasi totalità della quota d'azoto apportata al riso tramite urea sia idrolizzata nel terreno come azoto ammoniacale. La volatilizzazione dell'ammoniaca incide negativamente sull'ambiente oltre che sulla sua efficienza d'uso, con perdite tra il 3,2 e il 21% dell'azoto distribuito, a seconda della modalità e delle tempistiche di distribuzione. Ad oggi, sul

mercato vi sono possibili soluzioni per limitare tali perdite, tra cui gli inibitori dell'ureasi e il solfato ammonico.

Risultano altresì determinanti e da ben definire nelle condizioni pedocolturali italiane, le modalità di applicazione della concimazione azotata in copertura in relazione alla gestione dell'acqua. Il fertilizzante può, infatti, essere distribuito su suolo sommerso, su suolo sgrondato o in condizioni di completa asciutta, modalità riscontrabile nella prima concimazione in copertura della semina interrata.

## COME APPLICARE I PERCORSI AGRONOMICI INNOVATIVI NELLE RISAIE ITALIANE

### La semina in acqua, la tecnica AWD e la sommersione invernale

Il percorso innovativo prevede l'accoppiamento della sommersione invernale con la semina in acqua seguita dall'adozione dell'AWD dopo l'accestimento. Questo prende avvio dall'autunno precedente la stagione agricola di riferimento con la sommersione invernale degli appezzamenti, instaurata nei mesi autunnali, subito dopo la raccolta del riso, e termina alcuni mesi dopo, all'inizio della primavera successiva, quando sarà necessario iniziare le lavorazioni che preparano il letto di semina per la nuova coltivazione.

La sommersione primaverile delle camere deve avvenire più a ridosso possibile della semina, al fine di limitare al massimo la proliferazione delle alghe. La semina è praticata a spaglio attraverso l'impiego del comune spandiconcime centrifugo, con riso precedentemente lasciato in ammollo per 24-48 ore, mantenendo un livello dell'acqua di sommersione di circa 3-5 cm. Una volta raggiunto un allungamento della 1<sup>a</sup> foglia di 1,5-2 cm, risulta necessario, nella maggior parte delle situazioni colturali italiane, procedere con l'asciutta di radicamento. A circa 30 giorni dalla semina, dopo aver effettuato la maggior parte dei trattamenti erbicidi ed il primo intervento di concimazione azotata in copertura, si procede ad instaurare il regime AWD.

Per meglio indirizzare i risicoltori all'implementazione della tecnica irrigua AWD nel territorio lombardo, è bene verificare se gli appezzamenti della propria azienda agricola ricadono nelle aree maggiormente vocate all'implementazione dell'AWD. Pertanto, prima di procedere con l'adozione di questa tecnica irrigua, è importante consultare la mappa di attitudine del territorio della Lomellina al ritorno alla semina in acqua e all'applicazione della tecnica AWD (*Land Suitability Map*, Figura 1), prodotta dalla ricerca condotta nel corso del progetto RISWAGEST, che ha portato alla zonazione del territorio della Lomellina con il coinvolgimento dell'Associazione Irrigazione Est Sesia (AIES).

