



UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI MILANO



SOCIETÀ AGRARIA  
DI LOMBARDIA



MUSEO DI STORIA  
DELL'AGRICOLTURA

## Atti del convegno

*14 settembre 2023*

*Facoltà di Scienze Agrarie e Alimentari*

*Università degli Studi di Milano*

# LA FILIERA DEL RISO E LE SFIDE DELLA RAZIONALITÀ



a cura di

**Flavio Barozzi, Osvaldo Failla e Anna Sandrucci**

**Museo di Storia dell'Agricoltura**





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI MILANO



SOCIETÀ AGRARIA DI  
LOMBARDIA



MUSEO DI STORIA  
DELL'AGRICOLTURA

## Atti del convegno

*14 settembre 2023*

*Facoltà di Scienze Agrarie e Alimentari*

*Università degli Studi di Milano*

# LA FILIERA DEL RISO E LE SFIDE DELLA RAZIONALITÀ

a cura di

Flavio Barozzi, Osvaldo Failla e Anna Sandrucci

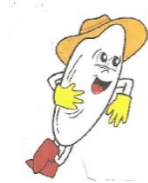
Museo di Storia dell'Agricoltura

## CON IL PATROCINIO DI



## CON IL CONTRIBUTO DI

SERVIZIO VENDITA RISONE - CONSORZIO TRA RISCOLTORI - MORTARA (PV)



## I CURATORI

**Flavio Barozzi**

*Presidente della Società Agraria di Lombardia*

*Dottore Agronomo e Imprenditore agricolo*

**Oswaldo Failla**

*Presidente del Museo di Storia dell'Agricoltura*

*Vicepresidente della Società Agraria di Lombardia*

*Professore ordinario di Arboricoltura generale e Coltivazioni arboree - Università degli Studi di Milano*

**Anna Sandrucci**

*Consigliera del Museo di Storia dell'Agricoltura*

*Consigliera della Società Agraria di Lombardia*

*Professoressa ordinaria di Zootecnia speciale - Università degli Studi di Milano*

### Ringraziamento

*Si ringrazia l'Ente Nazionale Risi per la concessione dell'uso delle foto pubblicate nella copertina e nella quarta di copertina*

### Citazione

*Barozzi F., Failla O., Sandrucci A. (a cura di) (2024). La filiera del riso e le sfide della razionalità. Atti del convegno. Museo di Storia dell'Agricoltura, Milano, pp. 142.*

Aprile 2024

© Museo di Storia dell'Agricoltura

© Società Agraria di Lombardia

ISBN 978-88-947927-1-3

## INDICE

<a href="#"><u>INTRODUZIONE AL CONVEGNO: LA FILIERA DEL RISO E LE SFIDE DELL'INTEGRAZIONE E DELL'INTENSIFICAZIONE SOSTENIBILE</u></a> di Flavio Barozzi .....	5
<a href="#"><u>NOTE DI STORIA DEL RISO</u></a> di Luigi Mariani .....	9
<a href="#"><u>IL RISO, CIBO DEL MONDO, E L'ITALIA</u></a> di Dario Casati .....	17
<a href="#"><u>PROBLEMATICHE ATTUALI DELL'INDUSTRIA RISIERA</u></a> di Mario Francese .....	31
<a href="#"><u>VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE IN RISICOLTURA</u></a> di Michele Zoli e Jacopo Bacenetti .....	33
<a href="#"><u>INTENSIFICAZIONE SOSTENIBILE DELLA PRODUZIONE DEL RISO A RESIDUO ZERO</u></a> di Aldo Ferrero .....	41
<a href="#"><u>METODI DI COLTIVAZIONE E NUTRIZIONE DEL RISO</u></a> di Marco Romani, Eleonora Miniotti, Daniele Tenni ed Eleonora Perucco .....	57
<a href="#"><u>SPECIE SPONTANEE DELLA RISAIA E LORO GESTIONE</u></a> di Francesco Vidotto e Silvia Fogliatto .....	103
<a href="#"><u>AGRICOLTURA 4.0 CON RIFERIMENTO AL RISO</u></a> di Giuseppe Sarasso .....	121
<a href="#"><u>IL GERMOPLASMA RISICOLO CONSERVATO A VERCELLI E LA SUA VALORIZZAZIONE</u></a> di Patrizia Vaccino .....	131
<a href="#"><u>BIOTECNOLOGIE E INTRODUZIONE DI RESISTENZE IN RISO</u></a> di Vittoria Brambilla .....	137
<a href="#"><u>NUOVE VARIETÀ PER IL "RESIDUO ZERO"</u></a> di Bertone Massimo e Gabriele Orasen ....	141



# INTRODUZIONE AL CONVEGNO

## LA FILIERA DEL RISO E LE SFIDE DELL'INTEGRAZIONE E DELL'INTENSIFICAZIONE SOSTENIBILE

*Flavio Barozzi*  
*Presidente della Società Agraria di Lombardia*

### **Riassunto**

La produzione del riso si configura come un elemento caratterizzante del sistema agroalimentare italiano, sia in termini colturali ed economici che di equilibrio ambientale. La nostra filiera del riso presenta indubbi punti di forza e di debolezza, a cui corrispondono prospettive di sviluppo e rischi di declino, legati soprattutto a problemi normativi. Il Convegno può essere un contributo alla riflessione, ricerca e attuazione di soluzioni razionali e innovative per il futuro di un importante settore della nostra agricoltura.

### **Abstract**

#### **The rice supply chain: challenges of sustainable integration and intensification**

Rice production stands out as a defining feature of the Italian agri-food system, both in terms of cultivation, economy and environmental balance. Our rice production chain has undoubted strengths and weaknesses, which correspond to development prospects and risks of decline, particularly linked to regulatory problems. The Conference may be a contribution to the reflection, research and implementation of rational and innovative solutions for the future of an important sector of our agriculture.

La filiera risicola italiana si distingue, all'interno del nostro sistema agro-alimentare, per alcuni aspetti strutturali caratteristici. Ciò vale tanto a livello di produzione della materia prima di origine agricola, quanto a livello di trasformazione industriale, in specie per quanto concerne la concentrazione territoriale delle imprese, le loro dotazioni strutturali, la loro propensione all'innovazione ed al mercato, che si sostanzia nella rilevante quota di export che da sempre caratterizza il settore risicolo, rendendolo quasi unico nel panorama delle produzioni agricole italiane.

Gli areali di coltivazione evidenziano complesse e delicate connessioni tra aspetti ambientali e territoriali (basti pensare ai sistemi di regimazione delle acque, alla presenza di fauna e flora tipiche delle zone umide, ecc.), ma anche economici e sociali legati al ruolo "trainante" della filiera agro-alimentare risicola nelle aree rurali.

La filiera risicola italiana presenta indubbi punti di forza ed altri di debolezza, cui corrispondono prospettive di sviluppo e rischi di decrescita.

Sul fronte strettamente agricolo la criticità di maggiore attualità è rappresentata dalle incerte prospettive sulla disponibilità idrica. Gli ultimi due anni, con la siccità che ha in particolare funestato la campagna 2022, seguita da un 2023 a due facce (con un andamento dapprima tranquillo, grazie ad una piovosità superiore alla norma, poi "nervoso" dopo l'esaurimento delle riserve, forse accelerato dalle difficoltà gestionali e da qualche "incrostazione operativa" di alcuni attori del sistema irriguo) hanno fatto esplodere una situazione già complessa. Essa merita una analisi serena e scevra da pregiudizi, senza la quale sarà difficile trovare soluzioni concrete e razionali. D'altro canto la prevedibile riduzione delle disponibilità (sia per effetto della "crisi climatica" che di maggiori vincoli normativi di impronta "ambientalista") avrebbe già da tempo dovuto indurre più di una riflessione. A partire dall'attenta valutazione degli effetti della tecnica di semina in asciutta che, a fronte di indubbe "comodità" organizzative e di qualche interessante aspetto agronomico, può costituire un grave fattore di rischio per i delicati

equilibri di un sistema irriguo fondato da secoli sulla sommersione, sul riutilizzo delle acque eccedenti, sul sistema dei fontanili. Ma anche di altri aspetti strutturali a cui la Società Agraria di Lombardia, proprio nella consapevolezza delle potenziali criticità, ha dedicato due Convegni (quello del 2017 sulla storia e l'attualità del rapporto agricoltura/irrigazione e quello del 2020 sull'insegnamento di Angelo Omodeo) ai cui Atti si rimanda per ulteriori approfondimenti. Duole constatare, in questo quadro, come all'interno del settore -in altre circostanze relativamente compatto- si siano aperte fratture ed alimentate pericolose polemiche, in specie legate a quello che un tempo era considerato un modello di efficienza nell'ambito della gestione irrigua come il consorzio Est Sesia. Auspichiamo che le problematiche gestionali ed operative e le conseguenti diatribe -sia all'interno del consorzio che nei rapporti con altri soggetti- siano al più presto superate, anche perché i loro negativi effetti si riverberano non solo sugli utenti del comprensorio interessato ma sugli equilibri idrici di un areale molto più vasto.

Una incognita ancor maggiore per il futuro della nostra risicoltura (anche perché non dipendente da fenomeni meteorologici sostanzialmente ingovernabili, ma da ben precise decisioni politiche) è rappresentata dall'evoluzione normativa per l'uso dei prodotti fitosanitari, che restano allo stato attuale strumenti indispensabili per una produzione economicamente e socialmente sostenibile e qualitativamente competitiva. L'approccio "proibizionista" che emerge da alcuni centri decisionali (a cominciare dalla stessa Commissione UE), forse fuorviati da un "malinteso ambientalismo", dovrebbe preoccupare tutta la filiera agro-alimentare risicola italiana per gli effetti devastanti che potrebbero derivare dalla letterale applicazione di linee strategiche definite "ambiziose" a livello politico, ma assolutamente irrealistiche ed insostenibili sul piano tecnico e concretamente operativo.

Sul piano economico e commerciale la non eccelsa propensione all'aggregazione costituisce un ulteriore fattore di criticità, specie a carico della parte agricola. Che si assomma alle criticità derivanti da una struttura di costi spesso incompressibili, perché derivanti da un apparato burocratico-amministrativo sempre più invasivo e paralizzante, in cui le "sirene" dell'assistenzialismo rischiano di prevalere sulla propensione all'innovazione ed alla crescita che dovrebbero caratterizzare l'autentico imprenditore.

Pertanto, il comparto agro-alimentare risicolo italiano presenta alcuni rilevanti punti di forza che appare opportuno valorizzare. Alcuni sono legati ai richiamati aspetti strutturali. Altri derivano dalla nota propensione degli imprenditori agricoli del settore verso l'innovazione, la ricerca, la sperimentazione.

La filiera nel suo complesso - a prescindere dalla fisiologica dialettica che necessariamente caratterizza il confronto tra produttori agricoli ed industria di trasformazione - ha sempre saputo trovare nei passaggi decisivi i momenti di sintesi più opportuni ed equilibrati, anche grazie alla presenza di un peculiare organo di rappresentanza interprofessionale come l'Ente Nazionale Risi.

Purtroppo, i processi di integrazione ed i tentativi di introdurre una "economia contrattuale" all'interno della filiera sono risultati probabilmente inferiori alle potenzialità di un comparto produttivo così caratteristico. Questo punto merita una riflessione: attualmente il più complesso scenario competitivo dei mercati, unitamente alla crescente varietà e variabilità dei comportamenti d'acquisto da parte del consumatore, richiedono all'industria di trasformazione ed alla distribuzione crescenti sforzi in politiche di marketing ed innovazione di prodotto. Sul settore agricolo ciò produce due tipi di effetto: da un lato ne diminuisce l'importanza economica nell'ambito della "catena" agro-alimentare, dall'altro potrebbe fargli acquisire una nuova rilevanza "strategica" come fornitore di materia prima funzionale al sempre più elevato livello qualitativo richiesto al



prodotto finale. In questa prospettiva l'aggregazione tra i produttori e l'individuazione di efficienti strumenti di economia contrattuale con l'industria di trasformazione potrebbero rappresentare la strada per ottenere la riduzione della volatilità dei prezzi, la programmazione delle semine, la migliore collocazione e valorizzazione dei prodotti.

Da alcuni anni si stanno realizzando in ambito risicolo numerose iniziative in cui la "sostenibilità" del prodotto assume un valore centrale e qualificante. Prescindendo da ogni valutazione sull'aggettivo "sostenibile" e sull'uso talora discutibile che taluni ne fanno, si tratta di iniziative di indubbio interesse tanto sul piano della "immagine" e dell'*appeal* commerciale che su quello della sostanza e dei contenuti.

Le progettualità e le iniziative in questo ambito sono in genere supportate da teams tecnico-scientifici con un significativo livello di conoscenze e professionalità. Alcune puntano a valorizzare la riduzione degli impatti dell'attività produttiva sull'ambiente (riduzione delle emissioni di GHG o del *carbon footprint*, miglioramento di NUE/WUE, ecc.); altre si concentrano su codici di "buona pratica" o sul rispetto di appositi disciplinari di produzione e di gestione dell'azienda; altre ancora sono finalizzate alla certificazione di un prodotto privo di contaminanti pericolosi, quindi non semplicemente caratterizzato dal "residuo zero" in tema di agrofarmaci, ma anche dalla assenza di altri contaminanti di origine naturale quali metalli pesanti, micotossine, ecc., spesso sottovalutati da un consumatore il cui livello medio di educazione alimentare non è generalmente eccelso.

Quello della certificazione del prodotto è in effetti un tema delicato. Specie in un settore come quello risicolo in cui la produzione "biologica" -quindi soggetta alla certificazione di un "processo" rilasciata in maniera più o meno affidabile, visti i ricorrenti scandali e le indagini giudiziarie che anche recentemente hanno interessato questo segmento del mercato- è al centro di periodiche polemiche, presenta più di una incognita in termini di effettiva sostenibilità sia sul piano economico che su quello ambientale, non assicura *ipso facto* una superiore qualità dell'alimento, ma conserva un indiscutibile *appeal* commerciale di cui si giova in particolare la GDO.

Allo stato attuale quasi tutte le progettualità in essere nel vasto ambito della produzione risicola "sostenibile" e delle relative "certificazioni" sono riconducibili ad iniziative partite dall'industria di trasformazione, sia per autonoma scelta dell'industria stessa che per effetto di specifiche richieste e conseguenti intese con "buyers" finali e con la distribuzione organizzata. L'unica eccezione sembra rappresentata da filiere per "baby-food" caratterizzate da rapporti diretti tra risicoltori e "buyers" finali, che comunque costituiscono una "nicchia" di dimensioni davvero modeste.

Ne consegue che queste iniziative appaiono già ora (ed ancor più in prospettiva) come strumenti per l'attuazione di processi di integrazione "verticale" più o meno marcata.

Per contro i risicoltori e le loro organizzazioni non sembrano aver assunto al momento un ruolo attivo in questa ottica, lasciando pressoché completamente l'iniziativa ai soggetti a valle nella filiera.

Appare tuttavia opportuno chiedersi se ciò non significhi in prospettiva una ulteriore riduzione del potere contrattuale della parte agricola nel contesto dei rapporti di filiera. E se non sia utile che le strutture associative (alcune delle quali si caratterizzano per una gestione particolarmente attenta e rigorosa, che ha in qualche caso permesso l'accantonamento di riserve economiche non del tutto irrilevanti) inizino a valutare con decisione la possibilità di assumere una propria autonoma iniziativa, magari investendo risorse per ottenere certificazioni di prodotto "sostenibile" da valorizzare attraverso una contrattazione sul mercato che non riduca il risicoltore a mero "price taker".

Con una prospettiva di crescita quanti-qualitativa della domanda a fronte di fattori della produzione (in particolare terra ed acqua) non incrementabili né riproducibili, anche la nostra risicoltura si troverà ad affrontare le sfide della “intensificazione sostenibile”. Essa non consiste nell’immettere *sic et simpliciter* nel processo produttivo nuovi input (in specie fertilizzanti, agrofarmaci, risorse idriche, ecc.) per incrementare la produzione. Al contrario, l’intensificazione sostenibile consiste proprio nell’ottimizzare -attraverso l’incremento delle conoscenze, la ricerca (a partire dalle nuove tecniche genetiche) e l’innovazione tecnologica- l’utilizzo e l’efficienza d’uso dei fattori produttivi.

In conclusione le prospettive del settore risicolo saranno più o meno positive nella misura in cui gli imprenditori (sia di parte agricola che industriale) sapranno cogliere le opportunità, e nella misura in cui le scelte della politica (sia a livello comunitario che nazionale e regionale) sapranno comprendere l’importanza dell’agricoltura come fattore strategico (sia a livello economico e sociale che a livello ambientale) e della libertà d’impresa come elemento di sviluppo, di crescita e di sicurezza alimentare.

Il Convegno di oggi riunisce una molteplicità di competenze e professionalità. È strutturato in tre sessioni dedicate rispettivamente agli aspetti storico-economici, a quelli agronomico-ambientali ed alle prospettive del miglioramento genetico avanzato. Esso potrà essere integrato da nuovi approfondimenti anche nell’ambito delle progettualità in cui la Società Agraria di Lombardia è coinvolta, ma si propone di rappresentare un pur modesto contributo alla riflessione, alla ricerca ed all’attuazione di soluzioni razionali e concrete per il futuro di un settore tanto importante della nostra agricoltura e del nostro sistema agro-alimentare. Buon lavoro

#### NOTE BIBLIOGRAFICHE

- Bacenetti J., Fusi A., Negri M., Bocchi S., Fiala M. (2016). *Organic production systems: Sustainability assessment of rice in Italy*, Agriculture, Ecosystems and Environment, 225 (2016), 33-44.
- Barozzi F. (2020), *Sostenibilità è innovazione*, Lezioni per scuole medie superiori a cura dell’Istituto “Bruno Leoni”.
- Barozzi F. (2021). *La coltura del riso: situazione attuale e prospettive. Note integrative alle lezioni del prof. Luigi Mariani*, Università di Brescia.
- Caiati G. (1991), *Ipotesi di razionalizzazione dei rapporti nel contesto del sistema agro-industriale*, Rivista di Economia e Diritto n° 3/91.
- Casati D. (1981), *Approvvigionamenti e mercato*, Clesav.
- Casati D. (a cura di) (1997), *Evoluzione e adattamenti nel sistema agro-industriale*, Franco Angeli Editore.
- Casati D. (1998) *Risicoltura: crisi temporanea o permanente?* Società Agraria di Lombardia
- Casati D., Banterle A., Baldi L. (1999), *Il distretto agro-industriale del riso*, Franco Angeli Editore.
- Casati D. (2018), *La PAC dopo il 2020: le prime linee strategiche*, Società Agraria di Lombardia.
- Cristini G. (1997), *Evoluzione del trade ed implicazioni per i produttori di riso*, Atti del 29° Ciclo di conferenze per l’aggiornamento professionale in agricoltura, Unione Agricoltori della provincia di Pavia.
- Ferrero A., Giroto A. (2021), «*Oryza-Il riso*».
- Ferrero A. (2022), *Intensificazione sostenibile della produzione risicola in Italia: sfide ed opportunità*, Società Agraria di Lombardia
- Malorgio G.A. (1993), *Origine e sviluppo delle associazioni dei produttori agricoli in Italia*, Rivista di Politica Agraria, ott./93.
- Sarasso G. (2015), *Risicoltura senza chimica: i risultati*, [www.risoitaliano](http://www.risoitaliano)

## NOTE DI STORIA DEL RISO

Luigi Mariani

Università degli Studi di Brescia, Società Agraria di Lombardia

### Riassunto

Il riso (*Oryza sativa* L.) presenta una storia multi - millenaria che viene qui tracciata ad iniziare dalla domesticazione avvenuta oltre dieci millenni orsono in un contesto territoriale che comprende Cina e India. Tale evento chiave per la storia dell'umanità e fu seguito dalla diffusione della coltura lungo traiettorie terrestri e marittime che ha portato il riso a essere oggi coltivato in 5 continenti e a costituire un cereale chiave per la sicurezza alimentare globale. La storia del riso nel mondo antico, nel medioevo e nell'evo moderno viene affrontata in modo sommario con particolare riferimento all'areale italiano e agli aspetti varietali e agrotecnici. In Italia la storia del riso si interseca indissolubilmente con illustri personaggi del mondo agronomico come Agostino Gallo che ne parla nel suo trattato agronomico e Camillo Cavour che è senza alcun dubbio il risicoltore più emblematico dell'800 italiano.

### Abstract

#### Notes on the history of rice

The rice (*Oryza sativa* L.) has a multi-millennial history which is traced here starting from the domestication which occurred over ten millennia ago in a territorial context that includes China and India. Rice domestication was a key event in the history of humanity and was followed by the spread of the crop along land and sea trajectories which has led rice to be cultivated on 5 continents and to be a key cereal for global food security. The history of rice in the ancient world, in the Middle Ages and in the modern age is addressed in a summary way with particular reference to the Italian area and to the varietal and agro technical aspects. This is an interesting history also due to its relations with illustrious figures of the Italian agricultural world such as Agostino Gallo who talks about it in his agronomic treatise and Camillo Benso conte di Cavour who has been without doubt the most emblematic Italian rice grower of 19th century.

### LA DOMESTICAZIONE

Tracciare la storia del riso negli oltre dieci millenni che ci separano dalla sua domesticazione equivale a confrontarsi con la "civiltà del riso" e cioè con i molti popoli che sul riso hanno fondato la propria sicurezza alimentare e la propria cultura. A tale proposito parlare di "cultura del riso" non è per nulla improprio in quanto l'agricoltura è una simbiosi fra il coltivatore e i vegetali coltivati. Pertanto, se da un lato l'uomo con il miglioramento genetico plasma i vegetali per renderli il più possibile rispondenti alle proprie esigenze, dall'altro i vegetali coltivati plasmano il coltivatore, facendo del risicoltore qualcosa di profondamente diverso rispetto, ad esempio, ad un frutticoltore o a un coltivatore di frumento o di mais.

Da questo punto di vista occorre considerare che *Oryza sativa* L. viene domesticato a partire dai progenitori selvatici *O. nivara* e *O. rufipogon* in un vastissimo areale del sud-est asiatico a clima monsonico e compreso grossomodo fra Cina e India. A seguito della domesticazione *O. sativa* manifesterà:

- (a) uno spostamento verso nord che consentirà di selezionare genotipi afferenti alla sottospecie japonica più tolleranti ai periodici ritorni di freddo propri degli areali a clima temperato delle medie latitudini, ove la sterilità fiorale maschile è indotta dalla discesa al di sotto dei 12°C frutto delle irruzioni fredde primaverili o delle fasi fredde estive che seguono ai temporali
- (b) una diffusione nell'areale subtropicale degli oceani Pacifico e Indiano
- (c) una più tardiva espansione verso l'Europa, le Americhe e l'Australia.

Abbiano fin qui accennato solo a *O. sativa* ma parlando di risi importanti per la sicurezza alimentare umana non si possono trascurare *Oryza glaberrima*, domesticato intorno a 3000 anni orsono nell'Africa sub-sahariana (delta del fiume Niger) a partire dalla specie selvatica *Oryza barthii* e alcune specie del genere *Zizania*, oggetto per millenni di raccolta spontanea da parte delle tribù di nativi americani insediate nel Nord America.

## IL RISO NEL MONDO ANTICO

La diffusione di *O. sativa* dai suoi areali d'origine verso nuovi areali coinvolge sia i percorsi di terra sia le traiettorie marittime proprie delle grandi rotte commerciali. Circa i percorsi di terra, la documentazione archeologica evidenzia che, tra il quarto e il terzo millennio a.C., la coltivazione del riso ebbe una rapida espansione all'areale di domesticazione verso le regioni sud-orientali dell'Asia continentale e verso ovest, attraverso l'India e il Pakistan, fino a raggiungere le alte valli del fiume Indo. La discesa lungo l'Indo, per raggiungere l'attuale regione del Baluchistan, avvenne circa mille anni più tardi (Costantini L. e Costantini Biasini L., 2022).

Attraverso le rotte marittime, dalla Cina o dal Vietnam il riso raggiunse le Filippine nel secondo millennio a.C. (Huke, 1974), dall'India raggiunse lo Sri Lanka intorno al 1000 a.C. (Huke, 1974) e da Cina o Corea raggiunse in Giappone intorno all'11° secolo a.C. (Leipe *et al.*, 2020). Non è inoltre da escludere che il riso possa aver raggiunto il Madagascar e le coste sudorientali dell'Africa intorno a 5500 anni fa, al seguito di popolazioni di origine taiwanese che colonizzarono tali territori (Regueiro *et al.*, 2008).

A seguito dell'impresa di Alessandro Magno (356-323 a.C.), che crea un grande ed effimero impero esteso dall'Europa all'India, i popoli dell'areale circum-mediterraneo vengono a conoscenza del riso come testimoniano gli scritti di Teofrasto e Aristobolo (Costantini L. e Costantini Biasini L., 2004). Teofrasto (371-287 a.C.), contemporaneo di Alessandro Magno, descrive il riso nel suo trattato sulla storia delle piante (*Historia Plantarum* 4, 4, 10), parlandone come di un cereale che cresce nell'acqua e le cui cariossidi sono idonee ad essere bollite per scopi alimentari. Ancora più dettagliata è la descrizione lasciataci da Aristobolo (380-290 a.C.), che fu al seguito di Alessandro Magno nelle spedizioni in Asia e secondo il quale il riso era una pianta alta quattro piedi, abbondante di spighe, ricca di semi e che veniva coltivata in aiuole chiuse e ben irrigate. Secondo Aristobolo il riso si coltivava nella Battriana (Afghanistan) e nelle terre del basso corso del Tigri e dell'Eufrate, ove evidentemente era arrivato prima del passaggio dell'esercito di Alessandro Magno (Costantini e Costantini Biasini, 2004). Non è da escludere che la coltivazione del riso in Mesopotamia possa essere stata la conseguenza dei rapporti commerciali con l'India e l'Afghanistan, una cui traccia è costituita dallo "stendardo di Ur", oggetto mesopotamico prezioso realizzato nel 2550 a.C. e fra i cui materiali costruttivi figurano lapislazzuli blu dell'Afghanistan e pietre rosse della valle dell'Indo.

Una testimonianza degli scambi commerciali che portavano il riso verso l'occidente è il *Periplo del Mare Eritreo*, resoconto della geografia portuale databile al primo secolo d.C. e da cui si evince che il grano e il riso prodotti nell'Ariacia (Afghanistan meridionale) e nel Barigozzo (Barygaza, porto della costa occidentale dell'India) giungevano agli empori della Penisola Arabica con navi che seguivano le rotte del Golfo Persico e del Mar Rosso.

Anche se l'uso alimentare del riso è raramente documentato dai testi romani (nelle ricette di Apicio compare solo come addensante per le salse), la sua menzione nell'Editto dei prezzi massimi dell'imperatore Diocleziano fa ritenere che il prodotto fosse correntemente commercializzato all'interno dell'Impero Romano (Dabrowski *et al.*, 2021) anche se è opinione prevalente che il riso fosse visto soprattutto come prodotto medicamentoso prescritto dai medici in forma di decotto, come ci ricorda Orazio nelle Satire (lib. 2.3.155).

La linguistica può aiutare a chiarire alcuni contorni delle traiettorie di dispersione sopra tracciate: la maggior parte dei termini che indicano il riso in Asia centrale sono prese a prestito dal cinese antico *brêh* (riso fine) e si presentano in due varianti: la forma orientale presente nel vedico *vrihi-* e nel pashto *wriže* e la forma occidentale presente nel persiano *brinj* e *gurinj*. Nell'antichità il greco *orindas* ("torta di riso") riflette la forma occidentale e il termine generico *oryza* ("chicco di riso") è un prestito della variante orientale e da esso discendono i termini propri delle lingue neolatine (l'inglese *rice*, il francese *riz*, l'italiano *riso*, lo spagnolo *arroz*, ecc.) (Sprengler III *et al.*, 2021).

## IL RISO NEL MEDIOEVO

Cruciale per la storia del riso fu la prima espansione araba, che fra VII e VIII secolo d.C. creò un'entità territoriale estesa dall'Asia all'Europa e all'Africa e che si rivelò particolarmente favorevole alla diffusione di nuove specie vegetali, fenomeno a cui concorse anche la diffusione di innovativi sistemi di impermeabilizzazione degli scafi che stimolò il commercio marittimo dei cereali. In tale contesto l'Egitto, ove il riso veniva coltivato nel delta del Nilo, si rivelò la prima tappa del percorso che portò il riso a diffondersi nel Mediterraneo. Dall'Egitto infatti la coltura raggiungerà la Spagna e forse la Sicilia, e il "forse" si giustifica con la vaghezza delle fonti relative alla coltivazione a scopo commerciale del riso in Sicilia. In particolare l'unica fonte del tempo è data dagli scritti di Al Idrisi, geografo arabo del 12° secolo che fa un riferimento del tutto generico alla presenza del riso in Sicilia, riferimento recepito ad esempio da Niccoli (1902) e Watson (1983). A ciò si aggiunga che l'ambiente siciliano e più in generale gli ambienti a clima mediterraneo sono ottimali per la coltura del riso dal punto di vista termico e radiativo ma presentano i grandi limiti imposti dalla prolungata siccità estiva che rende le risorse idriche insufficienti, con eccezioni costituite dalle foci di fiumi o più in generale dalle aree paludose.

Circa la risicoltura italiana in epoca medioevale si deve ricordare l'Atto giudiziario citato da Ferrero e Tinarelli (2009) che documenta che il rev. Bernardino Avogadro di Casanova, commendatario dei beni dell'Ospedale Maggiore di Vercelli, fu citato in giudizio dai fratelli De Restis affittuari di una cascina sita a Larizzate, borgata prossima a Vercelli, su terre acquistate dall'Ospedale nel 1227. La controversia riguardava il mancato rimborso delle spese per miglioramenti fondiari consistenti in una pileria. Gli stessi Ferrero e Tinarelli (2009) riportano che nella stessa epoca in cui ebbe luogo la succitata citazione in giudizio, la Commenda dell'Abbazia cistercense di Santa Maria in Lucedio, sita in comune di Trino vercellese, dichiarava che, su 2700 ettari coltivati, le risaie si estendevano su 1732 ettari, i prati su 465 e gli arativi su 503. Da tali citazioni emerge che la coltura del riso avrebbe già avuto una rilevanza considerevole fin dal XIII secolo, il che suscita qualche perplessità alla luce del fatto che l'unico trattatista agronomico dell'epoca, Pier de Crescenzi, non accenni mai al riso nel suo trattato *Ruralium commodorum*.

Un documento del 1468 citato da Giovanni Targioni Tozzetti (1789) attesta poi che sotto la Signoria dei Medici il proprietario di terre Leonardo Colto dei Colti fece domanda ai Signori Priori della libertà e Confalonieri della Giustizia del popolo fiorentino perché gli dessero garanzia dell'uso dell'acqua per la coltivazione del riso nella piana del Serchio presso Pisa.

La coltivazione del riso nel Ducato di Milano è invece documentata da Enrico Motta (1905) il quale cita la seguente lettera ducale di Galeazzo Maria Sforza all'oratore di Ferrara in Milano Nicolò de' Roberti:

*"Inteso quanto ne scriveti del desiderio che ha lo Ill.mo Duca vostro de introdure et seminare del riso nel ferrarese: et per questo che glie ne voglio compiacere de XII*

*sacchi, dicemo che per satisfacione de sua S.a voressimo compiacerii in molto maggior cosa de questa, quale è minima, per fare cosa che alla S.a sua fosse grata. Noi scrivemo per l'aligata ad Juliano Guascono officiali sopra li parchi nostri che ad omne requisizione vostra debi consegnare a dicta quantità de rixo ad ciaschaduno vostro messo siché mandarevi per esso.*

*Dat. Villenove die 17 septembris 1475<sup>1</sup>.*

Tale lettera attesta che nel 1475 era già in atto la coltura del riso nella tenuta di Villanova di Cassolnovo in Lomellina e fornisce anche un'ipotetica data per l'inizio della coltivazione del riso nel ferrarese.

A ulteriore documentazione della coltura del riso nel Ducato di Milano si può altresì citare la disposizione emanata da Lodovico detto "il Moro" e relativa agli operai che lavoravano alla pilatura del riso nel contado novarese, il che significa che la rilevanza assunta dal cereale nell'economia della zona era ormai tale da richiedere normative specifiche (Ciferri, 1959). La rilevanza della produzione risicola del Ducato di Milano è testimoniata anche dal fatto che il prodotto divenne presto oggetto di esportazione, tanto che tra il 1494 e il 1499 vi erano commercianti specializzati nell'esportazione di riso in Svizzera attraverso il Gottardo. Il commercio assunse un'importanza tale che Ludovico il Moro, per evitare la penuria di prodotto sul mercato interno, ne proibì l'esportazione (Ferrero e Tinarelli, 2009).

## IL RISO DAL XVI AL XVIII SECOLO

Una graduale espansione della coltura del riso si registrò nei secoli successivi, talora contrastata dall'instabilità politica sfavorevole all'approntamento e alla manutenzione delle opere per la gestione delle acque e dal fatto che la risaia contribuì a rendere malsano l'ambiente favorendo il diffondersi della malaria<sup>2</sup>. In proposito si ricorda la grida del 1573 del governatore spagnolo di Milano, Antonio de Guzmán Marchese di Ayamonte, con la quale si faceva divieto di coltivare riso a meno di cinque miglia dalla città. Ciò nonostante si assiste ad una espansione della coltivazione del riso che si lega alle sue elevate rese rispetto ai cereali tradizionali. In particolare nel XVI secolo un fattore di successo per il riso sarà dato dal fatto che tutto il Mediterraneo occidentale sarà colpito da una pesante crisi (Costantini e Costantini Biasini, 2004) con raccolti scarsi che si mutarono spesso in carestie stante anche la difficoltà di approvvigionarsi all'estero. In tali condizioni il riso fu visto come un'ancora di salvezza per far fronte alle richieste di una popolazione sull'orlo della fame, con motivazioni del tutto analoghe a quelle che porteranno all'espansione della coltura del mais, che proprio del XVI secolo veniva introdotto dalle Americhe.

Nel XVI secolo l'importanza della coltura del riso viene evidenziata da Agostino Gallo (1499-1570), che nelle sue "Venti giornate dell'agricoltura e dei piaceri in villa" delinea in modo molto chiaro la tecnica colturale di questo cereale adottata ai suoi tempi:

*"Seminando nei campi detti tanto più ne producono quanto son più potenti quei terreni i quali voglion etiandio manco acqua de deboli e leggeri la quale non può giovar loro se non sono ben uguali ò almen non sia sostentata con gli argini. Si ara dunque il campo avanti il gelo .... e si semina al principio d'Aprile con quattro quarte di bella semenza per iugero la quale sia stata nell'acqua un giorno accioché nasca più presto anzi vi fono alcuni che la pongono dentro essendo nei sacchi e la lasciano così fin che quei grani germogliano e da poi li seminano. Hauendo però fatto prima gli*

<sup>1</sup> Archivio di Stato di Milano, Registro Missive, n. 124, foll 4 e l t.

<sup>2</sup> Nel nostro Paese la malaria ha mietuto numerose vittime fino agli anni '50 del XX° secolo.

*arginetti per lungo e per traverso spessi e lontani l'un dall'altro quanto più e meno quel campo è piano. Cola che ogni esperto Agricoltore tiede con l'acqua che di luogo in luogo li mostra à qual modo vi vanno fatti tutti quelli che ci bisognano. Et oltra ch'egli è diligente nel lasciarla di quadro in quadro non più alta di due dita con lo inondare ugualmente tutti sa anco che ella non cessa di correre eccetto in alcuni casi che vi dirò fin che son maturi i risi. Et ancor non manca à sollecitarla spesso vedendo come stan gli arginetti e bocchetti di luogo in lungo e provvedendo sempre à quanto sà bisogno. Ma quando s'immorbida troppo il riso egli la leva e non la ritorna fin che non vede ch 'l Sole l'habbia mortificato e come vede che egli è per far la spiga sapendo ancoché allhora fiorisce e produce tutto ad un tempo il grano subito raddoppia l'acqua per assicurarlo, che non sia nebbiato, come più volte avviene se non è dipeso da lei. Basta chi sà ben queste cose può star sicuro di raccogliere le dieci le quindici e le vinti some di riso per iugero. Et oltra che se ne può seminare il secondo e terzo anno stando che non produce minor ricolto del primo è anco gran giovamento à quel campo per trovarsi ben grasso e ben netto di quante herbe cattive e animaletti dannevoli che vi erano. La onde sicuramente per due e tre anni continui vi si può seminar del frumento ò frumentata che sempre vi veniráno belli. Veramente se questo frutto non cagionasse cosi cattivo aere come fa per l'acqua che vi vuole di continuo per cinque mesi lodarei che se ne seminasse quattro volte tanto..."*

### IL RISO NEL XIX E XX SECOLO

La grande espansione della risicoltura risale al XIX secolo, allorché fra Piemonte e Lombardia si svilupparono grandi opere irrigue in grado di erogare tutta l'acqua necessaria alla sommersione delle risaie. Personaggio emblematico della risicoltura italiana ottocentesca fu Camillo Benso Conte di Cavour, il cui impegno imprenditoriale assunse caratteri di estrema concretezza indirizzandosi alle aziende di famiglia di Leri (1261 giornate pari a 480 ha), Montarucco (1235 giornate pari a 471 ha) e Torrone (779 giornate pari a 296 ha). Un tempo di proprietà ecclesiastica (grange della storica abbazia di Santa Maria di Lucedio, già in precedenza citata) le aziende erano passate a Napoleone Bonaparte che, con decreto del 1807, le aveva vendute al cognato, il principe Camillo Borghese, a compenso parziale della cessione della galleria omonima allo stato francese e nel 1822 erano state infine acquistate dal Marchese Michele Benso di Cavour, padre di Camillo, il cui padrino di Battesimo era stato proprio il principe Camillo Borghese. Camillo Cavour, cui le aziende furono affidate dal padre dopo che aveva abbandonato la carriera militare nel Genio, gestì tali aziende con una risicoltura da vicenda, tant'è che il Cuppari, visitando Leri nel 1862, registrava la presenza di una rotazione sessennale con 3/6 a risaia, 1/6 a prato irriguo, 1/6 a frumento e 1/6 a rinnovo (Pazzagli, 2014). La gestione delle aziende da parte di Cavour si realizzò in strettissima collaborazione con il socio Giacinto Corio ed è documentata da un carteggio fra i due durato oltre 20 anni e da cui emerge una moltitudine di aspetti di grandissimo interesse sul piano storico - agronomico. Per inciso le lettere di Cavour a Corio furono pubblicate in un testo a cura di Ezio Visconti (1913) mentre le lettere di Corio a Visconti sono state pubblicate nel 1980 dalla Fondazione Camillo Cavour.

Cavour ebbe anche un ruolo di primaria importanza come promotore del consorzio Ovest Sesia e la stessa intitolazione a Cavour del canale omonimo merita un cenno<sup>3</sup>, se non altro

---

<sup>3</sup> Gli artefici dell'opera sono onorati nella targa collocata sulla fronte principale dell'edificio d'imbocco del Canale Cavour a Chivasso con la seguente epigrafe: "Di questo Canale l'iniziativa è merito insigne di Francesco Rossi, gli studi e l'esecuzione onorano il genio di Carlo Noè, auspici Ottavio Thaon di Revel e Camillo Benso di Cavour".

per riflettere sulle tempistiche della sua realizzazione (solo tre anni, da luglio 1863 ad aprile 1866) che oggi, nonostante l'enorme progresso tecnologico registrato da quei tempi, appaiono fantascientifiche.

Le necessità di specifiche opere consortili per la gestione delle acque necessarie alla sommersione e di attrezzature specializzate per il livellamento del suolo, le operazioni colturali, la raccolta e la successiva trasformazione da risone in riso, ha fatto sì che a differenza di altri cereali il riso si sia tradizionalmente insediato in distretti risicoli specializzati (Vercellese, Lomellina, Pavese, Milanese, Lodigiano, Veronese, Ferrarese, Oristanese) che sono divenuti sede di attività agro-industriali funzionali alla filiera risicola (produzione di mezzi tecnici, trasformazione del risone, attività sementiere) (Barozzi, 2018). Proprio l'organizzazione in distretti farà sì che del riso già alla fine del XIX secolo sia la prima fra le grandi colture cerealicole praticate in Italia<sup>4</sup> a manifestare quei sensibili incrementi di resa ettariale che sono sintomo della cosiddetta "rivoluzione verde". Tale incremento di resa fu frutto di innovazione varietale e nelle agrotecniche, in primis la diffusione della tecnica del trapianto (Mariani *et al.*, 2021).

Interessante sul piano storico è anche tracciare l'evoluzione delle varietà di riso coltivate in Italia. A tale proposito occorre anzitutto dire che il riso tradizionalmente coltivato in Italia appartiene in larghissima misura alla sottospecie japonica e che fino al XIX secolo non esisteva alcuna suddivisione in varietà, per cui si parlava genericamente di riso Nostrale. Nel XIX secolo si registrò poi l'introduzione di diverse varietà, tant'è che Cavour nelle sue lettere a Corio cita le cultivar Aresca nera, Nostrale, Bertone, Ostiglia e Americano e si lamenta a più riprese dei diffusi danni da Brusone (lettera 136 del 23 agosto 1850: "*in quanto ai risi li ho riconosciuti bellissimi; solo mi fece dolore il vedere la strage che mena il brusone nei risi nuovi di Montarucco*").

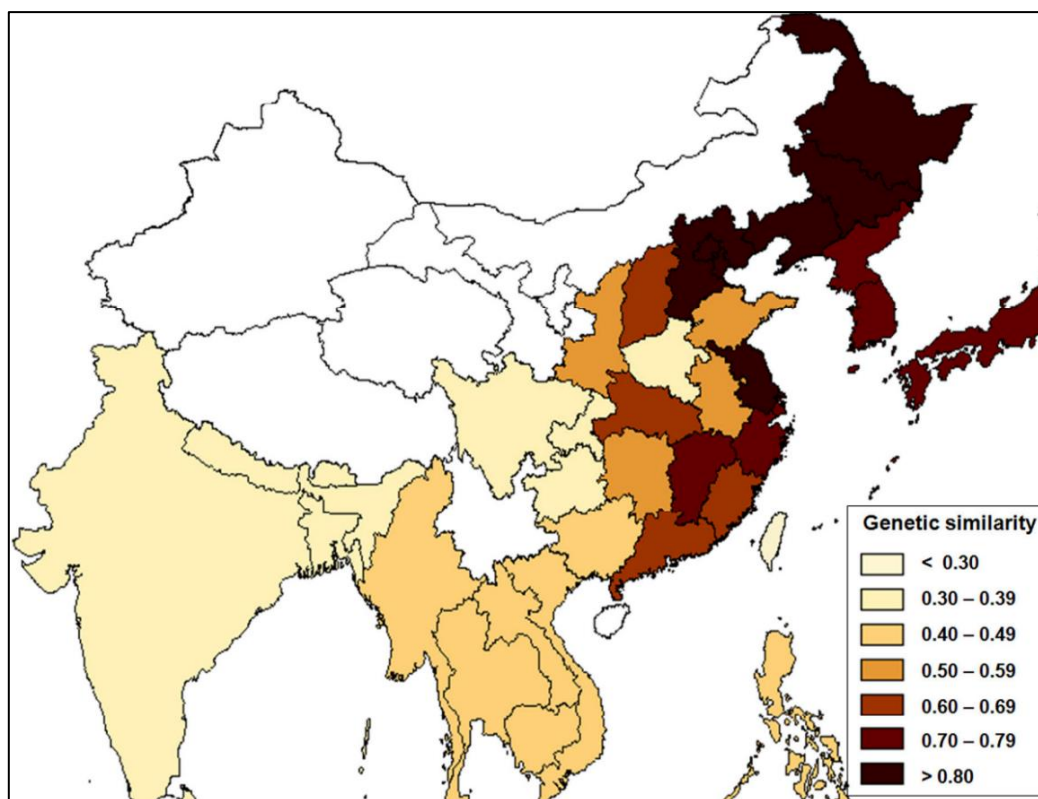


Figura 1 - Carta dell'Asia orientale che mostra la somiglianza generica con le cultivar di riso italiane. La somiglianza è massima nel Nord della Cina (fonte: Cai *et al.*, 2013).