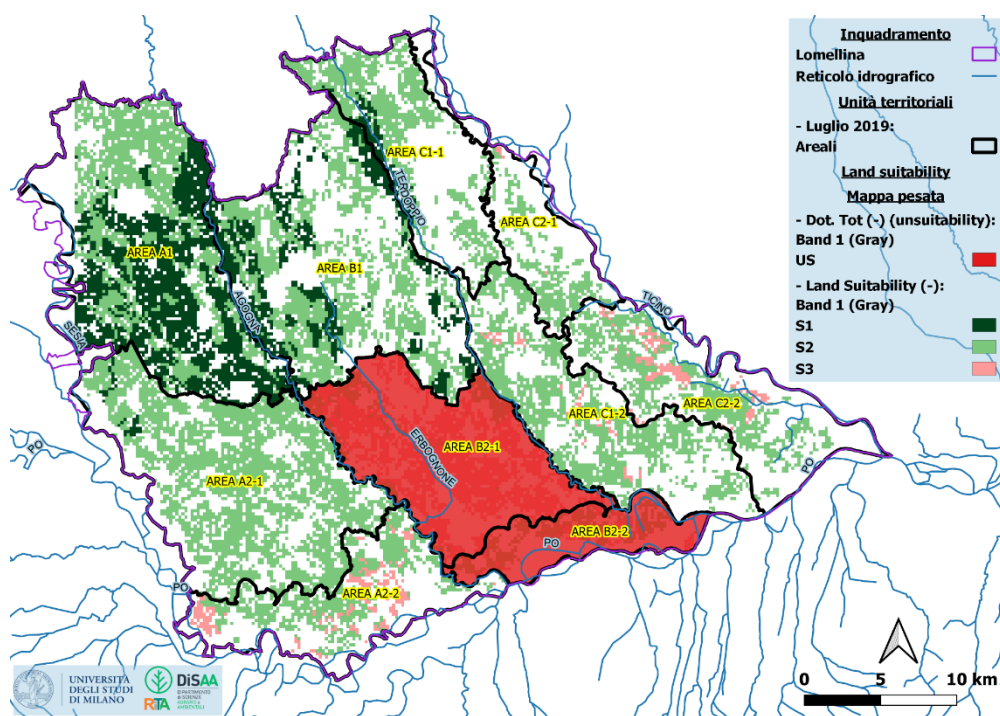


Figura 1 - Mappa di attitudine del territorio della Lomellina (Land Suitability Map) al ritorno alla semina in acqua e all'applicazione della tecnica AWD (progetto RISWAGEST). Le zone con un'attitudine maggiore sono quelle rappresentate in verde scuro, seguite da quelle in verde chiaro e, infine, da quelle in rosa.

La tecnica AWD si basa sulla gestione controllata dei cicli di sommersione e asciutta, regolate da una soglia d'intervento definita dallo stato idrico del suolo, che stabilisce il momento in cui ripristinare la sommersione nel campo. Questa soglia può essere stabilita osservando il livello che la lama d'acqua raggiunge al di sotto del piano campagna all'interno di una tubazione di materiale plastico installata verticalmente nel terreno (*field water tube*, WT), oppure in base al contenuto idrico del suolo misurato a - 5 cm dal piano campagna e confrontato con il contenuto idrico a saturazione.

Dopo ogni sommersione, durante la quale l'acqua raggiunge in media 8-10 cm al di sopra del piano campagna, si lascia che il livello scenda gradualmente per effetto dell'infiltrazione e dell'evapotraspirazione. Quando l'acqua si ritira completamente dalla superficie, inizia la fase di asciutta, durante la quale il terreno si asciuga parzialmente. Quindi si attende che venga raggiunta la soglia di intervento selezionata e si torna a sommergere l'appezzamento riportando il livello idrico a circa 8-10 cm sopra il piano campagna.

Il metodo più semplice ed economico per determinare il momento ottimale di risommersione consiste nell'utilizzare il *field water tube* (WT). Sulla base delle evidenze emerse dalle prove sperimentali cominciate con il progetto RISWAGEST e continuate con il progetto RISOSOST, il WT deve essere realizzato in plastica rigida e avere una lunghezza complessiva di circa 45/75 cm, di cui 25 cm inseriti nel terreno e la parte restante lasciata sporgere sopra il piano campagna (Figura 2). La porzione emergente deve essere di circa 20 cm in caso di lettura manuale, oppure di circa 50 cm se il tubo è abbinato a un sensore di livello. Durante l'installazione si raccomanda di evitare la rottura della suola di aratura, che in diverse esperienze di campo è risultata generalmente presente a una profondità di circa - 25/30 cm. Per la tubazione si raccomanda un diametro minimo di 15 cm e uno spessore di circa 3 mm. La parte interrata deve presentare una maglia regolare di fori (della



dimensione di 4-5 mm) o tagli continui verticali distribuiti uniformemente lungo la superficie per consentire un adeguato scambio di acqua con il terreno circostante. Nei suoli a tessitura fine si consiglia di aumentare leggermente il diametro dei fori per ridurre il rischio di ostruzione.

Al momento dell'installazione, la porzione interrata deve essere svuotata della terra al suo interno, in modo da consentire l'osservazione diretta del livello della lama d'acqua anche quando questa si trova al di sotto del piano campagna.