<sup>4</sup> Le altre sono frumento e mais.



Nel 1872 risultavano coltivate in Italia cinque principali varietà di riso (Ostiglia, Bertone, Novarese, Francone e Giapponese) e, a causa della recrudescenza negli attacchi di Brusone, nel 1880 si registrarono molteplici importazioni di nuove varietà da paesi asiatici tra cui Cina, India e Giappone. In tale contesto una pietra miliare fu costituita dall'emergere di un insieme di varietà ad alta resa e forte resistenza al brusone che furono raggruppate sotto il nome generico di "*Chinese Originario*". A selezioni sistematiche su *Chinese Originario* o in alcuni casi su vecchie varietà americane si debbono alcune varietà di successo come Balilla, Allorio, Pierrot e Maratelli, ottenute intorno al 1926 (Cai *et al.*, 2013). All'attività della stazione di risicoltura di Vercelli si devono poi le prime attività di miglioramento genetico per incrocio, che assumeranno ben presto grande rilevanza dando origine a varietà di successo come il Vialone Nano (incrocio Vialone x Nano), Il Carnaroli (Vialone x Lencino), il Roma (Balilla x Razza 77), l'Arborio (Vialone per Lady Wright) e il Ribe (RB x (Balilla x RB))<sup>5</sup>. Un cenno merita anche l'introduzione delle varietà "indica" che ha caratterizzato la risicoltura italiana nell'ultimo scorcio del XX secolo e le prospettive future che aprono gli ibridi di riso e le nuove tecnologie di miglioramento genetico per risolvere alcuni problemi chiave come la resistenza alle malattie.

## CONCLUSIONI

Il riso costituisce da almeno dieci millenni una coltura chiave per la sicurezza alimentare dell'umanità e a tale lunghissima convivenza sono sottesi moltissimi aspetti alcuni dei quali sono stati qui trattati in modo sommario. La speranza è che questo scritto possa costituire il punto di partenza per ulteriori approfondimenti da parte del lettore interessato.

## RINGRAZIAMENTI

L'autore ringrazia Flavio Barozzi per la lettura critica delle bozze e i suggerimenti offerti.

## BIBLIOGRAFIA

- Baldi G., Tinarelli A., 1969. Eredità e miglioramento genetico del riso, Edagricole, 44 pp.
- Barozzi F., 2018. I distretti risicoli e l'eredità di Camillo Cavour in Atti del convegno Agricoltura e irrigazione tra storia e attualità, Società agraria di Lombardia, 79 pp.
- Cai X, Fan J, Jiang Z, Basso B, Sala F, Spada A, Grassi F, Lu BR. 2013. The puzzle of Italian rice origin and evolution: determining genetic divergence and affinity of rice germplasm from Italy and Asia. PLoS One. 2013 Nov 12;8(11):e80351. doi: 10.1371/journal.pone.0080351.
- Ciferri R., 1959. Lineamenti per una storia del riso in Italia, Ente Nazionale Risi, Ufficio studi, quaderno n.8, 39 pp.
- Costantini L. e Costantini Biasini L., 2022. Le origini del riso in Asia e la sua diffusione nel Mediterraneo e in Italia, Ministero dei beni culturali, L'alimentazione nell'Italia antica, <https://storico.beniculturali.it/mibac/multimedia/MiBAC/minisiti/alimentazione/sezioni/origini/articoli/riso.html> (sito visitato il 30 dicembre 2022)
- Dabrowski V., Bouchaud C., Tengberg M., Mouton M., 2021 Crop processing, consumption and trade of Asian rice (*Oryza sativa* L.) in the Arabian Peninsula during Antiquity: earliest evidence from Mleiha (third c. AD), United Arab Emirates. Archaeological and Anthropological Sciences, 2021, 13, hal-03391779
- Ferrero A. e Tinarelli A., 2009. Origine e diffusione del riso, in Il riso, Bayer, Collana coltura e cultura, pp. 34-49.

---

<sup>5</sup> Occorre qui ricordare coloro che hanno fatto il miglioramento genetico su riso e fra questi Giovanni Sampietro, Riccardo Chiappelli, Ettore De Vecchi, Romeo Piacco (1954), Antonio Tinarelli e Giorgio Baldi (1969).

- Fondazione Camillo Cavour, 1980. Lettere di Giacinto Corio a Camillo Cavour (1843-1855), Santena, 474 pp.
- Huke R., 1974. Geography and climate of rice, in *Climate and Rice*, IRRI.
- Leipe C., Long T., Wagner M., Goslar T., Tarasov P.E., 2020. The spread of rice to Japan: Insights from Bayesian analysis of direct radiocarbon dates and population dynamics in East Asia, *Quaternary Science Reviews*, Volume 244, 2020.
- Mariani L. Ferrero A. Cola G, 2021. The evolution of cereal yields in Italy over the last 150 years: The peculiar case of rice, *Agronomy Journal*, May 2021, <https://doi.org/10.1002/agj2.20710>
- Motta Emilio, 1905. Per la storia della coltura del riso in Lombardia, *Archivio Storico Lombardo, Giornale della società storica lombarda* 1905 dic, Serie 4, Volume 4, Fascicolo 8
- Pazzagli R., 2014. Fra politica, cultura e territorio: la trasformazione dell'agricoltura, in *Cavour, l'Italia e l'Europa*, a cura di L. Donolo, Firenze, Consiglio Regionale della Toscana, pp. 99-124.
- Piacco R.; *Le razze di riso coltivate in Italia; 1954; Quaderni della stazione sperimentale di risicoltura; 38.*
- Regueiro, M., Mirabal, S., Lacau, H. et al. 2008. Austronesian genetic signature in East African Madagascar and Polynesia. *J. Hum. Genet.* 53, 106-120 (2008). <https://doi.org/10.1007/s10038-007-0224-4>
- Sprengler III et al., 2021. A Journey to the West: The Ancient Dispersal of Rice Out of East Asia, *Rice* (N Y) doi: 10.1186/s12284-021-00518-4.
- Targioni Tozzetti G., 1789. Relazioni d'alcuni viaggi fatti in diverse parti della Toscana per osservare le produzioni naturali, e gli antichi monumenti di essa
- Visconti E. (a cura di), 1913. *Cavour agricoltore, lettere inedite di Camillo Cavour a Giacinto Corio precedute da un saggio di Ezio Visconti*, Firenze, G. Barbera editore.

## IL RISO, CIBO DEL MONDO, E L'ITALIA

*Dario Casati*  
*Società Agraria di Lombardia*

### IL MONDO IN BILICO, FRA UNA CRISI E UN'ALTRA

La tanto attesa ripresa economica stenta a decollare e si presenta dopo un periodo caratterizzato dall'intreccio di diverse crisi, iniziato con quella inaspettata del Covid-19 subito diffusa in tutto il mondo fra la fine del 2019 e l'inizio 2020. Vogliamo ricordare che essa, oltre agli effetti sanitari, ha prodotto una serie di conseguenze negative sull'insieme dell'economia mondiale. Mentre era ancora attiva la pandemia si è scatenata la seconda crisi, a febbraio 2022, quella bellica, provocata dall'aggressione imperialistica della Russia all'Ucraina con una guerra combattuta anche sul piano economico. La terza, in ordine di tempo, è la crisi energetica che ne è scaturita ma che ha assunto caratteri propri per l'impatto che ha provocato sui prezzi di gran parte delle commodity non solo energetiche, ma anche agricole e connesse agli input per l'agricoltura coinvolgendo le prospettive delle politiche "green" avviate dalla maggior parte delle economie avanzate (EA). Ultimo, la quarta crisi, quella dell'inflazione. Infatti a seguito della ripresa delle principali economie, che si era manifestata già nella seconda metà del 2021 e nel 2022, in connessione con gli impatti delle diverse crisi si è manifestato un importante ritorno dell'inflazione. Prevedibile, però di entità superiore alle aspettative. Ad oggi essa rappresenta il maggior problema economico mondiale. Inizialmente sottostimata al suo primo apparire negli Usa e poi in Europa, richiede reazioni rapide e difficili da realizzare per il rischio che le contromisure, essenzialmente monetarie, provochino un prematuro soffocamento della ripresa economica. Le politiche messe in campo con l'innalzamento dei tassi d'interesse delle maggiori economie e la conseguente stretta creditizia si sommano agli effetti delle diverse cause all'origine dell'inflazione, in particolare con la crisi energetica e l'impennata dei prezzi dei prodotti energetici.

La ripresa animata dal rallentamento della pandemia si era manifestata già sul finire del 2021 ed ha avuto un esito mondiale positivo con un incremento nel 2022 del 3,5% del Pil mondiale, formato da una crescita del 2,7% nelle economie avanzate (EA) e del 4% in quelle emergenti e nei PVS. Mentre le previsioni per il 2023 erano inizialmente più ottimistiche, fra gli ultimi mesi del 2022 e l'inizio del 2023 sono arretrate al 3,0% mondiale con le EA all'1,1% e le altre al 4,0%. Si è diffuso il timore di una "gelata" nelle prime, ma le proiezioni dei mesi successivi, in particolare di aprile e luglio 2023, hanno poi ricondotto l'incremento delle prime all'1,5%, mentre rimaneva al 4,0% il tasso di crescita delle altre economie. Per il 2024 alle proiezioni iniziali che stimavano un incremento della crescita del Pil mondiale del 3,2%, formata dall'1,6% delle EA e dal 4,3% delle altre, sono però seguite proiezioni in ribasso con un risultato mondiale del 3,0%, con quello delle prime stabile per tre trimestri all'1,4% e delle altre al 3,2% negli ultimi due.

La ripresa, dunque, sembra proseguire, ma rallentata rispetto alle aspettative e con dinamiche diverse fra le aree economiche. Oltre alla fiammata delle commodity un altro elemento frenante si è presentato a seguito della crescita dell'indebitamento pubblico dei diversi Paesi, in particolare dei maggiori, connessa alle misure di sostegno economico nei confronti dei danni provocati dal Covid-19, raggiungendo livelli senza precedenti e avvalendosi di una fase di tassi bassi che rendeva meno gravoso il costo derivante dall'incremento dello stesso debito. Ma il suo impatto è divenuto preoccupante nel momento in cui la crescita dei tassi ne aumenta l'entità soffocando la ripresa.

L'aumento dell'inflazione ha colto di sorpresa i mercati e le principali economie. Una "piccola" risalita del tasso di inflazione, dell'ordine del 2%, era addirittura auspicata come un elemento di stimolo dell'offerta e della domanda di beni a seguito della ripresa delle diverse attività. Inizialmente l'aumento dell'inflazione fu interpretato in questo senso, ma fu ben presto chiaro che il fenomeno andava oltre la soglia prevista e continuava ad assumere dimensioni crescenti. Se la sua dinamica negli anni immediatamente precedenti era stata attorno allo zero, già nel 2021 essa era salita negli Usa al 4,7%, nell'Ue e in Gran Bretagna al 2,6%, in Italia all'1,9%. I dati congiunturali mostravano che la crescita dell'inflazione era destinata ad aumentare e infatti nel 2022 a livello mondiale le stime la danno attorno all' 8,7%, nel 2023 al 6,8% e nel 2024 al 5,2%.

Il fenomeno dell'inflazione in crescita così elevata è stato affrontato con misure di contenimento, costituite da successivi ritocchi ai tassi di interesse specialmente negli Usa e poi anche nell'Ue e negli altri Paesi. La diversa valutazione di ogni Paese ha comportato politiche nazionali differenziate anche perché andava mutando lo scenario economico mondiale a causa di altri fattori come il conflitto russo/ucraino. Gli Usa fra il 2022 e il luglio 2023 hanno apportato 11 correzioni al rialzo, dall'1% iniziale al 5,5%. La Bce con 9 modifiche dei tassi è passata dallo 0% del 2022 al 4,25% del luglio 2023. Negli ultimi mesi il ritmo di crescita dell'inflazione ha mostrato un leggero rallentamento mentre le diverse componenti sembrano allineate alla stessa tendenza. Le previsioni per l'appuntamento di settembre della Fed e della Bce, tuttavia, ad oggi rimangono incerte.

### **LE TRE CRISI DEGLI ANNI '20 DEL 2000 E LA RICADUTA SULL'AGRICOLTURA**

L'insieme delle tre grandi crisi, sanitaria, economica e bellica ha riportato in evidenza che il mondo che si stava costruendo dopo la globalizzazione presentava insite debolezze dovute al fatto che numerosi problemi, anche se sembravano avviati a soluzione, in realtà non erano stati superati strutturalmente. Dall'uso delle risorse naturali, sia sul piano energetico sia su quello della produzione agricola, alle differenze di reddito pro-capite nelle diverse aree economiche e a quelle dell'occupazione e della conseguente capacità di produrre reddito, i conti non sono ancora chiusi. Sul piano delle produzioni agricole, nonostante i grandi miglioramenti conseguiti nella riduzione del problema della sottanutrizione, si è visto che gli effetti delle tre crisi sono stati devastanti ed hanno riportato all'attenzione generale la necessità di ripensare strategie politiche diverse che tengano conto, più di quanto s'è fatto sin qui, del possibile verificarsi di eventi negativi che incidono di fatto sulla crescita economica mondiale e dei singoli Paesi.

La ricaduta agricola, anche se forse in misura meno percepita di quella energetica, è stata importante e richiede una riconsiderazione delle strategie di crescita, anche a costo di revisioni drastiche che però si rendono necessarie a fronte della sottovalutazione del rischio insito negli attuali orientamenti "green" nelle EA.

Se ci soffermiamo sulla questione alimentare possiamo verificare che il punto critico è la sicurezza dell'approvvigionamento e della effettiva disponibilità di alimenti in quantità e qualità adeguate. È la sicurezza che deve essere riconsiderata per evitare fenomeni di carenza di cui la stessa ondata inflazionistica di fatto è un indicatore più che evidente.

### **IL RUOLO DEI CEREALI NELL'ALIMENTAZIONE UMANA**

I cereali costituiscono il gruppo di alimenti più importante per l'alimentazione umana e forniscono circa il 50% delle calorie assunte col cibo. A questa percentuale il riso contribuisce con circa il 40% seguito a breve distanza dal frumento mentre il resto è costituito dagli altri cereali. I cereali sono alla base delle principali diete alimentari diffuse storicamente nel mondo. Fra tutti il riso ha un ruolo particolare: è il più importante

per la quantità destinata al consumo umano pur collocandosi al terzo posto per superficie coltivata e al secondo per la quantità prodotta (tab. 1).

*Tabella 1 - Situazione mondiale, Cina esclusa*

RISO (milioni tonnellate)	2021/22	Stime 2022/23	Previsioni 2023/24		FRUMENTO (milioni tonnellate)	2021/22	Stime 2022/23	Previsioni 2023/24		MAIS (milioni tonnellate)	2021/22	Stime 2022/23	Previsioni 2023/24	
	giu-23	lug-23	giu-23	lug-23		giu-23	lug-23	giu-23	lug-23		giu-23	lug-23		
Produzione	365	367	371	372	Produzione	644	652	660	657	Produzione	946	873	943	944
Consumo	362	366	372	372	Consumo	645	645	645	646	Consumo	911	865	902	903
Bilancio	2	0	0	0	Bilancio	0	7	15	10	Bilancio	35	8	40	42
Stock finali	69	67	63	64	Stock finali	136	130	131	129	Stock finali	101	91	110	110
Export	55	54	54	54	Export	202	216	212	211	Export	206	177	198	198
Export/produzione	15%	15%	14%	15%	Export/produzione	31%	33%	33%	33%	Export/produzione	23%	20%	22%	22%

Fonte: Elaborazioni OECV-ESP UNIMI su dati USDA

La produzione mondiale di cereali a luglio 2023 viene stimata pari a 2.819 milioni di tonnellate, in crescita di circa l'1,1% rispetto allo stesso mese del 2022 con un risultato che è un nuovo record storico dopo un decennio di costante salita produttiva. Il consumo globale a sua volta viene previsto in aumento a un nuovo massimo di 2.805 milioni di t. Il volume degli scambi mondiali nelle previsioni scende dello 0,9% rispetto all'anno precedente nonostante una correzione al rialzo con le previsioni di luglio 2023. Gli stocks, per effetto di queste dinamiche, segnano un incremento e si portano a 878 milioni di t, di conseguenza il rapporto stocks/ impieghi rimarrebbe stabile al 30,6%.

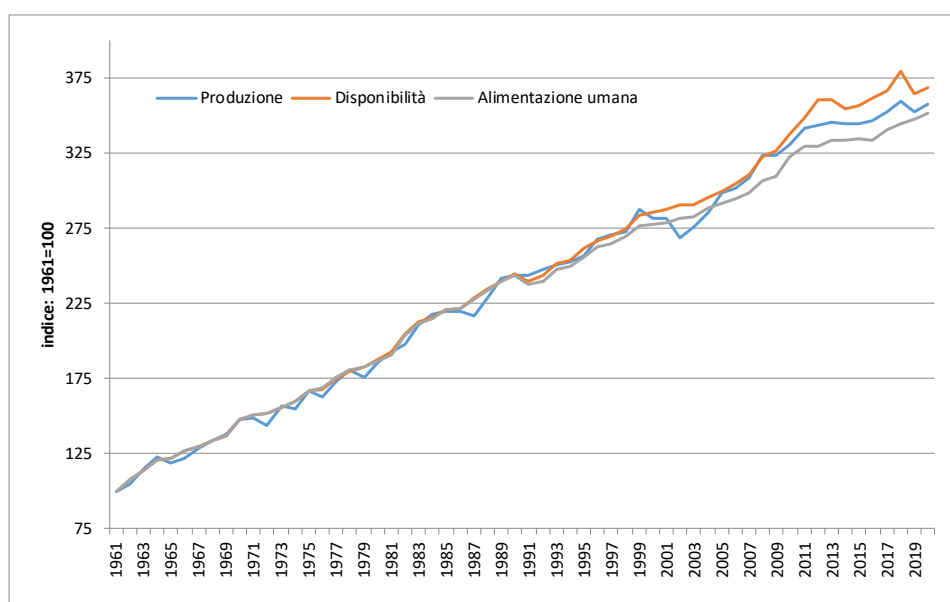
Per quanto riguarda il riso le previsioni relative alla produzione mondiale per il 2023/24 indicano un calo dello 0,5% con un raccolto totale di 512 milioni di t. a causa soprattutto di una riduzione della produzione in Asia. Il volume degli scambi, valutato pari a 56 milioni di t nel 2022/23 è stimato stabile nel 2023/24 come nell'anno precedente. L'entità degli stocks in questo anno è prevista in calo a 170 milioni di t. per il terzo anno consecutivo

Rispetto agli altri cereali maggiori il volume degli scambi rispetto alla produzione, che per l'insieme della categoria dei cereali è pari al 18%, per il riso è minore. Esso è pari al 24% per il frumento e al 15% per il mais, ma solo all'11% per il riso di cui i principali paesi consumatori sono anche forti produttori a conferma dell'importanza del riso come principale prodotto alimentare di origine locale per una gran parte della popolazione mondiale.

## LA DINAMICA MONDIALE DI LUNGO PERIODO DEL RISO

Gli ultimi 60 anni rappresentano per l'agricoltura un periodo di particolare interesse per lo sviluppo di tutte le produzioni. Con la fine della seconda guerra mondiale e la ripresa delle attività economiche che ne è seguita, anche l'agricoltura ha goduto di una fase di grande impulso. È il periodo della cosiddetta rivoluzione verde in cui in tutto il mondo ha potuto fruire del trasferimento al settore agricolo delle innovazioni scientifiche e tecnologiche che si andavano producendo. L'afflusso delle nuove tecniche di produzione e di materiale genetico sempre più produttivo ha interessato in via prioritaria le grandi colture e quindi anche il riso. In questo periodo la produzione di riso ha avuto un importante sviluppo (tab. 2). La produzione di riso, che all'inizio degli anni '60 del Novecento era pari a 211 milioni di t, in seguito cresce e si moltiplica nell'arco dei 40 anni

che arrivano al 2001 raggiungendo quasi 600 milioni di t. Nei 20 anni successivi aumenta ulteriormente sino a raggiungere circa 760 milioni di t. In sintesi la disponibilità di prodotto è circa quadruplicata nell'arco di tempo considerato. Il volume degli scambi, nello stesso periodo aumenta quasi di sette volte e l'incidenza percentuale rispetto alla produzione passa dal 4% a più del doppio, un importante sviluppo che però, come abbiamo visto, lascia l'apertura globale dei mercati del riso a un livello inferiore rispetto agli altri cereali, a loro volta protagonisti di uno sviluppo simile. Il grafico della fig.1 mostra il percorso di crescita della risicoltura mondiale nello stesso arco di tempo mettendo a confronto le dinamiche della produzione, del consumo umano e della disponibilità di prodotto. In particolare si può rilevare come la crescita di quest'ultima, cioè della concreta possibilità per l'umanità di avere a disposizione quantitativi crescenti di riso, sia stata supportata da incrementi produttivi superiori a quelli dei due fattori che determinano la domanda complessiva del prodotto: l'entità della popolazione, in costante aumento, e il consumo umano pro-capite anch'esso in crescita.



Fonte: elaborazioni Oecv-ESP su dati Fao

Figura 1 - Dinamica di lungo periodo di domanda, disponibilità e consumo di riso

Tabella 2 - Il bilancio mondiale del riso

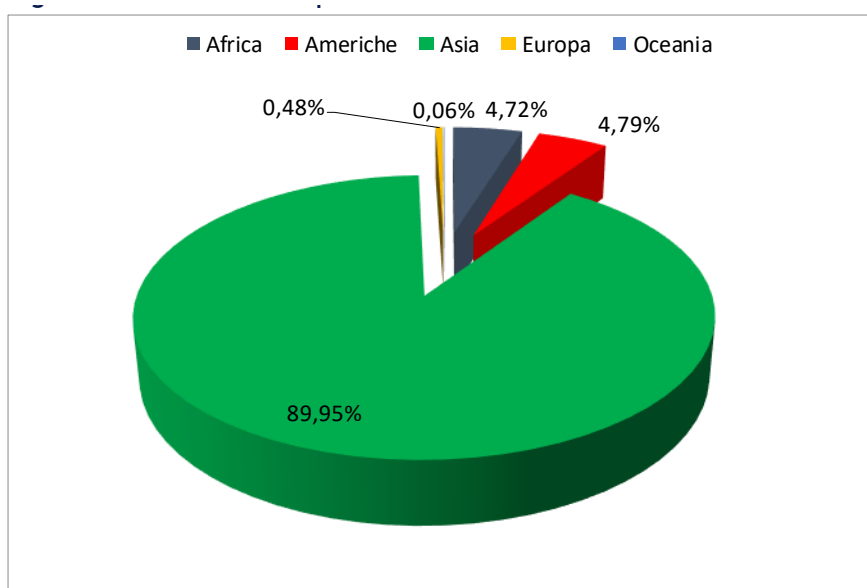
	1961	2001	2011	2020
Produzione (.000 ton)	211.704	596.647	723.107	758.173
Import (.000 ton)	9.159	34.222	48.351	63.659
Variazione Stock (.000 ton)	-4.263	6.130	17.852	11.787
Export (.000 ton)	9.317	41.385	56.166	68.502
<b>Disponibilità totale (.000 ton)</b>	<b>207.282</b>	<b>595.614</b>	<b>733.144</b>	<b>765.117</b>
Fonte: elaborazioni Oecv-ESP su dati FAO				

La dinamica di lungo periodo del riso negli ultimi 60 anni mostra che si è realizzato uno sviluppo complessivo che ha permesso un incremento dei consumi sostenuto da quello della produzione. La produzione è aumentata di un fattore 3,2 mentre il consumo saliva di un fattore 3,0. Un andamento che dovrebbe far riflettere con grande attenzione sugli orientamenti che stanno all'origine delle nuove politiche "green" che sembrano non tenere conto delle dinamiche di crescita delle variabili in gioco a proposito di copertura dei requisiti di alimentazione della popolazione mondiale. Oggi con gli attuali tassi di crescita il fenomeno della sottanutrizione è in via di riduzione, ma un calo della produzione globale porterebbe alla creazione di uno squilibrio deleterio.

### IL RUOLO DETERMINANTE DELL'ASIA NEL MERCATO MONDIALE DEL RISO

La caratteristica che rende il riso un prodotto particolare è la grande diffusione che ne caratterizza il consumo ovunque nel mondo e in particolare nel continente asiatico. L'universalità che accomuna riso e frumento come alimenti base dell'alimentazione umana mostra tuttavia una differenza nella distribuzione territoriale. In Asia, e cioè nel continente più popolato, vi è una forte prevalenza del sistema alimentare basato sul riso mentre negli altri continenti avviene il contrario ed il frumento prevale sul riso nella produzione e nei consumi.

Attualmente (fig.2) il continente asiatico concentra quasi il 90% della produzione mondiale di riso. Il restante 10% è suddiviso fra gli altri continenti. Le Americhe con il 4,8%, l'Africa con il 4,7%, l'Europa con lo 0,5% e l'Oceania con lo 0,06%. Il ruolo dell'Asia nel tempo rimane costante, mentre l'Africa presenta una lieve tendenza all'incremento e le Americhe un'altrettanta ridotta tendenza di segno opposto.



Fonte: elaborazioni Oecv-ESP su dati Fao

Figura 2 - Produzione di riso per continente - 2021

È interessante notare come si configuri la presenza dei diversi Paesi per quanto riguarda produzione e commercio estero del riso. Per la produzione la graduatoria dei principali 10 Paesi produttori (tab. 3) mostra che i primi 9 sono Paesi asiatici, solo al decimo posto compare un Paese extra asiatico come il Brasile. Nella graduatoria dei principali produttori l'Italia si colloca poco oltre la trentesima posizione al 33° posto ed anche nelle annate

precedenti la sua collocazione era analoga. I primi 4 Paesi concentrano il 61% del totale, i primi 8 il 77%. La produzione italiana rappresenta circa lo 0,2% del totale mondiale.

Tabella 3 - Top 10 produttori mondiali di riso - 2021

Ranking	Paese	Superficie ettari	Produzione tonnellate	Resa tonn/ettaro
1	Cina	30.145.222	214.403.870	7,11
2	India	46.379.000	195.425.000	4,21
3	Bangladesh	11.700.939	56.944.554	4,87
4	Indonesia	10.411.801	54.415.294	5,23
5	Viet Nam	7.219.797	43.852.729	6,07
6	Tailandia	11.244.000	33.582.000	2,99
7	Birmania	6.536.690	24.910.000	3,81
8	Filippine	4.805.077	19.960.170	4,15
9	Pakistan	3.537.369	13.984.009	3,95
10	Brasile	1.689.189	11.660.603	6,90
<b>33</b>	<b>Italia</b>	<b>227.040</b>	<b>1.459.310</b>	<b>6,43</b>

Fonte: elaborazioni Oecv-ESP su dati Fao

La graduatoria dei principali Paesi esportatori (tab.4) presenta un quadro diverso. Nelle prime 10 posizioni figurano 6 Paesi asiatici di cui 4 ai primi posti e gli altri due al sesto e al settimo, tre Paesi delle Americhe e uno europeo, l'Italia, in nona posizione. L'Asia partecipa all'esportazione mondiale con circa l'85%. I primi 4 Paesi in graduatoria rappresentano il 54% delle esportazioni mondiali, i primi 8 il 66%. L'Italia poco più dell'1%.

Tabella 4 - Top 10 esportatori mondiali di riso - 2021

Ranking	Paese	Valore (.000 US. \$)	Quantità (tonnellate)
1	India	9.623.557	21.279.907
2	Tailandia	3.341.979	6.075.760
3	Viet Nam	3.006.262	5.711.671
4	Pakistan	2.152.503	3.985.944
5	USA	1.928.548	3.384.688
6	Cina	1.035.658	2.447.886
7	Birmania	670.698	1.685.340
8	Uruguay	386.654	770.670
<b>9</b>	<b>Italia</b>	<b>727.588</b>	<b>716.664</b>
10	Paraguay	273.875	692.967

Fonte: elaborazioni Oecv-Demm su dati UN Comtrade

Infine la graduatoria dei Paesi importatori (tab.5) contiene 6 Paesi asiatici, fra cui l'Arabia Saudita, e 4 africani. L'Italia si colloca alla posizione numero 38. L'Asia rappresenta il 15% del riso oggetto di importazioni a livello mondiale. I quattro maggiori importatori concentrano il 14% del totale mondiale, i primi 8 il 30%. L'Italia importa circa lo 0,3% del totale mondiale.



In estrema sintesi la collocazione del nostro Paese nel contesto risicolo mondiale è particolare: con una produzione pari allo 0,2% del totale l'Italia rappresenta l'1% delle esportazioni totali e lo 0,3% delle importazioni. Ne risulta un saldo netto positivo per questo prodotto che in questo senso ha una posizione particolare nel quadro dell'agricoltura italiana.

Tabella 5 - Top 10 importatori mondiali di riso - 2021

Ranking	Paese	Valore (.000 US. \$)	Quantità (tonnellate)
1	Cina	2.187.458	4.924.204
2	Etiopia	686.542	1.401.334
3	Benin	640.439	1.400.261
4	Nepal	451.568	1.365.915
5	Senegal	473.187	1.193.993
6	Viet Nam	718.840	1.184.949
7	Arabia Saudita	1.094.953	1.177.665
8	Filippine	1.196.907	1.176.360
9	Malesia	575.522	1.154.186
10	Sud Africa	502.855	1.004.648
<b>38</b>	<b>Italia</b>	<b>194.410</b>	<b>231.817</b>

Fonte: elaborazioni Oecv-Demm su dati UN Comtrade

## LA RISICOLTURA ITALIANA NEL CONTESTO DELL'AGRICOLTURA UE

Nel contesto agricolo dell'Ue la risicoltura italiana ha sempre ricoperto, sin dagli esordi della politica agricola europea messa a punto dai sei Paesi fondatori, una posizione di rilievo e di riferimento. All'epoca della prima organizzazione comune di mercato (O.C.M.) del riso, nella prima metà degli anni '60 del Novecento, i Paesi risicoli erano soltanto due, l'Italia e la Francia. L'O.C.M. per volere dei due Paesi risicoli, in particolare della Francia, fu di fatto ricalcata su quella dei cereali che negli stessi anni era il modello per le altre O.C.M., soprattutto per quelle dell'agricoltura dell'Europa centro-settentrionale varate entro il decennio indicato. Per il riso venne adottato il criterio che, pur essendo un cereale, esso aveva peculiarità tecniche colturali che consigliavano di creare un'O.C.M. distinta. D'altro canto la quantità ridotta di prodotto rispetto a quella degli altri cereali giustificava l'attenzione che ciò di fatto determinava. Considerato il "fratello minore" il riso ebbe dunque una regolamentazione separata anche se sostanzialmente plasmata sullo stesso modello. Questa condizione e il fatto che la coltura fosse limitata territorialmente e fortemente concentrata in due aree, la Camargue in Francia e la parte nord occidentale della pianura padana in Italia, consentì di conservare sino all'attualità quella separazione dei regimi di politica agraria che fu la fortuna della coltura. Tuttavia la coltivazione in Francia si è andata gradualmente riducendo mentre la superficie comunitaria a riso e la conseguente produzione aumentavano a seguito dell'ingresso di Paesi risicoli, la Grecia nel 1981, Spagna e Portogallo nel 1986 e nei primi anni 2000 Ungheria, Bulgaria e Romania, queste ultime con poche migliaia di ettari. Nell'ultimo decennio (tab. 6 e 7) il peso del nostro Paese è andato crescendo da circa il 50% del totale Ue a poco meno del 60% negli anni più recenti in termini di superficie e di produzione. Da rilevare che il dato globale e

quello italiano del 2022 risentono delle anomalie meteo dell'anno. Al di là di ciò, comunque, si nota un graduale consolidamento della nostra posizione di Paese leader per questa coltura nell'Ue.

**Tabella 6 - Superficie, produzione e rese del riso in Italia**

	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/2022(1)	2022/2023(2)
Superficie (ha)	227.329	234.134	229.547	217.195	220.027	227.319	227.038	218.421
(indice 2015/16=100)	100	103	101	96	97	100	100	96
Produzione lorda (t)	1.505.804	1.593.465	1.516.033	1.480.887	1.502.682	1.513.057	1.464.700	1.236.962
(indice 2015/16=100)	100	106	101	98	100	100	97	82
Resa (t/ha)	6,62	6,81	6,60	6,82	6,83	6,66	6,45	5,66
(indice 2015/16=100)	100	103	100	103	103	100	97	85
Produzione di riso lavorato (t)	895.919	972.973	919.621	878.929	916.044	915.558	903.538	725.440
(indice 2015/16=100)	100	109	103	98	102	102	101	81
Fonte: Ente Nazionale Risi								
(1) consuntivo provvisorio								
(2) preventivo								

**Tabella 7 - Dinamica delle superfici a riso nella U.E. (ettari)**

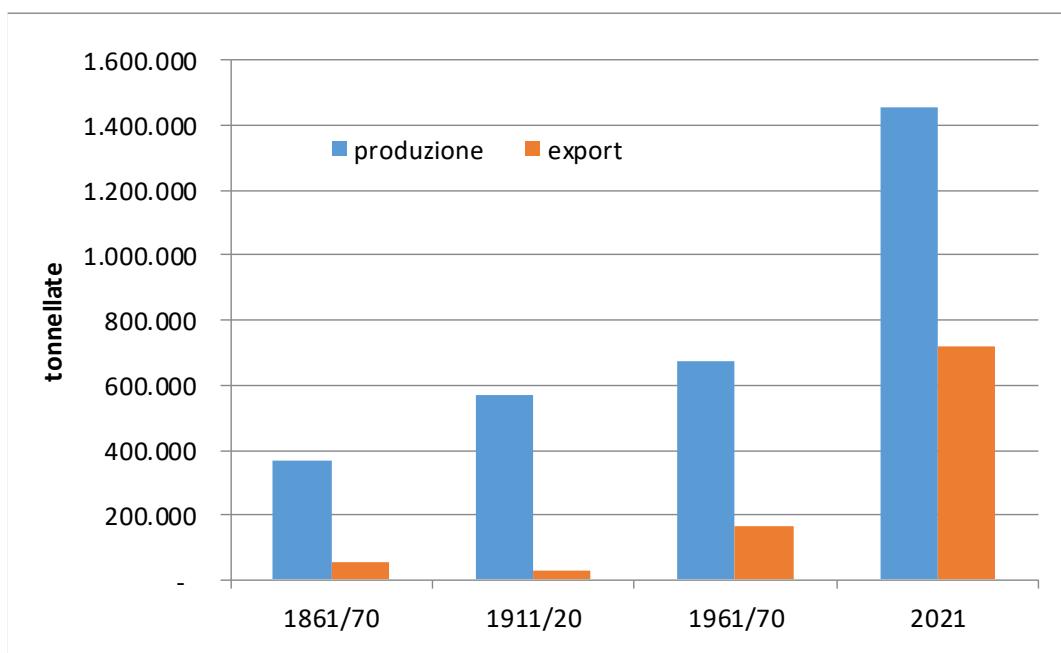
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Spagna	112	110	109	109	108	105	103	102	85	56
Grecia	29	31	32	35	31	30	30	36	35	29
Portogallo	30	29	29	29	29	29	29	26	29	28
Francia	21	17	16	17	17	13	15	15	12	12
Bulgaria	10	11	12	12	10	11	12	12	12	11
Romania	12	13	11	9	9	8	7	6	5	4
Ungheria	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2
<b>Italia</b>	<b>216</b>	<b>220</b>	<b>227</b>	<b>234</b>	<b>234</b>	<b>217</b>	<b>220</b>	<b>227</b>	<b>227</b>	<b>223</b>
<b>Totale UE-27*</b>	<b>433</b>	<b>432</b>	<b>441</b>	<b>449</b>	<b>441</b>	<b>417</b>	<b>419</b>	<b>428</b>	<b>408</b>	<b>364</b>
<i>Italia/UE-27 %</i>	<i>49,9</i>	<i>50,8</i>	<i>51,6</i>	<i>52,2</i>	<i>53,1</i>	<i>52,0</i>	<i>52,5</i>	<i>53,2</i>	<i>55,6</i>	<i>61,2</i>
*: (UE-28 fino al 2020)										
Fonte: Elaborazioni su dati Eurostat e Ente Nazionale Risi per l'Italia										

L'Italia in questo ambito è un po' una piccola Asia nel cuore dell'Europa anche per il consumo pro capite che, pur essendo nettamente inferiore a quello del frumento, è il più elevato in Europa, nonché per l'interscambio con l'estero.

### LO SVILUPPO DELLA SITUAZIONE PRODUTTIVA ITALIANA

La risicoltura ha avuto nella storia unitaria del Paese uno sviluppo sensibile sia sul piano della produzione sia su quello dell'esportazione (fig. 3). Per quanto riguarda la produzione si rileva come essa, in un arco di tempo che va dagli inizi delle statistiche più attendibili relative al periodo 1911/20 alla media dell'ultimo decennio, sia circa triplicata, aumentando del 145% e passando da circa 475.000 tonnellate a 1.466.000,

contemporaneamente la superficie a riso mostrava un incremento del 50% circa salendo da poco meno di 150.000 ha a 223.500. Ciò significa che la maggior parte dell'incremento è stata generata dagli aumenti di produttività dei fattori di produzione e in particolare dal progresso scientifico e tecnologico che ha agito sull'insieme dell'attività produttiva agricola. Le esportazioni di riso nello stesso periodo di tempo hanno manifestato un andamento ancora più accentuato essendo moltiplicate di oltre 20 volte da circa 32.000 t a circa 715.000 t. L'Italia ha una lunga tradizione di paese esportatore netto di riso mentre è importatrice netta di frumento, tenero e duro, pur essendone forte produttrice e consumatrice.



Fonte: elaborazioni OECV-ESP su dati Istat

*Figura 3 - Il riso in Italia dal 1861 ad oggi*

La superficie risicola italiana da oltre un decennio si è stabilizzata sopra 220.000 ettari, con punte prossime a 230.000 ha (tab. 8). Fanno eccezione l'annata in corso e quella precedente a causa della forte siccità del 2022 e dell'andamento incerto del 2023 che a questa data rende ancora un'incognita il risultato complessivo a causa delle difficoltà dell'annata meteo. La produzione è anch'essa stabilizzata attorno a 1,5 milioni di t con variazioni dovute all'andamento produttivo di ogni anno. La resa produttiva a sua volta è in tendenziale lieve crescita, ma ovviamente i problemi climatici possono, come nel caso del raccolto 2022, essere fortemente incidenti in senso negativo. Le rese della lavorazione sono a loro volta relativamente stabili o in moderata ascesa.

La coltivazione del riso è fortemente localizzata, per una quota di oltre il 93%, nell'Italia settentrionale e in particolare nel Nord Ovest fra Piemonte e Lombardia. Le 4 province maggiori produttrici, Vercelli e Novara in Piemonte, Pavia e Milano in Lombardia, contribuiscono con l'87,5% della produzione nazionale, una percentuale che è la più elevata fra le grandi colture italiane. Un'analoga concentrazione riguarda l'industria di trasformazione e, in sintesi, tutto il sistema dell'indotto del comparto risicolo che nelle province agricole interessate raggiunge significativi livelli di incidenza sul valore della produzione agricola e sul Pil provinciale.

**Tabella 8 - Dinamica della produzione di riso nella U.E. (tonnellate)**

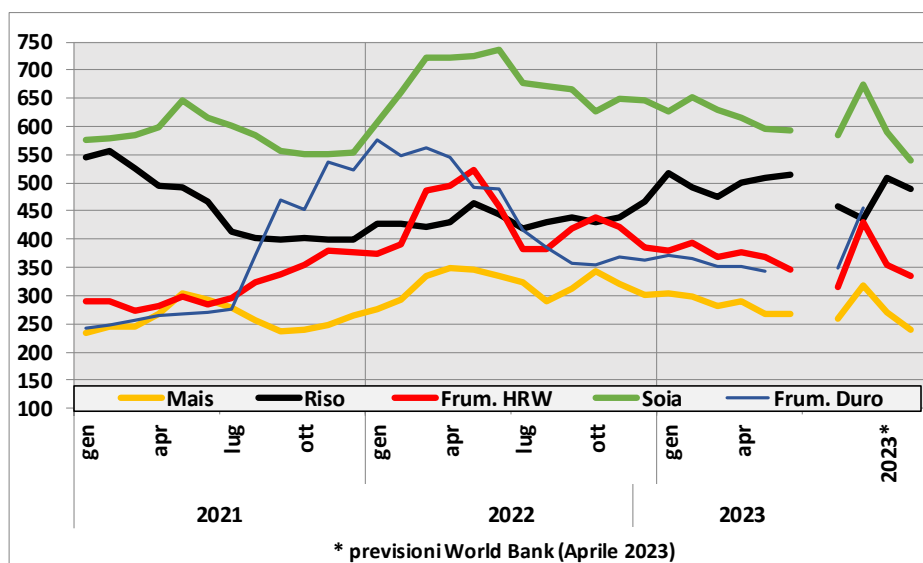
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Spagna	867	851	837	826	826	799	779	739	617	395
Grecia	247	242	259	177	177	223	221	287	242	170
Portogallo	180	167	185	169	180	161	162	133	176	150
Francia	79	82	79	78	90	71	83	76	62	59
Bulgaria	55	53	65	63	60	61	71	66	58	61
Romania	54	45	49	43	43	43	40	25	15	18
Ungheria	8	8	9	11	12	13	11	12	10	9
<b>Italia</b>	<b>1.431</b>	<b>1.410</b>	<b>1.506</b>	<b>1.593</b>	<b>1.516</b>	<b>1.481</b>	<b>1.503</b>	<b>1.507</b>	<b>1.465</b>	<b>1.237</b>
<b>Totale UE-27*</b>	<b>2.921</b>	<b>2.858</b>	<b>2.990</b>	<b>2.961</b>	<b>2.904</b>	<b>2.852</b>	<b>2.868</b>	<b>2.845</b>	<b>2.644</b>	<b>2.097</b>
<i>Italia/UE-27 %</i>	<i>49,0</i>	<i>49,3</i>	<i>50,4</i>	<i>53,8</i>	<i>52,2</i>	<i>51,9</i>	<i>52,4</i>	<i>53,0</i>	<i>55,4</i>	<i>59,0</i>
*: (UE-28 fino al 2020)										
Fonte: Elaborazioni su dati Eurostat e Ente Nazionale Risi per l'Italia										

Un'altra caratteristica di rilievo del sistema risicolo è di carattere strutturale e riguarda le dimensioni delle aziende risicole che nel nostro Paese sono nettamente superiori a quelle delle altre aziende a seminativi e si presentano in continua graduale ascesa. La dimensione delle superfici medie a riso nelle aziende risicole italiane solo negli ultimi 20 anni è passata da 42,3 a 60,9 ettari mentre nello stesso intervallo di tempo i dati dei censimenti agricoli indicano che la media nazionale delle aziende agricole a seminativi è passata da 4,9 a 10 ettari. Mentre il dato relativo alla taglia media a riso delle aziende risicole in Lombardia è allineato a quello nazionale, il fenomeno è più accentuato in Piemonte che concorre a produrre il 45,8% del riso italiano. Qui la superficie aziendale a riso è passata da 47,5 a 70,9 ettari. Il fenomeno della concentrazione produttiva delle aziende risicole è una delle caratteristiche chiave del sistema risicolo italiano che ne spiega la grande vitalità anche nei confronti del resto delle colture praticate in Italia.

### LA DINAMICA DEL MERCATO DEL RISO

Le caratteristiche molto particolari del comparto risicolo italiano si completano con il fatto che esso risulta essere uno dei più aperti del nostro Paese nei confronti degli scambi internazionali. Nel contesto dell'Ue e, più in generale, dell'intera Europa, la nostra risicoltura è la principale produttrice e fornitrice di riso nei confronti degli altri Paesi. Le sue esportazioni, nonostante il volume relativamente ridotto di produzione, su scala mondiale la collocano fra i principali dieci Paesi esportatori. Ciò implica che essa riesca ad essere competitiva per poter mantenere le sue quote del mercato sia intra che extra comunitario. La grande apertura di mercato implica che anche il prezzo interno sia strettamente collegato a quello dei mercati internazionali. Nel corso dell'ultimo triennio il prezzo mondiale del riso è stato relativamente stabile (fig. 4) su valori abbastanza elevati raggiungendo un massimo a fine 2022. In seguito è decresciuto sino a toccare un minimo negli ultimi mesi, mentre i prezzi degli altri cereali e della soia erano impegnati in una fase di ascesa che, ad esempio per il mais, era iniziata già dalla metà del 2020 per proseguire poi ininterrottamente. Negli ultimi mesi del 2021 tutti i prezzi agricoli hanno iniziato una fase ascendente, inclusa la soia che da metà dell'anno e fino a dicembre era rimasta stabile (fig.5). La fiammata inflazionistica mondiale si è mossa vigorosa in quel periodo e per le commodity agricole è proseguita nei primi mesi della guerra russo/ucraina raggiungendo nuovi massimi attorno a maggio del 2022 con il riso, il frumento tenero e duro e a giugno con la soia. Tutti i prezzi sono stati in ripresa agli inizi del 2023, con valori

inferiori ai massimi precedenti. Questa dinamica va vista nel quadro degli eventi che vanno oltre il solo ambito agricolo. Inizialmente ha prevalso l'effetto della ripresa economica dei mesi del 2021 fino alla fine dell'anno e che, insieme alla crescita dei prezzi di tutte le commodity incluse quelle energetiche, suscita i primi allarmi sul possibile ritorno dell'inflazione. Con l'inizio della guerra a febbraio 2022 gli energetici, seguiti poi anche dagli agricoli, salgono in fretta. La nuova spinta inflazionistica si estende all'insieme dei prezzi dei beni e dei servizi, mentre quelli agricoli a livello internazionale sono globalmente in discesa dal maggio 2022. L'effetto rialzista riappare per gli agricoli nell'ultimo trimestre per il traino dell'inflazione generale per poi rallentare e spegnersi con l'inizio del 2023. Le previsioni per l'anno 2023 indicano una parziale riduzione generale dell'inflazione che partirebbe da alcune commodity incluse quelle agricole e, fra queste, il riso e andamenti irregolari nel 2024.



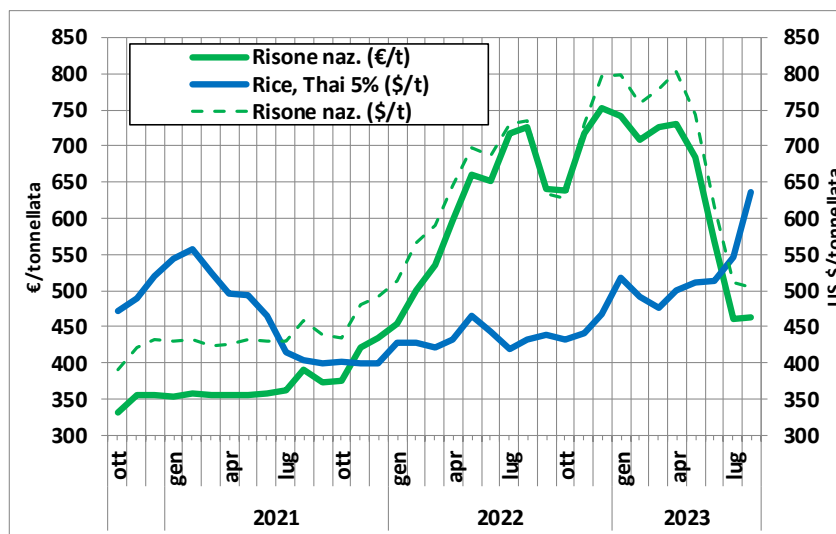
Fonte: elaborazioni Oecv-ESP su dati World Bank

Figura 5 - Andamento dei prezzi delle principali commodity agricole

Sul mercato italiano l'andamento delle quotazioni del riso è sostanzialmente allineato a quello dei mercati mondiali con dinamiche sostanzialmente omogenee. La domanda rimane prudente a fronte di un'offerta meno abbondante delle precedenti campagne e ancora da definire sulla base di un andamento meteo particolare.

Il confronto fra il prezzo del riso in Italia e sul mercato mondiale (fig. 6) è indicativo dello stretto collegamento esistente. Nel corso dell'intero 2020 il prezzo italiano rimane inferiore a quello mondiale pur manifestando un evidente collegamento nelle principali variazioni e nelle tendenze di fondo. Nel corso del 2021, a partire dal picco di febbraio, il prezzo mondiale inizia a scendere e prosegue nella tendenza ribassista fino ad agosto quando si colloca a 440 \$/t, risale poi nei mesi iniziali della nuova campagna e ancora dopo l'inizio della guerra in Ucraina insieme agli altri cereali sino a 464 \$/t a maggio per poi scendere attorno a 400 sino alla fine dell'anno. Nella dinamica del prezzo internazionale occorre tenere conto della crescita della quotazione del dollaro Usa nei confronti dell'euro che quindi si trasmette sui prezzi espressi in euro che salgono maggiormente. Se infatti consideriamo le quotazioni del riso italiano espresse in euro e in dollari si constata che il prezzo italiano in dollari gradualmente si allinea a quello in euro nella fase in cui il valore dell'euro inizia a risalire sino a recuperare la parità col dollaro

nel corso del 2022, un'ulteriore variabile di cui occorre tenere conto proprio per il fatto dell'elevata apertura del mercato risicolo nazionale.



Fonte: elaborazioni Oecv-ESP su dati World Bank e Ismea

Figura 6 - Andamento del prezzo internazionale e italiano del riso

## LE PROSPETTIVE ECONOMICHE DELLA RISICOLTURA ITALIANA

La risicoltura italiana, offre lo spunto a numerose riflessioni, alcune specifiche della sua situazione, altre che possono essere estese ad altri comparti del nostro sistema agricolo/alimentare. Il riso in Italia, in particolare nell'area in cui è maggiormente concentrata la coltura, costituisce un elemento portante dell'agricoltura ed è compreso fra le grandi colture del nostro Paese. Rispetto alla maggior parte di esse contribuisce all'attivo della bilancia degli scambi commerciali del comparto agricolo/alimentare e fa dell'Italia un Paese esportatore netto di riso. Nel contesto mondiale ha un ruolo particolare. L'Italia non è fra i grandi produttori, in genere localizzati in Asia e, in misura minore, nelle Americhe e in Africa e si colloca stabilmente fra il 35° e il 40° posto nella graduatoria mondiale, però è il principale produttore europeo con un apporto che, come si è visto, oscilla nel tempo fra il 50% ed il 60% del totale Ue, nonostante il fatto che sia aumentato il numero dei Paesi comunitari produttori di riso a seguito degli ampliamenti dell'Ue avvenuti nel tempo. Infine è compreso nelle prime dieci posizioni della graduatoria dei Paesi esportatori ed è il secondo fra i Paesi ad economia avanzata dopo gli Usa esportando un quantitativo di riso pari ad un quarto di quello Usa ma avendo una produzione che rappresenta fra un sesto e un settimo di quella Usa. Il riso esportato dall'Italia è mediamente quello che nella graduatoria mondiale ottiene il prezzo più elevato. La nostra posizione dunque suscita attenzione poiché se la nostra presenza nel contesto mondiale è senza dubbio modesta, tuttavia rappresentiamo un Paese con una buona posizione complessiva, come spesso avviene per il nostro comparto agricolo/alimentare a conferma della grande capacità di trasformazione che anima l'alimentare come gran parte dell'industria manifatturiera italiana.

Nel contesto mondiale tuttavia tale posizione risulta molto difficile da conservare e tale da richiedere una particolare attenzione da parte di tutti i componenti della filiera nonché delle politiche agrarie ed agroalimentari, europea e nazionale. Per conservare e rafforzare la sua posizione la nostra risicoltura dal suo interno ha compiuto e continua a compiere uno sforzo di rafforzamento della struttura produttiva, testimoniato dalla crescita delle

dimensioni produttive e dall'adeguamento delle tecniche produttive confermato dall'incremento costante di produttività derivante dall'immissione di tecnologia innovativa. Le stesse misure messe in atto dai produttori di fronte all'inattesa annata calda e siccitosa del 2022 e quelle predisposte nel 2023 in presenza di una stagione invernale anch'essa calda e con pochissime precipitazioni e poi da una stagione estiva calda con frequenti episodi di forti e violente precipitazioni, confermano volontà e capacità dei risicoltori italiani di contrastare eventi meteorologici di grande portata.

Sul piano generale, constatata la capacità di essere Paese trasformatore oltre che produttore di riso, in linea con la vocazione manifatturiera del Paese, occorre che le politiche attuate riescano a sostenere il comparto, incentivandolo attivamente. In questi anni tormentati dalle crisi che a raffica hanno colpito il Paese, da quella sanitaria a quella inflativa, occorre dare spazio a meccanismi di intervento e di sostegno legati allo sviluppo della produttività più che ad un assistenzialismo diffuso e privo di strategie di crescita. L'agricoltura e l'alimentare hanno dimostrato di poter reggere il peso delle crisi mondiali, ma mancano a tutt'oggi concreti segnali di stimolo specifico, mentre continuano ad emergere indicazioni a favore di un'economia agricola pauperistica, privata dell'accesso all'innovazione ed alle tecniche che consentono di incrementare la produttività. I passaggi verso un'economia ed una società più "verdi" paradossalmente sembrano non tenere conto della potenzialità di alcuni comparti come, in genere, l'intero agricolo/alimentare e nello specifico quello risicolo. Anche le iniziali affermazioni sulla cosiddetta sovranità alimentare in concreto sembrano dimenticare che l'obiettivo si consegue solo potenziando il comparto e non asfissandolo con provvedimenti normativi ispirati a criteri scientificamente inefficienti e a tecnologie obsolete o, addirittura, negative. L'unica soluzione possibile è quella dell'incremento di produttività indirizzato e guidato dall'adozione dell'innovazione scientifica e tecnologica oltre che organizzativa.

La lezione delle grandi crisi di questi anni è tutta racchiusa in questo concetto: prepararsi per tempo ad affrontare le crisi, prima che diventino emergenze.

In fondo è ciò che l'agricoltura, nei millenni della sua storia, ha sempre cercato di fare.





## PROBLEMATICHE ATTUALI DELL'INDUSTRIA RISIERA

*Mario Francese*

*Presidente dell'Associazione Industrie Risiere Italiane*

### **Riassunto**

L'industria risiera italiana è leader in Europa e necessita di una produzione risicola nazionale importante al fine di soddisfare i consumi in crescita in una UE comunque non autosufficiente. La problematica più attuale è la diminuzione di superficie coltivata a riso degli ultimi anni, aggravata di recente dai noti eventi siccitosi, che rischia di aumentare la dipendenza dall'import e di allontanare il consumatore dal riso italiano. Parallelamente, la produzione agricola rischia di essere pregiudicata da politiche comunitarie legate alla sostenibilità condivisibili negli intenti, ma per il momento ancora prive di concretezza per quanto riguarda le soluzioni in agricoltura. Nonostante le incertezze per il futuro, il riso italiano è attualmente molto apprezzato dai consumatori di tutto il mondo e vi sono garanzie del fatto che la filiera continuerà ad essere tutelata dal settore pubblico, vedi PAC, e dagli investimenti in ricerca del settore privato.

### **Abstract**

#### **Current issues of the rice industry**

The Italian rice industry is a leader in Europe and requires significant national rice production to meet the growing consumption within the EU, which is not self-sufficient in this regard. The most pressing issue currently is the decrease in cultivated rice acreage in recent years, exacerbated by the well-known drought events, which risks increasing dependence on imports and distancing consumers from Italian rice. Concurrently, agricultural production is at risk due to EU sustainability policies, which are commendable in intent but still lack concrete solutions for agriculture. Despite uncertainties for the future, Italian rice is currently highly appreciated by consumers worldwide, and there are assurances that the supply chain will continue to be safeguarded by the public sector, such as the Common Agricultural Policy (CAP), and by private sector research investments.

Prima di entrare nel dettaglio di quelle che sono le problematiche, o per definirle con prospettiva, le sfide che l'industria nazionale si trova a dover affrontare per il prossimo futuro, è opportuno contestualizzare in breve la nostra realtà; in passato e per molti anni, l'industria risiera italiana è stata fornitrice di commodity, vendendo gran parte della propria produzione allo stadio di semigreggio o di riso lavorato alle industrie del nord Europa. Nell'ultimo ventennio, grazie ad ingenti investimenti, l'industria nazionale si è trasformata in vera e propria industria alimentare, con una capillare organizzazione di vendita capace di arrivare direttamente alla distribuzione organizzata di tutta Europa e oltre. Oggi l'industria nazionale colloca il 38% della sua produzione nel nostro Paese, il 47% in Europa e il 15% nel resto del mondo.

La filiera risicola italiana detiene la leadership del mercato comunitario, con una produzione interna di materia prima che vale più del 50% dell'intera produzione europea; le industrie risiere svolgono la propria attività a due passi dalle risaie, acquistando e lavorando tutto il risone coltivato in Italia e disponendo di impianti atti a vagliare i grani di riso uno ad uno, linee di confezionamento diversificate e sistemi di ultima generazione per la prevenzione delle infestazioni.

Gli ambiziosi investimenti fatti dalla filiera negli ultimi anni, trovano riscontro in un forte aumento dei consumi: si pensi che in Italia, dal 2012 al 2022, sono cresciuti del 34% e continuano a venire soddisfatti quasi esclusivamente con prodotto nazionale. Parallelamente e nello stesso periodo il consumo in Europa è aumentato circa del 20%.

Quali le ragioni? Non solo le valenze salutiste del prodotto, la diversificazione, i consumi etnici, i flussi migratori con ampie fasce di forti consumatori, il crescente utilizzo del riso

come ingrediente principale per la trasformazione industriale, ma anche la capacità della filiera di valorizzare il proprio *Made in Italy* in molteplici canali distributivi e di stare al passo con requisiti di qualità e sicurezza alimentare tra i più stringenti al mondo.

A fronte dell'aumento dei consumi, le superfici in Italia sono calate dal 2011 ad oggi di quasi 30.000 ettari; per soddisfare il consumo in crescita e mantenere le proprie quote di mercato, le industrie devono ricorrere al prodotto di importazione. La produzione in flessione e i consumi in aumento restituiscono la visione di una UE con tasso di autoapprovvigionamento al 60%. Viviamo un mercato di forte domanda, con spazi che potrebbero essere coperti da riso nazionale e di cui la filiera italiana non si è ancora avvantaggiata. Continuare a credere nel riso, tornando a superfici coltivate fino a 250.000 ettari per soddisfare sempre più consumatori con il nostro prodotto è una sfida per la filiera tutta; mantenere un adeguato equilibrio tra la produzione nazionale e le importazioni, una necessità per preservare la nostra leadership commerciale e non cedere ad altri le nostre quote di mercato.

Gravi ripercussioni sulla produzione e quindi sull'autosufficienza alimentare dell'Unione Europea, potrebbero sorgere anche qualora le istituzioni comunitarie non fornissero degli strumenti adeguati all'agricoltura per raggiungere gli obiettivi ambiziosi fissati con il Green Deal; la filiera dovrà lavorare al fianco del mondo della ricerca perché la strategia europea, condivisibile nei principi e negli intenti, ma ancora poco sviluppata sotto il profilo delle soluzioni, non si traduca in una perdita di produzione con conseguente maggiore dipendenza dall'estero. Sotto questo profilo, crediamo che un approccio scientifico moderno alle nuove tecniche di breeding, potrebbe compendiare adeguatamente il tema della produttività con quello della sostenibilità.

Impossibile infine non menzionare il tema della carenza idrica, che nel 2022 ha colpito duramente il nostro settore. Partendo dal presupposto che produzione risicola è fondamentale per la salvaguardia della biodiversità delle zone umide e che la risicoltura svolge un ruolo non di consumo ma di conservazione della risorsa idrica che viene in gran parte riversata nella falda, il dialogo e il coordinamento tra enti consortili devono essere volti a preservare la risicoltura nazionale tutta senza pregiudicare l'una o l'altra zona territoriale; la filiera risicola italiana rappresenta un sistema economico integrato in cui agricoltura e industria sono interdipendenti e un calo produttivo agricolo pregiudicherebbe l'intero indotto economico che è fortemente concentrato in sole quattro province tra Piemonte e Lombardia.

Tutto ciò premesso e nonostante le sfide per il futuro siano complesse, crediamo che il riso italiano abbia grandi prospettive, che trovano conferma non solo nel trend dei consumi di riso e dei prodotti derivati, ma anche nell'attenzione che le istituzioni da sempre riservano al settore, lavorando, come nel contesto della nuova PAC, a politiche di supporto che non hanno eguali al confronto con le colture concorrenti. In questo contesto la strategia dell'industria è quella di soddisfare, sia con i risi tradizionali, sia con i nuovi prodotti, i consumatori storici di riso italiano; ma anche di conquistarne dei nuovi, con una visione che presuppone una risicoltura in sviluppo.

## **BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE**

Nuove Sfide per la risicoltura italiana (16 12 2022) Studio a cura di Ersilia di Tullio, Nomisma  
Elaborazione dati FAO-OECD, Eurostat, ISTAT, ISMEA  
Bilanci di collocamento Ente Nazionale Risi (2010-2022)  
Rice Market presentations DG AGRI (2010-2022)  
Analisi economiche e studi a cura dell'Associazione Industrie Risiere Italiane

# VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE IN RISICOLTURA

*Michele Zoli, Jacopo Bacenetti*

*Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali. Università degli Studi di Milano*

## **Riassunto**

La risicoltura è una delle coltivazioni più rilevanti in termini di impatto ambientale a causa della peculiare gestione idrica che la caratterizza e delle esigenze della coltura sia in termini di prodotti per la difesa che di adeguati apporti di nutrienti. Per l'identificazione di tecniche a minor impatto ambientale occorrono metodologie di valutazioni accettate e consolidate. Tra queste il *Life Cycle Assessment* (LCA) è la più applicata poiché consente di valutare tutti i potenziali impatti sull'ambiente. In questo contributo vengono presentati i risultati di due applicazioni del LCA alla risicoltura. Nel dettaglio, tramite il LCA, sono stati quantificati i benefici ambientali derivanti dall'introduzione di una asciutta aggiuntiva in fase di levata nonché quelli legati all'adozione della fertilizzazione a rateo variabile.

## **Abstract**

### **Assessment of environmental sustainability in rice cultivation**

Rice cultivation is one of the most significant crops in terms of environmental impact due to the peculiar water management as well as to the request of fertilisers and pesticides. To identify cultivation practices with a lower environmental impact, accepted and consolidated evaluation methodologies are needed. Among these, the Life Cycle Assessment (LCA) is the most applied as it allows the evaluation of all potential impacts on the environment related to the crop cultivation. This contribution presents the results of two applications of LCA to rice cultivation. In detail, through the LCA, the environmental benefits deriving from the introduction of an additional drying as well as those linked to the adoption of variable rate fertilization were quantified.

## **INTRODUZIONE**

La risicoltura italiana è uno dei sistemi di coltivazione più rilevanti in termini di impatto ambientale a causa della peculiare gestione idrica che la caratterizza e delle esigenze della coltura sia in termini di prodotti per la difesa che di adeguati apporti di nutrienti. Per entrambi questi aspetti è però possibile intervenire efficacemente salvaguardando sia i risultati produttivi che minimizzando l'impatto sull'ambiente.

La coltivazione in sommersione, con la conseguente condizione di anaerobiosi del terreno, comporta l'emissione di quantità notevoli di metano che, essendo un potente gas serra, concorre all'aumento del riscaldamento globale. Studi recenti condotti in Italia, nello specifico in Lomellina hanno evidenziato come le emissioni di metano siano responsabili di una quota pari al 40-55% dell'impatto complessivo della risicoltura in termini di riscaldamento globale (impronta di carbonio). Le emissioni di metano possono essere ridotte attraverso una gestione della sommersione che preveda un aumento del numero di asciutte: sistemi di irrigazione alternativi che limitano la presenza di uno strato d'acqua permanente in campo, possono essere efficaci nel migliorare la diffusione di O<sub>2</sub> nel suolo, mitigando così la produzione di CH<sub>4</sub>. Al contempo attraverso la gestione idrica della risaia è possibile influenzare l'assorbimento di As e Cd da parte delle piante di riso.

Parallelamente, un aspetto su cui la ricerca (e l'industria) hanno fatto grandi passi in avanti riguarda il supporto alla fertilizzazione e alla difesa della coltura tramite applicazioni *smart*, ovvero sistemi basati sull'integrazione di diverse tecnologie digitali. Relativamente alla concimazione, un approccio promettente per formulare diagnosi quantitative e spazialmente distribuite a rateo variabile dell'apporto azotato si basa sull'uso combinato di informazioni di telerilevamento e di qualche misurazione a terra guidata da satellite, per derivare mappe dell'indice dello stato nutrizionale di una coltura,

ovvero l'NNI (*Nitrogen Nutritional Index*). Se i valori ricavati sono inferiori a uno, c'è uno stress della coltura; se viceversa l'NNI è maggiore dell'unità, si verifica il cosiddetto "consumo di lusso".

Per l'analisi e lo studio della sostenibilità ambientale, la metodologia del *Life Cycle Assessment* è oramai quella di riferimento. Questo metodo, definito da due standard ISO (ISO 14040 e 14044), è l'approccio di valutazione più utilizzato per la valutazione dell'impatto ambientale di un prodotto o processo e consente di convertire la quantità di fattori produttivi consumati e le emissioni nell'ambiente in un numero limitato di indicatori di impatto ambientale, come, ad esempio, l'impronta di carbonio. Nel seguito vengono riportati i risultati di due studi LCA relativi alla risicoltura. Nel primo, realizzato all'interno del progetto BESTsomeRICE, finanziato dal GAL Risorse Lomellina, sono state confrontate diverse gestioni irrigue e, nel dettaglio, oltre a una gestione convenzionale è stata valutata anche una gestione alternativa che prevedeva una asciutta aggiuntiva. Nel secondo invece sono stati valutati i benefici derivanti dall'applicazione della fertilizzazione a rateo variabile gestita tramite l'impiego di una applicazione per *smartphone*.

### GESTIONE DELLA SOMMERSIONE

Nel dettaglio, attraverso la valutazione LCA, è stato valutato l'impatto ambientale della coltivazione di riso (varietà Carnaroli e Caravaggio) considerando due diverse gestioni della sommersione: una gestione tradizionale (controllo) e una gestione alternativa (trattato), caratterizzata dall'introduzione di una asciutta aggiuntiva durante il ciclo di coltivazione. L'asciutta aggiuntiva avviene durante la levata ma prima della botticella. Studi precedentemente condotti, infatti, hanno dimostrato come questo momento sia il migliore per diminuire l'assorbimento di arsenico limitando l'aumento del cadmio.

Sono state condotte prove sperimentali preliminari in tre diverse aziende della Lomellina. Nelle prove ciascuna varietà è stata coltivata, in due campi attigui, con la stessa tecnica colturale, variando solamente la gestione idrica. Nell'azienda 1 è stata analizzata la varietà Carnaroli, nell'azienda 2 sia il Carnaroli che il Caravaggio e nell'azienda 3 solo il Caravaggio.

Per lo studio LCA, 1 tonnellata di risone all'umidità commerciale (14%) è stata scelta come unità di riferimento per la quantificazione dell'impatto ambientale mentre le fasi del ciclo produttivo considerate sono quelle che vanno dalla lavorazione del terreno fino all'essiccazione del risone. A titolo di esempio in Figura 1 è riportata la schematizzazione della tecnica colturale per il Caravaggio nell'azienda 2.

Attraverso visite in azienda e prove di campo sono state raccolte le informazioni riguardo la tecnica colturale e le rese dei singoli appezzamenti (figura 2) mentre sono state stimate le emissioni di metano e quelle di composti azotati e fosfatici legate principalmente alla fertilizzazione. In particolare, le emissioni di metano sono state stimate seguendo la metodologia suggerita dall'IPCC, l'agenzia dell'ONU che si occupa di cambiamenti climatici, considerando la quantità e la tipologia di fertilizzanti organici e paglia interrati, il numero di asciutte e la durata della sommersione.

In 3 casi su 4, le rese non sono influenzate dall'applicazione del protocollo alternativo. Modesti incrementi della resa sono stati osservati nell'azienda 1, per il Carnaroli e nell'azienda 3, per il Caravaggio (rispettivamente, +1,3% e +3,1%), mentre una diminuzione del 4,9% è stata riscontrata nell'azienda 2, per il Caravaggio. L'unica eccezione è stata nell'azienda 2, dove il Carnaroli ha evidenziato, nel trattato un calo della resa del 18,8% rispetto al controllo principalmente a causa dalla presenza di numerose infestanti.

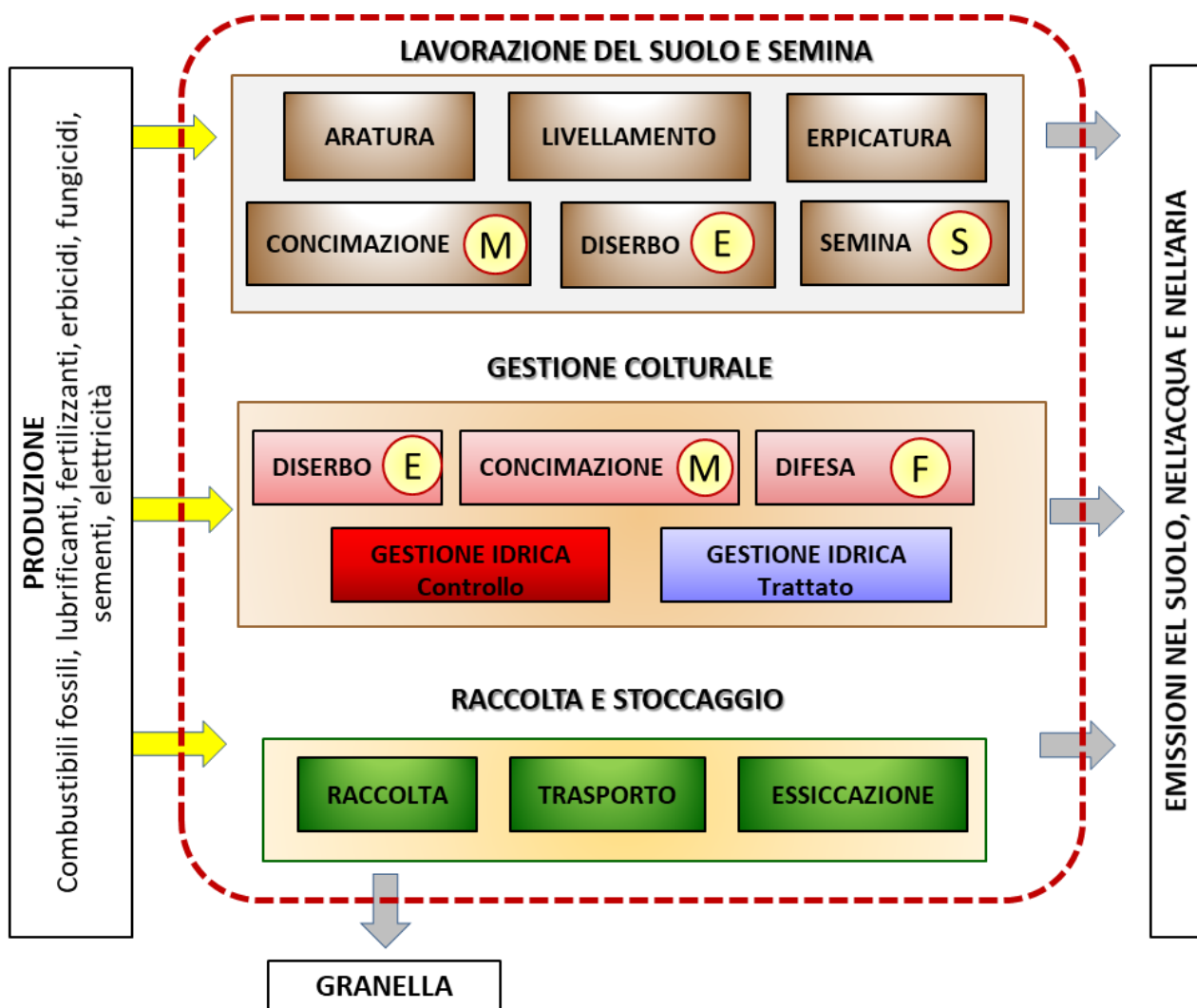


Figura 1: Schematizzazione del processo analizzato. M: concime minerale; E: erbicida; S: semente; F: fungicida.

Tabella 1: Rese produttive dei campi sperimentali

Azienda	Varietà	Tattamento	Resa al 14% di umidità (FU) (t/ha)	Diff. % trattato/controllo
Az. 1	Carnaroli	Controllo	6,90	+ 1,3%
		Trattato	6,99	
Az. 2	Carnaroli	Controllo	5,21	- 18,8%
		Trattato	4,23	
Az. 2	Caravaggio	Controllo	6,65	- 4,9 %
		Trattato	6,32	
Az. 3	Caravaggio	Controllo	6,38	+ 3,1%
		Trattato	6,58	

### Risultati ambientali

I risultati per 12 potenziali effetti sull'ambiente valutati sono riportati in tabella 2. Per ogni impatto, i valori più alti sono caratterizzati dalla colorazione rossa mentre, man mano che l'impatto si riduce, la colorazione si sposta all'arancione-giallo e poi al verde per le soluzioni che presentano i migliori risultati.

Tabella 2: Impatto per 1 tonnellata di risone all'umidità commerciale per il controllo (C) e il trattato (T) in cui è praticata una asciutta supplementare

Impatto ambientale	Unità	Azienda 1 Carnaroli		Azienda 2 Carnaroli		Azienda 2 Caravaggio		Azienda 3 Caravaggio	
		C	T	C	T	C	T	C	T
Cambiamento climatico (CC)	kg CO2 eq	944	743	1659	1187	1373	940	890	781
Assottigliamento strato di ozono (OD)	mg CFC-11 eq	44,97	41,31	48,93	56,22	42,55	44,46	35,30	32,07
Tossicità umana-effetti non cancerogeni (HT-noc)	CTUh/1000	0,208	0,199	0,170	0,202	0,173	0,182	0,154	0,145
Tossicità umana-effetti cancerogeni (HT-c)	CTUh/1000	0,019	0,017	0,018	0,021	0,013	0,014	0,014	0,013
Formazione di particolato (PM)	kg PM2.5 eq	0,389	0,373	0,446	0,422	0,352	0,365	0,648	0,618
Formazione di smog (POF)	kg NMVOC eq	2,788	2,626	2,759	2,931	2,802	2,744	2,137	2,019
Acidificazione (A)	molc H+ eq	9,64	9,18	15,32	13,29	9,59	9,84	23,27	22,23
Eutrofizzazione terrestre (TE)	molc N eq	40,23	38,46	66,89	57,66	41,83	42,93	102,69	98,26
Eutrofizzazione acque dolci (FE)	kg P eq	0,146	0,140	0,142	0,198	0,106	0,111	0,112	0,105
Eutrofizzazione marina (ME)	kg N eq	8,054	7,815	7,478	6,800	7,421	7,689	9,801	9,387
Ecotossicità delle acque dolci (FEx)	CTUe	4139	4000	3434	4091	3112	3266	2646	2505
Consumo risorse abiotiche (MFRD)	g Sb eq	14,27	13,94	8,02	9,58	7,88	8,27	6,59	6,28

Il Caravaggio coltivato nell'azienda 3, sia per la coltivazione tradizionale che per quella con l'asciutta aggiuntiva, è la varietà che presenta i risultati migliori, ad eccezione che per quegli impatti (formazione di polveri sottili, acidificazione del suolo e eutrofizzazione terrestre e marina). Per questi effetti sull'ambiente, l'impatto è alto a causa delle emissioni dovute all'utilizzo dei fertilizzanti; infatti, questa azienda, è stata quella in cui è stata usata la maggior quantità di fertilizzanti azotati.

Le figure 2 e 3 riportano il confronto tra controllo e trattato per tutti i casi analizzati. L'impronta di carbonio varia da 743 kg CO<sub>2</sub> eq nella migliore delle ipotesi, a 1659 nella peggiore. In generale, dai risultati ottenuti, non è possibile distinguere quale sia la varietà

a minor impatto; tuttavia, è evidente come l'aggiunta dell'asciutta consenta una sensibile riduzione del CC.

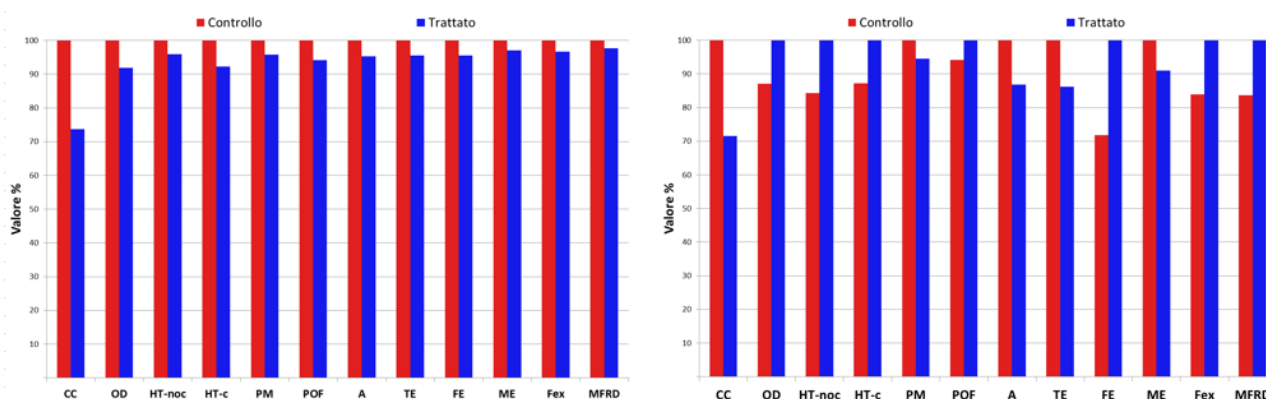


Figura 2: Confronto delle performance ambientali del Carnaroli nell'azienda 1 (a sinistra) e dell'azienda 2 (a destra)

I risultati evidenziano come l'aggiunta di una asciutta aggiuntiva durante la fase della levata della coltura sia un'efficace strategia per mitigare l'impronta di carbonio della risicoltura, senza compromettere quantitativamente e qualitativamente la produzione. Inoltre, la gestione alternativa della sommersione consente di diminuire il contenuto di As nel risone mantenendo il contenuto di Cd ben al di sotto dei limiti di legge. Le prove previste dal progetto consentiranno di rafforzare le indicazioni promettenti ottenute fino ad ora.

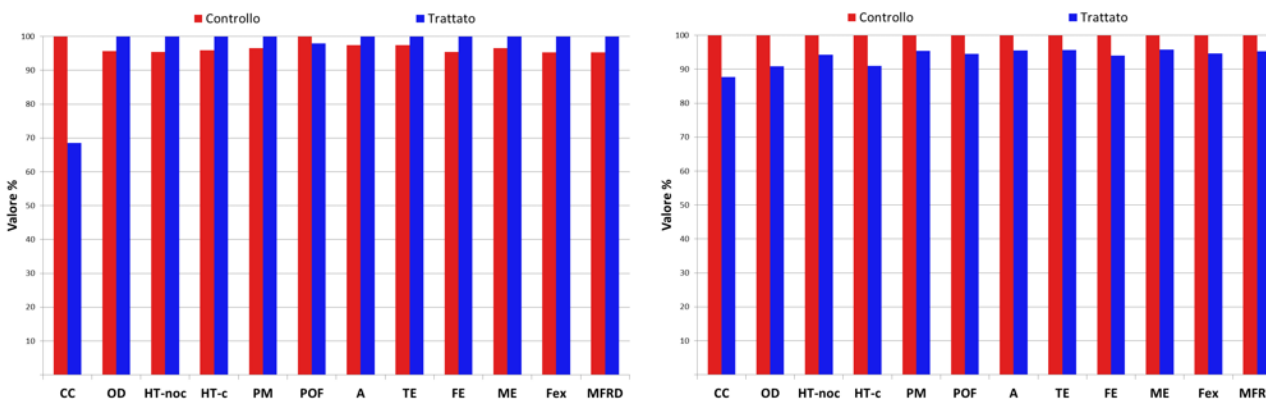


Figura 3: Confronto delle performance ambientali del Caravaggio nell'azienda 2 e dell'azienda 3.

Per quanto riguarda gli altri effetti ambientali, le variazioni sono legate principalmente alla variazione di resa. Occorre infatti ricordare che il metano causa impatti solo per l'impronta di carbonio e per la formazione di smog (POF). Nel caso del Carnaroli nell'azienda 2, il sensibile calo produttivo causa un non trascurabile aumento di impatto per OD (+13%), HT-noc (+16%), HT-c (+13%), POF (+6%), FE (+28%), FEx (16%) e MFRD (+16%). È interessante però notare come nel Carnaroli nell'azienda 1 e nel Caravaggio nell'azienda 3 la soluzione con una asciutta aggiuntiva consenta di ridurre non solo l'impronta di carbonio ma anche tutti gli altri impatti ambientali.

## FERTILIZZAZIONE A RATEO VARIABILE TRAMITE SMART-APP

Come detto in precedenza, l'applicazione della metodologia LCA ha riguardato anche le due diverse tecniche di coltivazione che si differenziano sulla base della gestione della fertilizzazione. In un caso la fertilizzazione è condotta dal risicoltore senza nessun supporto mentre nel secondo caso la fertilizzazione è a rateo variabile e le indicazioni riguardo lo stato nutrizionale derivano dall'applicazione PocketNNI sviluppata da Cassandra Lab dell'Università degli Studi di Milano (<https://www.cassandralab.com/>).

PocketNNI è un software per *smartphone* che, a partire da dati telerilevati, consente di supportare la concimazione azotata, applicata nell'occasione su riso. Il funzionamento dell'app si basa sul processamento delle più recenti mappe satellitari disponibili tramite Sentinel 2, dell'indice NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e dell'NDRE (*Normalized Difference Red Edge*). Queste mappe permettono l'individuazione di pochi punti (*smart scouting*) che siano però in grado di evidenziare in modo soddisfacente la variabilità all'interno dell'appezzamento, con l'obiettivo di stimare il contenuto di azoto (PNC, *Plant Nitrogen Concentration*, concentrazione di azoto nelle piante) e del LAI (*Leaf Area Index*, indice di area fogliare) della coltura dei punti individuati nel passaggio. Si definiscono poi le relazioni tra le misure di PNC ed i valori di NDRE nei pixel corrispondenti ai punti di misura, nonché le connessioni analoghe tra LAI e NDVI. Con successivi passaggi, si arriva infine alla definizione dell'NNI, come rapporto tra PNC e Ncrit (*Critical Plant Nitrogen Concentration*, concentrazione critica di azoto nelle piante).

L'app PocketNNI è utile a fini diagnostici, per fornire direttamente l'NNI come output, integrando in modo completamente automatizzato misure a terra e immagini satellitari, senza la necessità di strumenti dedicati e senza dover esportare e analizzare i dati in ambienti esterni, in modo da svincolarsi dalla creazione di mappe di stato nutrizionale, con importanti vantaggi in termini di economicità e tempestività dell'analisi. Le informazioni fornite sono di facile interpretazione, per un fattivo superamento della maggior parte delle barriere che limitano l'adozione di tecniche di agricoltura di precisione in contesti prettamente operativi.

Una delle prove sperimentali di validazione dell'app è stata svolta in un appezzamento di 2 ha sito in provincia di Milano, secondo la pratica di sommersione, comunemente adottata nel distretto. Sono state applicate due diverse strategie di concimazione azotata con urea, ognuna su metà dell'appezzamento: la prima (denominata "Basic Scenario", BS, scenario base) di tipo tradizionale, attuata senza differenziazione spaziale e secondo le esigenze colturali percepite dall'agricoltore; la seconda ("Alternative Scenario", AS, scenario alternativo), con uso dell'app PocketNNI.

I dati satellitari sono stati raggruppati in 5 classi, ovvero stress severo ( $NNI < 0,7$ ), stress leggero ( $0,7 \leq NNI < 0,9$ ); neutro ( $0,9 \leq NNI \leq 1,1$ ); consumo di lusso leggero ( $1,1 < NNI \leq 1,3$ ); (v) consumo di lusso marcato ( $NNI > 1,3$ ) in modo da derivare una mappa di prescrizione, per suggerire la più corretta dose di azoto da distribuire nei diversi punti dell'appezzamento.

Nel dettaglio, la diagnosi in tempo reale dello stato nutrizionale dell'azoto con l'uso combinato di PocketNNI e dei dati satellitari ha permesso di catturare la variabilità spaziale dell'NNI, con la conseguente distribuzione a rateo variabile. A fronte di dosi medie applicate di urea molto simili, le rese sono risultate significativamente differenti, con aumento in risone di ben il 12,8% nello scenario alternativo. Ciò ha oltremodo protetto sia dallo stress da azoto (con potenziale diminuzione della resa) che il consumo di lusso (che comporta una maggior vulnerabilità ad allettamento e una tendenza ad infezioni fungine).



I dati presentati sono riferiti a 1 t di risone all'umidità commerciale (14%), considerando tutte le fasi del ciclo produttivo, dalla lavorazione del terreno fino all'essiccazione del risone, escludendo quindi la lavorazione e il confezionamento del riso (fasi, peraltro, che non sono direttamente influenzate dalla concimazione).

Le informazioni riguardo al consumo dei fattori produttivi (sementi, fitofarmaci, fertilizzanti, gasolio ed energia), nonché all'impiego di trattori e attrezzature, sono state rilevate tramite sopralluoghi di campo. Le emissioni di metano e quelle correlate alla fertilizzazione (ad esempio lisciviazione dei nitrati, volatilizzazione dell'ammoniaca) sono state stimate secondo i modelli proposti dell'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*).