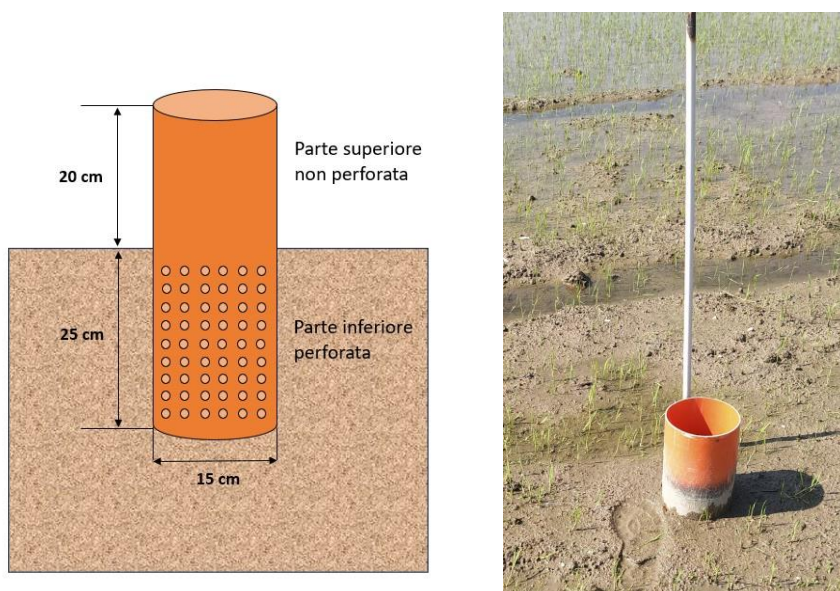


Figura 2 - A sinistra: schema del tubo di monitoraggio del contenuto idrico del suolo (Water Tube, WT). A destra: esempio di installazione del WT in campo per il monitoraggio del livello idrico durante l'applicazione della tecnica AWD.

Il momento in cui intervenire con una nuova sommersione con il metodo del WT viene determinato osservando il livello dell'acqua all'interno del tubo: quando il livello scende al di sotto di una data profondità dal piano campagna si procede con la risommersione entro un numero massimo di giorni. Maggiore è il tempo che trascorre dal raggiungimento della soglia, più marcato sarà l'effetto aerobico nel suolo.

L'irrigazione immediata al raggiungimento di una profondità della lama d'acqua di -15/-20 cm dal piano del campo si considera una gestione cautelativa, con cicli di asciutta brevi e minore stress idrico atteso per la coltura (AWD *mild*). L'irrigazione entro due giorni dal raggiungimento di una profondità della lama d'acqua di -20 cm dal piano campagna conduce ad una soglia più severa (AWD *strong*), poiché il terreno raggiunge una condizione maggiormente aerobica. È considerata una pratica più severa ma consigliabile poiché le esperienze di campo hanno dimostrato che anche in questo caso non si verificano perdite di resa.

Per garantire una gestione irrigua priva di rischi per la coltura, è importante scegliere con attenzione il punto di installazione del WT. Si consiglia di collocare il WT in una zona del campo rappresentativa ma che tende ad asciugarsi più rapidamente di altre. In questo modo è possibile monitorare tempestivamente la condizione di asciutta e intervenire con la risommersione in modo cautelativo, evitando condizioni di stress per la coltura. È importante evitare il posizionamento in prossimità di



bordi del campo, fossi, capezzagne o aree caratterizzate da avvallamenti o baulature del terreno. Il WT deve inoltre essere posizionato in modo da non interferire con il passaggio dei mezzi agricoli. Il metodo del WT è economico e affidabile, ma l'accesso ai punti di installazione può essere difficile e richiede inoltre controlli frequenti del livello dell'acqua, idealmente giornalieri, rendendo l'operazione impegnativa per chi gestisce molti appezzamenti. Per ridurre il lavoro manuale, sono oggi disponibili sensori e data-logger a basso costo che consentono di misurare il livello dell'acqua nel WT e inviare il dato all'agricoltore in modo automatico. L'impiego di questi sistemi rende la gestione dell'irrigazione più efficiente, precisa e automatizzata, favorendo una più ampia adozione della tecnica AWD.

Prove dimostrative condotte nei progetti RISWAGEST e RISOSOST hanno dimostrato che un'applicazione ottimale della tecnica AWD vede il suo momento di avvio alla fase di accestimento del riso, con il ripristino della sommersione entro due giorni dal raggiungimento di una soglia di -20 cm dal piano campagna nei WT. Nella fase di levata è invece consigliata una gestione più cautelativa (risommersione raggiunti i -15 cm dal piano campagna nei WT). L'AWD va inoltre interrotta, mantenendo dunque condizioni di sommersione continua, dalla fase di botticella alla maturazione latteo-cerosa, per evitare l'accumulo di cadmio in granella. Da tale fase è poi possibile tornare ad un AWD cautelativa fino all'asciutta finale, che è praticata al raggiungimento della maturazione cerosa su circa i 2/3 delle spighette della pannocchia (Figura 3).

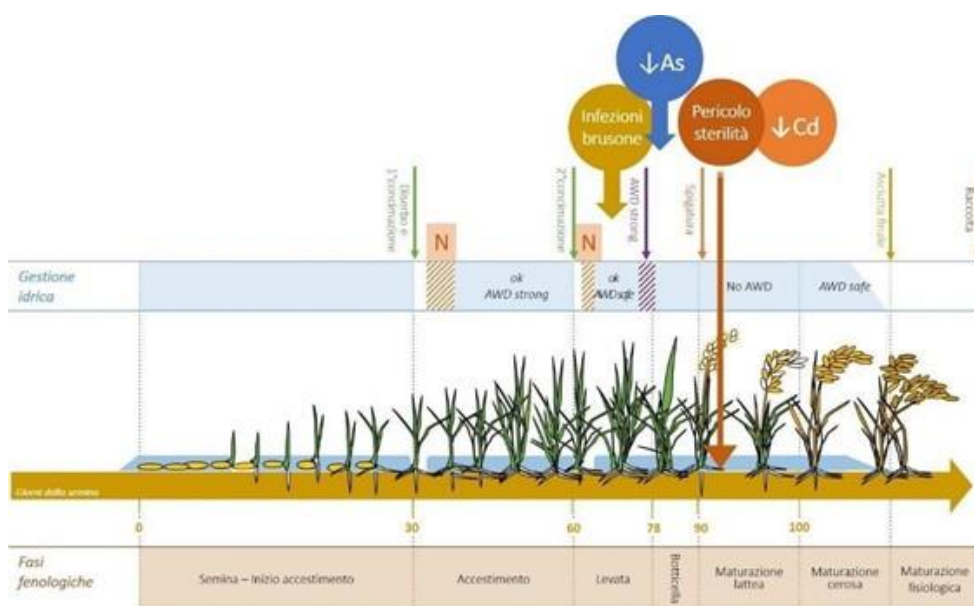


Figura 3 - Schema operativo della gestione AWD raccomandata

Dalle prove dimostrative e da simulazioni modellistiche effettuate considerando tutti i suoli della Lomellina, in anni con condizioni meteorologiche medie è stato stimato un valore medio di 4 interventi di asciutta-sommersione tra accestimento e levata, con una variabilità spaziale connessa alle caratteristiche dei suoli e alla profondità della falda freatica. Tra la maturazione latteo-cerosa e l'asciutta finale è spesso possibile realizzare un ultimo ciclo di asciutta-sommersione.

L'adozione di una gestione irrigua che comprende la sommersione invernale, la semina in acqua e l'AWD dopo l'accestimento permette una riduzione sostanziale delle emissioni totali di CH<sub>4</sub> rispetto

alla sommersione continua. Ciò è dovuto ad una maggior decomposizione dei residui colturali durante la sommersione invernale, grazie all'effetto della loro macerazione durante il periodo di sommersione (20% di perdita in sostanza secca dei residui colturali durante il periodo invernale con la sommersione invernale rispetto a solo l'11% con la tecnica convenzionale), nonché all'effetto inibitorio che l'introduzione dell'ossigeno ha sul processo di metanogenesi durante i cicli di asciutta - sommersione della tecnica AWD.

### La semina interrata e il sovescio

Anche in questo caso il percorso innovativo prende avvio nell'autunno della stagione precedente, con la semina di una coltura intercalare, immediatamente dopo la raccolta del riso. Le specie più utilizzate sono graminacee e crucifere (che principalmente limitano la lisciviazione dell'azoto nel periodo invernale) e, soprattutto, leguminose (che apportano azoto al sistema). La scelta dell'essenza da impiegare dipende dall'obiettivo che si vuole raggiungere. Le leguminose, in purezza o in miscuglio, sono comunque quelle consigliate, nonostante le loro maggiori esigenze di condizioni non asfittiche dei suoli nei periodi autunno-invernali.