Tabella 3 - Dosi di fertilizzante azotato applicato e relative rese all'umidità commerciale del 14% nei due scenari indagati.

Parametro	Scenario Base	Scenario Alternativo
Dose di urea, kg/ha	153	156
Resa, t/ha	6,85	7,73

### Risultati ambientali

Convenzionalmente, per ogni effetto sull'ambiente valutato lo scenario peggiore è posto pari al 100%, mentre l'altro è proporzionalmente scalato. Nella sperimentazione svolta, lo scenario alternativo della concimazione eseguita con il supporto dell'app PocketNNI mostra sempre un impatto più basso, con riduzioni che variano tra il 10% circa (per l'assottigliamento dello strato di ozono) fino al 13-14% per l'acidificazione, le eutrofizzazioni e il consumo di risorse minerali e fossili. Il miglioramento della sostenibilità ambientale è da attribuire sia alla maggiore resa che alla maggiore efficienza della concimazione azotata: infatti, l'utilizzo dell'app PocketNNI ha ottimizzato la quantità di N distribuito per chilogrammo di risone prodotto, riducendo, al tempo stesso, la quantità persa per lisciviazione e/o volatilizzazione.

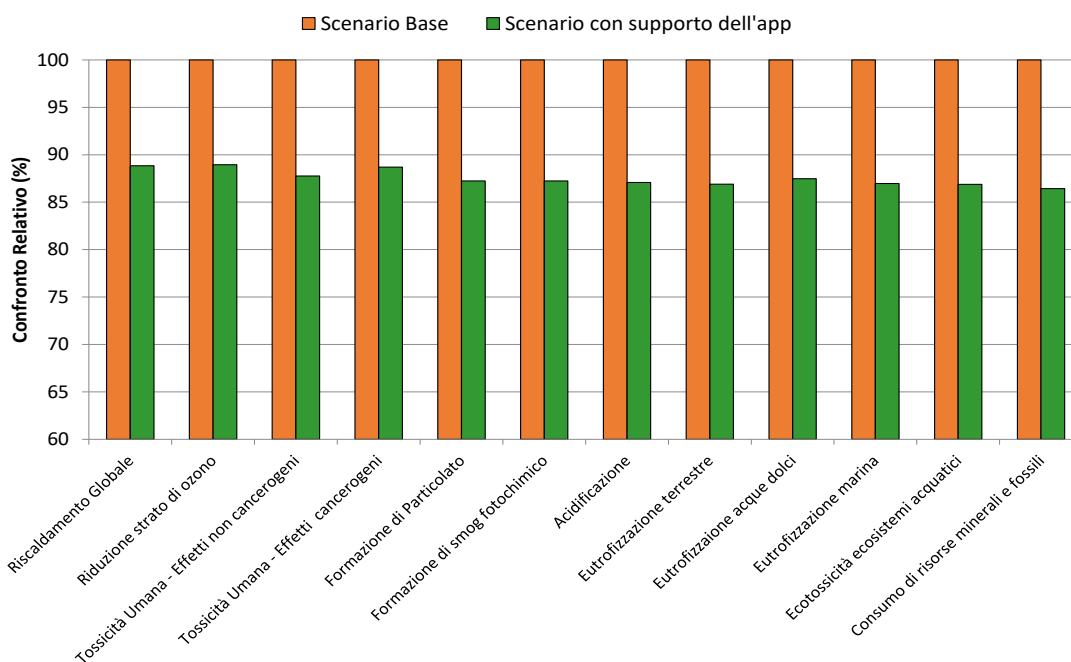


Figura 4 - Confronto tra l'impatto ambientale dei due scenari, base e alternativo.

Più in generale, la riduzione del consumo di concimi minerali comporta un doppio beneficio ambientale, poiché diminuisce la loro produzione (che è fortemente energivora) e al contempo riduce l'emissione di inquinanti come l'ammoniaca, i nitrati e, anche se in misura minore, di protossido di azoto. Dal punto di vista ambientale, i benefici riguardano quindi soprattutto la diminuzione dell'acidificazione e dell'eutrofizzazione.

Per ciò che concerne la sostenibilità economica, la soluzione illustrata presenta benefici sia diretti (maggiore produttività per unità di azoto distribuito) che indiretti (minore rischio di perdite dovute a patologie e allettamento), a fronte di un incremento di spesa trascurabile (5 euro/ha anno).

Sebbene la sperimentazione sia stata svolta per una sola campagna di coltivazione, i risultati raggiunti sono promettenti e confermano quanto ottenuto in indagini simili, dove il medesimo riferimento (l'NNI) era stato calcolato tramite strumentazione per la stima di PNC e LAI, con un'integrazione manuale in ambiente esterno di dati raccolti a terra e per mezzo di immagini satellitari.

## CONCLUSIONI

La ricerca di pratiche colturali volte alla riduzione dell'impronta di carbonio è in continua evoluzione e deve considerare che, talvolta, tecniche promettenti come quella della minima lavorazione possono essere limitate da scelte normative come quella che ha vietato l'impiego di alcuni diserbanti perché particolarmente dannosi per altri aspetti (es. tutela della biodiversità). In ogni caso, ogni tecnica alternativa di gestione della coltura deve essere valutata al fine di determinare appieno le conseguenze sull'ambiente al fine di evitare che la riduzione di un impatto causi l'incremento di altri. In questo contesto, l'applicazione dell'approccio di analisi del ciclo di vita (LCA) anche per una coltura tradizionale e oramai "secolare" come il riso è importante perché consente di guidare lo sviluppo della tecnica di coltivazione verso soluzioni più sostenibili.

# INTENSIFICAZIONE SOSTENIBILE DELLA PRODUZIONE DEL RISO A RESIDUO ZERO

Aldo Ferrero

*Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari - Università degli Studi di Torino*

## Riassunto

L'intensificazione sostenibile della produzione del riso a residuo zero è un sistema avanzato di produzione integrata a ridotto impatto ambientale, volto ad ottenere elevati livelli produttivi, garantendo l'assenza di residui di prodotti fitosanitari nella granella prodotta, così come previsto per gli alimenti ottenuti nella produzione biologica (< 0,01 mg/kg).

Gli aspetti che nella produzione sostenibile del riso a residuo zero sono da tenere in considerazione sono strettamente legati alle scelte e alle pratiche colturali adottate nelle diverse fasi del ciclo colturale, dall'epoca e tipo di lavorazione del terreno alla scelta varietale, dai sistemi di gestione dell'acqua e degli argini alla programmazione degli interventi di difesa, fino alle modalità di stoccaggio della granella prodotta.

Assumono particolare importanza:

- per l'ottenimento del residuo zero: le pratiche agronomiche che consentono di limitare lo sviluppo delle malerbe nella coltura quali la semina di colture da sovescio, l'adozione della sommersione invernale, della falsa semina e di una opportuna gestione dell'acqua; l'impiego di varietà in grado di tollerare naturalmente le malattie fungine, in particolare il brusone;
- per il contenimento del rischio di contaminazione delle acque superficiali e profonde: la riduzione di impiego dei prodotti fitosanitari; la ritardata apertura delle bocchette di uscita dell'acqua, dopo l'impiego dei prodotti fitosanitari;
- per la riduzione delle emissioni di metano: l'incorporamento in autunno dei residui colturali; la sommersione invernale e le asciutte;
- per la tutela della fauna: l'inerbimento di alcuni argini e limitazione degli sfalci; la permanente presenza dell'acqua in alcuni fossi.

## Abstract

### **Sustainable intensification of zero residue rice production**

Sustainable intensification of zero-residue rice production, is an advanced integrated production system with a reduced environmental impact, aimed at achieving high production levels, guaranteeing the absence of pesticides residues in the grain produced, as established for foodstuffs obtained in organic production (< 0.01 mg/kg).

The aspects that must be taken into consideration in the sustainable production of zero residue rice are closely linked to the choices and cultivation practices adopted in the various periods of the cultivation cycle, from the time and type of soil tillage to the choice of variety, from water and levee management systems to the programming of protection interventions, and the way in which the grain produced is stored.

Of particular importance are:

- for the achievement of zero residue: agronomic practices that make it possible to limit the development of weeds in the crop such as sowing green manure crops, the adoption of flooding, false sowing and appropriate water management; the use of varieties that can naturally tolerate fungal diseases, especially rice blast;
- for the containment of the risk of surface and deep-water contamination: the reduction of the pesticide use; the delayed opening of water floodgates after the use of pesticides;
- for the reduction of methane emissions: the incorporation in autumn of crop residues; winter flooding and period and duration of dry soil;
- for the protection of fauna: the grassing of some levee and reduction of mowing; the permanent presence of water in some ditches.

## PREMESSA

La coltivazione italiana del riso ha una notevole rilevanza strategica, non soltanto per il nostro Paese, ma anche per l'intera Unione Europea a cui è destinata circa la metà della produzione italiana. A livello nazionale oltre ad assicurare la totale autosufficienza della derrata, nel caso di scenari particolarmente critici dal punto di vista alimentare, legati, ad esempio, ad imprevedibili eventi geopolitici, quali quelli che stanno investendo il nostro continente, potrebbe con l'eccedenza produttiva, fornire un'importante alternativa ad altri fondamentali prodotti amidacei (ad es. il frumento), nel caso di una loro insufficiente disponibilità. In queste condizioni si ritiene fondamentale mettere in atto strategie volte a salvaguardare l'eccellenza della risicoltura italiana attraverso:

- l'intensificazione colturale per garantire la produttività e la vitalità economica delle aziende;
- la garanzia delle caratteristiche qualitative e sanitarie delle produzioni;
- la riduzione dell'impatto delle pratiche agricole sulla qualità dell'ambiente.

In questo quadro si inserisce l'intensificazione sostenibile della produzione del riso a residuo zero, una forma di produzione agricola che, permettendo il raggiungimento di elevati livelli produttivi, consente di garantire l'assenza di residui di prodotti fitosanitari, convenzionalmente riferita al valore soglia di 0,01 mg/kg, così come previsto per gli alimenti ottenuti con la coltivazione biologica.

Gli aspetti che nella produzione sostenibile del riso a residuo zero sono maggiormente da tenere in considerazione sono strettamente legati alle scelte agronomiche adottate nelle diverse fasi del ciclo colturale, dalla lavorazione del terreno alla scelta varietale, dalla gestione dell'acqua alla programmazione degli interventi di difesa, fino alle modalità di stoccaggio della granella prodotta.

Alcune di queste pratiche, pur finalizzate all'innalzamento dei livelli di produzione, mirano prevalentemente all'obiettivo di evitare la presenza dei residui dei prodotti fitosanitari nella granella, altre, invece, hanno prevalentemente la funzione di contenere l'impatto sull'ambiente delle tecniche e dei mezzi produttivi utilizzati (Tabella 1).

## COLTURE DA SOVESCIO

La semina di specie a rapido insediamento in autunno dopo la raccolta della precedente coltura, da interrare in primavera prima della semina del riso consente:

- di contenere la crescita di piante spontanee che potrebbero svilupparsi nel riso, in successione;
- di migliorare la fertilità del terreno;
- di limitare la lisciviazione dei nutrienti, mettendo a disposizione della stessa coltura, dopo il loro interrimento, una significativa quantità di nutrienti azotati.

Sono per questo impiego da preferire leguminose quali ad esempio la veccia vellutata (*Vicia villosa*) per la sua adattabilità all'ambiente di risaia e la capacità di fissare l'azoto atmosferico. Nelle ordinarie condizioni ambientali delle risaie, l'interramento della veccia consente di fornire almeno 70 kg/ha di azoto (Grignani *et al.*, 1997). Con il sovescio di colture intercalari è preferibile adottare, ove possibile, la semina in asciutta, allo scopo di favorire la degradazione della sostanza organica in condizioni di aerobiosi e limitare la produzione di metano durante la successiva fase di sommersione della risaia (Peyron *et al.*, 2016).

Tabella 1. Ruolo di alcuni interventi agronomici nell'ottenimento del residuo zero e nella riduzione dell'impatto ambientale

Intervento	Scopo	Ruolo	
		Residuo 0	Ambientale
Colture da sovescio	Aumento contenuto sostanza organica nel terreno. Contenimento sviluppo malerbe Contenimento lisciviazione nutrienti	Elevato	Elevato
Sommersione invernale	Accumulo acqua nel terreno. Miglioramento presenza fauna acquatica. Contenimento sviluppo malerbe. Riduzione emissione gas serra.	Elevato	Elevato
Livellamento terreno	Mantenimento livello uniforme di acqua nelle camere di risaia.	Medio	Medio
Aratura/erpature	Preparazione del letto di semina. Contenimento sviluppo malerbe.	Elevato	Elevato
Scelta della varietà	Elevata produttività potenziale Rapido ed ottimale insediamento della coltura Elevata tolleranza alle malattie fungine (brusone)	Elevato	Elevato
Semina (in acqua o interrata)	Rapido ed ottimale insediamento della coltura Contenimento sviluppo malerbe	Elevato	Elevato
Fertilizzazione azotata di precisione	Apporto elementi nutritivi (azotati) adeguati alle esigenze della coltura, tenendo conto della variabilità spaziale	Medio	Elevato
Controllo avversità in campo (malerbe, funghi insetti, ecc.)	Prevenzione comparsa e contenimento sviluppo avversità, con ridotto uso di prodotti fitosanitari	Elevato	Elevato
Gestione dell'acqua	Riduzione residui di prodotti fitosanitari nell'acqua Riduzione emissioni gas serra.	Medio	Elevato
Conservazione	Prevenzione presenza umidità e sviluppo di insetti infestanti della granella	Elevato	Elevato

### SOMMERSIONE INVERNALE

La sommersione della risaia durante il periodo autunno-vernino permette di limitare lo stock dei semi di alcune infestanti del riso, quali riso crudo e giavone, sia per azione diretta da parte della fauna acquatica granivora, sia in conseguenza dello stimolo alla germinazione e della successiva devitalizzazione ad opera delle basse temperature invernali (Fogliatto *et al.*, 2010). Questa tecnica ha inoltre un'importante valenza ambientale in quanto consente anche di:

- ridurre le emissioni di metano nell'atmosfera, permettendo una parziale degradazione dei residui colturali prima della successiva coltivazione del riso (Beltarre *et al.*, 2020);

- accumulare acqua nel terreno, consentendo di ricaricare la falda sotterranea in una stagione in cui l'acqua è in genere maggiormente disponibile e utile per le colture in atto (es. frumento, colza);
- favorire lo sviluppo della fauna acquatica (uccelli e artropodi) (Lasorella e Ferrero, 2022).

### **ARATURA**

Con questa operazione, effettuata ad una profondità non superiore a 20-25 cm, si provvede all'arieggiamento del terreno, all'interramento dei residui della coltura precedente e della vegetazione eventualmente presente sul terreno, oltre alla creazione di una suola di aratura volta a ridurre l'infiltrazione dell'acqua nel suolo. L'interramento delle paglie del riso consente di mantenere il contenuto di sostanza organica nel terreno.

Quando non è prevista la semina di una coltura da sovescio è opportuno effettuare questa operazione in autunno per favorire la degradazione microbica dei residui organici in condizioni aerobiche nei mesi che precedono la semina del riso, limitando significativamente le emissioni di metano nei successivi periodi di sommersione della coltura.

Soprattutto nei terreni meno compatti, l'aratura può essere sostituita da due o più interventi di erpicatura, effettuati con attrezzature combinate, dotate di serie di organi lavoranti di diversa foggia (dischi, ancore, ecc.). In tal caso si ricorre generalmente ad almeno un intervento nel periodo autunnale per sminuzzare e per incorporare nel terreno i residui colturali e uno in primavera per affinare più accuratamente il terreno, qualche tempo prima della semina del riso. Gli interventi di minima lavorazione sono anche particolarmente idonei per la preparazione del terreno in previsione dell'applicazione della falsa semina, una pratica volta a favorire l'emergenza delle malerbe, per consentirne la devitalizzazione con mezzi meccanici o chimici prima della semina del riso.

### **LIVELLAMENTO DEL TERRENO**

Il livellamento del terreno ha l'obiettivo di creare una superficie perfettamente piana all'interno delle singole camere per evitare con la sommersione la presenza di diversi livelli di acqua.

Il livellamento consente di:

- ridurre i tempi di carico e scarico delle camere della risaia;
- limitare i consumi di acqua utilizzata per la sommersione;
- migliorare l'insediamento e l'uniformità della coltura;
- favorire la contemporaneità nello sviluppo delle malerbe, con conseguente maggiore efficacia degli interventi di lotta.

### **SCelta VARIETALE**

La scelta varietale ha un ruolo fondamentale, non soltanto in relazione agli obiettivi strettamente produttivi e merceologici, ma anche per rendere possibile la gestione della difesa dalle avversità senza incorrere nel rischio di presenza di residui di prodotti fitosanitari nella granella di riso alla raccolta.

L'adozione di varietà ibride, unitamente all'applicazione di pratiche agronomiche più efficienti (ad es. gestione dell'acqua, fertilizzazione di precisione e difesa dalle avversità) consente di innalzare i livelli produttivi del 20-40% rispetto a quelle delle varietà tradizionali.

Per facilitare il controllo delle piante infestanti di difficile lotta (es. riso crodo) può essere opportuno scegliere varietà a ciclo breve da adottare in combinazione con l'applicazione della tecnica della falsa semina. Per lo stesso scopo è possibile ricorrere a varietà ottenute mediante interventi di mutazione indotta in grado di tollerare specifici erbicidi ad ampio spettro d'azione quali imazamox (varietà Clearfield e Fullpage), ciclossidim (varietà Provisia).

La maggior parte delle varietà di riso coltivate e, in particolare, quelle destinate al mercato nazionale presentano una scarsa tolleranza al brusone (*Pyricularia oryzae*), una avversità fungina in grado di compromettere fortemente la produzione del riso. Per queste varietà si rende comunemente necessario ricorrere all'applicazione di fungicidi, con un elevato rischio di presenza nella granella di residui dei prodotti impiegati. Per la produzione a residuo zero è pertanto indispensabile utilizzare varietà in grado di tollerare naturalmente questa avversità, in modo da non dover intervenire con fungicidi. Tra queste possono essere ricordate a titolo esemplificativo varietà quali Clxl 745, Cl 28, Re CL, Mare, Carnaval Cassiopea, Cl 46, Libero, Atlantis, Cl 71, Wang, LASJJK20, (Titone *et al.*, 2015, Mongiano *et al.*, 2021).

## SEMINA

Su circa il 45% della superficie risicola del nostro paese la semina viene effettuata a spaglio su terreno sommerso (Figura 1), mentre sulla quasi totalità della restante superficie, la semina viene effettuata a file su terreno asciutto e il terreno viene sommerso soltanto 20-25 giorni dopo, a partire dalla 2a-3a foglia della coltura. Su una superficie di poche migliaia di ettari la coltivazione viene effettuata ricorrendo ad interventi irrigui intermittenti, secondo la tecnica internazionalmente nota come AWD (*Alternate Wetting and Drying*). La semina interrata su terreno non sommerso, così come le asciutte per periodi più o meno prolungati nel corso del ciclo colturale hanno incontrato, nel tempo, sempre più il favore dei risicoltori per una serie di vantaggi operativi, agronomici e ambientali legati alla assenza dell'acqua e alla presenza di un ambiente aerobico:

- possibilità di effettuare la semina interrata utilizzando ruote gommate;
- migliore emergenza e radicazione della coltura;
- possibilità di adottare strigliature e sarchiature nella coltura;
- minor sviluppo di infestanti idrofile (es. eterantere);
- possibilità di impiego di diserbanti non utilizzabili nella coltura sommersa, con conseguente ampliamento del ventaglio di prodotti disponibili per la coltura.
- riduzione dell'emissione di metano, un gas ad effetto serra prodotto a seguito della degradazione della sostanza organica in condizioni di terreno asfittico.

La gestione delle asciutte durante lo sviluppo del riso richiede una attenta programmazione per evitare effetti sfavorevoli sulla coltura in alcune fasi fenologiche (es. sviluppo fiorale) e sulla fauna acquatica.

A fronte dei vantaggi sopra indicati, va, però, osservato che nel caso dovesse ancora ridursi la superficie a riso seminata in acqua, si creerebbero dei picchi di richiesta idrica, determinati dall'esigenza di sommergere contemporaneamente le risaie seminate in asciutta e irrigare altre colture, che sarebbe difficile poter soddisfare in un arco di tempo limitato. L'irrigazione nelle aree più a valle del territorio risicolo è favorita dalla disponibilità idrica fornita dalle risorgive e dalla rete irrigua, alimentate rispettivamente dall'acqua infiltrata e da quella rilasciata dalle risaie più a monte, seminate su terreno sommerso. Un equilibrato rapporto tra la superficie seminata in asciutta e quella in

sommersione, aumenta la possibilità di soddisfare le esigenze di acqua, soprattutto in condizioni di limitata disponibilità idrica.

**In entrambe le modalità operative si richiede un'attenta scelta dell'epoca e della densità di semina, evitando di effettuare semine troppo fitte o ritardate per non creare condizioni favorevoli allo sviluppo delle malattie fungine e in particolare del brusone.**



*Figura 1 - Semina del riso in acqua*

### **FERTILIZZAZIONE AZOTATA DI PRECISIONE**

Nel riso, così come in molte altre colture, i fertilizzanti azotati vengono comunemente somministrati in modo frazionato, generalmente distribuendo il totale quantitativo stabilito per la coltura in 3 momenti, circa il 50% prima della semina, unitamente ai concimi fosfatici e potassici, il 25% allo stadio di 2-3 foglie della coltura e il restante 25% all'inizio della levata, durante la differenziazione degli organi fiorali.

Nei due interventi con la coltura in atto è possibile ricorrere a tecniche di fertilizzazione azotata di precisione, nota anche come sito-specifica, basate sulla differenziazione della distribuzione del fertilizzante in relazione alla variabilità spaziale dello stato nutrizionale della coltura.

Questa pratica prevede la creazione di mappe di prescrizione georeferenziate, secondo una griglia spaziale con maglie di poche decine di m<sup>2</sup>, in relazione ai diversi livelli di produzione rilevati nella stagione colturale precedente o, più correttamente, in tempo reale, sulla base del vigore vegetativo del riso nel momento stesso in cui viene realizzata la concimazione di copertura. Attraverso queste informazioni è possibile differenziare la distribuzione del fertilizzante, ricorrendo ad attrezzature spandiconcime, già diffuse nelle aziende risicole, in grado di distribuire quantitativi più elevati o più ridotti di fertilizzante nelle aree caratterizzate da minore o maggiore produzione/indice di vigore vegetativo.

L'applicazione di questa tecnica ha dimostrato di migliorare significativamente il livello produttivo, riducendo fino al 15% l'apporto del fertilizzante azotato.



## CONTROLLO DELLE AVVERSITÀ

Nel quadro della produzione sostenibile a residuo zero e a ridotto impatto ambientale gli aspetti che richiedono maggiore attenzione sono strettamente da porre in relazione alle scelte agronomiche adottate nelle diverse fasi del ciclo colturale, dalla lavorazione del terreno alla scelta varietale, dalla gestione dell'acqua alla programmazione degli interventi di difesa.

### Malerbe

Le condizioni di sommersione più o meno prolungata e la monosuccessione hanno favorito, nel tempo, la diffusione di una specifica vegetazione infestante, oggi principalmente rappresentata da specie quali riso crodo (*Oryza sativa*), giavoni (soprattutto *Echinochloa crus-galli* ed *E. phyllopogon*), ciperacee (*Shoenoplectus mucronatus*, *Bolbochoenus maritimus*, *Cyperus difformis*), mestolaccia comune (*Alisma plantago-aquatica*), giunco fiorito (*Butomus umbellatus*) e le eterantere (*Heteranthera reniformis*, *H. limosa*), leptocloa (*Lepochloa fascicularis*), panico delle risaie (*Panicum dicotomiflorum*), ammannia (*Ammannia coccinea*), erba miseria (*Murdannia keisak*).

La gestione delle piante infestanti rappresenta uno degli aspetti più critici della coltivazione del riso, dal momento che un suo insuccesso può portare, anche, alla totale perdita della produzione. Il controllo di queste piante si basa, comunemente, sulla combinazione ragionata di diversi strumenti di lotta: agronomici, meccanici, fisici e chimici.

Come già osservato in precedenza, molte pratiche agronomiche, quali ad esempio il livellamento del terreno, la modalità di gestione dell'acqua e le tecniche di preparazione del terreno assumono un ruolo fondamentale come strumenti indiretti di lotta alle malerbe, essendo in grado di limitarne l'emergenza e lo sviluppo.

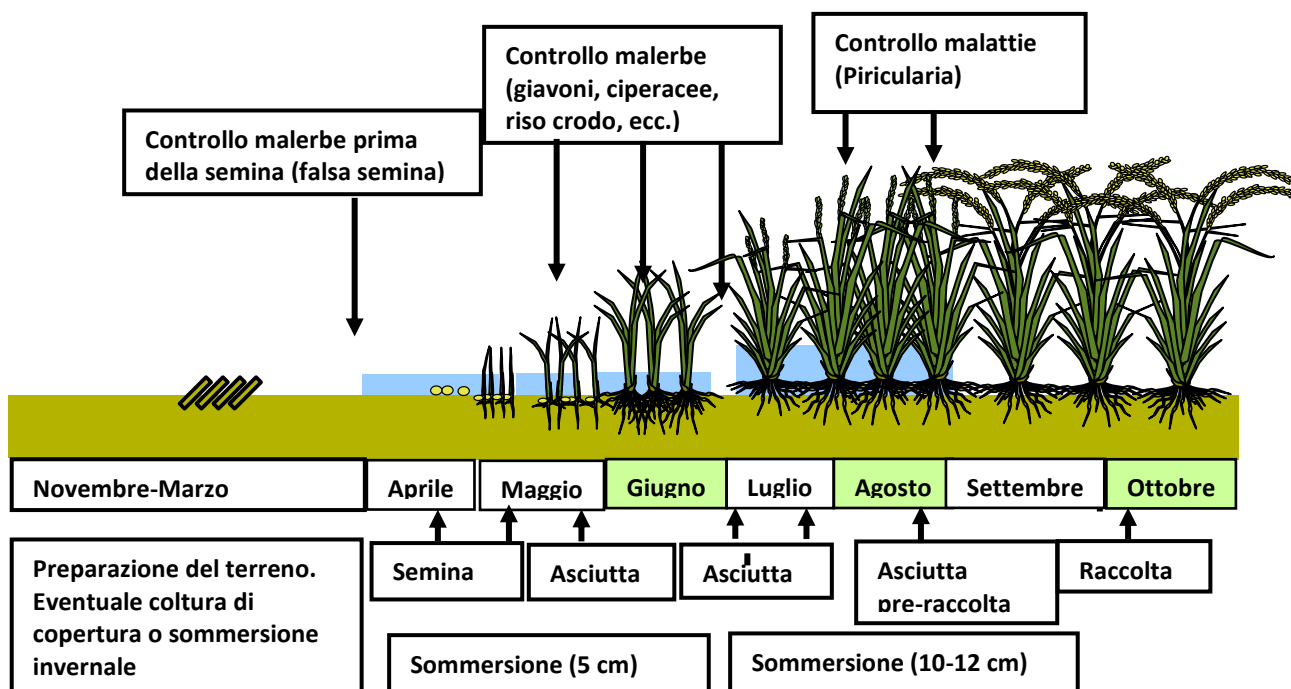


Figura 2 - Tecniche colturali e interventi di gestione delle avversità riferite alla semina del riso su terreno sommerso.

Per il controllo diretto delle malerbe già emerse è possibile ricorrere, soprattutto in condizioni di terreno asciutto, ad operazioni ripetute di strigliatura a pieno campo con idonei erpici e a quelle di sarchiatura tra le file della coltura. La lotta fisica più comunemente utilizzata è costituita dalla pacciamatura verde, realizzata seminando una coltura di copertura (es. veccia, loiessa, segale) dopo la raccolta della coltura che precede il riso. La coltura di copertura viene devitalizzata qualche tempo prima della semina del riso, mediante particolari rulli scanalati (tipo *roller crimper*) (Figura 3), lasciando la vegetazione sul terreno come strato pacciamante, per il contenimento dello sviluppo della vegetazione spontanea. Tale tecnica ampiamente diffusa nella risicoltura biologica non fornisce sempre un sufficiente contenimento delle malerbe e limita, spesso, la crescita della coltura.

In pre-semina è di grande interesse anche l'applicazione della tecnica della falsa semina, una pratica volta a permettere l'emergenza delle malerbe, dopo la preparazione del letto di semina, e a consentire la loro devitalizzazione mediante interventi di sarchiatura o, con erbicidi sistemici, a ridotta persistenza e non dannosi al riso seminato qualche giorno dopo il trattamento.

Nella coltivazione del riso a residuo zero è, in generale, possibile ricorrere all'applicazione dei diversi erbicidi applicabili fino allo stadio di inizio levata della coltura, senza incorrere nella presenza di residui degli erbicidi utilizzati.



Figura 3 - Rullo a superficie scanalata per la devitalizzazione delle colture di copertura

Le maggiori difficoltà incontrate nel controllo delle malerbe del riso sono, oggi, prevalentemente legate alla lotta al riso crodo e alla gestione dei fenomeni di resistenza ai diserbanti.

Il riso crodo è una forma di riso selvatico, caratterizzato da una crescita più rapida e da un vigore vegetativo superiore a quello del riso coltivato, oltre che da una notevole capacità di disseminazione (crodata) (Figura 4).

Il controllo di questa malerba, reso difficile dalle sue strette affinità botaniche con le varietà coltivate, può essere essenzialmente effettuato prima della semina del riso o in presenza della coltura. Come già in precedenza osservato, nel primo caso è possibile ricorrere alla sommersione invernale e alla falsa semina, mentre in presenza della coltura possono essere utilizzate specifiche varietà in grado di tollerare erbicidi ad ampio spettro non selettivi verso le tradizionali varietà. La tecnica di lotta basata sull'impiego di prodotti sistemici ad azione graminicida o totale (glifosate) distribuiti con attrezzature a

barra lambente sulle piante di riso crodo, di taglia superiore a quella delle varietà coltivate, è da sconsigliare, avendo dimostrato, in alcune condizioni, di dar luogo alla presenza di residui degli stessi prodotti nella granella di riso al momento della raccolta.



Figura 4 - Riso crodo



Figura 5 - Pannocchia di riso colpita da brusone

La resistenza delle malerbe ai diserbanti interessa oggi, di fatto, la quasi totalità della superficie risicola del nostro paese. È stato favorito dalla monosuccessione e, soprattutto, dall'impiego ripetuto di erbicidi con meccanismo di azione simile (soprattutto inibitori degli enzimi ACCasi e ALS). Le specie che, nelle nostre condizioni colturali hanno dato luogo ai maggiori problemi di resistenza sono i giavoni (soprattutto *Echinochloa crus-galli* e *phyllopogon*), nei confronti dei diserbanti inibitori dell'enzima ALS (Acetolattato sintetasi) e dell'ACCasi (Acetil-CoA Carbossilasi), di *Schoenoplectus mucronatus*, *Cyperus difformis*, *Alisma plantago-aquatica* e riso crodo, nei riguardi di erbicidi inibitori dell'ALS. Per contrastare il fenomeno della resistenza ai diserbanti è necessario ricorrere a programmi di gestione delle malerbe basati sull'adozione integrata di mezzi agronomici, colturali e chimici, quali la rotazione colturale (quando possibile), l'impiego di sementi certificate (esenti da semi di malerbe), la rotazione e l'uso di miscele di erbicidi con diverso meccanismo d'azione, l'alternanza di modalità di semina in acqua e in asciutta e la falsa semina. È altresì necessario evitare la disseminazione delle piante sfuggite ai trattamenti, provvedendo alla loro eliminazione anche mediante interventi meccanici di erpicatura e strigliatura, sulle risaie asciutte, o con la raccolta manuale.

#### *Malattie fungine (brusone)*

Il brusone (*Pyricularia grisea*) è sicuramente la principale fitopatia da affrontare nella coltivazione del riso.

Gran parte delle varietà coltivate in Italia comprese quelle tradizionali (es. Carnaroli, Vialone Nano) risultano da mediamente ad altamente sensibili alla malattia (Figura 5).

È possibile contenere i danni provocati da questa avversità mantenendo una corretta densità di semina, evitando un eccessivo apporto di azoto e riducendo la durata delle asciutte. Nella coltivazione convenzionale delle varietà più comuni, per il controllo di

questa malattia si ricorre ordinariamente all'applicazione di specifici fungicidi appartenenti alle famiglie dei triazoli e delle strobilurine.

L'impiego dei fungicidi è, però, da evitare nella produzione a residuo zero, non essendo nella generalità delle situazioni possibile ottenere alla raccolta una presenza di residui di tali prodotti inferiore alla soglia ammessa. Per questo tipo di produzione è quindi indispensabile utilizzare varietà dotate di elevata resistenza genetica alla malattia, come già indicato nel paragrafo sulla scelta varietale.

### *Stoccaggio del riso*

Dopo la raccolta e l'essiccazione, la granella di riso (risone) viene comunemente conservata nelle aziende agricole, anche per alcuni mesi, in attesa della sua commercializzazione. Lo stoccaggio viene, in generale, effettuato allo stato sfuso in magazzini o in sili di lamiera zincata e sovente coibentati all'interno per il mantenimento della temperatura e dell'umidità (Fig. 6). I sistemi di stoccaggio del risone più in uso utilizzano sili con operazioni di carico e scarico completamente automatizzati e con idonei impianti di ventilazione per l'insufflazione di aria raffreddata e deumidificata. Normalmente sono corredati di sistemi di sonde per il monitoraggio continuo dell'umidità e temperatura della massa conservata. Per evitare danni da scadimento qualitativo e conseguente deprezzamento delle partite di risone durante lo stoccaggio, molta cura deve essere posta dall'azienda agricola per prevenire la presenza di umidità e lo sviluppo di insetti infestanti del risone, soprattutto di punteruoli (*Sitophilus oryzae*) e tignole (*Plodia interpunctella* e *Sitotroga cerealella*).

Nella produzione a residuo zero la lotta contro gli insetti infestanti della granella in magazzino si basa su una attenta azione di prevenzione, realizzata mediante interventi di pulizia dei siti di stoccaggio (locali o sili) vuoti e dei mezzi (pale meccaniche, camion, ecc.) mediante interventi esclusivamente fisici (aspirazione, spazzolatura ecc.) senza ricorrere all'uso di insetticidi, solventi e detergenti.

Durante lo stoccaggio della granella è possibile proteggere il risone dagli attacchi degli insetti, mantenendo gli ambienti di stoccaggio a bassa temperatura o in condizioni di atmosfera controllata (Ferrero e Giroto, 2022). Nel primo caso si ricorre all'insufflazione di aria raffreddata nella massa del risone mediante un dispositivo di refrigerazione, in modo da non superare nel deposito la temperatura di 13-14°C. Con il raffreddamento è necessario anche garantire una buona ventilazione di tutto l'ambiente, per evitare la condensazione del vapore acqueo e il conseguente sviluppo di muffe.



*Figura 6 - Silo di stoccaggio del risone*

Nel sistema di conservazione in atmosfera controllata la protezione dagli insetti è assicurata da una concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'aria a livelli del 60-65%. Per l'applicazione di entrambi i sistemi è necessario disporre di locali e sili a perfetta chiusura.

## CONTENIMENTO DELL'IMPATTO AMBIENTALE

### *Mitigazione della contaminazione delle acque superficiali da prodotti fitosanitari*

L'impiego dei prodotti fitosanitari per la difesa della coltura può dar luogo alla contaminazione diretta o indiretta dei corpi idrici del sistema risicolo. La prima è principalmente dovuta a non corrette pratiche operative durante o dopo l'applicazione dei prodotti (deriva della nube irrorante, lavaggio delle attrezzature, scarico delle rimanenze). La contaminazione indiretta è legata in gran parte a fenomeni di ruscellamento sulla superficie del terreno delle risaie dopo la distribuzione ad opera delle acque di irrigazione e meteoriche. La contaminazione è favorita dal fatto che le acque utilizzate per la sommersione delle risaie sono in diretto contatto che quelle della rete idrica (fossi e canali).

Le soglie di contaminazione stabilite a livello europeo nell'ambito della Direttiva Quadro sulle acque (2000/60/CE) e delle normative ad essa collegate variano leggermente a seconda che si tratti di acque profonde o superficiali. Per le prime la soglia è di 0,1 µg/L per ogni singola sostanza e di 0,5 µg/L per l'insieme delle sostanze presenti, mentre per quelle superficiali si fa riferimento a questi valori e agli standard di qualità ambientale (SQA) stabiliti in ambito nazionale ed europeo per alcune sostanze.

In relazione a tali aspetti risulta fondamentale mettere in atto misure idonee a mitigare il rischio di ogni possibile forma di contaminazione.

I rischi legati ai fenomeni di deriva possono essere adeguatamente contenuti mediante una corretta applicazione dei prodotti fitosanitari, ricorrendo all'utilizzazione di ugelli antideriva e adottando appropriati parametri operativi, quali ad esempio quelli relativi alla pressione di esercizio, al volume di acqua utilizzata e alla velocità di avanzamento (Balsari *et al.*, 2012).

Fondamentali per il contenimento della contaminazione diretta sono anche gli spazi interposti tra i corsi d'acqua e le superfici trattate, rappresentati dalle aree di rispetto e dalle fasce tampone. Nell'ambiente di risaia questi spazi possono anche essere costituiti da argini di adeguata ampiezza mantenuti ricoperti da vegetazione permanente erbacea ed anche arborea (Figura 7). Possono anche essere rappresentati dalle aree destinate alla circolazione dei mezzi meccanici utilizzati per le diverse operazioni colturali nel sistema della risaia (lavorazione del terreno, concimazioni, distribuzione dei prodotti fitosanitari, ecc.) (Ferrero *et al.*, 2018).

Tenuto conto che la maggior parte delle sostanze utilizzate in risaia, quali ad esempio i diserbanti, subiscono una forte degradazione già nei primi 7-10 giorni dopo la loro applicazione, per contenere il rischio di contaminazione delle acque, dopo l'applicazione dei prodotti, è necessario interrompere la circolazione dell'acqua durante questo periodo di tempo per favorire la degradazione dei residui degli stessi prodotti. Nel caso dei trattamenti effettuati nei terreni sgrondati, è altresì necessario risommergere le camere di risaia immettendo l'acqua molto lentamente in modo da evitare il trasporto e l'accumulo dei residui dei prodotti fitosanitari in prossimità delle bocchette di uscita delle risaie (Figura 8) (Ferrero *et al.*, 2016; Milan *et al.*, 2017).



Figura 7 - Fasce di rispetto lungo fossa adacquatore

Adottando tali semplici accorgimenti è possibile ottenere una significativa riduzione della presenza di residui di prodotti fitosanitari (n generale superiore al 50%) nelle acque del sistema irriguo della risaia (Ferrero *et al.*, 2016).

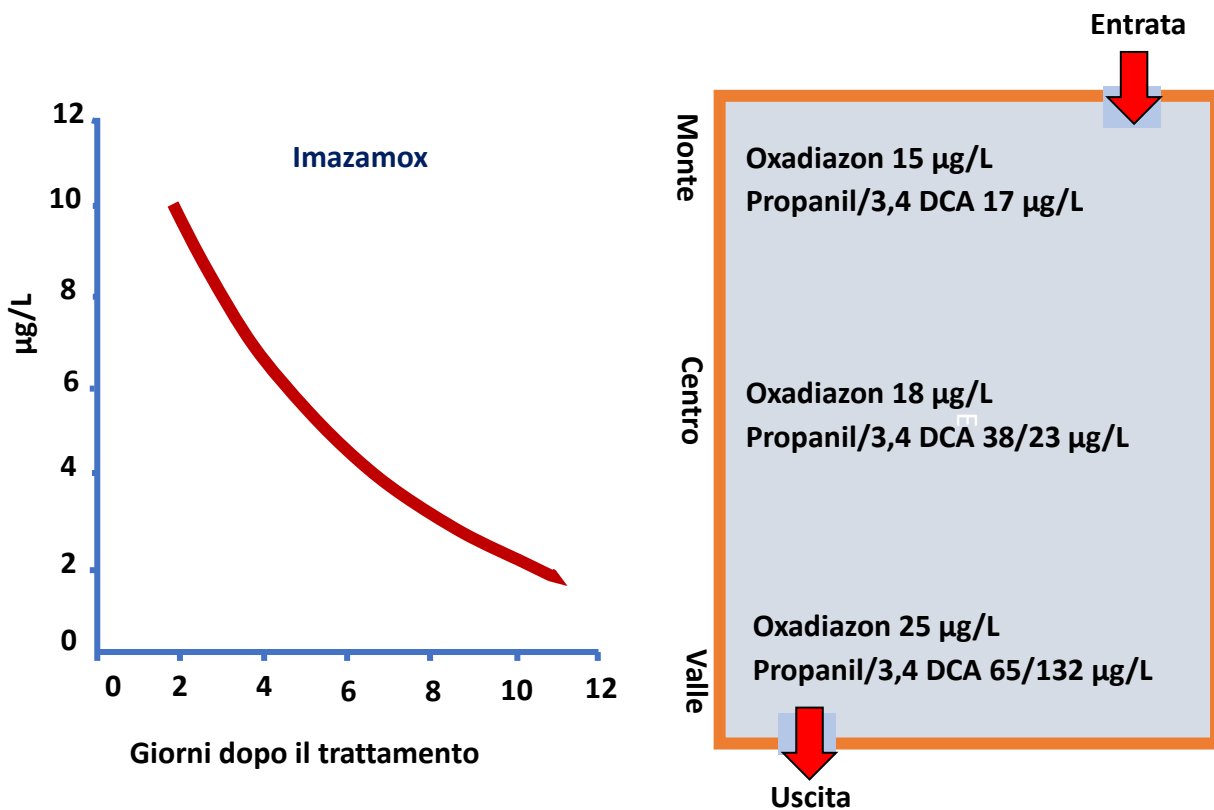


Figura 8 - Comportamento dei prodotti fitosanitari nelle acque di risaia

### *Riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra*

Nonostante sia in grado di accumulare grandi quantità di carbonio, soprattutto negli orizzonti sottosuperficiali, la risaia è responsabile dell'emissione in atmosfera di significative quantità di gas serra, in particolare di metano (CH<sub>4</sub>) e protossido di azoto (N<sub>2</sub>O), due gas con un potenziale di riscaldamento globale (Global Warming Potential - GWP) rispettivamente pari a 25 e 298 volte quello della CO<sub>2</sub>. Si calcola che in condizioni normali la risaia contribuisca fino al 19% delle totali emissioni di metano. La produzione di questo gas è dovuta alla attivazione, nei terreni asfittici, di processi di metanogenesi a carico della sostanza organica, costituita da residui colturali, dalla vegetazione delle colture da sovescio e, quando disponibile, anche dal letame.

La produzione di protossido di azoto, al contrario, è favorita dalle condizioni di aerobiosi, comuni nelle fasi in cui le risaie non sono sommerse.

Rispetto alla semina in acqua, la semina interrata, seguita dalla sommersione a partire dalla 2°-3° foglia della coltura o dalla irrigazione turnata, consente di limitare sensibilmente le emissioni di metano.