L'aumento dell'efficienza azotata del sistema, oltre all'apporto di azoto organico, deriva anche dalla riduzione delle perdite di lisciviazione durante il ciclo di sviluppo del riso, grazie ad una più lenta e progressiva disponibilità dell'azoto derivante dalla progressiva mineralizzazione della biomassa interrata. L'uso di specie a radice fascicolata, come le graminacee ad alta capacità strutturante (loiessa, tritcale), o di specie con apparato radicale fittonante con attività decompattante, quali le brassicacee (rafano, senape e ravizzone), aiutano a migliorare e mantenere la struttura e ad aumentare la porosità del suolo, velocizzando i processi di sgrondo dell'acqua nelle fasi di asciutta.

La semina del sovescio deve essere ben calibrata in funzione dell'andamento meteorologico e delle condizioni del suolo, per garantirne la riuscita. Le semine di settembre in genere portano ad un eccessivo sviluppo delle cover prima dell'inverno, con danni legati a malattie fungine e, nel caso della loiessa, ad allettamenti. Semine oltre il 20 di ottobre possono non consentire un insediamento adeguato. La semina può essere eseguita con una semplice distribuzione del seme in superficie, con una distribuzione in superficie seguita da leggera lavorazione per interramento (erpicazione), oppure con semina interrata a file.

La semina su sodo (che potrebbe anche avvenire con una semplice distribuzione a spaglio dei semi sulle paglie di riso appena raccolto) rappresenta la tecnica più economica ma richiede un'attenta distribuzione dei residui colturali in superficie, al fine di evitare accumuli. Un'opzione per rendere più tempestiva l'operazione di semina prevede la distribuzione del seme già al momento della raccolta del riso, montando il dispositivo di distribuzione del seme direttamente sulla mietitrebbia. Tuttavia, in suoli pesanti o per specie particolarmente esigenti come le brassicacee e le leguminose, ricorrere ad un passaggio con erpice prima della semina può assicurare un'emergenza più uniforme.

La coltura destinata al sovescio deve essere in grado di produrre un adeguato quantitativo di biomassa e di permettere il rispetto delle tempistiche per la semina del riso. Un altro aspetto importante da considerare riguarda l'epoca di terminazione. Terminazioni troppo anticipate con poca biomassa in campo rendono la pratica poco efficace dal punto di vista agronomico. La terminazione del sovescio si esegue tradizionalmente con una trinciatura della biomassa aerea, successivamente interrata con arature e/o erpicature. Se la biomassa non è abbondante, si può procedere

direttamente con le operazioni di interrimento e preparazione del letto di semina e, successivamente, con le operazioni impiegate comunemente per la realizzazione della semina interrata a file, seguita dalla sommersione posticipata con la coltura allo stadio di 3<sup>a</sup>-4<sup>a</sup> foglia.

Per la buona riuscita della tecnica sono, quindi, fondamentali la messa a punto del piano di concimazione da adottare in campo e le condizioni di sviluppo della coltura intercalare: solo con una biomassa di buona qualità e quantità sarà possibile ottenere i benefici derivanti dalla tecnica.

La cover crop, interrata assieme ai residui colturali in primavera, consente infatti di apportare al suolo sostanza organica di qualità, azoto facilmente mineralizzabile, oltre a rendere maggiormente disponibili al riso in successione anche altri elementi nutritivi (ad esempio, il fosforo). Lo sviluppo uniforme e in quantità dell'erbaio da sovescio nel periodo invernale-primaverile può, nel momento della terminazione, apportare al suolo, nel caso dell'utilizzo di *Vicia villosa*, tra le 5 e le 6 t/ha di sostanza secca e fino a circa 170-180 kg/ha di azoto facilmente mineralizzabile, che potrebbero potenzialmente sopperire ad una parte della fertilizzazione azotata minerale, contribuendo ad una migliore performance produttiva. Da prove sperimentali tale risparmio potrebbe essere stimato in 50-60 kg/ha di azoto.