Le misure di contenimento delle emissioni di gas ad effetto serra dalle risaie si basano principalmente su una adeguata applicazione delle pratiche colturali. Risultano a questo riguardo generalmente vantaggiose:

- la semina in asciutta, seguita dalla sommersione ritardata della risaia, rispetto alla semina in acqua;
- l'interramento dei residui colturali con lavorazione del terreno nel periodo autunnale, rispetto a quello primaverile (Moretti *et al.*, 2022);
- l'impiego dei fertilizzanti azotati contenenti zolfo (es. solfato ammonico), rispetto a quello dell'urea;
- la riduzione della durata dell'asciutta dopo la concimazione azotata;
- la sommersione del terreno nel periodo invernale.

### *Miglioramento della biodiversità*

Alcune pratiche agronomiche e gestionali consentono di creare condizioni in grado di favorire lo sviluppo della biodiversità animale e vegetale, senza apprezzabili svantaggi per la produttività della coltura.

È ampiamente dimostrato che l'applicazione di pratiche quali la sommersione invernale, l'inerbimento controllato degli argini delle risaie e dei corsi d'acqua e il mantenimento permanente dell'acqua in almeno una parte dei fossi ha un'importante influenza favorevole sulla differenziazione della flora e della fauna dell'ambiente risicolo. Una ragionata gestione degli sfalci, basata ad esempio su un ritardo della loro esecuzione a fine estate, sulla riduzione della loro frequenza o sull'applicazione a rotazione nello spazio consente di limitare in modo significativo l'impatto sfavorevole della coltivazione intensiva del riso sulla conservazione della flora e della fauna dell'ambiente umido della risaia (Giuliano *et al.*, 2018).

## **CONCLUSIONI**

Il riso assume una posizione di rilievo nel quadro colturale del nostro Paese, per il suo ruolo rilevante nell'economia agricola e per la sua significativa valenza ecologica. Fornisce, infatti, una produzione di riconosciuta qualità, destinata, per una quota importante all'esportazione e consente, inoltre, di valorizzare in modo efficiente le risorse naturali,

in particolare l'acqua, nei territori in cui essa, in situazioni ordinarie, è naturalmente disponibile e che, diversamente, rischierebbe di non venire adeguatamente utilizzata.

In questo quadro può trovare un'adeguata collocazione la produzione intensiva del riso a residuo zero, una forma avanzata di produzione convenzionale integrata, basata sulla combinazione di strategie e strumenti che consentono, in modo indiretto e diretto, di assicurare rese elevate di granella, senza alcun residuo di prodotti fitosanitari, oltre che di contenere gli possibili effetti sfavorevoli dell'attività produttiva sull'ambiente.

Rispetto al sistema di coltivazione convenzionale, che già garantisce il pieno rispetto della sicurezza sanitaria delle produzioni ottenute, la produzione a residuo zero presenta un valore aggiunto legato ad una più ragionata attenzione nelle decisioni e nelle scelte da mettere in atto durante tutto il ciclo colturale. In linea di principio il riso a residuo zero potrebbe essere rapportato a quello "convenzionale" e a quello "biologico", rispettivamente, allo stesso modo di un'auto di "segmento D (es. Alfa Romeo Giulia) rispetto ad una di "segmento" C (es. Fiat Tipo) e di "segmento E" (es. Maserati Levante). Le tre tipologie di riso e di automobili sono, di fatto, equivalenti in termini di funzionalità e di garanzia delle condizioni di sicurezza, ma creano nell'utilizzatore la percezione di un diverso valore qualitativo legato alle modalità produttive e alle caratteristiche intrinseche.

L'agricoltura a residuo zero, definita anche come una terza via, oltre a quella convenzionale integrata e a quella biologica, mira ad elevare i livelli produttivi, innalzando gli standard qualitativi della produzione e dell'ambiente grazie ad un alto livello di professionalità, responsabilità ed efficienza gestionale che consentono di *"fare di più, meglio, con meno"*.

## BIBLIOGRAFIA

- Grignani C., Zavattaro L., Finassi A., 1997. *Gli effetti agronomici e ambientali di erbai da sovescio in risaia* in L'impatto ambientale delle agro-tecnologie in risicoltura", a cura di Greppi-Polelli. Franco Angeli editore.
- Fogliatto S., Vidotto F., Ferrero A., 2010. Effects of winter flooding on weedy rice (*Oryza sativa* L.). *Crop Protection* 29 (2010) 1232 e 1240.
- Balsari P., Marucco P., Ferrero A., Roettele M., 2012. Mitigation of Diffuse Sources Related to Pesticide Application: the TOPPS-PROWADIS Project. American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE). Paper Number: 12-13669.
- Titone P., Mongiano G., Tamborini L., 2015. Resistance to neck blast caused by *Pyricularia oryzae* in Italian rice cultivars. *European Journal of Plant Pathology*, 142, 49-59.
- Ferrero A., Milan M., Fogliatto S., De Palo F., Vidotto F., 2016. Ruolo della gestione dell'acqua in risia nella mitigazione del rischio di contaminazione delle acque superficiali da prodotti fitosanitari. In *Atti Giornate Fitopatologiche*, 2016, 2, 37-46.
- Peyron M., Bertora C., Pelissetti S., SaidPullicino D., Celi L., Miniotti E., Romani M., Sacco D., 2016. Greenhouse gas emissions as affected by different water management practices in temperate rice paddies. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 232, 17-28.
- Milan M., Fogliatto S., Vidotto F., De Palo F., Ferrero A., 2017. Imazamox dissipation in two rice management systems. *Journal of agricultural science*, 155, (3) 431-445.
- Ferrero A., De Palo F., Borreani G., Tabacco E., Bonelli S., Cardarelli E., Giuliano D., Rivella E., 2018. Le fasce tampone vegetate riparie erbacee: Realizzazione e gestione. Settore Tutela delle Acque, Regione Piemonte, Torino, 63 pagine.
- Giuliano D., Cardarelli E., Bogliani G., 2018. Grass management intensity affects butterfly and orthopteran diversity on rice field banks. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 267, 147-155.



- Beltarre G., Romani M., Rolla U., Facchi A., Chiaradia E., Moretti B., Negri C., Rienzner M., Moretti B., Celi L., Lerda C., Sacco D., Said-Pullicino D., 2020. Risaie più sostenibili con la sommersione invernale. *L'informatore agrario*, 6, 52-55.
- Mongiano G., Titone P., Bregaglio S., Tamborini L., 2021. Susceptibility of novel Italian rice varieties to panicle blast under field conditions. *European Journal of Plant Pathology*, 160, 427-440.
- Moretti B., Fogliatto S., Zavattaro L., Omedè G., Martin M., Tenni D., Pagano R., Carello P., Cristaldi L., Gola L., Pellicciari F., Vidotto F., 2022. Le buone pratiche da attuare per una filiera riso sostenibile. *L'informatore Agrario* n. 7, 55-59
- Ferrero A. Girotto A., 2022. *Oryza. Il riso*. <https://agronotizie.imagelinenetwork.com/oryza-nuovo-libro-sul-riso/>
- Lasorella V., Ferrero A., 2022. Coltivare il riso in maniera intensiva e sostenibile si può. *Agronotizie* 09.05.2022. <https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agronomia/2022/05/09/coltivare-il-riso-in-maniera-intensiva-e-sostenibile-si-puo/7482>



## METODI DI COLTIVAZIONE E NUTRIZIONE DEL RISO

*Marco Romani, Eleonora Miniotti, Daniele Tenni, Eleonora Perucco  
Ente Nazionale Risi - Dipartimento di Agronomia*

### Riassunto

La coltivazione del riso in Italia è fortemente caratterizzata dalla costante presenza dell'acqua, che rende unica e peculiare la tecnica colturale. Tradizionalmente, infatti, le risaie italiane sono gestite con condizioni di sommersione continua e riso seminato direttamente su suolo allagato, tecnica comunemente chiamata semina in acqua. Si è tuttavia diffusa anche la coltivazione con la tecnica della semina interrata, conosciuta anche come 'semina in asciutta'. Essa prevede l'interramento del seme a file su terreno asciutto, e il posticipo della sommersione della risaia allo stadio di 3<sup>a</sup>-4<sup>a</sup> foglia del riso. La maggiore semplificazione delle operazioni colturali che caratterizza questa tecnica, unita alla diminuzione della disponibilità di acqua hanno portato, negli ultimi anni, ad una maggiore diffusione della semina interrata rispetto alla tradizionale semina in acqua. Sul tema dell'acqua, i nuovi scenari climatici e la forte sensibilità relativa alla sostenibilità ambientale della produzione agricola hanno spinto nell'ultimo periodo ad individuare tecniche alternative di gestione della risorsa idrica, indirizzate ad un miglioramento dell'efficienza e ad una riduzione dell'impatto ambientale. È il caso della tecnica chiamata AWD (Alternate Wetting and Drying), attualmente in fase di sperimentazione in Italia da parte dell'Ente Nazionale Risi, che consiste nell'alternare periodi di sommersione a periodi di asciutta della risaia. Nel campo delle lavorazioni del suolo, invece, la tecnica conservativa della minima lavorazione rappresenta una valida opportunità per migliorare la sostenibilità della risicoltura. Sperimentazioni di lungo periodo hanno infatti dimostrato i vantaggi della tecnica e la possibilità di ottenere risultati produttivi paragonabili alla tradizionale aratura.

Numerose sono, inoltre, le innovazioni nel campo della nutrizione, volte a massimizzare la produzione, migliorando allo stesso tempo l'efficienza e la sostenibilità della fertilizzazione. Un gran lavoro, in questo senso, è stato svolto negli anni dall'Ente Nazionale Risi, che per i principali nutrienti (azoto, fosforo e potassio) ha permesso di rilasciare indicazioni sul tipo di concime, sulle dosi e sulle modalità di applicazione più adatte ai differenti sistemi di coltivazione italiani.

### Summary

#### Rice cultivation and mineral nutrition methods

Italian rice cultivation is strongly connected to the flooded fields and aquatic environments. Water seeding represent the traditional cultivation method. However, with the evolution of the cultivation technique, the dry seeded rice is now widespread. This technique consists in sowing rice in dry soil, flooding the paddy field when rice plants develop 3-4 leaves. In the last years, the rice surface cultivated with the dry seeded technique has overcome the traditional water seeded. The success of dry seeded rice is mainly due to the reduction of the effort for farming operations and water management. The climate changes and the attention to the environmental sustainability of rice cultivation led to the development of alternative and efficient water management practices. Ente Nazionale Risi is carrying out an experimentation on the Alternate Wetting and Drying (AWD) irrigation system, to improve the water use efficiency and the methane emission mitigation. Among tillage techniques, minimum tillage represents a good alternative to the traditional ploughing for the improvement of the sustainability of rice crop. Long-term field trials demonstrated the advantages and the potential of the minimum tillage.

Several innovations on nutrient management are available to improve rice yield, nutrient use efficiency and the sustainability of the fertilization. On this topic, for the main crop nutrients (nitrogen, phosphorus and potassium), Ente Nazionale Risi releases suggestions derived from the results of multiple experimental trials, on the best fertilization practices required in the Italian paddy fields.

## TECNICHE DI COLTIVAZIONE IN FUNZIONE DELLA CONDUZIONE IRRIGUA

Le risaie italiane sono tradizionalmente gestite con condizioni di sommersione continua e riso seminato direttamente su suolo allagato (semina in acqua), rendendone peculiare la tecnica colturale.

Tuttavia, a seguito di una fase sperimentale avvenuta negli anni '80 presso il Centro Ricerche sul Riso dell'Ente Risi, vi è stata, soprattutto nell'ultimo decennio ed in particolare nell'areale lombardo, un'ampia diffusione della tecnica della semina interrata. Questa pratica, conosciuta anche come 'semina in asciutta', prevede l'interramento del seme a file su terreno asciutto (metodo comunemente utilizzato per i cereali a paglia) e il posticipo della sommersione della risaia allo stadio di 3<sup>a</sup>-4<sup>a</sup> foglia del riso ad inizio accestimento. Nel 2019 (dati ENR), per la prima volta, la superficie di riso seminata in asciutta a livello nazionale ha superato la coltivazione con metodo tradizionale (Figura 1), accentuando quest'inversione di tendenza nell'ultimo periodo. Le ragioni sono attribuibili a variazioni dei fattori agronomici, ad una diminuzione della disponibilità della risorsa idrica e, soprattutto, al cambiamento socio-economico dei lavoratori presenti nei territori risicoli. Strategie colturali semplificate, ancor più gestibili in prima persona dall'imprenditore, sono state avvantaggiate dall'aumento dei salari e dalla riduzione della manodopera specializzata.

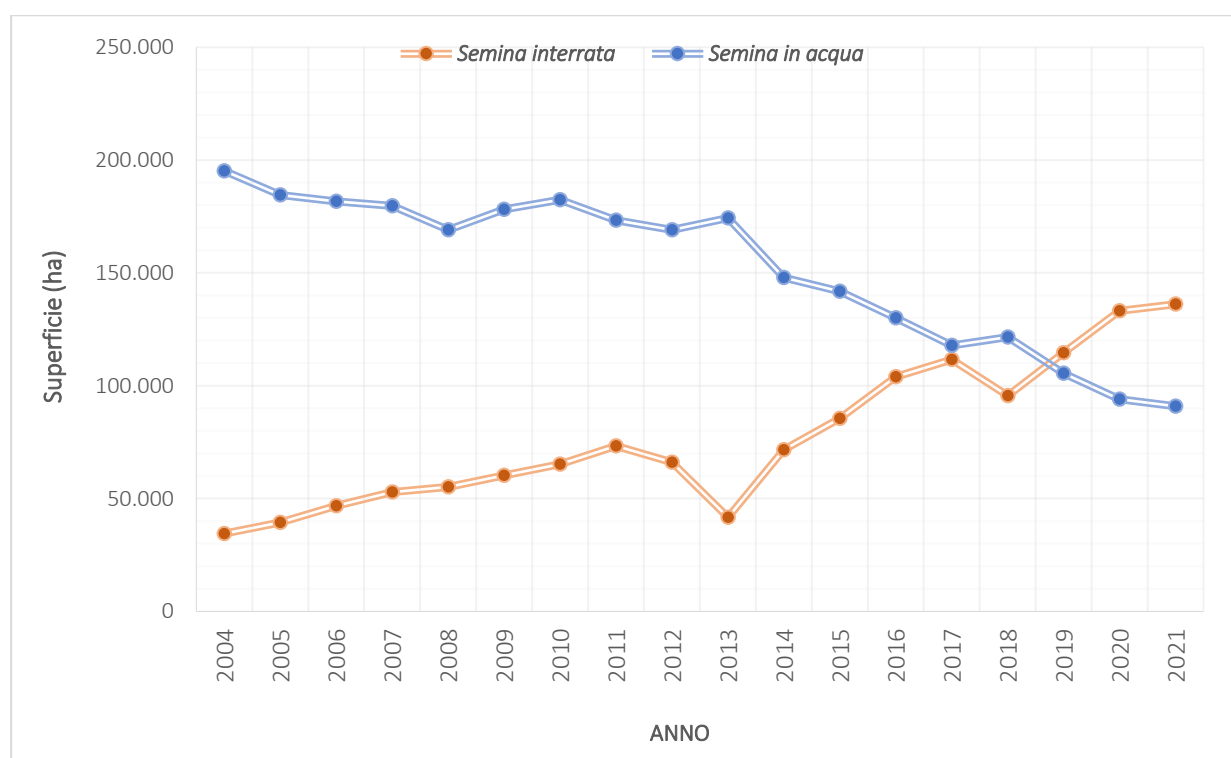


Figura 1 - Andamento delle superfici coltivate a livello nazionale con semina in acqua e semina interrata nel periodo 2004-2021 (dati ENR).

### Semina in acqua

Dalla sommersione degli appezzamenti avvengono importanti modificazioni nel suolo, dovute all'instaurarsi delle condizioni di anossia. In pochi giorni lo stato ossidoriduttivo del suolo diminuisce, mentre l'ossigeno proveniente dall'acqua mantiene aerobico solamente l'orizzonte superficiale.

La pianta di riso, però, attraverso la diffusione di ossigeno mediante le radici (aerenchima), rende il sistema di risaia complesso con un'alternanza di zone a prevalente metabolismo anaerobico ed altre, dove è possibile ritrovare processi ossidativi. Le condizioni generate dalla sommersione del terreno hanno effetti favorevoli sulla fitodisponibilità dei nutrienti, che esulano dagli adattamenti fisiologici del riso. Le forme assimilabili dei macronutrienti fosforo e potassio aumentano notevolmente. Grazie al contenimento dei processi di nitrificazione, che avvengono a carico dell'ammonio, anche la nutrizione azotata viene favorita dallo stato di anaerobiosi. Inoltre, sono maggiormente disponibili ferro e manganese, talvolta tali da determinare problemi di fitotossicità. Con la sommersione viene aumentato l'assorbimento del silicio, elemento molto concentrato nei tessuti della pianta del riso.

Osservando gli effetti sull'ambiente, le condizioni riducenti della risaia sommersa diminuiscono fortemente la produzione e la conseguente percolazione dei nitrati in falda, mentre sono più intensi i processi di metanogenesi, che portano all'emissione di gas ad effetto serra. Gli aspetti emissivi devono tuttavia essere soppesati in relazione alle agrotecniche adottate, in particolare quelle legate alla gestione dei residui colturali, che sono il principale substrato di questi processi.

Dal punto di vista malerbologico, la tecnica della semina in acqua del riso svolge un'azione di contenimento nei confronti delle infestanti Graminacee, tra cui il riso crodo. In presenza della coltre d'acqua viene, infatti, ridotta la germinazione dei semi interrati in profondità. Fanno eccezione i biotipi di giavone "bianco", particolarmente tolleranti l'ambiente sommerso. D'altro canto viene favorita la diffusione di specie acquatiche tipiche della risaia appartenenti alle famiglie botaniche di Alismataceae, Butomaceae, Ciperaceae e Pontederiaceae (Figura 2).



Figura 2 - Tipiche infestanti acquatiche della risaia. *Heteranthera rotundifolia*, in primo piano, *Schoenoplectus mucronatus*, in secondo piano.



Figura 3 - Lavori preparatori del letto di semina con risaia allagata mediante asse spianone.

Le pratiche preparatorie del terreno per la semina in acqua hanno subito radicali cambiamenti grazie all'introduzione di macchine livellatrici controllate da dispositivi laser. Le operazioni svolte con terreno saturo per livellare (Figura 3) e limitare la percolazione (slottatura) vengono oggi sostituite da continui passaggi della livella in post-aratura in asciutta che, oltre alla funzione principale di livellamento, creano un certo compattamento del suolo.

Le camere destinate alla semina in acqua vengono sommerse da un minimo di 2 fino a circa 15 giorni antecedenti alla semina, quando si opta per la tecnica della “falsa semina in acqua” per contenere il riso crodo. La riduzione dell’intervallo di tempo tra sommersione e semina permette di arginare la proliferazione delle alghe, la pressione delle infestanti acquatiche ed i possibili effetti di intorbidimento dell’acqua causati da anellidi e crostacei. Inoltre, il riso seminato a ridosso della sommersione beneficia d’acqua più ossigenata, rispondendo con un più rapido sviluppo dei germinelli. Un intervallo tra la sommersione e la semina si rende comunque necessario per favorire la selettività dell’applicazione degli erbicidi di pre-semina (*Figura 4*).



*Figura 4 - Diserbo*



*Figura 5 - Semina a spaglio del riso, in risaia allagata, tramite spandiconcime centrifugo*

La semina viene eseguita a spaglio attraverso l’impiego del comune spandiconcime centrifugo (*Figura 5*), con seme di riso precedentemente ammollato per un giorno e mantenendo una lama d’acqua di circa 3-5 cm nella risaia. Tale limitato livello di sommersione ha un importante effetto sulla penetrazione della luce ed evita la crescita di plantule deboli ed eziolate. Una volta raggiunta un’estensione della prima foglia di 1,5-2 cm risulta, in genere, necessario procedere con l’asciutta di radicamento (*Figura 6*). L’obiettivo dell’asciutta di radicamento è quello di ottenere un rapido ed omogeneo affrancamento dei germinelli, oltre a controllare lo sviluppo algale. La sua durata deve essere limitata, in quanto l’assenza dell’acqua espone le plantule a possibili danni da freddo, oltre a favorire lo sviluppo di infestanti Graminacee, come riso crodo e giavone. Solo in condizioni d’acqua ad elevata concentrazione d’ossigeno e di varietà con buon vigore germinativo è possibile ottenere investimenti adeguati senza la necessità di asciugare la risaia, ma riducendo a pochi centimetri il livello d’acqua nelle camere.

Proseguendo con il ciclo vegetativo, lo spessore dell’acqua di sommersione influenza la capacità di differenziazione dei culmi secondari da parte della pianta, e viene di norma mantenuto tra i 5 e i 10 cm. Di fatto, altezze superiori ai 10 cm limitano la capacità di accestimento delle giovani piante.

A ridosso della fase di accestimento si operano, comunemente, una o due asciugature della risaia al fine di consentire gli interventi erbicidi di post-emergenza, e la prima concimazione azotata di copertura. Allo scopo di ottimizzare l’efficienza dell’azoto distribuito, normalmente sotto forma ureica, e di limitare le perdite per volatilizzazione dell’ammoniaca, la distribuzione del concime avviene su terreno sgrondato e con ripristino delle condizioni di sommersione nell’arco di 24-48 ore.

Durante la coltivazione, in condizioni di temperature elevate, può essere vantaggioso il ricircolo d'acqua all'interno delle camere ed un lieve abbassamento del livello. In questo modo si contiene l'accumulo nel suolo di sostanze fitotossiche tipiche dell'ambiente anaerobico (acido solfidrico, acidi grassi volatili, ferro e manganese ridotti), oltre a garantire una maggiore ossigenazione della parte ipogea.

Approssimativamente, a distanza di 60 giorni dalla semina, la pianta di riso entra in fase riproduttiva, caratterizzata dall'allungamento degli internodi del culmo (fase di levata, *Figura 7*). In questa fase la pianta riduce il trasferimento di ossigeno alla rizosfera attraverso i parenchimi aeriferi. Pertanto, prima dell'inizio del ciclo riproduttivo, viene di norma sgrondato il terreno, mediamente per 7-10 giorni. In tal modo i possibili squilibri nutrizionali causati da fitotossicità vengono ovviati nei terreni più asfittici ed è inoltre possibile l'accesso al campo per la seconda concimazione di copertura, mediante azoto e potassio.



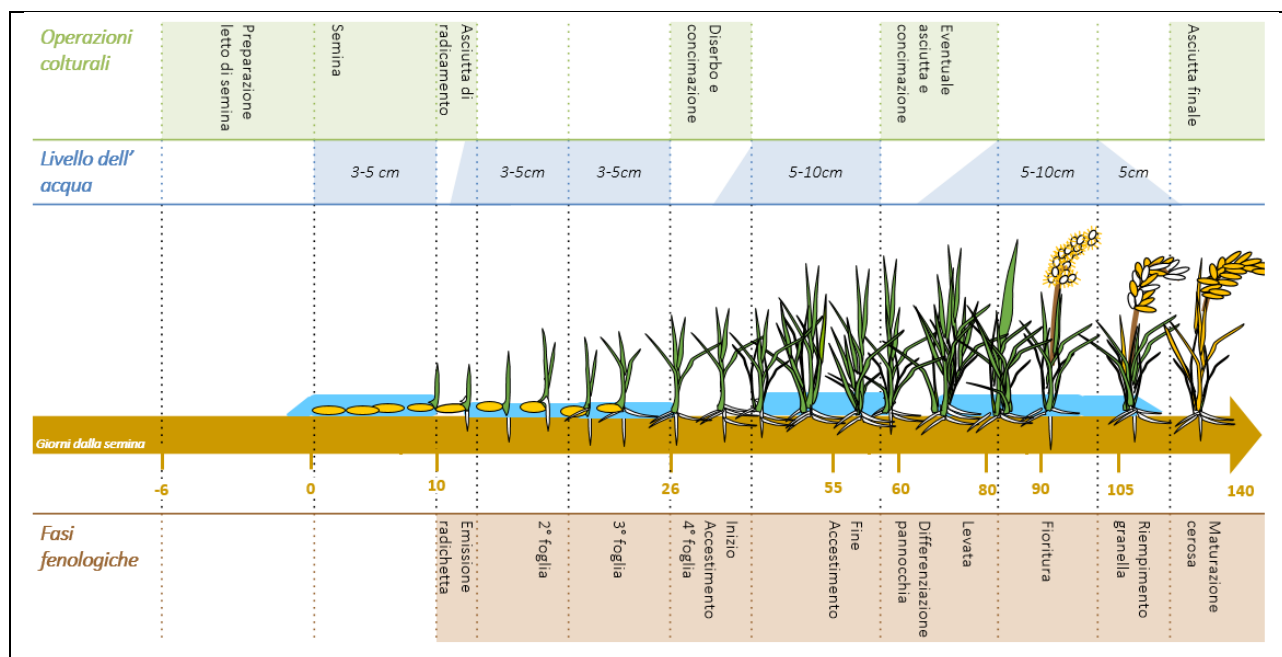
*Figura 6 - Asciutta di radicamento*



*Figura 7 - (a) Risaia con riso seminato a spaglio in fase di levata, (b) sezione di un culmo di riso in cui è evidente l'allungamento degli internodi.*

Fase determinante del ciclo riproduttivo è la formazione dei granuli pollinici, che avviene circa 20 giorni dopo l'inizio della levata. Questo è il momento di massima suscettibilità della pianta alle contrazioni termiche, che si traducono irreversibilmente in danni produttivi riguardanti la sterilità fiorale ed il mancato riempimento della granella. Le possibili fluttuazioni di temperatura possono, però, essere contenute sfruttando le proprietà dell'acqua di volano termico, che accumula calore durante il giorno e lo rilascia la notte. Un'abile gestione dei livelli di sommersione in questa fase può pertanto garantire la limitazione dei danni nei casi di temperature inferiori ai 15°C. Sotto questo aspetto è bene ricordare quanto siano necessarie ulteriori sperimentazioni sulla gestione dei livelli dell'acqua in risaia nelle diverse condizioni ambientali, ai fini del conseguimento degli obiettivi produttivi, di controllo delle malerbe e di razionalizzazione dell'uso dell'acqua. Infine, un'altra importante decisione di tecnica colturale riguarda l'individuazione della corretta epoca d'asciutta finale. La tempestiva asciugatura del terreno è indispensabile per permettere le operazioni meccaniche di raccolta, eppure, il momento d'intervento comporta ripercussioni sulle prestazioni produttive e di qualità del prodotto. Un'indicazione di massima può essere il mantenimento della sommersione fino alla fase di maturazione cerosa nel terzo inferiore delle pannocchie dei culmi di accestimento secondari. Tuttavia, la decisione deve considerare l'andamento delle temperature e della piovosità, le caratteristiche idrauliche del terreno e lo scongiurarsi di stress idrici entro

la maturità fisiologica del granello (26-28% di umidità del risone). L'estensione eccessiva della sommersione anticiperebbe la senescenza della pianta, accorciandone il ciclo colturale. Viceversa, una precoce asciutta finale comporterebbe un calo qualitativo nella produzione, diminuendone infatti la resa alla lavorazione ed un aumento dei granelli gessati. Asciutte precoci si rendono necessarie nel caso della presenza di riso allettato. Nella *Figura 8* sono riportati i principali stadi del ciclo colturale del riso seminato in acqua e la rispettiva gestione dei periodi di sommersione.



*Figura 8 - Stadi del ciclo colturale e gestione dell'acqua nel caso della semina in acqua.*

### *Semina interrata*

Tra le pratiche che si sono diffuse nei terreni più sciolti dell'area risicola italiana, soprattutto in quella lombarda, vi è la semina in asciutta, che prevede, come sopra citato, la semina a file su terreno asciutto e successiva sommersione del campo allo stadio di 3<sup>a</sup>-4<sup>a</sup> foglia (*Figura 9*).



*Figura 9 - Risaia con riso seminato a file in fase di fine accestimento.*



*Figura 10 - Semina interrata a file con seminatrice pneumatica.*



L'operazione viene effettuata adoperando le classiche seminatrici per cereali autunno-vernini (*Figura 10*), adattate alle esigenze di regolare e limitata profondità di semina, unitamente alla formazione di un certo compattamento del suolo in prossimità del seme di riso. La tempestiva e attenta esecuzione della semina consente di ottenere il massimo sfruttamento dell'umidità del terreno, scongiurando la necessità d'interventi irrigui precoci, che sono la principale causa di compattamento esteso, fortemente penalizzante il successivo sviluppo della coltura.

Raggiunto lo stadio di 3<sup>a</sup>-4<sup>a</sup> foglia, dopo aver eseguito gli interventi erbicidi di post-emergenza ed il principale intervento di concimazione azotata (*Figura 11*), si ricorre alla sommersione della risaia.

I terreni bibuli, caratteristici dell'areale lombardo, sono i più adatti alla semina interrata, in quanto riescono a mantenere condizioni aerobiche durante la fase del ciclo in asciutta. L'assenza di ristagni idrici permette, infatti, una buona germinazione del seme, un regolare investimento colturale ed un vigoroso sviluppo dell'apparato radicale.

Fra gli ulteriori vantaggi che hanno consentito la diffusione di questa tipologia di semina vi è sicuramente la semplificazione delle operazioni colturali, ad esempio, l'entrata in campo con trattatrici equipaggiate da pneumatici in gomma, rispetto alle "ruote di ferro" impiegate in risaia sommersa, ed il contenimento di alghe e della popolazione di malerbe acquatiche. Contrariamente, risulta una maggiore pressione da parte di malerbe Graminacee, specie nei casi d'inefficacia degli interventi erbicidi di pre-emergenza, causati primariamente da scarse precipitazioni post trattamento.

La recente espansione della semina interrata a file deve il suo successo anche all'introduzione in Italia delle tecnologie: Clearfield<sup>®</sup>, FullPage<sup>®</sup> e Provisia<sup>®</sup>. Attraverso l'impiego di varietà resistenti agli erbicidi non selettivi appartenenti alla famiglia degli imidazolinoni (Clearfield<sup>®</sup> e FullPage<sup>®</sup>) ed al graminicida Ciclossidim (Provisia<sup>®</sup>), diviene possibile un controllo molto efficace delle infestazioni di riso crodo con coltura in atto. Il riso crodo rappresenta proprio la maggiore sfida all'applicazione della semina in asciutta (*Figura 12*). La tecnica colturale garantisce di fatto le condizioni ambientali ideali per lo sviluppo di questa infestante, permettendo la germinazione anche dei semi posti negli strati più profondi del terreno.



*Figura 11 - Concimazione di copertura nello stadio di 3°-4° foglia prima della sommersione della risaia seminata in asciutta.*



*Figura 12 - Infestazione da riso crodo*

Complessivamente, il risultato produttivo tramite il metodo di coltivazione con semina in asciutta è condizionato, in prevalenza, dall'andamento pluviometrico nelle prime fasi vegetative della coltura. La preparazione di un adeguato letto di semina è il punto cruciale della tecnica.

Per quanto riguarda la gestione dell'acqua, le operazioni di regolazione dei livelli sono senz'altro semplificate rispetto alla semina in acqua, che richiede, nella fase iniziale, un controllo giornaliero da parte dell'acquaiolo al fine di consentire un adeguato investimento iniziale della coltura.

Per garantire un'uniforme sommersione degli appezzamenti anche per il riso seminato in asciutta è indispensabile la pratica di livellamento (*Figura 13*). Oltre a velocizzare i movimenti d'acqua nelle camere, un terreno ben livellato permette di evitare aree di ristagno durante le fasi d'asciutta ed il mantenimento di una lama d'acqua omogenea. Con l'instaurarsi della sommersione avvengono dei cambiamenti fisiologici nella pianta del riso, che necessita un livello d'acqua per circa un terzo della sua altezza. Successivamente la gestione irrigua prevede le stesse norme già descritte per il metodo tradizionale di sommersione continua (*Figura 8*).



*Figura 13 - Operazione di livellamento della risaia in asciutta mediante livella a controllo laser.*

#### *Alternanza di condizioni di asciutta e sommersione - AWD (Alternate Wetting and Drying) e riso aerobico*

I nuovi scenari climatici e la forte sensibilità relativa alla sostenibilità ambientale della produzione agricola mettono in discussione, anche per la risicoltura, le più tradizionali pratiche di coltivazione. Modalità innovative, premianti un uso efficiente delle risorse e capaci di coniugare la riduzione dell'impatto ambientale all'obiettivo di massimizzazione della resa unitaria, sono state ricercate nell'ultimo periodo. Di risalto, all'interno delle modalità di regimazione idrica della risaia, vi è l'alternanza di sommersioni ed asciutte - chiamata anche con l'acronimo inglese 'AWD' (*Alternate Wetting and Drying*). L'applicazione di tale pratica vede la sommersione intermittente di un appezzamento, che può derivare sia da semina in acqua e sia da quella interrata, generando un alternarsi di condizioni di aerobiosi ed anaerobiosi nel suolo. In regimi di AWD l'acqua viene immessa nella risaia solo a seguito del raggiungimento di una soglia prestabilita di livello della falda sospesa o di potenziale matriciale del terreno. Studi attuali (Cesari De Maria *et al.*, 2017;

Gilardi *et al.*, 2022) hanno dimostrato come la tecnica AWD possa consentire una riduzione nei volumi irrigui stagionali, mentre in recenti progetti è ancora oggetto d'esame l'effetto sui fabbisogni di punta (Ricciardelli *et al.*, 2021).

L'International Rice Research Institute (IRRI) ha presentato nel 2002 le linee guida inerenti all'applicazione della tecnica AWD per la coltivazione di riso (Norton *et al.*, 2017). Intanto, nel panorama italiano sono in corso le valutazioni, in via sperimentale, riguardo l'adattabilità produttiva ed i risvolti ambientali del metodo (Ricciardelli *et al.*, 2021). Sommersioni ad intermittenza sono applicate da decenni a livello nazionale, ma unicamente dettate da regolazioni empiriche o in relazione alla fornitura turnata dell'acqua d'irrigazione di alcune aree. Sperimentazioni volte ad indagare le criticità dell'applicazione dell'AWD direttamente sul territorio potranno garantire un'adozione razionale della tecnica ed incrementarne i benefici sopradescritti.

Tra le tecniche di regimazione idrica della risaia vi è la coltivazione del riso aerobico che, per essere definito tale, associa la semina interrata del riso ad apporti irrigui analoghi all'irrigazione per scorrimento delle colture primaverili-estive quali mais e soia. L'applicazione di questo metodo comporta infatti una prevalenza di condizioni aerobiche del terreno. La vocazionalità di questa tecnica di coltivazione, secondo gli studi condotti presso il Centro Ricerche sul Riso dell'Ente Nazionale Risi (Miniotti *et al.*, 2016), è però relativamente contenuta. I ricercatori hanno dimostrato la contrazione produttiva del riso aerobico e l'aumentata esigenza degli interventi di nutrizione e difesa, a confronto con i sistemi colturali più diffusi. L'interesse per l'applicazione di questa pratica rimane pertanto confinata a specifiche condizioni colturali, come in appezzamenti adiacenti ai centri urbani, in cui è richiesta una particolare attenzione alle infiltrazioni di umidità agli edifici.

## **LE INNOVAZIONI NEL CAMPO DELLE LAVORAZIONI DEL SUOLO: LA MINIMA LAVORAZIONE**

Nell'ambito delle tecniche di agricoltura conservativa, la minima lavorazione rappresenta una valida opportunità per una risicoltura innovativa e sostenibile. Oltre a permettere una riduzione degli input energetici ed una maggiore dinamicità dell'organizzazione aziendale, mira alla prevenzione dell'erosione e alla conservazione della sostanza organica del suolo, la prima favorita da una maggiore capacità del suolo di trattenere l'acqua, la seconda promossa dalla maggiore stabilizzazione della sostanza organica.

Negli ultimi anni si è assistito a nuovi impulsi che hanno favorito la diffusione di sistemi di agricoltura conservativa in risicoltura. Motivazioni ambientali, quali la riduzione dei consumi energetici, delle emissioni di CO<sub>2</sub>, l'aumento della biodiversità e della fertilità dei suoli, hanno indotto infatti le Regioni risicole (Lombardia e Piemonte) ad inserire le lavorazioni conservative tra le misure agro-ambientali sostenute con il Programma di Sviluppo Rurale. Sul fronte agronomico, invece, la meccanica agraria ha messo a disposizione soluzioni che hanno gradualmente permesso di migliorare gli standard produttivi e gli aspetti operativi di queste tecniche.

Dal punto di vista economico, la minima lavorazione consente un significativo risparmio sui costi di produzione. Il minor numero di interventi colturali, a profondità limitate e senza l'utilizzo di organi lavoranti azionati dalla presa di potenza, permettono, infatti, una riduzione dei costi del carburante, mentre la maggiore velocità di svolgimento delle operazioni di preparazione del suolo risulta determinante nell'abbattere i costi di manodopera (*Figure 14 e 15*).

Nel caso del riso, la sostituzione dell'aratura con la minima lavorazione si inserisce tra le misure di contenimento del riso crodo. Le lavorazioni superficiali, infatti, garantiscono

una maggiore e più anticipata germinazione dei semi dell'infestante, permettendo, dopo un adeguato periodo di falsa semina, una maggiore efficacia dei trattamenti chimici in pre-semina con glifosate o diserbante gramminicida, nonché mediante attenta erpicatura.



*Figura 14 - Minima lavorazione del terreno con organi lavoranti trainati senza ausilio della presa di potenza*



*Figura 15 - Macchina combinata per minima lavorazione e semina interrata a file del riso.*

Esaminando invece le problematiche relative l'applicazione degli interventi di minima lavorazione, vi sono aspetti legati imprescindibilmente alla coltivazione del riso. I residui colturali sono spesso cospicui e di difficile degradazione. Si consiglia pertanto un primo intervento autunnale, al fine di consentire l'incorporazione al suolo. Inoltre, i passaggi in campo durante le operazioni di raccolta, da parte di trattori e mietitrebbie, possono generare sconnessioni nel suolo, spesso reso fangoso nel periodo autunnale. Al fine di ripristinare un'adeguata struttura sono, talvolta, necessari interventi straordinari con ancore che operano senza il rivoltamento degli strati di suolo.

Valutando le dotazioni a disposizione per l'esecuzione della minima lavorazione, troviamo gli erpici a dischi, a denti elastici, a lame rigide, o, più ordinariamente, macchine combinate da differenti organi lavoranti (*Figura 16*). Indubbiamente, le attrezzature elencate possono essere accoppiate con diverse tipologie di rullo. La profondità d'intervento per essere definita 'minima' deve essere compresa tra i 10 ed i 15 cm di terreno, svolgendo di norma due passaggi. Gli interventi possono essere anche temporalmente distanziati, in autunno-inverno per favorire la degradazione delle paglie, ed in primavera in preparazione del letto di semina.

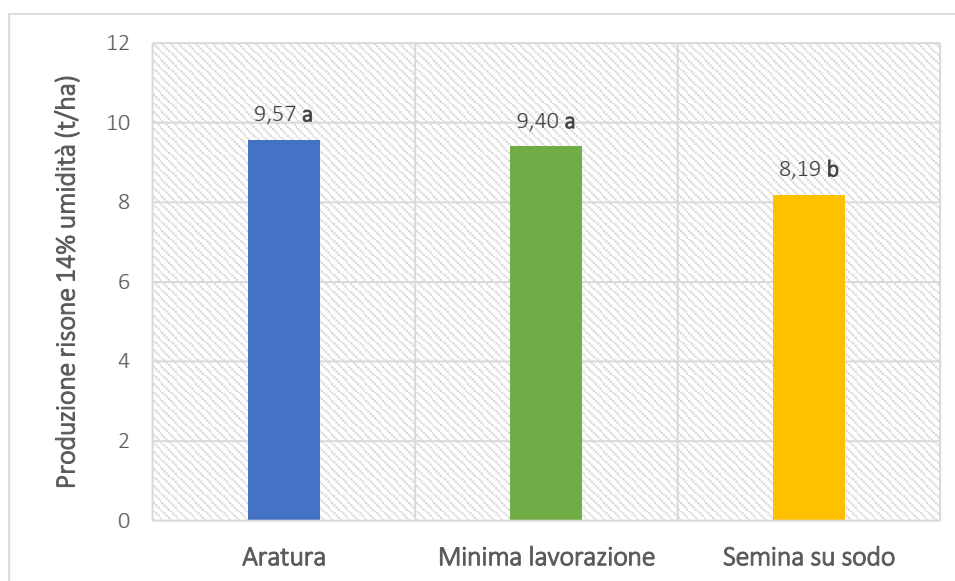


*Figura 16 - Erpici combinati per la minima lavorazione*



*Figura 17 - Semina su sodo con fallanze nell'emergenza delle plantule.*

Una sperimentazione specifica di confronto tra la tecnica convenzionale (aratura ed erpicatura) con la minima lavorazione e la semina su sodo (*Figura 17*) è stata condotta dall'Ente Nazionale Risi, in collaborazione con le Università di Torino e Milano. Le prove in campo sono state realizzate nel quinquennio 2014-2016, all'interno del progetto "RISTEC", finanziato con l'operazione 1.2.01 del Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020 di Regione Lombardia. I risultati ottenuti dai tre anni di sperimentazione hanno evidenziato come la tecnica della minima lavorazione abbia permesso di conseguire una performance produttiva paragonabile all'aratura, mentre la semina su sodo ha ottenuto una produzione di risone significativamente inferiore alle altre due tecniche (*Figura 18*).



*Figura 18 - Risultati produttivi (t/ha di risone) a seguito di tecniche di lavorazione conservativa del terreno, triennio 2014-2016*

## NUTRIZIONE - CONOSCENZE E MIGLIORAMENTO DELLA TECNICA

### L'AZOTO

#### L'AZOTO E LA PIANTA

L'azoto rappresenta uno dei principali fattori che incidono sulla produttività del riso e oltre a svolgere numerose funzioni dal punto di vista fisiologico, essendo costituente di proteine e clorofilla, ha diversi effetti sullo sviluppo della coltura. L'azoto, infatti, promuove la crescita in altezza della pianta e la dimensione della foglia, favorisce l'accostimento, aumentando di conseguenza il numero di pannocchie per unità di superficie, e incrementa il numero di spiglette per pannocchia e di granelli pieni. Oltre alla disponibilità dell'elemento sotto l'aspetto quantitativo, occorre considerare anche il momento in cui risulta disponibile per la coltura in relazione alla fase fenologica in cui essa si trova. In letteratura è riportato che circa il 50-60% dell'azoto è assorbito entro le fasi precoci di formazione della pannocchia; il 70-80% entro la fase di botticella; il restante 20-30% durante la maturazione. Un andamento simile è stato osservato anche in una sperimentazione condotta in Italia, su riso con semina in acqua e sommersione continua (*Figura 19*). In questo caso, il calo del contenuto di azoto nelle fasi finali del ciclo colturale è dovuto alla perdita delle foglie (Saviolo, 2011).