Il ritardo della sommersione che si ottiene con la semina interrata del riso permette una parziale decomposizione aerobica dei residui, evitando di contribuire in modo sostanziale a un aumento delle emissioni di CH<sub>4</sub> durante il resto del ciclo colturale, nonostante l'apporto di materiale fresco e labile ottenuto con l'interrimento della coltura da sovescio.

#### La concimazione di copertura

La volatilizzazione dell'ammoniaca successiva alla distribuzione di azoto in copertura in risaia, senza la possibilità di un suo interrimento, oltre ad essere favorita da condizioni di pH alcaline in prossimità dei granuli di concime ureico applicato e temperature ambientali elevate, è fortemente influenzata dalla gestione dell'acqua adottata.

L'applicazione dell'azoto su terreno ben sgrondato o asciutto, quest'ultima condizione ritrovabile solo nella semina interrata, e la sommersione il più vicino possibile all'intervento fertilizzante permettono di minimizzare le perdite di azoto per volatilizzazione, favorendo l'approfondimento del nutriente all'interno del suolo.

Nell'ambito dei concimi azotati, l'urea è di gran lunga quello più utilizzato in risicoltura, nonostante le emissioni di ammoniaca considerevolmente più elevate rispetto al solfato ammonico. Tuttavia, l'urea risulta oggi imprescindibile nelle scelte dei risicoltori, sia per i vantaggi legati all'alto titolo in azoto e, soprattutto, per ragioni economiche. L'urea distribuita in copertura provoca elevate emissioni di ammoniaca con qualsiasi tipo di semina e gestione dell'acqua. L'aggiunta dell'inibitore dell'ureasi NBPT è sicuramente in grado di migliorare le prestazioni agro-ambientali dell'urea, a condizioni che sia applicato su risaia non sommersa. La presenza dell'inibitore delle ureasi consente un'importante riduzione delle emissioni solo nel caso di applicazioni su suolo sgrondato e dove la presenza di aria consenta l'attivazione dell'inibitore stesso. La gestione dell'acqua in risaia è di cruciale importanza: la molecola NBPT si trova sotto forma di precursore solforato nei granuli e necessita una reazione di ossigenazione per essere attivato e svolgere la sua attività. Pertanto, è necessario un buon contatto con l'aria. Con la fertilizzazione su suolo sommerso, l'effetto

dell'inibitore svanisce a causa di una mancata attivazione del suo precursore, causando perdite di  $\text{NH}_3$  simili a quelle che si possono avere con l'impiego di urea senza inibitore dell'ureasi.

Nel caso di semina in acqua le migliori prestazioni produttive possono essere ottenute con l'applicazione di solfato ammonico, sia nel caso di una applicazione su suolo sgrondato sia nel caso di un'applicazione su suolo sommerso.

Al contrario, l'impiego di urea non consente di ottenere rese produttive comparabili in nessuna delle condizioni di applicazione, in quanto parte dell'azoto apportato viene perso con la volatilizzazione dell'ammoniaca. L'aggiunta dell'inibitore dell'ureasi NBPT all'urea favorisce l'ottenimento di performance produttive equiparabili all'applicazione di solfato ammonico, ma solamente nel caso di applicazione su terreno sgrondato.

L'applicazione di urea nella concimazione in accestimento comporta elevate emissioni di  $\text{NH}_3$ , concentrate nelle prime ore successive alla fertilizzazione. Scegliendo di applicare il concime su suolo sgrondato, le perdite si riducono dopo la sommersione e quantificabili in circa l'8,5 % dell'azoto applicato. Nel caso di applicazione su suolo sommerso, le emissioni risultano più prolungate nel tempo con una perdita di circa il 12 % dell'azoto applicato.

Nella semina interrata è stata valutata la tipologia di fertilizzante azotato applicata in condizione di asciutta, prima della sommersione in accestimento. L'urea ha conseguito le maggiori perdite di azoto per volatilizzazione dell'ammoniaca (circa il 12% dell'azoto applicato). Solfato ammonico e urea addizionata con inibitore dell'ureasi NBPT consentono anche in queste modalità applicazione di ridurre le perdite azotate, riportando rispettivamente valori pari a 0.7% e 1.7%. Come per l'applicazione su terreno sgrondato, risulta consigliabile ridurre al minimo i tempi tra la distribuzione del concime azotato e la successiva sommersione.