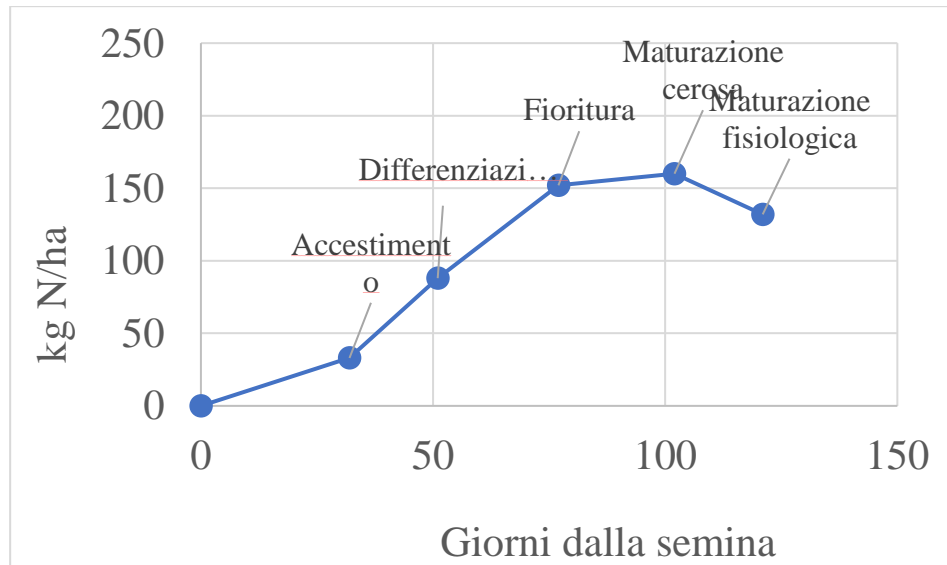


Figura 19 - Curva di assorbimento dell'azoto di una coltura di riso (biomassa epigea) con semina in acqua e sommersione continua (Saviolo, 2011).

L'azoto assorbito allo stadio di inizio accestimento è importante per l'incremento del numero di culmi, mentre la disponibilità di azoto nel periodo in cui avviene la differenziazione della pannocchia, che si verifica all'inizio della fase di levata, è determinante per ottenere un aumento del numero di spighe per pannocchia. Nello specifico, riguardo a questa importante fase fenologica, l'azoto assorbito all'inizio della differenziazione fiorale incide sul numero totale di spighe, mentre quello assorbito alla fine modifica la percentuale di spighe degenerate.

In fase di maturazione si ha un ulteriore momento di assorbimento dell'elemento e la sua disponibilità influisce positivamente sul riempimento della granella, mantenendo alta l'attività fotosintetica.

La pianta di riso è in grado di assorbire differenti forme di azoto, ma l'azoto ammoniacale ( $\text{NH}_4^+$ ) è preferito rispetto al nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e assorbito in modo più veloce. Sebbene l'azoto nitrico richieda alla pianta un maggior consumo energetico per il suo assorbimento, recenti studi hanno dimostrato come questa forma di azoto sia comunque altrettanto importante per la nutrizione della coltura.

#### *Ciclo dell'azoto nel suolo di risaia e principali fenomeni di perdita*

Le peculiari condizioni di coltivazione del riso che, generalmente, prevedono periodi più o meno prolungati di sommersione del suolo, influenzano notevolmente il ciclo e la disponibilità dell'azoto. L'acqua di sommersione riduce la diffusione di ossigeno nel suolo, inibendo di conseguenza tutti quei processi aerobici di trasformazione dell'azoto, come la nitrificazione e la mineralizzazione della sostanza organica. Vengono invece favoriti i processi anaerobici come la denitrificazione.

L'ossigeno, tuttavia, non è completamente assente dal sistema sommerso, esso si diffonde nell'acqua e nei primi centimetri del suolo, ed è presente nella rizosfera grazie all'aerenchima che caratterizza la pianta di riso. Ciò è sufficiente a creare condizioni di ossidazione anche in suoli sommersi.

La presenza diffusa di aree di suolo ossidate e ridotte a stretto contatto, rendono la risaia sommersa un ambiente unico, in cui possano avvenire trasformazioni dell'azoto sia

aerobiche, sia anaerobiche. Questo fa sì che l'azoto nel suolo di risaia sia fortemente soggetto a perdite. È poi necessario sottolineare come nei sistemi colturali che prevedono la semina interrata o in tutte le condizioni in cui l'acqua è disponibile con turnazioni, che non consentono il mantenimento della sommersione continua, si verificano processi aerobici di trasformazione dell'azoto, tipici dei suoli asciutti.

Di seguito vengono esaminati i principali processi che caratterizzano il ciclo dell'azoto in risaia.

Nitrificazione La nitrificazione è un processo microbico strettamente aerobico condotto dai batteri dei generi *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*, e prevede la trasformazione dell'ammonio ( $\text{NH}_4^+$ ) in nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).

La nitrificazione dell'azoto ammoniacale avviene solo in presenza di ossigeno e, in particolare, di potenziali di ossidoriduzione del terreno superiori ai 300 mV (a pH 7).

Situazioni di completa aerobiosi nei suoli di risaia si possono ritrovare durante le più o meno frequenti asciutte praticate nel corso del ciclo colturale e in tutto il periodo di pre-sommersione, particolarmente prolungato nel caso delle semine interrate. I nitrati prodotti nelle zone aerobiche sono dotati di elevata mobilità e possono spostarsi velocemente in profondità, andando soggetti a fenomeni di lisciviazione. In presenza di risaia sommersa invece, questi processi possono avvenire, come sopra specificato, nei comparti del suolo in cui l'ossigeno è presente. In questo caso le perdite principali di azoto si verificano quando il processo di nitrificazione è associato e strettamente connesso alla denitrificazione.

Denitrificazione La denitrificazione è un processo microbico anaerobico condotto dai batteri appartenenti ai generi *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Bacillus* e *Micrococcus* e prevede la trasformazione dell'azoto nitrico nelle forme gassose dell'azoto, protossido di azoto ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e azoto ( $\text{N}_2$ ), che vengono disperse in atmosfera. Il tasso di denitrificazione nei suoli sommersi è influenzato da diversi fattori, quali la diffusione di ossigeno, il pH, la temperatura e il tasso di nitrificazione.

Le perdite di azoto più rilevanti in risaia sono proprio da imputare ai cicli di nitrificazione e denitrificazione che avvengono negli strati del suolo.

Mineralizzazione/immobilizzazione La mineralizzazione dell'azoto consiste in una serie di reazioni attraverso le quali l'azoto contenuto nella sostanza organica viene convertito in azoto inorganico, in forma ammoniacale, mentre l'immobilizzazione, viceversa, prevede reazioni di trasformazione dell'azoto minerale in azoto organico. Entrambe le reazioni sono condotte da batteri e, in presenza di risaia sommersa, il tasso delle trasformazioni è più lento rispetto alle condizioni di asciutta. I due processi sono influenzati dalla temperatura, ma soprattutto dal contenuto di sostanza organica e dal rapporto C/N.

Nel caso in cui il suolo sia caratterizzato da elevate dotazioni di sostanza organica stabilizzata (con un rapporto C/N = 10), la disponibilità di azoto derivante dalla mineralizzazione può assumere valori tra 20 e 50 kg/ha di azoto per anno. Viceversa, la presenza di sostanza organica con elevati valori C/N favorisce l'immobilizzazione dell'azoto presente nel suolo.

Fissazione chimica e rilascio dell'ammonio I cicli di fissazione e rilascio dello ione ammonio sono associati alla presenza di alcuni tipi di argilla, aventi la capacità di legare chimicamente questa forma di azoto, che pertanto non risulta più disponibile per la coltura. La fissazione è favorita maggiormente in condizioni di risaia asciutta, mentre con risaia sommersa il processo ha una rilevanza minore.

Volatilizzazione La volatilizzazione dell'ammoniaca può avvenire sia in presenza di risaia sommersa, sia con risaia asciutta ed è legata principalmente alle fertilizzazioni azotate

effettuate in copertura, quando il concime non è interrato. Quando la risaia è sommersa il processo è influenzato da differenti fattori: pH dell'acqua di sommersione e del suolo, concentrazione dello ione ammoniacale nell'acqua di sommersione, capacità di scambio cationico del suolo, profondità dell'acqua di sommersione, velocità del vento e temperatura. La volatilizzazione avviene anche con suolo asciutto e in questo caso la gestione della fertilizzazione gioca un ruolo molto importante nel determinare le perdite di azoto. Nello specifico, in risaia le maggiori perdite per volatilizzazione di ammoniaca si verificano quando i concimi ureici sono distribuiti senza essere interrati, ed intercorrono parecchi giorni prima della sommersione. Una sperimentazione condotta dall'Ente Nazionale Risi ha valutato le perdite, per volatilizzazione di ammoniaca, dell'azoto derivante dalle concimazioni ureiche di copertura per tre differenti trattamenti: semina interrata con distribuzione del concime su suolo asciutto (DRY), semina in acqua e distribuzione del concime su risaia sgrondata (FLD-S), semina in acqua e distribuzione del concime in acqua con risaia sommersa (FLD-A) (Carozzi *et al.*, 2018).

È stato dimostrato che le maggiori perdite si verificano quando l'urea viene applicata su terreno sgrondato, come nelle due concimazioni del trattamento FLD-S. Le perdite sono, invece, inferiori quando il concime è distribuito in acqua (FLD-A), ma soprattutto quando la concimazione avviene su suolo asciutto e tempestivamente sommerso, come nel caso della tecnica della semina interrata (DRY) (Figura 20).

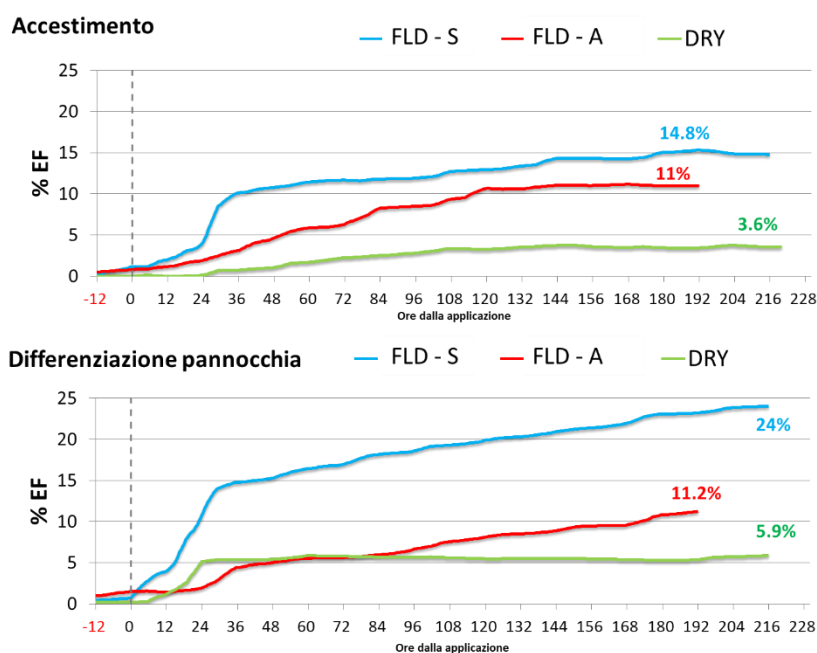


Figura 20 - Fattore di emissione (EF), ovvero la quantità di azoto perso sotto forma di ammoniaca in funzione del quantitativo di azoto distribuito nelle concimazioni di copertura (in accestimento e differenziazione della pannocchia) per i tre trattamenti considerati: FLD-S semina in acqua e distribuzione su risaia sgrondata; FLD-A semina in acqua e distribuzione in acqua; DRY semina interrata e distribuzione su suolo asciutto (Carozzi *et al.* 2018).

**Lisciviazione e runoff** Le perdite per lisciviazione, in generale, sono prevalentemente imputate alla percolazione del nitrato rispetto a quella dell'ammonio e si verificano principalmente in condizioni di suolo asciutto. Da uno studio dell'Ente Nazionale Risi (Figura 21) volto a confrontare i due principali sistemi colturali, (a) semina in acqua e sommersione continua e (b) semina interrata e sommersione posticipata, è emerso come il nitrato si trovi nella soluzione circolante campionata a diverse profondità del suolo



prevalentemente quando è adottata la semina interrata e proprio in corrispondenza o al termine dei momenti di asciutta (Miniotti *et al.*, 2016).

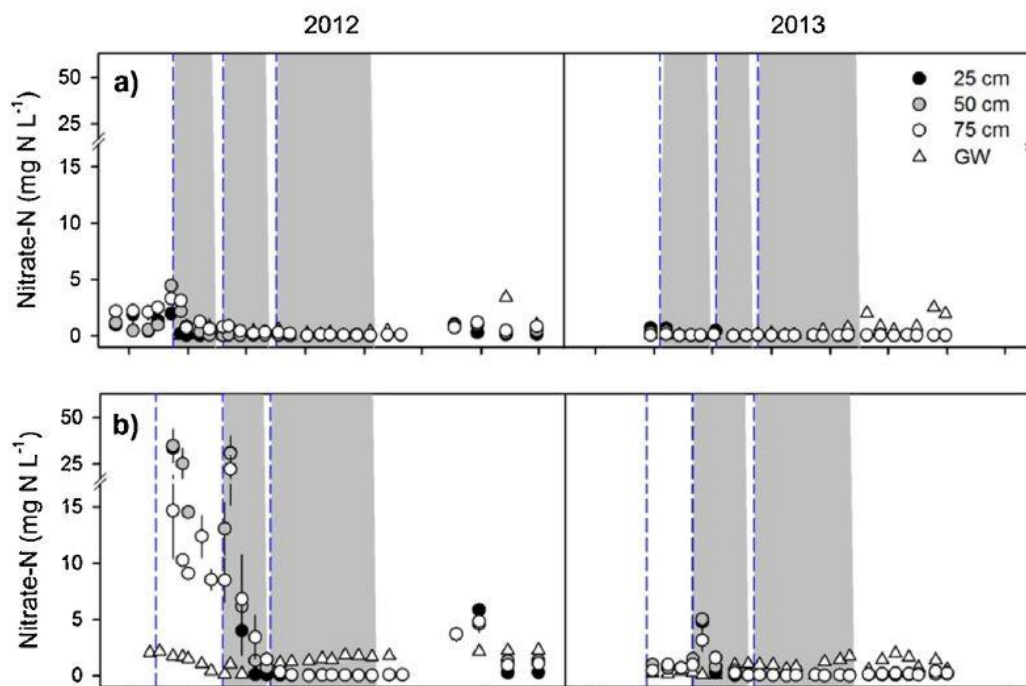


Figura 21 - Concentrazione di nitrato rilevato nella soluzione circolante a differenti profondità per due tecniche di coltivazione: (a) semina in acqua e sommersione continua e (b) semina interrata e sommersione posticipata. Le linee tratteggiate rappresentano gli interventi di concimazione con urea.

Tuttavia, anche in regime di sommersione possono verificarsi perdite di azoto, in questo caso prevalentemente associate alla forma ammoniacale e soprattutto in suoli con bassa CSC.

In generale, comunque, le zone in cui la coltivazione del riso è presente non sono considerate aree vulnerabili per la lisciviazione dell'azoto.

Riguardo ai fattori che favoriscono le perdite causate da lisciviazione nei suoli di risaia si possono considerare alcune caratteristiche del terreno, come la tessitura sciolta e la bassa CSC e una non adeguata preparazione del suolo di risaia volta a limitare la percolazione. La gestione dell'acqua, come si è visto, svolge poi un ruolo preponderante nel determinare le perdite per lisciviazione, ma anche quelle di *runoff*. Queste ultime si verificano proprio con il trasporto del nutriente tramite la circolazione dell'acqua di sommersione.

#### *Il piano di concimazione*

La fertilizzazione azotata è fondamentale per l'ottenimento di risultati produttivi soddisfacenti. Numerosi sono i fattori da esaminare per stabilire un quantitativo adeguato ad ottenere una produzione ottimale, scongiurando allo stesso tempo tutte quelle problematiche che potrebbero crearsi con un surplus di azoto. Di seguito sono analizzati i principali fattori da considerare per determinare la quantità di azoto totale necessaria alla coltura.

### Le analisi del suolo

Per una corretta pianificazione delle fertilizzazioni azotate è importante effettuare le analisi dei suoli al fine di possedere una base di partenza per valutare la disponibilità di azoto per la coltura. In questo senso i parametri da considerare sono: la sostanza organica (S.O.), la capacità di scambio cationico (CSC) e il rapporto carbonio azoto (C/N).

In tabella 1 sono riportati i valori ottimali per la coltivazione del riso e i risultati di un esteso monitoraggio territoriale dei suoli di risaia svolto dall'Ente Nazionale Risi nel quadriennio 2016-2019.

Tabella 1 - Valori ottimali dei principali parametri del suolo da considerare per la nutrizione azotata e valori medi rilevati da un monitoraggio dei suoli di risaia nelle principali province risicole italiane (Monitoraggio suoli Ente Nazionale Risi, 2016-2019).

Parametri		Valori ottimali	Pavia Milano	Novara	Vercelli	Ferrara	Mantova Verona	Oristano
Sostanza organica	%	>2.5	2,0	2,6	2,4	9,7	1,8	2,7
CSC	meq/100g	10-15	9,6	10,0	10,9	38,7	17,1	19,9
C/N		10	10,5	11,4	11,0	12,3	9,4	10,9

Dai risultati del monitoraggio si evince come i suoli di risaia delle principali province risicole siano caratterizzati da un discreto contenuto di sostanza organica. Valori molto elevati sono stati rilevati, invece, nella provincia di Ferrara. Una sufficiente dotazione di sostanza organica, unita ad un ottimale rapporto C/N, garantisce una buona disponibilità di azoto derivante dai processi di mineralizzazione. Il rapporto C/N rappresenta, infatti, un utile indicatore della qualità della sostanza organica, che dipende dal grado di trasformazione della sostanza organica stessa: minore è il rapporto, più veloce risulta la degradazione e maggiore il grado di stabilizzazione. I valori medi rilevati nel monitoraggio risultano vicini all'ottimale nelle province di Pavia e Milano, Mantova e Verona. Nelle altre province risicole, sono stati osservati valori medi più elevati, che potrebbero far presupporre qualche problema di immobilizzazione dell'azoto. Particolarmente elevato è il valore medio, superiore a 12, riscontrato nel Ferrarese, in questo caso determinato dagli alti quantitativi di torba, con alto rapporto C/N, presente nei suoli.

La CSC, come visto, è importante per contenere i fenomeni di lisciviazione e trattenere l'azoto ammoniacale, rendendolo disponibile per la coltura. Essa è risultata medio-bassa nelle province di Pavia e Milano, Novara, Vercelli, media a Verona, Mantova e Oristano, elevata a Ferrara.

### Asportazioni e apporti di azoto in risaia

I quantitativi di azoto che una coltura di riso può asportare sono legati alle concentrazioni medie dell'elemento nella granella e nella paglia, oltre che ai quantitativi di granella e di biomassa prodotti.

In tabella 2 sono elencati gli intervalli del contenuto di azoto nella granella e nella paglia di riso riportati nella letteratura internazionale, assieme al dato osservato in una

sperimentazione pluriennale condotta in Italia. Sono elencati, inoltre, i quantitativi di azoto asportati per tonnellata di granella prodotta.

Tabella 2 - A sinistra: contenuti di azoto in granella riportati in letteratura e rilevati in una sperimentazione pluriennale; a destra: asporti di azoto per tonnellata di granella.

Parte della pianta	Contenuto di azoto %		Asporto kg N / t granella
	Tipico range osservato (Dobermann and Fairhurst, 2000)	Media osservata in sperimentazione (Sacco et al., 2010)	
Granella	0,93-1,20	1,18	9-12
Paglia	0,51-0,76	0,49	6-8
Granella + Paglia			15-20

Si evince, quindi, come una coltura di riso con una produzione media di 7 t/ha di granella sia in grado di asportare circa 70 kg N/ha con la granella e circa 50 kg N/ha con la paglia, per un totale di circa 120 unità di azoto.

Da uno studio relativo alle risaie in Piemonte, uno dei principali areali di produzione risicola italiana, è emerso come le aziende apportino mediamente 127 kg/ha di azoto per la coltivazione del riso, attraverso una grande varietà di prodotti fertilizzanti (Zavattaro et al., 2006). Il range di applicazione più utilizzato è quello tra 90 e 120 kg N/ha (Figura 22). La diffusione di varietà con esigenze azotate maggiori, negli ultimi anni, ha però spinto le aziende risicole ad utilizzare quantitativi di azoto più elevati.

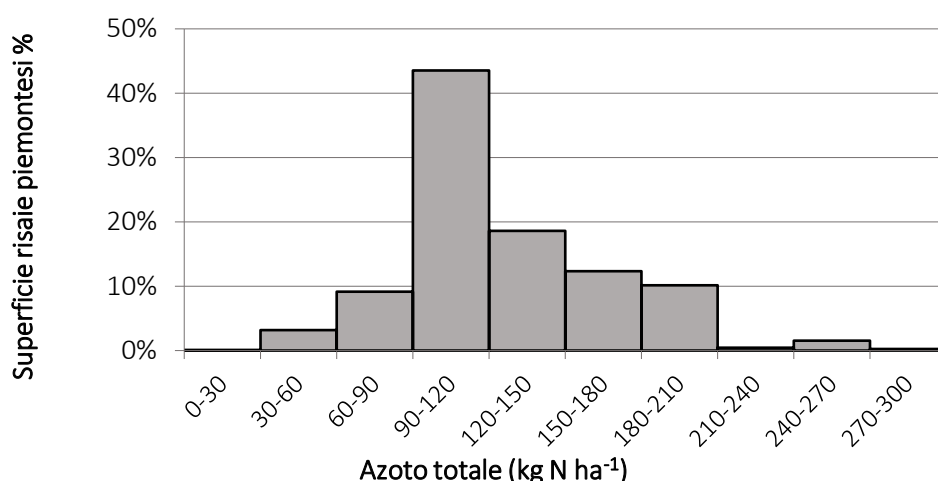


Figura 22 - Quantitativo di azoto totale distribuito mediante i fertilizzanti in relazione alla superficie risicola piemontese

### Gestione dell'acqua

Considerati i processi di trasformazione dell'azoto che avvengono nei suoli sommersi o soggetti a cicli di asciutta e sommersione, ben si comprende come la gestione dell'acqua della risaia influenzi notevolmente l'efficienza dei fertilizzanti azotati.

In generale, le sperimentazioni condotte in Italia dall'Ente Nazionale Risi hanno dimostrato che, per ottenere gli stessi livelli produttivi, la tecnica della semina interrata e sommersione posticipata necessita di un apporto totale di azoto maggiore di circa 10-15% rispetto alla semina in acqua e sommersione continua. Se invece il sistema colturale è gestito in asciutta con l'irrigazione turnata (*aerobic rice*), è necessario arrivare ad incrementi del 20-25% rispetto alla gestione tradizionale della semina in acqua e sommersione continua (Moletti *et al.*, 1990).

### Varietà

Differenti varietà di riso hanno esigenze azotate anche molto diverse per l'ottenimento di livelli produttivi ottimali. A titolo di esempio si riportano le informazioni relative al livello di fertilità richiesta da alcune delle più diffuse varietà coltivate in Italia (Tabella 3).

Tabella 3 - Fertilità richiesta da alcune varietà coltivate diffuse in Italia (Fonte: CREA-DC)

Varietà	Gruppo merceologico	Fertilità richiesta
Selenio	Tondo (temperate <i>japonica</i> )	medio-elevata
Vialone Nano	Medio (temperate <i>japonica</i> )	medio-bassa
Carnaroli	Lungo A (temperate <i>japonica</i> )	bassa
CL 388	Lungo A (temperate <i>japonica</i> )	media
Mare CL	Lungo B (tropical <i>japonica</i> )	elevata

Sono poi da considerare alcune caratteristiche varietali, come la predisposizione all'allettamento, la sterilità da freddo e la suscettibilità alle malattie, che risultano fortemente correlate con la fertilizzazione azotata della coltura. Alti input azotati, infatti, favoriscono l'allettamento andando a ridurre la robustezza dei culmi e incrementando la taglia delle piante. Pertanto, in presenza di varietà soggette ad allettamento, è necessario non eccedere con la dose totale di azoto.

Numerosi studi hanno dimostrato, inoltre, come elevate concimazioni azotate incrementino la suscettibilità delle piante alla sterilità causata dalle basse temperature durante il processo di formazione dei granuli pollinici (microsporogenesi), che si verifica alla fine della fase fenologica di levata. È stato osservato, infatti, che le piante concimate con elevati input azotati producano un minor numero di granuli pollinici, rispetto a quelle con una concimazione standard. Tale effetto è notevolmente amplificato se si verificano abbassamenti termici durante la microsporogenesi. Ciò comporta un incremento della sterilità da freddo quando l'azoto fornito è elevato.

Per quanto riguarda le malattie, la principale e più temibile patologia in Italia è il brusone del riso causato dal fungo *Pyricularia oryzae*. Lo sviluppo del brusone è fortemente condizionato dalla suscettibilità varietale, ma anche dalla fertilizzazione azotata. È confermato infatti come la malattia si sviluppi con incidenza e severità maggiori al crescere della dose di azoto totale applicata alla coltura. Sebbene il brusone risulti la patologia principale, anche altre malattie, considerate minori, sono fortemente

influenzate dalla suscettibilità varietale e dalla fertilizzazione azotata. Da sperimentazioni in campo condotte dall'Ente Nazionale Risi è emerso, ad esempio, come lo sviluppo del marciume dello stelo, causato dal fungo *Sclerothium oryzae*, sia correlato all'incremento di azoto somministrato alla coltura (Figura 23).

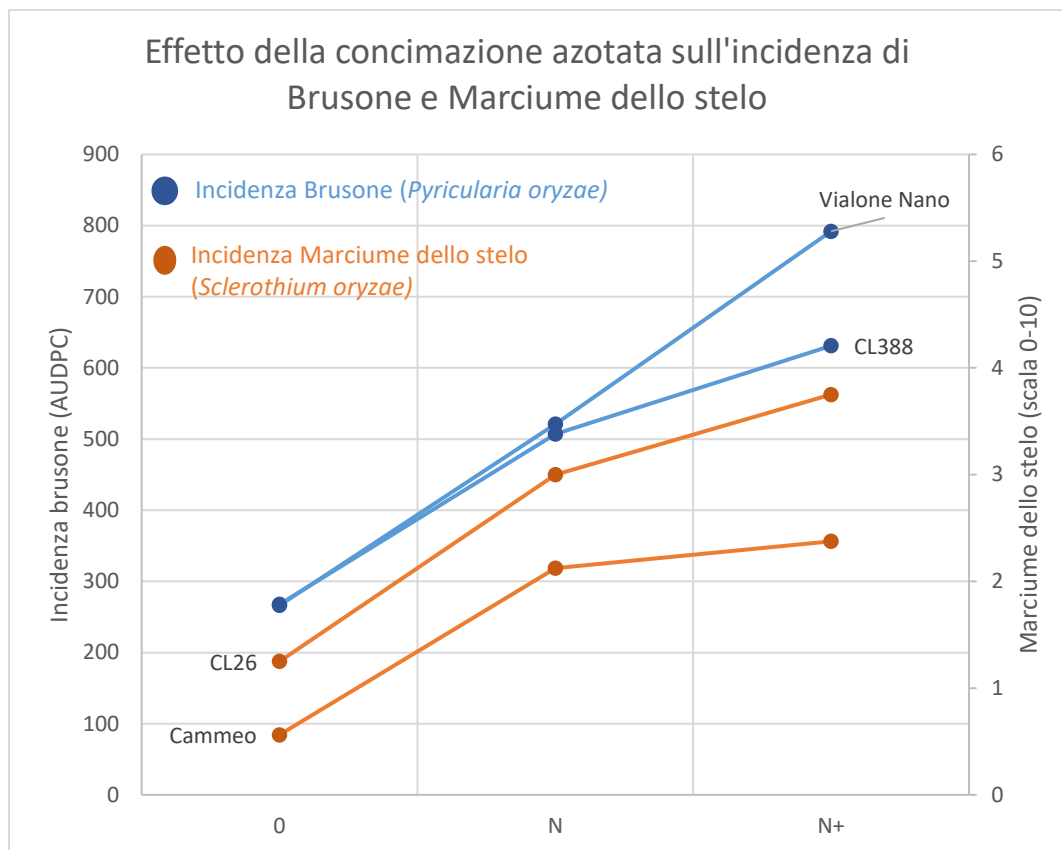


Figura 23 - Incidenza di brusone del riso e marciume dello stelo rilevata per due differenti varietà e a dosi crescenti di azoto.

### Tecnica del sovescio

Il sovescio di una coltura intercalare in risicoltura rappresenta una valida possibilità di miglioramento della fertilità dei suoli, in generale compromessa dalla continua omosuccessione. Correttamente gestito, il sovescio permette un incremento produttivo del riso e un miglioramento della biodiversità.

L'utilizzo di Leguminose, in quanto azotofissatrici, consente l'apporto di azoto organico derivante da quello atmosferico al sistema, oltre che una maggiore disponibilità degli elementi già presenti nel suolo. Le quantità di elementi nutritivi mobilizzati (azoto, fosforo e potassio) o apportati (azoto nelle leguminose) sono molto variabili e dipendenti direttamente dal tipo di specie impiegata e dalla quantità di biomassa prodotta. In generale, la specie di Leguminosa che risulta meglio adattata ai nostri climi e ai nostri sistemi risicoli, è la vecchia villosa, in grado di apportare da 40 a 150 kg/ha di azoto quando sovesciata.

Tra gli aspetti negativi è necessario considerare l'immobilizzazione dell'azoto minerale con una riduzione momentanea della sua disponibilità per il riso, che si verifica soprattutto

in presenza di biomasse caratterizzate da rapporti di carbonio e azoto (C/N) elevati, come quelli delle Graminacee.

Da sperimentazioni pluriennali condotte dell'Ente Nazionale Risi è emerso come il sovescio di vecchia villosa consenta di incrementare significativamente la produzione della coltura di riso in successione (Grassi *et al.*, 2020; Progetto RISTEC). In relazione alle condizioni climatiche che hanno caratterizzato le annate, sono state ottenute produzioni di biomassa di vecchia variabili da 1 a 6 t/ha di sostanza secca, con una concentrazione di azoto compresa tra 2,3% e 4,1% (Figura 24).

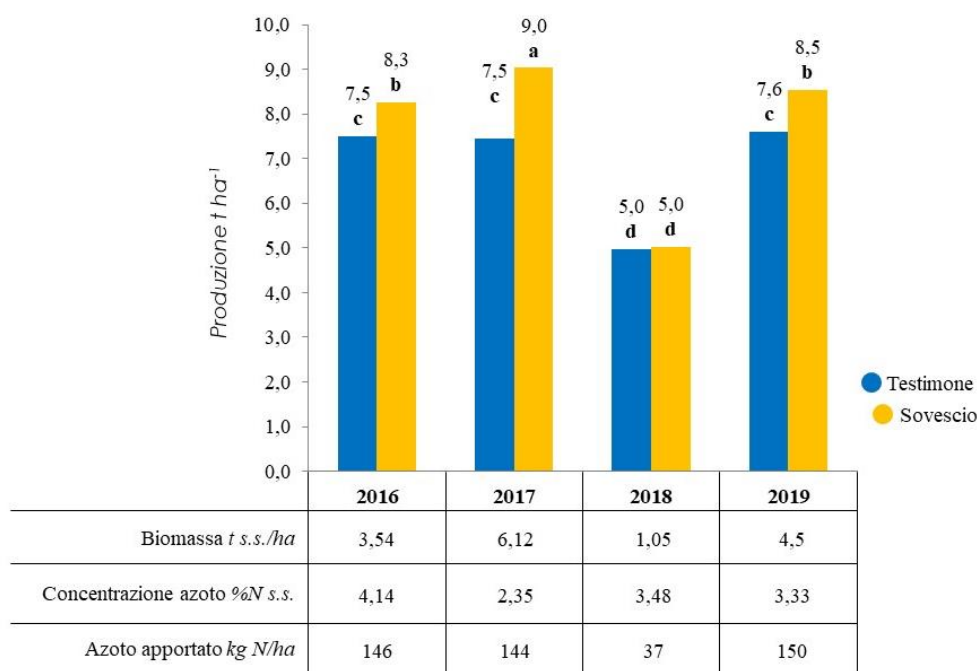


Figura 24 - Nel grafico sono riportate le produzioni di granella ottenute dalla coltivazione del riso in presenza o in assenza del sovescio di vecchia vellutata per ciascun anno di sperimentazione. Nella tabella sono indicati i valori di biomassa e di concentrazione di azoto della coltura intercalare di vecchia villosa e il quantitativo di azoto apportato con il sovescio.

È stato possibile constatare, inoltre, come la resa produttiva di una coltura di riso con sovescio di vecchia villosa, raggiunga livelli massimi con un'integrazione di 80 kg/ha di azoto minerale, mentre in assenza di sovescio occorre apportarne 120 kg di N/ha. Si potrebbe dunque stimare un risparmio di azoto minerale di circa 40-50 kg, che corrisponde, tenendo conto dell'efficienza apparente stimata del 30%, ad un apporto di azoto da biomassa pari a 150 kg/ha.

#### EFFICIENZA D'USO DELL'AZOTO

L'efficienza d'uso dell'azoto è definita come il rapporto tra l'azoto assorbito dalla coltura e l'azoto distribuito con la concimazione. Come visto, i suoli di risaia sono caratterizzati da particolari condizioni di coltivazione e di gestione dell'acqua, pertanto l'efficienza d'uso dell'azoto da parte della coltura è fortemente condizionata dalle tecniche di coltivazione. Numerosi studi riportano, infatti, valori di efficienza variabili tra 20% e 50%,

confermando così, come il riso abbia un'efficienza d'uso dell'azoto inferiore rispetto a quella riportata per la maggior parte delle colture in asciutta.

In uno studio condotto su riso concimato con azoto marcato è stato riscontrato come le perdite di maggior rilevanza sarebbero da imputare alla volatilizzazione e soprattutto al ciclo nitrificazione-denitrificazione.

In questo contesto, quindi, assumono grande importanza tutte le strategie in grado di ridurre le perdite di azoto, creando così un aumento dell'efficienza della concimazione azotata; ciò si traduce in un risparmio di concime, poiché si renderebbe necessaria una minor dose di fertilizzante azotato per raggiungere i livelli produttivi desiderati. Tra le strategie a disposizione si possono considerare l'utilizzo di concimi azotati speciali, il frazionamento della concimazione e l'adozione delle modalità di applicazione del concime più appropriate in relazione alla tecnica di coltivazione utilizzata.

#### *Concimi azotati speciali*

L'utilizzo di concimi azotati speciali ha lo scopo di ottenere una modulazione della disponibilità e della trasformazione dell'azoto nel tempo, portando ad una ottimizzazione dell'assorbimento dell'elemento da parte della coltura. Di seguito si riportano i principali meccanismi di protezione dell'azoto alla base dei concimi speciali (*Tabella 4*).

*Tabella 4 - Concimi azotati speciali*

<b>Categoria</b>	<b>Meccanismo/Matrice</b>	<b>Prodotto</b>
Minerali	Inibitori della nitrificazione	DMPP
		Calciocianamide
		DCD
	Inibitori dell'ureasi	NBPT
		NPPT
	Rivestiti con polimeri sintetici	E-MAX®
		MULTICOTE™
POLIGEN®		
Rivestiti con zolfo	Non presenti in Italia	
Uree condensate	Ureaformaldeide (UF)	
	Isobutilidendiurea (IBDU)	
	Crotonilidendiurea (CDU)	
Organici diffusi in risicoltura	Cornunghia	
	Cuoio	
	Pollina	
	Borlanda	
Organo-Minerali	a base Cuoio	
	a base Torba	
	a base Letame	

### *Inibitori della nitrificazione*

Sono composti chimici in grado di rallentare il processo di ossidazione dell'ammonio a nitriti attraverso l'inibizione dell'attività dei batteri del genere *Nitrosomonas*, in modo da bloccare almeno parzialmente il primo dei due passaggi che portano alla genesi dei nitrati.

I più diffusi inibitori della nitrificazione sono il DMPP (3,4 dimethyl pyrazole phosphate) contenuto nei concimi commerciali ENTEC® e altri, e la diciandiamide (DCD). Quest'ultima molecola, oltre ad essere addizionata nelle formulazioni di alcuni concimi commerciali, è generata dalle trasformazioni della calciocianamide.

### *Inibitori dell'ureasi*

Sono composti chimici in grado di rallentare il processo di idrolisi dell'urea ad ammoniaca, disattivando l'enzima ureasi, che diventa quindi disponibile per l'assorbimento da parte della pianta, riducendo allo stesso tempo le perdite per volatilizzazione. Gli inibitori dell'ureasi più impiegati e diffusi sono l'NBPT (triammide N-butil-fosforica) e l'NPPT (triammide N-propil-fosforica).

### *Prodotti rivestiti con polimeri sintetici*

Sono concimi a rilascio controllato, composti da elementi nutritivi in forma solida, incapsulati da speciali membrane microporose. Quando il granulo entra in contatto con il terreno, inizia ad assorbire l'acqua attraverso i micropori presenti nella membrana. Il fertilizzante contenuto all'interno si scioglie e si diffonde regolarmente all'esterno della membrana. Il processo è regolato principalmente dalla temperatura del suolo.

### *Uree condensate*

Sono concimi ottenuti per reazione chimica tra l'urea e diverse aldeidi. Lo scopo è di ridurre la solubilità dei concimi in modo da preservare l'azoto in essi contenuto da fenomeni di dilavamento e garantirne, al tempo stesso, la cessione graduale. Tra i concimi a bassa solubilità si ricordano per importanza l'ureaformaldeide (UF), la cui degradazione avviene prevalentemente per l'azione dei microrganismi e, in questo caso, la disponibilità del concime è variabile in relazione al grado di condensazione; l'isobutilidendiurea (IBDU) la cui decomposizione avviene soltanto per via idrolitica; la crotonilidendiurea (CDU), la cui decomposizione nel suolo è da imputare sia ad idrolisi sia a fenomeni microbiologici, pertanto, temperatura, umidità del terreno e attività microbologica influenzano la velocità di rilascio dell'azoto. Le uree condensate risultano, però, poco adatte all'utilizzo in risaia e sono, pertanto, scarsamente impiegate.

### *Concimi organici e organo-minerali*

I concimi organici sono derivati da materiali organici di origine animale o vegetale, costituiti da composti organici ai quali l'azoto è chimicamente legato in forma organica o comunque ne è parte integrante della matrice. La velocità di mineralizzazione della matrice organica e, di conseguenza, la disponibilità dell'azoto per la coltura è fortemente influenzata dalla tipologia di matrice impiegata. Alcuni esempi di concimi organici sono la cornunghia (*Figura 25*), il cuoio, la pollina, la borlanda fluida o essiccata, il letame essiccato.

I concimi organo-minerali, invece, sono ottenuti per reazione o miscela di uno o più concimi organici o di una o più matrici organiche, con uno o più concimi minerali e sono quindi caratterizzati da un maggior contenuto in azoto rispetto ai concimi organici. Per la loro produzione sono utilizzate i concimi organici e alcuni ammendanti quali torba, lignite, ammendanti vegetali semplici non compostati e ammendanti compostati verdi. Le differenze tra i diversi concimi, in termini di rilascio dell'azoto, sono notevoli e dipendono



dalle caratteristiche di produzione, a seconda siano ottenuti per miscelazione o per reazione della componente organica con quella minerale.



*Figura 25 - Cornunghia*



*Figura 26 - Concimazione in presemina per la tecnica della semina in acqua e sommersione continua*

#### *Frazionamento e modalità di applicazione del concime*

La coltivazione del riso beneficia maggiormente di un frazionamento del concime azotato nel corso del ciclo colturale, rispetto alla distribuzione del fertilizzante in un'unica soluzione, anche in considerazione della bassa CSC che caratterizza i suoli risicoli italiani. Al fine di massimizzare la produzione dovrebbe essere garantita alla coltura la disponibilità di azoto nel sistema suolo-pianta in tutte le fasi di assorbimento dell'elemento.

Le dosi e i momenti di distribuzione sono, però, fortemente condizionati dalla varietà, dal tipo di suolo e soprattutto dalla tecnica colturale adottata.

#### *Semina in acqua e sommersione continua*

In linea generale, il riso coltivato con la tecnica della semina in acqua e sommersione continua, si avvantaggia maggiormente quando il concime azotato viene distribuito in presemina (*Figura 26*). Questo intervento deve prevedere l'interramento del concime subito dopo la sua distribuzione e, per massimizzarne l'efficienza, è consigliabile procedere immediatamente alla sommersione della risaia.

Qualora non sia possibile sommergere tempestivamente il campo, è necessario utilizzare concimi con inibizione della nitrificazione, in modo da minimizzare le perdite per lisciviazione del nitrato e quelle per denitrificazione, che avverrebbero nel momento della sommersione.

Un utile strumento per migliorare l'efficienza di questa concimazione è, poi, l'impiego di concimi ricoperti e dei concimi organici. Questi concimi speciali, per i differenti meccanismi di rilascio dell'azoto, sopra esposti, sono in grado di modulare la cessione dell'azoto, che risulta disponibile nel tempo per la coltura.

Ciò è stato dimostrato anche da una sperimentazione volta a confrontare differenti concimi speciali in risaia seminata in acqua (Romani, 2008). È stato possibile osservare, infatti, come l'utilizzo della cornunghia, dell'inibitore DMPP e della calciocianamide, nell'intervento di presemina, abbiano permesso di ottenere un vantaggio produttivo rispetto all'utilizzo di urea (*Figura 27*).

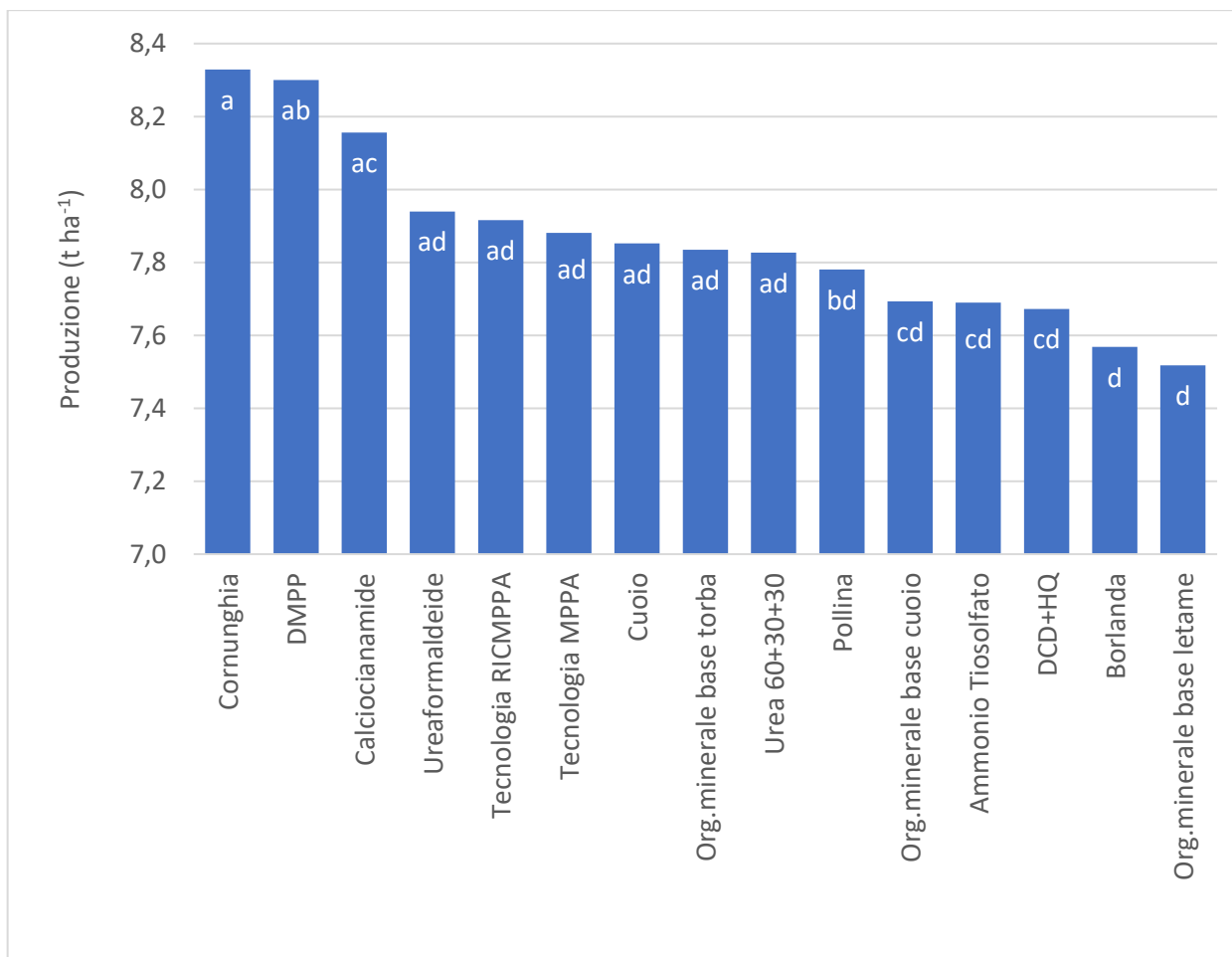


Figura 27 - Risultati produttivi espressi in t/ha di granella, ottenuti da una coltura di riso seminata in acqua per differenti trattamenti con concimi speciali, distribuiti in presemina 15 giorni prima della sommersione del campo. Sono stati apportati 80 kg N/ha con i concimi speciali in presemina, 20 kg N/ha con urea in accestimento e in differenziazione della pannocchia. Il trattamento con sola urea, invece, è stato frazionato in 60-30-30 kg N/ha.

Le concimazioni in copertura, invece, sono importanti per mantenere la disponibilità dell'elemento durante le fasi riproduttive. Particolarmente delicata per la performance produttiva della coltura risulta, infatti, la fase di differenziazione della pannocchia. Carenze di azoto in questa fase possono condizionare molto il risultato finale, andando ad influenzare il numero di pannocchie e il numero di spiglette per pannocchia. La concimazione al momento della differenziazione della pannocchia, oltre ad essere molto efficiente, grazie al rapido assorbimento dell'elemento da parte della pianta, può compensare eventuali carenze. Per questo importante intervento, sono oggi disponibili tecniche innovative di agricoltura di precisione che consentono di variare la fertilizzazione all'interno dei singoli appezzamenti in relazione al vigore della coltura, stimato grazie all'utilizzo di sensori in grado di determinare gli indici di vegetazione (NDVI ad esempio). La fertilizzazione di precisione a dose variabile, quindi, permette da un lato di ottimizzare gli apporti di concime azotato, distribuendolo in modo differenziato in funzione delle necessità della coltura, dall'altro di uniformare la produzione all'interno degli appezzamenti. Cruciale, in questo caso, risulta la calibrazione agronomica degli indici di vigore, ovvero lo sviluppo di algoritmi che consentano di stabilire la dose di fertilizzante azotato da apportare in funzione dell'indice di vegetazione misurato. In Italia, le

sperimentazioni in campo condotte dall'Ente Nazionale Risi, in collaborazione con l'Università degli Studi di Torino, hanno permesso di mettere a punto gli algoritmi di calibrazione agronomica per le principali varietà coltivate, ottenendo delle curve che permettono di esprimere gli apporti di azoto in funzione del vigore stimato dagli indici di vegetazione e in relazione a differenti obiettivi produttivi (Figura 28) (Cordero *et al.*, 2017).

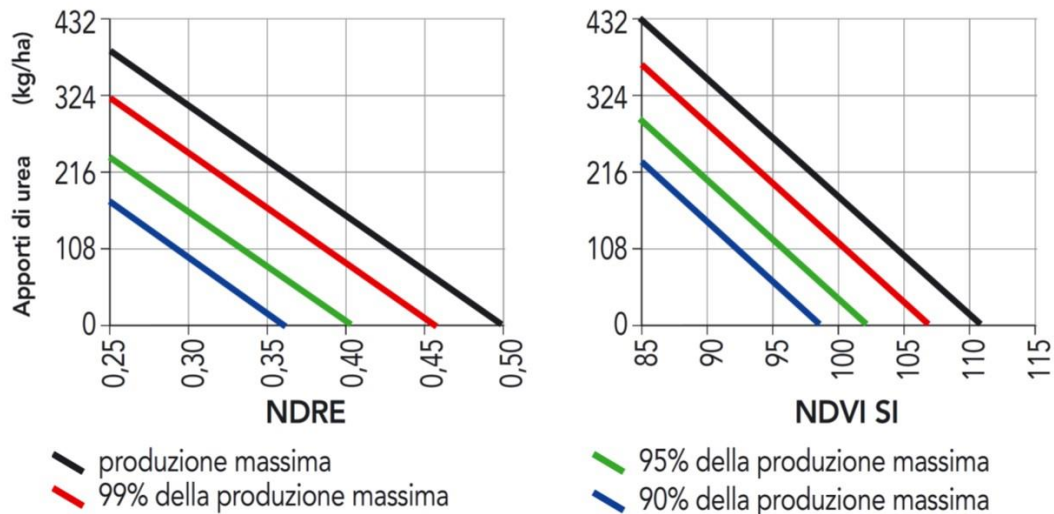


Figura 28 - Curve di calibrazione per diversi indici di vigore (NDRE e NDVI) ottenute in relazione a diversi obiettivi produttivi.

La calibrazione agronomica degli indici di vigore rappresenta un tassello fondamentale per adattare al meglio le tecniche di fertilizzazione di precisione a dose variabile alla coltivazione del riso e alle differenti caratteristiche delle principali varietà coltivate.

Per quanto riguarda la modalità di applicazione, nelle concimazioni di copertura i migliori risultati si ottengono quando il concime viene distribuito su terreno asciutto e risommerso entro 24 ore. Anche in questo caso possono essere considerati urea e concimi ammoniacali. Particolarmente vantaggiosi per le applicazioni di copertura sono, poi, gli inibitori dell'ureasi (NBPT ad esempio), capaci di limitare le perdite per volatilizzazione, soprattutto quando intercorrono più di due giorni prima che la risaia venga sommersa. L'NBPT agisce in modo ottimale quando il terreno è asciutto, mentre se si opera su suolo umido l'effetto è ridotto.

La fertilizzazione di copertura è soggetta a perdite per volatilizzazione dell'ammoniaca anche quando effettuata in acqua con risaia sommersa e soprattutto se avviene nelle fasi di sviluppo vegetativo, ma in questo caso l'inibitore dell'ureasi NBPT risulta poco o per nulla efficace nel ridurre le perdite.

I risultati di una sperimentazione condotta dall'Ente Nazionale Risi in una coltivazione con semina in acqua e sommersione continua, mostrano chiaramente come l'utilizzo dell'inibitore NBPT nelle applicazioni di copertura, effettuate su suolo asciutto, porti a dei vantaggi produttivi rispetto all'utilizzo di solo urea, consentendo una maggiore efficienza della concimazione azotata (Tenni *et al.*, 2016). Tali effetti sono risultati significativi sia con una concimazione totale di 130 kg N/ha sia con una concimazione totale di 160 kg N/ha (Figura 29).

Il frazionamento è legato anche alla varietà coltivata, si possono infatti distinguere due principali gruppi in relazione allo sviluppo vegetativo delle piante. In generale, per le varietà ad elevato sviluppo vegetativo è consigliabile frazionare le unità di azoto come segue: 30% in presemina, 30% in accestimento, 40% alla differenziazione della pannocchia. Per le varietà a taglia bassa, con uno sviluppo vegetativo limitato, è invece possibile incrementare la dose di azoto in presemina, distribuendo il 40% dell'azoto totale in presemina, il 30% in accestimento e il restante 30% alla differenziazione della pannocchia.

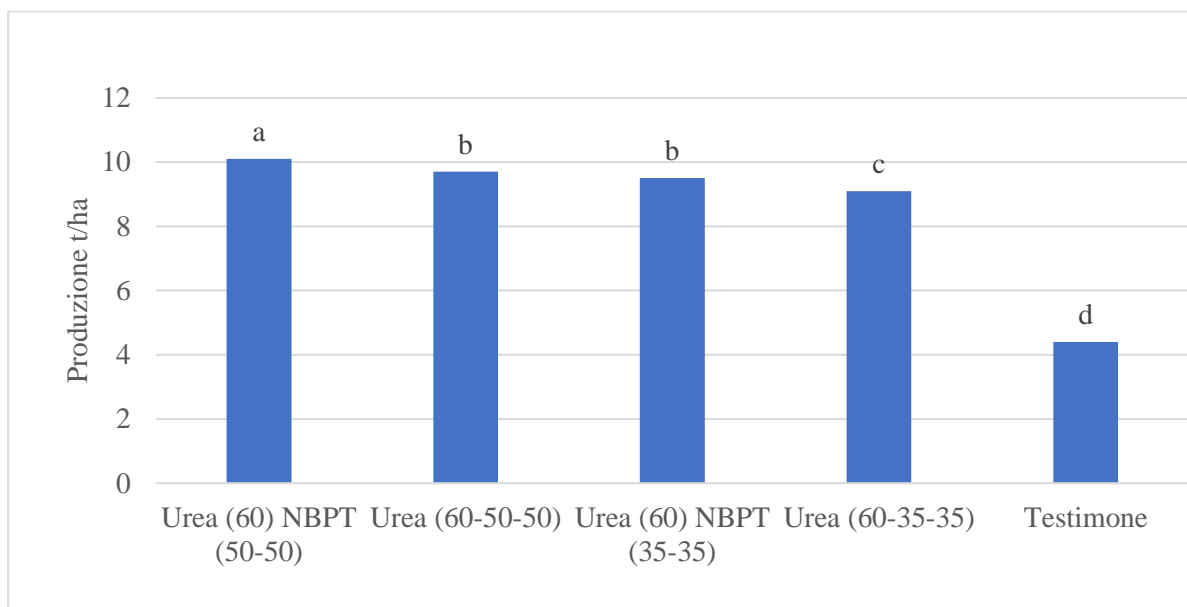


Figura 29 - Risultati produttivi espressi in t/ha di granella, ottenuti da una coltura di riso seminata in acqua per differenti trattamenti, con e senza inibitore dell'ureasi NBPT. Tra parentesi sono riportati i quantitativi di azoto, in kg/ha, apportati nei diversi interventi: presemina - accestimento-differenziazione della pannocchia.

#### *Semina interrata e sommersione posticipata*

Nel caso della semina interrata, l'applicazione in presemina dovrebbe essere evitata, soprattutto se effettuata con urea o con concimi ammoniacali, a causa delle importanti perdite di azoto dal sistema che potrebbero rendere tale intervento pressoché inefficace. Qualora si intenda effettuare l'intervento in presemina, è comunque consigliabile prevedere la distribuzione e l'interramento di concimi ricoperti, di concimi organici o con inibitori della nitrificazione, che per i meccanismi di protezione e rilascio dell'azoto sopra citati, assicurano una buona efficienza d'uso dell'elemento.

Grande importanza assume, invece, la concimazione effettuata alla fase di 3-5 foglie, prima della sommersione, risultando cruciale per la determinazione del potenziale produttivo. In questo intervento sono da preferire i concimi ureici o ammoniacali e, per limitare le perdite, la distribuzione deve essere eseguita su suolo asciutto immediatamente prima di procedere alla sommersione. La risaia, poi, dovrebbe rimanere sommersa per almeno 2-3 settimane al fine di garantire un'elevata efficienza del fertilizzante distribuito.

Qualora si impieghi un concime ureico e non sia possibile procedere alla sommersione nell'arco di due giorni dalla distribuzione, è necessario prevedere l'utilizzo di un inibitore dell'ureasi (NBPT), che esplica la miglior azione su terreno completamente asciutto, come riportato in precedenza.

Così come avviene per la tecnica della semina in acqua, anche nella semina interrata, la concimazione alla differenziazione della pannocchia è molto importante e deve seguire le stesse regole descritte per la tecnica della semina in acqua. In questa fase, infatti, anche nella tecnica della semina interrata la risaia risulta sommersa e la coltura è in grado di assorbire rapidamente il concime azotato.

Il frazionamento anche in questo caso deve essere calibrato in relazione alla varietà coltivata. Per le varietà ad elevato sviluppo vegetativo si consiglia l'apporto del 60% dell'azoto totale in accestimento pre-sommersione e del 40% alla differenziazione della pannocchia. Per le varietà a taglia bassa, con uno sviluppo vegetativo limitato, è invece possibile incrementare la dose di azoto in accestimento, frazionando le unità come segue: 70% in accestimento pre-sommersione, 30% alla differenziazione della pannocchia.

## IL FOSFORO

### IL FOSFORO NELLA PIANTA

Il fosforo (P) è un macronutriente di fondamentale importanza per la produttività e la qualità del riso. È responsabile della vigoria delle piante nelle prime fasi del ciclo colturale e dello sviluppo di un robusto apparato radicale ed interviene nella determinazione del grado di accestimento, nel numero di spighe per pannocchia, nella fioritura e allegagione, e nella tolleranza al freddo. Il fosforo assorbito viene facilmente redistribuito all'interno della pianta ed è contenuto nel pericarpo del seme del riso come fitina e fosfatidi.

Il fosforo viene assorbito dalla pianta di riso prevalentemente sotto forma di ione  $H_2PO_4$  all'inizio del ciclo colturale, con un picco di *uptake* nella fase di fine accestimento, e principalmente rilocato nelle fasi vegeto-riproduttive successive; tuttavia è stata dimostrata una maggiore efficienza produttiva dell'elemento quando assorbito in fase vegetativa. Le radici delle piante giovani contribuiscono ad un elevato assorbimento di fosforo, diminuendo con l'invecchiamento della pianta: meno della metà viene assorbito prima della differenziazione dell'infiorescenza, mentre allo stadio di spigatura la pianta accumula circa due terzi del fosforo totale.

A seconda dello stadio di crescita della pianta, quindi, possono essere individuati diversi intervalli ottimali e livelli critici di contenuto di fosforo nella pianta di riso (*Tabella 5*).

*Tabella 5 - Intervallo ottimale e livello critico di P nelle piante (Dobermann and Fairhurst, 2000)*

Stadi di crescita	Parti della pianta	Optimum (%)	Soglia critica (%)
Da Accestimento a differenziazione della pannocchia	Foglia Y	0,20 - 0,40	< 0,10
Fioritura	Foglia bandiera	0,20 - 0,30	<0,18
Maturità	Paglia	0,10 - 0,15	<0,06

È noto come condizioni di moderata deficienza delle piante non evidenzino sintomi apparenti e non siano distinguibili da colture sufficientemente dotate, a meno di una diretta comparazione. La carenza di fosforo è spesso associata a disordini nutrizionali quali tossicità da ferro a bassi valori di pH, carenza di zinco, carenza di ferro e salinità in suoli alcalini. Effetti dati dalla carenza di fosforo includono una scarsa crescita delle parti vegetative della pianta, taglia bassa e colore verde scuro delle foglie. Una carenza di fosforo determina una diminuita resistenza ai freddi tardivi, scarso accestimento e limitato riempimento delle spighe, ritardi nella maturazione e diminuita allegagione,

diminuzione della risposta della pianta alla concimazione azotata e riduzione quali-quantitativa della produzione.

### *CICLO DEL FOSFORO NEL SUOLO*

La disponibilità del fosforo per le colture è influenzata sia dalle caratteristiche del suolo (pH, contenuto idrico, presenza e tipo di sostanza organica), sia dall'attività della pianta, che può attenuare parzialmente le conseguenze della scarsa disponibilità di fosforo tramite l'adozione di strategie in grado di modificare il micro-habitat della rizosfera.

Nei suoli calcarei, l'elevata presenza di cationi scambiabili è in grado di creare forme insolubili di fosforo e la precipitazione è il meccanismo più importante nel causare una forte riduzione della disponibilità fosfatica per le piante. Nei suoli acidi o sub-acidi, i più comuni nelle zone risicole italiane (*Tabella 7*), il fosforo viene in gran parte immobilizzato tramite adsorbimento sulle superfici degli ossidi di ferro (Fe) e di alluminio (Al) e, secondariamente, sui minerali fillosilicatici, o può precipitare come sali di Fe o Al. Il legame del fosfato con le superfici dei minerali è molto forte, tanto da risultare in buona parte virtualmente irreversibile. La disponibilità del fosfato immobilizzato, inoltre, diminuisce ulteriormente con il tempo, per la sua progressiva occlusione negli ossidi e idrossidi di Fe e Al. Il legame con i minerali del suolo riduce anche la disponibilità di varie forme organiche di fosforo, inibendo ad esempio l'idrolisi dei fitati. L'insieme di questi fattori ha fatto sì che, per mantenere una buona disponibilità fosfatica per la coltura, gli apporti di fertilizzante abbiano spesso ecceduto in larga misura gli asporti, con un conseguente progressivo accumulo di fosfati nel suolo.

Questi fenomeni di immobilizzazione avvengono tipicamente nei suoli aerobici.

Le risaie italiane sono tradizionalmente gestite in condizioni di sommersione, rendendo la coltura del riso peculiare grazie ad importanti modificazioni nello stato redox del suolo, dovute all'instaurarsi di condizioni anossiche. Durante la sommersione, la mobilità del fosforo nel terreno è avvantaggiata dalla dissoluzione dei composti fosfatici con ferro, alluminio e calcio, generata da una diminuzione del potenziale riduttivo e dal tamponamento del pH ad un valore sub-acido di circa 6,5.

### *IL SISTEMA DI COLTIVAZIONE*

Il comportamento dei suoli sommersi dal punto di vista della disponibilità degli elementi nutritivi per le piante differisce molto da quello degli altri suoli agrari.

Nella tradizionale semina in acqua e sommersione continua della risaia nelle prime settimane dopo la sommersione si osserva di solito un incremento della solubilità del fosforo dovuto alla dissoluzione riduttiva degli ossidi di ferro su cui era legato, alla dissoluzione dei fosfati di calcio nei suoli alcalini o di quelli di ferro e alluminio nei suoli acidi dovuti alle variazioni di pH. All'iniziale mobilizzazione del fosfato segue, infatti, una diminuzione del fosforo disciolto con il procrastinare delle condizioni di anossia, la cui entità e i cui tempi dipendono dalle caratteristiche del sistema suolo-soluzione. Questo fenomeno è attribuito a un ri-adsorbimento del fosforo sui vari siti della frazione solida del suolo, e/o a reazioni di precipitazione all'interfaccia tra zona anossica e zone più ricche di ossigeno.

Questo processo implica una maggiore disponibilità di P per la coltura ma, soprattutto nel caso di importanti apporti di fertilizzante fosfatica, può comportare anche un aumento del P trasferito alle acque di sommersione e una migrazione in profondità nel suolo, fino a raggiungere le acque di falda o a riprecipitare più in profondità, in orizzonti del suolo non esplorati dall'apparato radicale della coltura.

Negli ultimi decenni il comparto risicolo italiano ha visto l'introduzione d'importanti pratiche agronomiche che hanno innovato le tradizionali strategie di coltivazione del riso, tra cui la semina interrata a file, con il posticipo della sommersione della risaia allo stadio di 3°-4° foglia del riso/inizio accostamento. Questa pratica offre una diversificazione delle strategie colturali, rispetto la semina in acqua, per richiesta idrica, concimazione, scelta varietale e gestione delle malerbe.

Dati recentemente ottenuti da una sperimentazione svolta in ambiente controllato dimostrano come il ritardo della sommersione della risaia influenzi la concentrazione di P osservato nella soluzione circolante del suolo. Al contrario di quanto avviene nella semina in acqua, infatti, al momento della sommersione in 3°-4° foglia non è stato osservato un picco di rilascio del fosforo in seguito alla dissoluzione riduttiva; nella semina interrata la disponibilità dell'elemento avviene quindi in modo più limitato, ma continuativo nel corso della stagione colturale, con una conseguente diversa risposta della pianta in funzione al diverso stadio fenologico (dati progetto P-RICE, non pubblicati).

L'introduzione di tecniche alternative di gestione dell'acqua consente di modificare l'attività microbica correlata alle dinamiche del fosforo. Nella semina interrata, in condizioni di asciutta, le associazioni rizosferiche con funghi micorrizici sono particolarmente importanti per la mobilizzazione del fosfato. In questa simbiosi è stato recentemente dimostrato che il fungo micorrizico seleziona, in prossimità delle ife extra-radicali, batteri in grado di solubilizzare il fosfato mediante fosfatasi alcalina. È noto che il grado di micorrizzazione del riso varia con le condizioni redox del suolo, annullandosi nelle fasi di sommersione, ma è ancora poco chiaro l'effetto dell'alternanza di sommersioni e asciutte nei riguardi dei batteri rizosferici che insieme alla micorriza promuovono la solubilizzazione del fosfato.

Nell'ottica della gestione della risorsa irrigua in risaia è invece in ascesa l'adozione di pratiche che prevedono periodi alternati di asciutta negli appezzamenti, note anche come *AWD (Alternate Wetting and Drying)*, con un continuo avvicendamento di condizioni aerobiche ed anaerobiche del suolo.

Siccome la fitodisponibilità del fosforo è imprescindibilmente legata alle condizioni redox del terreno, l'adozione di pratiche che prevedono un aumento dei periodi di asciutta nel ciclo colturale si ripercuote sul comportamento del macronutriente.

Come osservato in una recente sperimentazione (dati progetto P-RICE, non pubblicati), se la sommersione dovuta alla tecnica di semina adottata (semina in acqua) consente un incremento della solubilità del fosforo dovuto alla dissoluzione riduttiva degli ossidi di ferro, il seguente alternarsi di condizioni ossidanti e riducenti aumenta la capacità del suolo di immobilizzare fosfato in seguito alla ri-precipitazione del ferro solubilizzato in forma di ossidi e idrossidi, con elevata superficie specifica e spiccata affinità per il chemio-adsorbimento del fosfato. Processi di alternanza di condizioni di sommersione-asciutta favoriscono quindi la progressiva occlusione del fosfato legato agli ossidi, riducendone ulteriormente la fitodisponibilità.

### *IL PIANO DI CONCIMAZIONE*

Gli elementi da considerare nella stesura del piano di concimazione riguardano la dose, il momento e il tipo di fertilizzante da apportare.

#### *Le analisi del suolo*

Le analisi del terreno sono un mezzo indispensabile per stimare la disponibilità dei nutrienti ed indicare i quantitativi di fertilizzanti che devono essere distribuiti al fine di

raggiungere la massima produttività, mantenere la fertilità del terreno e massimizzare il profitto.

Le metodologie più comunemente usate per determinare la disponibilità fosfatica non sono collegabili direttamente a una particolare forma chimica di fosforo, ma estraggono pool operativamente definiti come “disponibili” (Tab. 6). Inoltre, non si ottiene di solito una misura quantitativa del fosforo utilizzabile dalla coltura, ma piuttosto un indice di disponibilità, che deve essere calibrato e interpretato in base ai dati di campo ottenuti in agro-ambienti paragonabili.

Nei laboratori italiani il metodo più utilizzato è il metodo Olsen, che si basa sull'estrazione con una soluzione di sodio idrogeno carbonato 0,5 M tamponato a pH 8.5 per 30 minuti, con un rapporto solido: soluzione 1:20. Questo metodo è particolarmente indicato per i suoli calcarei, ma funziona bene anche per quelli subacidi e acidi. Olsen è ritenuto il metodo maggiormente indicato per i suoli di risaia in quanto può essere usato per un range più ampio di pH ed è in grado di misurare anche la quantità di fosforo solubilizzata dalla pianta di riso in presenza di condizioni di sommersione. Considerando tale metodo di analisi la soglia di sufficienza, oltre la quale sarebbe probabile una risposta produttiva del riso alla concimazione fosfatica, è stata indicata pari a 23 mg di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup>.

Tabella 6 - Disponibilità di P nel suolo con Metodo Olsen

Calcare attivo (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg <sup>-1</sup> )		Dotazione di P
<i>Normale</i>	<i>Elevato</i>	
< 11,5	< 22,9	Molto scarsa
11,5 - 22,9	22,9 - 45,8	Scarsa
22,9 - 34,4	45,8 - 68,8	Media
34,4 - 45,8	68,8 - 91,7	Elevata
> 45,8	> 91,7	Molto elevata

La dotazione di fosforo nei suoli italiani destinati alla coltivazione del riso è, generalmente, mediamente elevata. I risultati dell'attività monitoraggio dei suoli condotta a partire dal 2016 da Ente Nazionale Risi su tutto il territorio risicolo italiano ha evidenziato come la maggior parte dei suoli destinati alla produzione risicola abbiano una dotazione di fosforo (come P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Metodo Olsen) ottimale; al contempo, però, esistono alcune realtà risicole in Piemonte (Vercellese) caratterizzate da situazioni meritevoli di attenzione in merito alla loro bassa disponibilità dell'elemento (Tabella 7).

Tabella 7 - Valori ottimali e valori medi di P Olsen (come P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) rilevati dal monitoraggio 2016-2019 di Ente Nazionale Risi dei suoli di risaia delle province risicole italiane (Monitoraggio suoli Ente Nazionale Risi, 2016-2019).

Parametri	Valori ottimali	Pavia Milano	Novara	Vercelli	Ferrara	Mantova Verona	Oristano
P Olsen (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	ppm 25-35	83,6	61,6	50,2	67,8	84,4	172,4
pH (in acqua)	6,5	6,3	5,9	5,9	6,6	8,1	6,8



### Le quantità: asporti e apporti di P in risaia

Le perdite di fosforo dai suoli agrari non sommersi sono normalmente inferiori a  $1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ , cioè meno dell'1-2% dell'input di fertilizzante. Sebbene ciò sia trascurabile da un punto di vista agronomico, tali carichi di fosforo hanno un effetto significativo sull'ecosistema acquatico potendo provocare l'eutrofizzazione delle acque, con fenomeni già evidenti lungo molti fossi e canali limitrofi alle risaie. La prolungata sommersione del suolo, tipica della coltivazione del riso, può aumentare notevolmente la frazione di fosfato solubile, anche se i dati disponibili relativi alla realtà risicola della Pianura Padana sono per ora insufficienti.

La sostenibilità economica ed ambientale di elevati input di fertilizzanti fosfatici è sempre più bassa, anche in relazione al progressivo esaurirsi delle riserve naturali di fosfato il cui sfruttamento possa risultare economicamente vantaggioso; secondo alcune stime la durata media di tali risorse, a livello globale, potrebbe non andare oltre i 50-100 anni. Inoltre, ai minerali fosfatici sono spesso associati contaminanti (come arsenico, cadmio, cromo, etc.) in concentrazioni relativamente elevate da rappresentare una fonte di inquinamento per i suoli agrari nel lungo periodo. Diventa perciò sempre più importante e urgente massimizzare l'efficienza dei fertilizzanti distribuiti in campo, riducendone gli apporti senza compromettere la produttività.

Per quanto riguarda l'eventuale responsabilità della risicoltura nel contribuire alla contaminazione da fosforo delle acque, i risultati di una sperimentazione condotta a Vercelli hanno evidenziato come la concentrazione di fosforo totale filtrato nelle acque di uscita dalle camere risultasse più elevata appena dopo la sommersione, mentre tendeva a ridursi a fine periodo colturale (Mosca et al., 2010). È stato osservato un trasferimento nell'acqua di scorrimento superficiale del fosforo distribuito in pre-semina. Anche il contenuto del macronutriente nell'acqua di prima falda ha mostrato valori più elevati in estate che in inverno. Tuttavia, occorre sottolineare che anche l'acqua di ingresso ha riportato concentrazioni mediamente al disopra dei  $10 \text{ mg l}^{-1}$ , dovuto ad un arricchimento da fonti extra agricole o da suoli limitrofi.

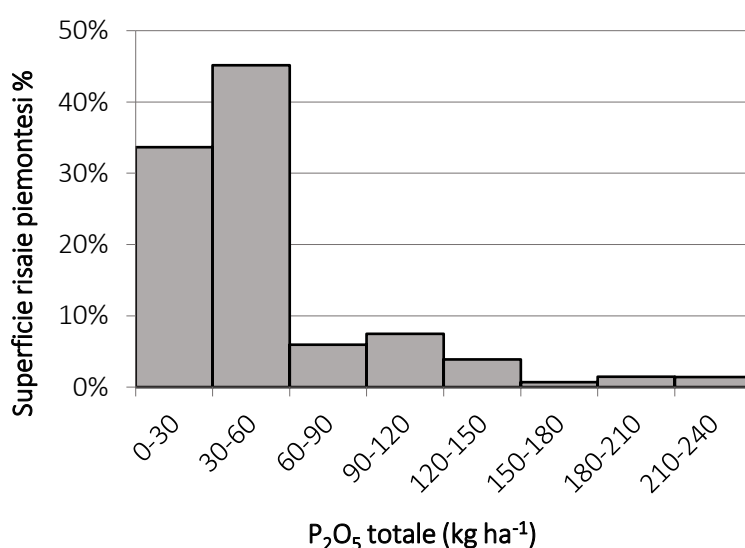


Figura 30 - Frequenza di distribuzione del P

È quindi necessaria un'ottimizzazione della fertilizzazione fosfatica in modo da tener conto contemporaneamente delle esigenze della coltura, dei vincoli ambientali e dei fattori economici, nonostante ciò presenti diverse difficoltà per la carenza di indicatori opportuni.

L'uso di fertilizzanti fosfatici in quantità spesso eccedenti le necessità colturali ha provocato un generale aumento nella dotazione fosfatica di molti suoli agrari: nelle aziende agrarie europee è stato calcolato un surplus annuo di 18 kg P ha<sup>-1</sup> e di 34-94 kg P ha<sup>-1</sup> nei suoli della pianura padana (Zavattaro *et al.*, 2008).

I consumi di fertilizzante fosfatico in risaia sono, nell'ultimo decennio, calati notevolmente in relazione alla presa coscienza della dotazione mediamente elevata del terreno. Un'indagine condotta nel territorio risicolo della Regione Piemonte ad inizio anni 2000 ha riscontrato come più del 30% delle aziende non distribuisse fosforo in quantità superiore ai 30 kg/ha di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 30), mentre il bilancio tra asportazioni e apporti ha riportato una situazione, in molti casi, di deficit dell'elemento (Figura 31) (Zavattaro *et al.*, 2006).

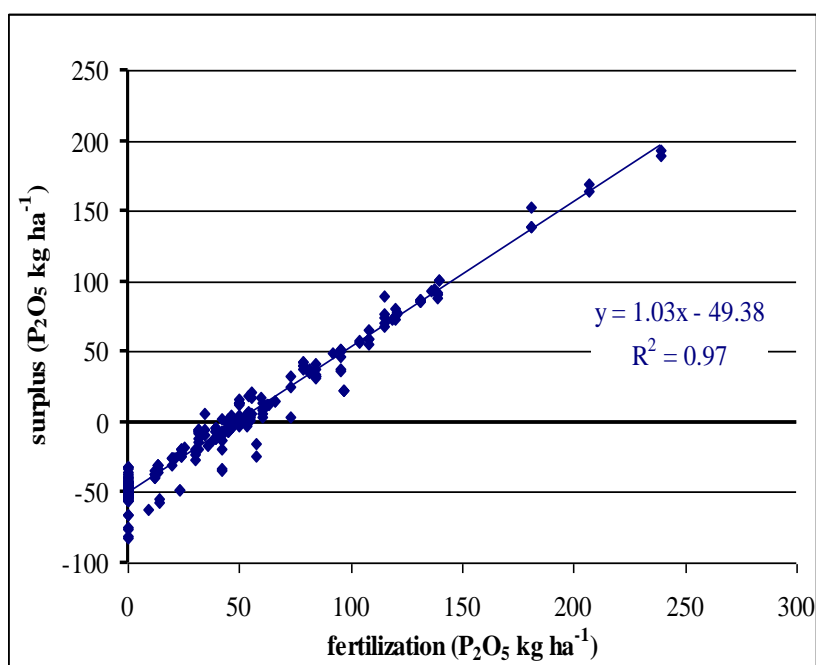


Figura 31 - Fertilizzazione e bilancio del P

La stessa indagine ha stimato l'apporto medio di fosforo applicato nelle risaie piemontesi come pari a 67 kg ha<sup>-1</sup> di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, con un'elevata variabilità su tutta l'area oggetto di indagine. Le interviste condotte sul territorio nel 2001 hanno rivelato come circa il 29% della superficie risicola non avesse ricevuto fosforo, sottolineando come le applicazioni siano caratterizzate da un'estrema variabilità annuale.

Nella scelta del quantitativo di fosforo da apportare mediante la concimazione è necessario considerare quale sia il contenuto di fosforo nel suolo e quali i reali fabbisogni della coltura.

La gestione oculata della concimazione fosfatica richiede un approccio un po' più complesso rispetto a quella azotata, in quanto livelli subottimali di nutrizione fosfatica non sono così bene identificati in campo come nel caso dell'azoto.

Nel ciclo del riso le fasi antecedenti la spigatura sono le più sensibili all'assorbimento del fosforo, ritrovando il picco massimo a fine accettazione. È stata riscontrata un'interazione tra assorbimento di azoto e di fosforo che, in assenza di equilibrio, può portare ad una mancata risposta alla fertilizzazione azotata.

Durante la crescita il fosforo viene traslocato nella pianta e, quindi, anche nella granella, risultando in parte asportato con il raccolto (*Tabella 8*). A seguito di un'analisi decennale su più varietà (dati UNITO) sono stati valutati asporti medi di 2.6 kg P t<sup>-1</sup> di risone e di 1.3 kg P ha<sup>-1</sup> per la paglia, da cui può essere stimato un fabbisogno di 45 kg di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> per una produzione media di 7.5 t<sup>-1</sup> ha di granella (Mosca *et al.*, 2010).

In caso di spianamento occorre prevedere una dose di arricchimento di 45 kg ha<sup>-1</sup> di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, mentre in condizioni di pH inferiori a 5 o superiori a 7.5 e/o di terreno argilloso è necessario prevedere un apporto maggiorato del 10-15% rispetto alle esigenze colturali.

Anche la gestione dell'acqua può influire sulla dose di fosforo da apportare alla coltura: nel caso dell'impiego della tecnica della semina interrata occorre considerare di apportare una dose supplementare.

*Tabella 8 - P assorbito e contenuto nella pianta: a) secondo letteratura (Dobermann and Fairhurst, 2000); b) secondo risultati di una sperimentazione nel Vercellese (Sacco *et al.*, 2010).*

Parte della pianta	Tipico range osservato <sup>a</sup>	Media osservata nella sperimentazione <sup>b</sup>
	kg P assorbito t <sup>-1</sup> di granella prodotta	
Granella + Paglia	2,5 - 3,5	-
Fioritura	1,7 - 2,3	-
Maturità	0,8 - 1,2	-
Contenuto % di P		
Granella	0,18 - 0,26	0,26
Paglia	0,07 - 0,12	0,11

### *Epoca di applicazione*

Il momento di applicazione della concimazione fosfatica può variare a seconda della tecnica di semina impiegata in risaia.

Nella semina in acqua è consigliabile un'applicazione in fase di pre-semina o a inizio accettazione, prediligendo quest'ultima in caso di condizioni favorevoli alla proliferazione delle alghe.

Nella semina interrata è consigliabile un'applicazione in pre-semina o pre-sommersione (3°-4° foglia del riso), scegliendo il momento precedente la sommersione del campo in condizioni di elevata retrogradazione del fosforo.

A tal proposito, recenti prove sperimentali hanno evidenziato una migliore performance produttiva con l'applicazione di fosfato bioammonico a ridosso della sommersione rispetto alla distribuzione in pre-semina (*Figura 32*): questo risultato è da imputare alla minore durata della fase di immobilizzazione del fosforo nei composti di ferro e alluminio prima che la dissoluzione parziale dei composti del ferro e l'aumento di pH, che seguono l'istaurarsi di condizioni anossiche, tornino ad aumentare la mobilità del nutriente (Romani *et al.*, 2021). Questi risultati sembrano indicare che la ridissoluzione del fosforo precedentemente immobilizzato non è completa, almeno sul breve periodo, e il rilascio

di nutriente indotto dalla sommersione potrebbe essere ritardato rispetto al momento di massima richiesta da parte della pianta.

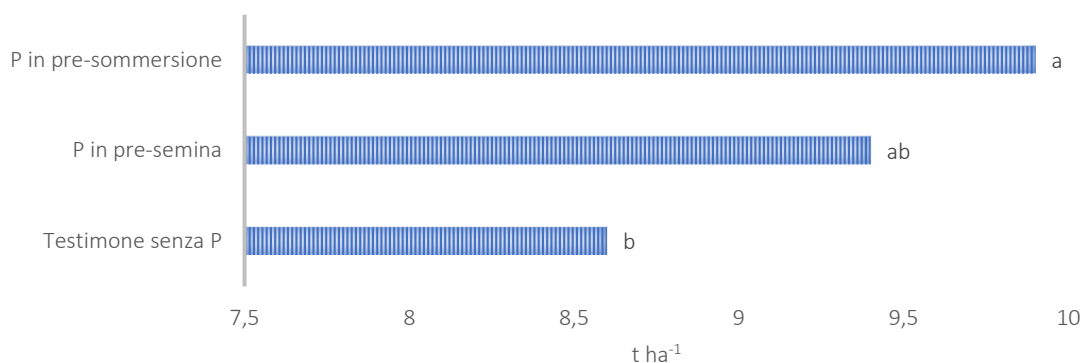


Figura 32 - Produzione media di risone (t ha<sup>-1</sup>) al 14% di umidità conseguita con l'apporto di 100 kg/ha di DAP a confronto con il testimone senza concimazione con fosforo. A lettere diverse corrispondono differenze significative per  $P < 0.05$  (LSD test).

Occorre, infatti, considerare che il periodo successivo alla sommersione in 3°-4° foglia è quello caratterizzato dal più elevato sviluppo della coltura, sia per la parte aerea sia per l'apparato radicale. Il mantenimento di un'adeguata nutrizione fosfatica, insieme a quella di azoto e potassio, in questa fase del ciclo colturale è senz'altro auspicabile per la valorizzazione della produttività.

Infine, prove sperimentali hanno dimostrato una minore efficacia del fosforo distribuito successivamente al periodo di accestimento.

### *I concimi fosfatici più utilizzati*

Esistono diverse tipologie di concimi fosfatici: minerali, organici e organo-minerali.

Nella scelta dei concimi fosfatici da impiegare in risaia è opportuno considerare alcuni elementi, quali la solubilità del fosforo nei concimi minerali e organo-minerali, il contenuto di cadmio e il contenuto di elementi fertilizzanti secondari.

Per quanto riguarda i concimi minerali, in questa categoria troviamo un vasto numero di tipologie di concimi, contenenti percentuali variabili di fosfato. I più utilizzati in risicoltura sono:

- **Perfosfato triplo.** Viene preparato per attacco dell'acido fosforico sulle fosforiti. Rappresenta una fonte di fosforo altamente solubile ( $P_2O_5$  solubile in acqua al 43%) ad alta concentrazione totale (46-48% di  $P_2O_5$ ). È privo di zolfo e microelementi. Tutto il fosforo è sotto forma di fosfato monocalcico.
- **Fosfato monoammónico (MAP).** I fosfati di ammonio si ottengono per neutralizzazione dell'acido ortofosforico con l'ammoniaca. Il MAP è un concime complesso NP con azoto ammoniacale (10-12% di  $NH_4-N$ ) e fosforo (50-52% di  $P_2O_5$ ) ad elevata solubilità. La sua formulazione microgranulare lo rende particolarmente adatto alla concimazione localizzata in semina interrata.
- **Fosfato biammonico (DAP).** Simile a MAP e dotato di maggior azoto ammoniacale (~18% di  $NH_4-N$ ) e minor fosforo (46% di  $P_2O_5$ ), rappresenta il concime fosfatico più utilizzato in risicoltura. Possiede una elevata solubilità che lo rende immediatamente disponibile per le piante. Indicato soprattutto in quegli ambienti e/o colture che necessitano di un rapido assorbimento del fosforo. La presenza di azoto ammoniacale aiuta le piante a stimolare da subito lo sviluppo della vegetazione. È adatto per tutti i tipi di terreno,

soprattutto (per la sua natura acida) in ambienti con suoli a pH neutro, sub-alcino e alcalino.

- Scorie Thomas (o scorie di defosforazione). Si presentano come polvere nerastra, talvolta sottoposta al processo di granulazione, e sono caratterizzate da elevato peso specifico. Sottoprodotto della lavorazione siderurgica, le Scorie Thomas rappresentano un concime storicamente impiegato in risicoltura, ma ad oggi scarsamente utilizzate. Contengono il 12-20% di  $P_2O_5$  solubile in acidi minerali e risultano apprezzati per il pH basico e il loro elevato contenuto di silice; in alcuni casi l'acido silicico può determinare incrementi produttivi e maggiori resistenze alle malattie e all'allettamento. Contengono piccole quantità di magnesio e di micronutrienti.

I concimi organo-minerali, invece, sono prodotti a base di concimi organici addizionati di uno o più concimi minerali. Per la loro produzione sono impiegate le matrici organiche dei concimi organici addizionate a torba. Esistono grosse differenze a seconda se i prodotti siano stati ottenuti per semplice miscelazione o per reazione della componente organica con quella minerale.

Infine, ulteriori prodotti contenenti fosforo e impiegabili come concimi sono rappresentati dai concimi organici, tra cui la pollina risulta la più diffusa, dai fanghi di depurazione e dagli effluenti zootecnici.

La concimazione fosfatica è ritenuta uno dei fattori responsabili degli apporti di cadmio (Cd) all'agroecosistema. Le rocce fosfatiche utilizzate per la produzione dei concimi contengono naturalmente cadmio in quantità variabili in funzione dell'origine e della località di estrazione.

Nel 2010 un monitoraggio di Ente Nazionale Risi sul contenuto di cadmio dei concimi fosfatici impiegati in risicoltura ha rivelato come il fosfato biammonico (DAP) sia il concime fosfatico con i più elevati contenuti di cadmio, con una media di  $54 \text{ mg } P_2O_5 \text{ kg}^{-1}$  e con la forma assimilabile (DPTA-estraibile) sempre superiore al 70% del totale del metallo. Nei concimi fosfatici complessi/composti e nelle scorie Thomas la frazione assimilabile è risultata pari al 40% della quota totale. Infine, i concimi organo-minerali sono risultati i migliori sia in termini di contenuto totale di cadmio sia per quota assimilabile (*Tabella 9*) (Romani, 2010).

*Tabella 9 - Risultati del monitoraggio sui contenuti in Cd dei concimi fosfatici impiegati in risaia*

	n° campioni	[Cd] <sub>totale</sub> <i>mg kg<sup>-1</sup></i>	[Cd] <sub>assimilabile</sub> <i>mg kg<sup>-1</sup></i>	[Cd]/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <i>mg kg<sup>-1</sup></i>
Fosfato biammonico	10	25,0	18,4	54
Perfosfato triplo	4	18,6	15,1	41
Concimi complessi-composti ternari	15	4,7	1,9	42
Concime fosfatico semplice**	1	14,5	10,2	38
Scorie Thomas	5	5,7	2,0	39
Concimi organo-minerali	9	1,7	0,8	14

## IL POTASSIO

### IL POTASSIO E LA PIANTA

Il potassio (K) è un elemento essenziale per le piante, le quali spesso ne assorbono in quantità elevate e, in alcuni casi, addirittura in eccesso rispetto alle esigenze reali. Partecipa direttamente nella formazione e nella crescita delle cellule. Molto mobile all'interno dei tessuti vegetali, questo elemento svolge numerose funzioni: è cofattore per più di 60 enzimi, interagisce con gli altri elementi nutritivi aumentandone la risposta, attiva la fotosintesi e favorisce la formazione di glucidi nelle foglie e il loro accumulo negli organi di riserva, partecipa alla formazione di proteine. Il potassio aumenta l'area fogliare e favorisce la crescita dell'apparato radicale, aumenta la resistenza alle malattie e alle fisiopatie; nel riso questo elemento incrementa il numero di spighe/pannocchia, riduce la sterilità, aumenta il numero del peso dei 1000 semi e favorisce la lignificazione del culmo aumentando la resistenza all'allettamento.

A differenza di azoto e fosforo, solo una piccola percentuale di potassio viene traslocata in granella. Le maggiori esigenze dell'elemento si hanno nella fase di accestimento e di levata: prima della fase di botticella la coltura ha già assorbito circa il 75 % del suo fabbisogno. Il potassio assorbito dopo la fase di differenziazione della pannocchia può comunque contribuire a migliorare alcune componenti della produzione, comportando ad esempio un aumento del peso dei 1000 semi.

A seconda dello stadio di crescita della pianta sono riscontrabili diversi intervalli ottimali e livelli critici di contenuto di potassio nella pianta di riso (*Tabella 10*).

*Tabella 10 - Intervallo ottimale e livello critico di K nelle piante (Dobermann and Fairhurst, 2000).*

Stadi di crescita	Parti della pianta	Optimum (%)	Soglia critica (%)
Da accestimento a differenziazione della pannocchia	Foglia Y	1,80 - 2,60	< 1,50
Fioritura	Foglia bandiera	1,40 - 2,00	<1,20
Maturità	Paglia	1,50 - 2,00	<1,20

In condizioni di forte carenza di potassio, le punte delle foglie risultano marroni giallastre. Le foglie più alte appaiono piccole, penzolanti e verdi scure. Le foglie più vecchie variano dal giallo al marrone e, nel caso in cui la carenza di potassio non venga compensata, le foglie più giovani sono soggette a decolorazione graduale. Macchie marroni necrotiche irregolari possono inoltre comparire sulle pannocchie. Sintomi di carenza di potassio sono con maggiore probabilità osservabili in fase di fioritura.

Altri sintomi dati dalla carenza di questo elemento sono da ricondursi ad un minore sviluppo della pianta, forte allettamento, senescenza delle prime foglie, con accartocciamento e afflosciamento, in particolare, in condizioni di elevate temperature e bassa umidità. Inoltre, si osserva un'elevata percentuale di spighe vuote o sterili, a causa di una bassa vitalità del polline e una traslocazione ritardata di carboidrati, nonché una riduzione del peso dei 1000 semi. L'apparato radicale può apparire malato, con molte radici nere e una ridotta lunghezza delle radici per unità di volume di suolo, causando una riduzione nell'assorbimento degli altri nutrienti e una diminuzione della produzione di citochinina. Infine si può osservare un basso potere di ossidazione radicale, a causa della riduzione della resistenza a sostanze tossiche prodotte in condizioni di anaerobiosi del suolo, e un incremento dell'incidenza di malattie e patologie.

La carenza di potassio può essere ricondotta a diverse cause. Fattori genetici, quali la dimensione dell'apparato radicale o le caratteristiche intrinseche della varietà, possono indurre ad una carenza dell'elemento nella pianta, così come cattivo drenaggio e elevata concentrazione di CO<sub>2</sub> possono limitare l'assorbimento dell'elemento da parte della pianta. Altri fattori limitanti possono essere rappresentati dalle basse temperature del terreno, dall'asporto delle paglie e, infine, dalla concentrazione stessa dell'elemento nel suolo e nelle acque di irrigazione.

## IL SUOLO

Il potassio è presente nel suolo in quattro forme in equilibrio tra loro: solubile (0,1-0,2%), scambiabile (1-2%), non scambiabile (1-10%), minerale (90-98%). Gli equilibri tra le forme, con particolare riferimento a quelle solubili e scambiabili, sono influenzati da numerosi fattori quali la natura dei colloidi del suolo, il pH, l'alternanza di asciutte e sommersioni, l'alternanza di gelo e disgelo, la fertilizzazione azotata, la presenza di calcio e di altri elementi.

Il potassio nella soluzione del suolo si trova in forma ionica come potassio<sup>+</sup> ed è presente in percentuali non superiori al 2% del totale: essa rappresenta la forma direttamente assorbita da parte della pianta.

Il potassio scambiabile è presente in concentrazioni variabili da 1 a 10% del totale e rappresenta la riserva di potassio disponibile per la coltura. La frazione scambiabile di potassio si trova adsorbito alle cariche negative delle argille e della sostanza organica. In generale, le quantità di potassio assorbite dalla coltura sono superiori a quelle di azoto e fosforo.

Il potassio minerale fissato è invece quantificabile in 90-98% del totale. Si trova all'interno della struttura dei minerali argillosi e, pertanto, non risulta disponibile per la nutrizione delle piante. In particolar modo, illiti e vermiculiti sono i fillosilicati maggiormente coinvolti nel fenomeno.

Le condizioni di sommersione, tipiche dell'ambiente di risaia, contribuiscono ad aumentare la concentrazione di potassio nella soluzione circolante.

## IL SISTEMA DI COLTIVAZIONE

L'influenza della sommersione risulta minore sulla chimica del potassio rispetto a quella di altri macronutrienti, come azoto e fosforo. Le condizioni di riduzione causate dalla sommersione del campo si traducono in una frazione maggiore degli ioni K<sup>+</sup> spostati dal complesso di scambio nella soluzione circolante del suolo. Il rilascio di una relativamente grande quantità di ioni Fe e Mn e la produzione di ioni ammonio provocano uno spostamento di alcuni degli ioni K<sup>+</sup> dal complesso di scambio alla soluzione del suolo. Questo può portare a maggiore disponibilità di potassio per il riso nei campi gestiti in semina in acqua e sommersione continua.

L'introduzione di tecniche alternative di gestione dell'acqua che prevedono un posticipo della data di sommersione del campo (semina interrata e sommersione in 3°-4° foglia) o un'alternanza di periodi di sommersione e asciutta (*AWD, Alternate Wetting and Drying*) comporta, quindi, una disponibilità differente dell'elemento, in momenti successivi del ciclo colturale.

## IL PIANO DI CONCIMAZIONE

Come per gli altri macroelementi, i parametri da considerare nella stesura del piano di concimazione riguardano tipo di fertilizzante da apportare, dose e momento dell'applicazione.

### 4.1 Le analisi del suolo

Anche per il potassio le analisi del suolo sono un mezzo indispensabile per stimare la disponibilità del nutriente e stabilire, di conseguenza, il quantitativo ottimale da apportare in campo.

Con le analisi del suolo è possibile determinare il potere di fissazione del potassio o il quantitativo di potassio scambiabile, esprimibile come ppm, meq 100g<sup>-1</sup> o % sulla CSC (Capacità di Scambio Cationico).

Una buona dotazione di potassio nel terreno è quantificata pari a 2-5% della capacità di scambio cationico (CSC) del suolo o 100 ppm di potassio scambiabile.

I risultati dell'attività di monitoraggio dei suoli condotta a partire dal 2016 da Ente Nazionale Risi su tutto il territorio risicolo italiano ha evidenziato come la maggior parte dei suoli destinati alla produzione risicola abbiano una dotazione di potassio appena sufficiente, con suoli della provincia di Oristano e dell'area risicola di Mantova e Verona con valori più che ottimali. Al contempo, però, esistono alcune realtà risicole in Piemonte (Vercelli e Novara) e a Ferrara caratterizzate da suoli con un contenuto di potassio scambiabile inferiore all'ottimale (*Tabella 11*).

*Tabella 11 - Valori ottimali e valori medi di K rilevati dal monitoraggio 2016-2019 di Ente Nazionale Risi dei suoli di risaia delle province risicole italiane (Monitoraggio suoli Ente Nazionale Risi, 2016-2019)*

Parametri		Valori ottimali	Pavia Milano	Novara	Vercelli	Ferrara	Mantova Verona	Oristano
K <sup>+</sup> sc.	ppm	116-156	80,8	74,5	70,3	157,7	147,9	236,0
K <sup>+</sup> su C.S.C.	%	2-5	2,2	2,0	1,6	1,1	2,8	3,0
C.S.C.	meq/100g	10-15	9,6	10,0	10,9	38,7	17,1	19,9

### *Concentrazione di potassio nell'acqua di irrigazione*

L'apporto di potassio da parte dell'acqua irrigua varia molto in base al corso d'acqua. Le concentrazioni rinvenute nei principali canali utilizzati per l'irrigazione del riso hanno evidenziato valori compresi tra 1.5-5 mg/L (*Tabella 12*) (dati ARPA), in linea con quanto riportato da Dobermann and Fairhurst (2000) per l'acqua superficiale. Considerando un utilizzo di volumi di adacquamento pari a 15-20.000 m<sup>3</sup>/ha, gli apporti di potassio possono aggirarsi tra i 20 e i 100 kg/ha. Tuttavia, occorre ricordare come parte dell'elemento sia perso nelle acque di colatura e per lisciviazione.



Tabella 12 - Principali corsi d'acqua utilizzati per l'irrigazione del riso analizzate con relativa concentrazione di potassio medio dal 2016 al 2019 in mg L<sup>-1</sup>

Corso d'acqua	K mg/L	Dev Stan K
Agogna (Novara)	5,09	4,27
Canale Lanza (Occimiano)	2,79	3,06
Cervo (Quinto Vercellese)	3,71	1,57
Dora Baltea (Saluggia e Settimo Vittone)	1,72	1,00
Po (Brandizzo)	3,28	1,28
Roggia Busca (Casalino)	2,55	1,06
Roggia Mora (San Pietro Mosezzo)	2,00	0,99
Rovasenda (Villarboit)	3,23	1,12
Sesia (Caresanablot)	1,79	0,95
Terdoppio (Vigevano)	2,97	1,27
Ticino (Cuggiono)	1,77	0,85

*Le quantità: asportazioni e apporti di potassio in risaia*

I suoli risicoli risultano caratterizzati da una bassa capacità di scambio cationico, la quale può favorire la lisciviazione del potassio. Per far fronte a queste perdite i risicoltori apportano elevate quantità di fertilizzante per sopperire alla carenza di suolo, generalmente quantificabili in 160 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (Figura 33), così come stimato da un'indagine condotta nel territorio risicolo della Regione Piemonte ad inizio anni 2000 (Zavattaro *et al.*, 2008).

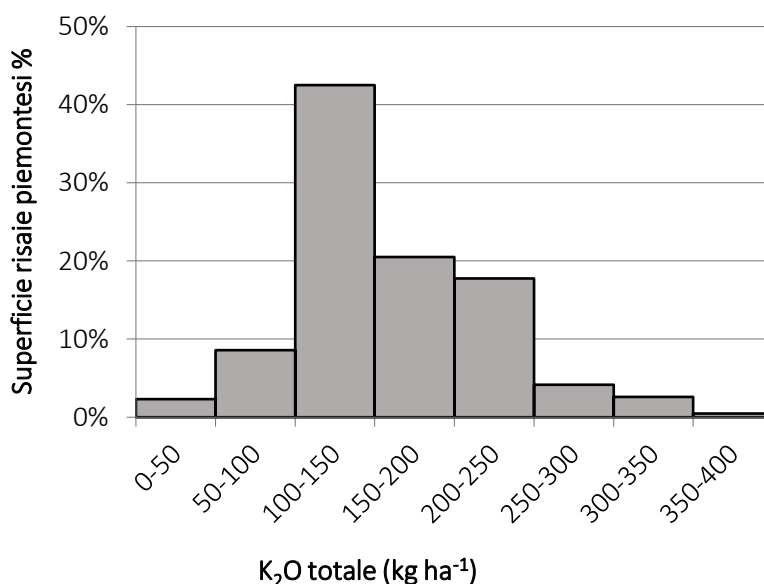
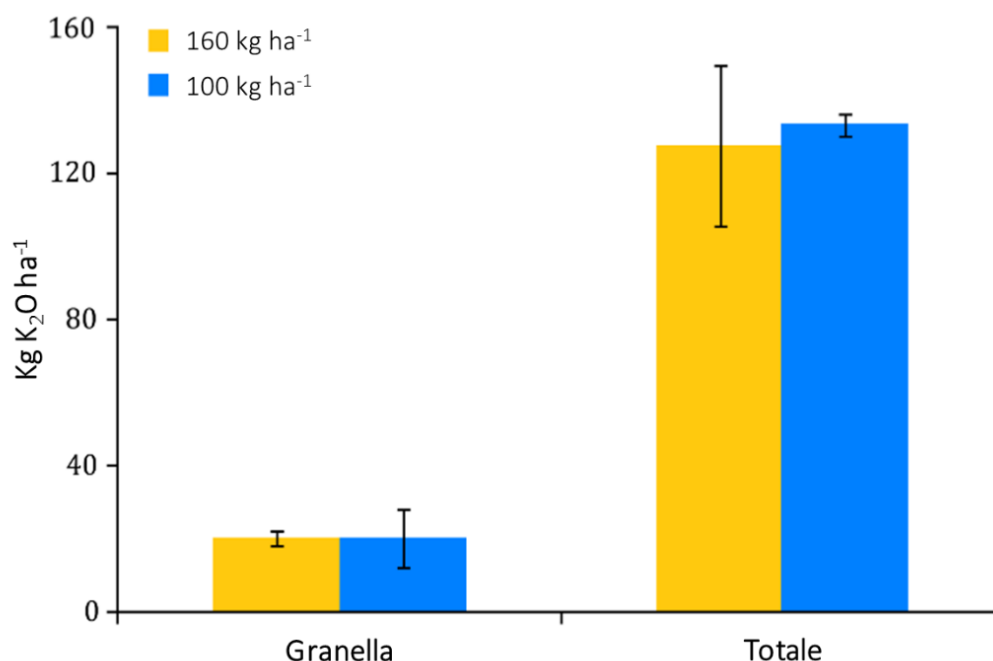


Figura 33 - Frequenza di distribuzione del K

L'apporto di potassio dato dalla concimazione è quindi generalmente molto superiore al potassio asportato.

La scelta di intervenire con elevati apporti di potassio può essere spiegata da molteplici cause: analisi del suolo che evidenziano un deficit dell'elemento, la capacità del potassio di aumentare la resistenza all'allettamento e ad alcune malattie, la non preoccupazione degli agricoltori per danni produttivi legati all'eccesso di potassio.

Tuttavia, elevate concimazioni di potassio possono influire negativamente sull'assorbimento di altri elementi nutritivi, quali  $Mg^{+}$  e  $Ca^{+}$ , nonché competere con l'ammonio per l'adsorbimento sui siti di scambio (maggiore è la concentrazione di potassio, maggiori sono le perdite di azoto). Inoltre, notevoli quantità di potassio distribuite con l'intento di incrementare la dotazione del suolo possono essere soggette a fissazione nei minerali argillosi presenti nel suolo e a perdite per lisciviazione. A questo si va ad aggiungere una bassa efficienza d'uso del potassio da parte della coltura (50%), che diminuisce ulteriormente se distribuito esclusivamente in pre-semina (le maggiori esigenze di tale elemento sono infatti riconducibili alle fasi di accestimento e levata). Una sperimentazione condotta a Vercelli ha evidenziato come pur aumentando la dose di potassio apportato con la concimazione, il suo contenuto nella granella e nella pianta non abbia evidenziato alcun incremento (*Figura 34*) (dati Progetto POLORISO, non pubblicati). Pertanto, si può considerare una dose annua di potassio pari a 60-70  $kg\ K_2O\ ha^{-1}$ , da aumentare in situazione di forte carenza e/o di asporto delle paglie.



*Figura 34 - Risultati sperimentali sulla variazione del contenuto di potassio in granella e pianta in relazione alla concimazione potassica apportata*

Durante il ciclo colturale del riso le asportazioni di potassio da parte della coltura sono ingenti, generalmente superiori a quelle di azoto e fosforo: circa 25-56  $kg\ di\ K_2O\ t^{-1}$  di risone.

Se solamente la granella viene raccolta e la paglia viene lasciata in campo e interrata, il potassio asportato sarà pari a circa 2,5  $kg\ K\ t^{-1}$  di granella prodotta (Tabella 13).

Tabella 13 - K assorbito e contenuto nella pianta: a) secondo letteratura (Dobermann and Fairhurst, 2000); b) secondo risultati di una sperimentazione nel Vercellese (Sacco et al. 2010).

Parte della pianta	Tipico range osservato <sup>a</sup>	Media osservata nella sperimentazione <sup>b</sup>
	kg K assorbito t <sup>-1</sup> di granella prodotta	
Granella + Paglia	14 - 20	-
Fioritura	2 - 3	-
Maturità	12 - 17	-
	Contenuto % di K	
Granella	0,22 - 0,31	0,28
Paglia	1,17 - 1,68	1,93

La bruciatura delle paglie non comporta la perdita di potassio in atmosfera, ma esso potrebbe comunque essere perso per dilavamento delle ceneri. Le perdite di potassio potrebbero avvenire per lisciviazione o per immobilizzazione da parte di alcuni tipi di argille.

Al contrario, l'incorporazione di residui colturali nel suolo, oltre a conservare il contenuto di sostanza organica, permette anche un parziale riciclo degli elementi nutritivi: nel caso del potassio, i residui contengono circa l'85% del potassio assorbito dalla coltura.

Uno studio sperimentale ha evidenziato come, indipendentemente dal momento dell'incorporazione nel suolo del residuo colturale, quasi la totalità del potassio contenuto nelle paglie viene rilasciato nei primi 60 giorni dalla data di incorporazione (Figura 35) (dati Progetto RISTEC, non pubblicati). Questo sottolinea come la disponibilità della frazione dell'elemento contenuta nei residui colturali sia senz'altro maggiore all'inizio del seguente ciclo colturale.

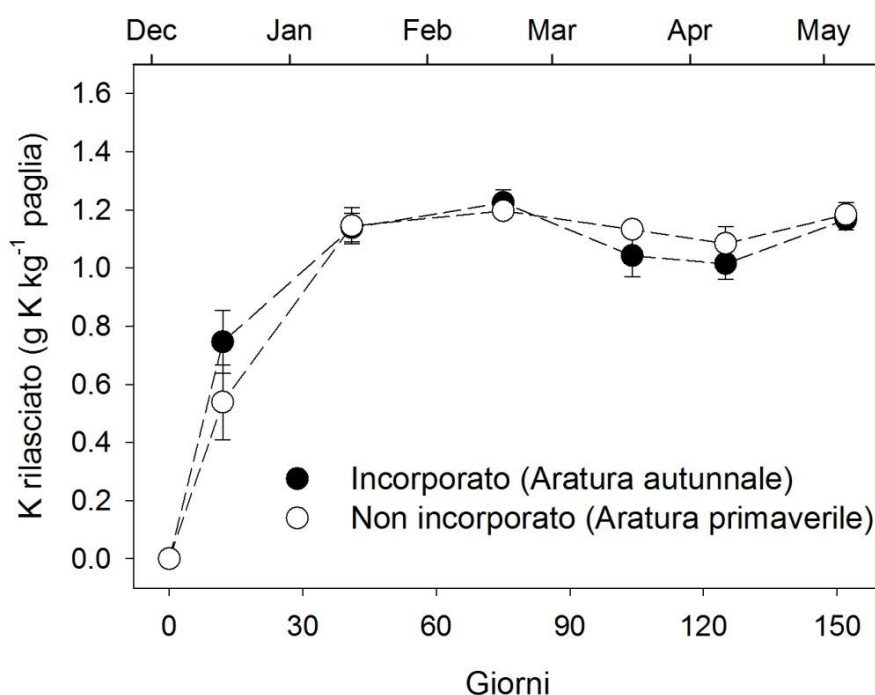


Figura 35 - Rilascio di K durante la decomposizione della paglia di riso

Nella scelta della corretta dose di potassio da apportare è pertanto necessario considerare il reale fabbisogno della coltura, nonché il tipo di suolo, il suo contenuto di potassio, l'apporto dell'elemento mediante le acque di irrigazione e i residui colturali.

### *Epoca di applicazione*

Per quanto riguarda la semina in acqua è consigliabile provvedere alla concimazione potassica in copertura, simultaneamente agli interventi azotati. Solo in condizione di forte carenza dell'elemento, inferiore a 50 ppm di potassio scambiabile, si suggerisce di intervenire anche in pre-semina.

Nella semina interrata, a meno di condizioni di bassa fertilità dei suoli, è possibile rimandare tutta la concimazione minerale in copertura. L'intervento fertilizzante più importante in tale tipo di coltivazione è quello a ridosso della sommersione, allo stadio di 3°-4° foglia del riso. In questa fase è consigliabile la distribuzione il 50-60% del potassio; la restante parte è da somministrare alla differenziazione della pannocchia. Si considera un'efficienza della concimazione potassica attorno al 50-60%.

Una prova sperimentale quadriennale (2015-2018) condotta da Ente Nazionale Risi ha evidenziato come, in realtà, una variazione della concimazione potassica in termini di dose totale e momento di applicazione non comporti variazioni nella produzione e qualità del riso ottenuto. L'attività condotta da Ente Nazionale Risi ha confrontato 12 tesi con differente concimazione potassica, le quali hanno previsto la distribuzione del concime in un unico intervento o frazionato in più interventi nelle diverse fasi colturali, per un totale di K<sub>2</sub>O pari a 40, 80 o 120 unità ha<sup>-1</sup>, così come riportato in Tabella 14.

*Tabella 14 - Risultati sperimentali sull'influenza della concimazione potassica sulla performance produttiva in risaia (t/ha)*

Tesi	K frazionato*	K totale	2015	2016	2017	2018
	<i>kg ha<sup>-1</sup> di K<sub>2</sub>O</i>					
1	0-0-0-0	0	10,4	10,6	9,4	9,8
2	40-0-0-0	40	10,2	10,6	9,8	9,7
3	0-40-0-0	40	10,2	10,5	9,8	10,0
4	0-0-40-0	40	10,3	10,3	9,7	10,1
5	0-0-0-40	40	10,3	10,4	9,8	10,0
6	0-20-20-0	40	10,5	10,7	9,5	9,7
7	80-0-0-0	80	10,3	10,7	9,7	9,8
8	0-40-40-0	80	10,2	10,6	9,6	9,7
9	40-0-40-0	80	10,4	10,7	9,9	9,7
10	26.7-26.7-26.7-0	80	10,5	10,3	9,9	9,9
11	120-0-0-0	120	10,5	10,4	9,6	9,9
12	0-60-60-0	120	10,5	10,4	9,6	9,9
<i>Anova</i>			<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

\*pre-semina - accestimento - differenziazione pannocchia - botticella

L'assenza di una risposta agronomica alla concimazione potassica di un terreno rappresentativo della risicoltura italiana pone alcuni interrogativi sul modo più corretto di gestire il nutriente. Probabilmente i quantitativi necessari alla coltura e utili per il

raggiungimento di elevate performance produttive sono, in realtà, molto inferiori a quelli comunemente distribuiti nei suoli risicoli italiani. Una eventuale riduzione dei quantitativi apportati potrebbe, infatti, portare ad un risparmio economico da parte del risicoltore, senza alcun rischio di diminuzione delle produzioni. Questi risultati confermerebbero ciò che è stato dimostrato in sperimentazioni e studi precedentemente svolti sul territorio, i quali non avevano riscontrato perdite produttive anche a seguito della riduzione delle fertilizzazioni a  $100 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ , quali ad esempio quelle condotte a Vercelli in collaborazione con l'Università degli Studi di Torino (Sacco *et al.*, 2008).

Al contrario, l'ottimizzazione delle modalità della fertilizzazione potassica (come dose e frazionamento) potrebbe avere un effetto positivo sulla capacità del suolo di trattenere ioni ammonio, aumentando quindi l'efficienza della fertilizzazione azotata. È tuttavia necessario poter effettuare una valutazione di medio periodo per verificare anche gli eventuali effetti di impoverimento del suolo dopo alcuni anni di non trattamento.

Pertanto, così come accade per il fosforo, anche per il potassio è opportuno stabilire il piano di concimazione a partire dalle analisi del suolo, intervenendo solamente quando nel suolo i valori di potassio scambiabile risultano inferiori a  $60\text{-}110 \text{ mg kg}^{-1}$ , in funzione della tessitura e della capacità di scambio cationico.

### *I concimi potassici più utilizzati*

Esistono diverse tipologie di concimi potassici: minerali, organici e organo-minerali.

Tra i concimi potassici, cloruro di potassio e solfato di potassio sono i più comuni sul mercato, con effetti di concimazione simili tra loro.

- Cloruro di potassio. Concime prodotto impiegando sali di potassio estratti da giacimenti costituiti da Silvite. Rappresenta il più economico ed il più utilizzato tra i concimi potassici. Commercializzato allo stato granulare, ha un titolo in potassio come ossido di potassio solubile in acqua pari al 60%.
- Solfato di potassio. Viene preparato industrialmente facendo reagire l'acido solforico con il cloruro di potassio. Ha titolo in ossido di potassio solubile in acqua pari al 50-52%. Il contenuto massimo di cloro non deve superare il 3%. Generalmente poco impiegato in risaia in quanto è possibile che lo ione di  $\text{SO}_4$  contenuto in esso possa determinare la formazione di acido solfidrico, e di conseguenza, causare danni alla coltura.
- Borlanda. È un fertilizzante organico di origine naturale, sottoprodotto della lavorazione di barbabietola da zucchero, canna da zucchero e altre lavorazioni industriali di frutta. La borlanda è ricca di azoto, potassio (4-8%  $\text{K}_2\text{O}$ ), amminoacidi e altre sostanze che concorrono a stimolare la crescita delle piante.

### **BIBLIOGRAFIA**

Cesari de Maria S., Bischetti G. B., Chiaradia E.A., Facchi A, Miniotti E. F., Rienzner M., Romani M., Tenni D., Gandolfi C., 2017. The role of water management and environmental factors on field irrigation requirements and water productivity of rice. *Irrig Sci*, 35, 11-26.

Carozzi M., Masseroni D., Villa A., Zanzo E., Tenni D., Miniotti E., Facchi A., Celi L., Acutis M., Romani M. 2018. Can water management reduce  $\text{NH}_3$  emissions from urea application in rice paddies? EGU General Assembly 2018. Vol. 20, EGU2018-17542-2

Cordero E., Moretti B., Sacco D., Miniotti E., Tenni D., Beltarre G., Romani M., Rognoni G., Finzi A., Bergonzi C., Sgrelli S., 2017. Fertilizzazione di precisione: risultati in risaia. *L'informatore agrario* 39/2017.

CREA-DC; Le varietà di riso coltivate in Europa, caratteristiche e criteri di scelta 2006-2021.

ENR; Ente Nazionale Risi - [www.enterisi.it](http://www.enterisi.it)

- Gilardi G., Mayer A., Rienzner M., et al., 2022. Effects of the implementation of the Alternate Wetting and Drying (AWD) irrigation strategy in an Italian rice district: lesson learned by applying a semi-distributed agro-hydrological model. Proceedings of the SUPWAS International Conference. Universidad de Castilla-La Mancha. Albacete, September 5-7.
- Dobermann, A. and Fairhurst, T., 2000. Rice: Nutrient Disorders & Nutrient Management. Handbook Series, Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Rice Research Institute, Philippine, 191.
- Miniotti E. F., Romani M., Said-Pullicino D., Facchi A., Bertora C., Peyron, M., Sacco D., Bischetti G. B., Lerda C., Tenni D., Gandolfi C., 2016. Agro-environmental sustainability of different water management practices in temperate rice agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 222, 235-248.
- Moletti M. 1990. Due tecniche alternative per coltivare il riso. *Terra e Vita* 6/1990.
- Mosca P., Sacco D., Grignani C., 2010. Il fattore acqua e gli aspetti ambientali nel sistema colturale risicolo. Presentazione orale, 33° Fiera in campo, Vercelli.
- Norton G.J., Shafaei M., Travis A.J., Deacon C.M., Danku J., Pond D., Cochrane N., Lockhart K., Salt D., Zhang H., Dodd I.C., Hossain M., Islam M.R., Price A.H., 2017. Impact of alternate wetting and drying on rice physiology, grain production and grain quality. *Field Crops Research* 205, 1-13.
- Progetto Ristec, Nuove tecniche colturali per il futuro della risicoltura, PSR 2014-2020 Regione Lombardia, - [www.ristec.it](http://www.ristec.it)
- Progetto POLORISO - Ricerca, tecnologie, processi innovativi sostenibili ed alta formazione per il potenziamento e la internazionalizzazione della filiera risicola, Mipaaf.
- Progetto P-RICE - Fosforo in risaia: equilibrio tra produttività e ambiente nell'ottica delle nuove pratiche agronomiche, Bando per il finanziamento di progetti di ricerca in campo agricolo e forestale 2018, Regione Lombardia. <https://www.p-rice.unito.it/home-page>
- Ricciardelli A., Romani M., Caleca S., Facchi A., Gharsallah O., Voccia D., Trevisan M., Tediosi A., Ferrari F., 2021. Razionalizzare l'acqua in risaia senza penalizzare le rese. *L'Informatore Agrario* 10, 55-58.
- Romani M., Perucco E., Beltarre G., Miniotti E., 2021. La concimazione con fosforo in semina interrata: i risultati del primo anno di sperimentazione. *Il Risicoltore*, dicembre.
- Romani M., Sacco D., Moretti B., Celi L., Said Pullicino D., Lerda C., Sacchi G.A., Grassi E., Miniotti E., Tenni D., Beltarre G., 2020. Vantaggi agronomici dell'utilizzo delle colture da sovescio. Convegno finale progetto RISTEC. 29-gennaio, Castello d'Agogna (PV).
- Romani, 2010. Sicurezza e qualità del riso italiano per una produzione più competitiva - SIQURISO. Contributo in Quaderni della ricerca n° 111 di Regione Lombardia, maggio.
- Romani M., 2008. I risultati relativi alle prove su riso. Convegno: Gestione dei concimi azotati in cerealicoltura. 19-20 novembre, Grugliasco (TO).
- Sacco D., Vidotto F., Grignani C., Ferrero A., Tesio F., Romani M., Beltarre G., Conti F., Toffanin D., Falco S., Vaccari E., 2008. Tecniche gestionali in risicoltura. Quaderni della Regione Piemonte - Agricoltura, 60, supplemento, 1-8.
- Sacco D., 2010. Gestione ottimale dei residui colturali in risaia. Scheda di Assistenza Tecnica Regione Piemonte. Supplemento al n. 69 di "Quaderni della Regione Piemonte - Agricoltura".
- Saviolo A., 2011. Efficienza della fertilizzazione minerale azotata in relazione a differenti gestioni colturali in risicoltura. Tesi di laurea. Università degli studi di Torino, Facoltà di Agraria.
- Tenni D., Miniotti E., Beltarre G., Romani M., 2016. Azoto in risaia: strategie, metodi e prospettive per un uso più efficiente. *Il Risicoltore*, marzo.
- Zavattaro L., Romani M., Sacco D., Bassanino M., Grignani C., 2006. Fertilization management of paddy fields in Piedmont (NW Italy) and its effects on the soil and water quality Paddy and Water Environment, 4: 61-66.

Zavattaro L., Romani M., Sacco D., Bassanino M., Grignani C., 2008. Fertilization management of paddy fields in Piedmont (NW Italy). *Italian Journal of Agronomy*, 3: 201-212.





## SPECIE SPONTANEE DELLA RISAIA E LORO GESTIONE

Francesco Vidotto, Silvia Fogliatto

Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari - Università degli Studi di Torino

### Riassunto

La vegetazione spontanea presente nelle risaie italiane è caratterizzata da una notevole specializzazione, dovuta soprattutto alla presenza di periodi prolungati di sommersione e al frequente ricorso alla monosuccessione. Alcuni cambiamenti avvenuti negli ultimi decenni, come la maggiore diffusione della semina interrata, hanno tuttavia determinato una maggiore presenza anche di specie tradizionalmente più tipiche di altre colture primaverili-estive, sebbene i più elevati livelli di infestazioni vengano mediamente riscontrati nelle risaie con semina tradizionale in acqua. La gestione della flora infestante è ancora largamente basata sul ricorso agli erbicidi di sintesi, sebbene si stiano diffondendo approcci di tipo integrato, con il ricorso a tecniche agronomiche (es. falsa semina) e meccaniche. L'uso quasi esclusivo del mezzo chimico, unitamente al ridotto numero di meccanismi di azione disponibili, ha determinato la selezione di popolazioni di infestanti resistenti agli erbicidi, che costituiscono una delle attuali principali criticità nella coltivazione del riso.

### Abstract

#### Spontaneous species of the rice field and their management

The spontaneous vegetation of Italian rice fields is characterized by considerable specialization, mainly due to the presence of prolonged periods in which the fields are flooded and because of the typical continuous monocropping conditions. However, some changes that have occurred in recent decades, such as the increased use of dry direct seeding, have also resulted in an increase of species traditionally more typical of other spring-summer crops. Yet, the highest levels of infestation are on average found in rice fields with traditional water seeding. Weed management is still largely based on the use of synthetic herbicides, although integrated approaches using agronomic (e.g., false seeding) and mechanical techniques are becoming more common. The almost exclusive use of the chemical medium, coupled with the small number of available mechanisms of action, has resulted in the selection of herbicide-resistant weed populations, which is one of the current major challenges in rice cultivation.

### CARATTERI GENERALI DELLA VEGETAZIONE SPONTANEA DELLE RISAIE

Le informazioni storiche sulle infestanti del riso in Italia risalgono all'Ottocento, quando Giovanni Biroli (1807) segnalò, come maggiori problemi di infestanti, le ciperacee *Cyperus longus* e *Scirpus mucronatus* e i giavoni, in particolare *Echinochloa crus-galli* (Vidotto e Ferrero, 2013). All'inizio del 1900, Jacometti (1912) elencava più di 100 specie presenti in risaia. Questo numero è rimasto pressoché invariato fino alla metà degli anni Cinquanta del XX secolo, quando ha avuto inizio la diffusione di nuove tecniche di coltivazione del riso. In particolare, il passaggio dal trapianto alla semina diretta, l'abbandono del diserbo manuale e l'introduzione di varietà di riso a bassa statura sembrano aver sensibilmente modificato la comunità di specie spontanee presenti nelle risaie, favorendo la formazione di un quadro malerbologico caratterizzato dalla dominanza di un numero di specie relativamente più contenuto.

In particolare, il primo uso diffuso di erbicidi, finalizzato al controllo di ciperacee e delle alismatacee, ha portato ad una maggiore dominanza di altre specie, tra cui soprattutto i giavoni (*Echinochloa* spp.). L'ecosistema odierno delle risaie italiane è comunque notevolmente complesso e comprende sia specie presenti nelle camere risaia e che competono con il riso, sia specie maggiormente diffuse in altre aree, come argini, fossi, canali e strade poderali. Le infestanti diffuse nell'ecosistema risicolo comprendono quindi

specie acquatiche, o adattate agli ambienti acquatici, e specie tipiche degli ambienti non inondati.

Le specie presenti nelle camere di risaia hanno sviluppato la capacità di adattarsi a un ambiente che è inondato per un tempo variabile e pari a circa metà dell'anno nel caso della coltivazione tradizionale in sommersione (Ferrero e Vidotto, 2007). Le specie infestanti che vegetano durante il periodo di sommersione sopravvivono al periodo di siccità attraverso la produzione di semi (piante annuali) o con la produzione di organi di moltiplicazione vegetativa, come tuberi [es. *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla] e rizomi (es. *Typha* spp.). La disponibilità di acqua e di temperature elevate durante il periodo di coltivazione del riso ha inoltre permesso in alcuni casi la diffusione di specie tropicali.

A livello europeo (Tabella 1), le principali infestanti del riso sono sostanzialmente le stesse descritte per l'Italia, con alcune piccole differenze e variabilità tra le diverse regioni di uno stesso Paese. In generale, *Cyperus* spp., *Echinochloa* spp., *Heteranthera* spp. e *Oryza sativa* L. (riso crodo) sono i gruppi che rappresentano una minaccia in tutti i principali Paesi UE produttori di riso (Kraehmer et al., 2016; 2017).

Tabella 1. Importanza dei principali generi di piante spontanee presenti come infestanti delle risaie in alcuni paesi europei (da Kraehmer et al., 2017)

Genere	Francia	Grecia	Italia	Portogallo	Spagna
<i>Alisma</i>	xx	xx	xxx	xx	xx
<i>Bidens</i>	xx		xx	x	
<i>Bolboschoenus</i>	xxx		xxx		xxx
<i>Butomus</i>	x	x	x		
<i>Cyperus</i>	xxx	xxx	xx	xxx	xxx
<i>Digitaria</i>	x	x	xx	x	
<i>Echinochloa</i>	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
<i>Heteranthera</i>	xxx	xx	xxx	xxx	xxx
<i>Leersia</i>	xxx	xxx	xx	xxx	xx
<i>Leptochloa</i>	xx	xxx	x	xxx	xxx
<i>Lindernia</i>	xx		xx		xx
<i>Oryza</i>	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
<i>Panicum</i>		x	xx	x	
<i>Paspalum</i>	xx	xx	x	xx	x
<i>Polygonum</i>	xxx	x	xx	xx	x
<i>Schoenoplectus</i> <sup>1</sup>	xxx		xxx	xxx	xxx
<i>Setaria</i>	x		xxx		x
<i>Typha</i>	xxx	xx	x	xx	xx

Importanza: x minore, xx intermedia, xxx elevata. All'interno di ogni paese possono essere presenti differenze a livello regionale. <sup>1</sup>: si riferisce alla specie *S. mucronatus*, attualmente classificata come *Schoenoplectiella mucronata* (v. Tabella 2).

Secondo un criterio già da tempo adottato, che tiene conto sia della famiglia botanica di appartenenza, sia delle pratiche adottate per la loro gestione, le principali specie infestanti della risaia possono essere raggruppate come segue (Ferrero et al., 2002): (1) *Echinochloa* spp.; (2) *Heteranthera* spp.; (3) ciperacee e alismatacee; (4) vari biotipi di

riso crodo; (5) specie tipiche della semina interrata; e (6) altre infestanti di minore importanza che normalmente non sono soggette a interventi specifici.

### QUADRO MALERBOLOGICO ATTUALE

Uno studio condotto fra il 2017 e il 2020 da parte della società Innova-Tech in collaborazione con il dipartimento DISAFA dell'Università di Torino ha avuto l'obiettivo di definire il quadro malerbologico delle risaie italiane e di indagare le relazioni fra le malerbe presenti e le principali pratiche agronomiche adottate. Lo studio, svolto sia attraverso interviste agli agricoltori e rilievi in campo, ha riguardato, nel solo anno 2020, oltre 450 aziende per una superficie di circa 54.000 ha.

Una prima analisi dei dati ha permesso di individuare le malerbe più diffuse a livello nazionale (Figura 3).

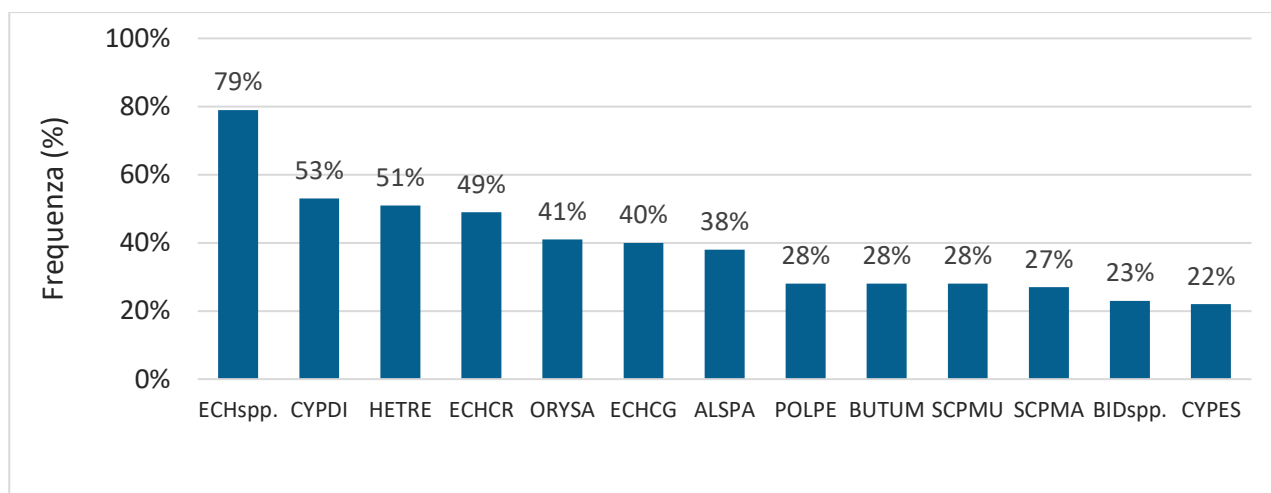


Figura 3. Percentuale delle aziende in cui è segnalata la presenza delle diverse specie infestanti (media nazionale). Sono riportate solo le specie maggiormente diffuse. I dati si riferiscono al 2020. La corrispondenza fra le sigle usate per indicare le specie (codice EPPO) e il nome scientifico è riportata in Tabella 2.

A livello nazionale, le specie che in assoluto si riscontrano con la maggiore frequenza appartengono al genere *Echinochloa* (giavoni). Poiché all'interno di questo genere risulta spesso difficile la corretta identificazione della specie, anche a causa della notevole variabilità morfologica propria delle diverse specie (e di *E. crus-galli* in particolare), la maggior parte delle segnalazioni si limitano a riportare l'indicazione del genere. Sommando tali segnalazioni a quelle che si riferiscono più precisamente alle due principali specie di giavoni (*E. crus-galli* ed *E. oryzicola*) risulta una diffusione complessiva del genere *Echinochloa* su circa l'87% delle aziende monitorate.

Nelle altre specie più diffuse, la frequenza risulta generalmente inferiore al 50%, con l'eccezione di *Cyperus difformis* (53%) ed *Heteranthera reniformis* (51%).

In provincia di Pavia, zona in cui sono presenti sovente terreni molto sabbiosi e in cui viene spesso praticata la semina a file interrate, rispetto alla media nazionale, sono maggiormente presenti *Persicaria maculosa*, *Digitaria sanguinalis*, *Panicum dichotomiflorum*, specie tipiche delle colture estive e presenti soprattutto nella prima fase in asciutta del riso in semina interrata.

Nella provincia di Vercelli viene maggiormente praticata la semina in acqua a causa della tipologia di terreni spesso troppo pesanti, come nella zona della Baraggia, in cui la semina

interrata è difficilmente praticabile. In questo contesto, le specie più diffuse sono *Cyperus difformis*, *Heteranthera reniformis*, *Alisma plantago-aquatica*, *Butomus umbellatus*, *Schoenoplectiella mucronata*, *Ammania coccinea* e *Murdannia keisak*, avvantaggiate da una sommersione pressoché continua e dalla semina in acqua (Figura 4).

Tabella 2. Codice EPPO e nome scientifico delle principali specie riportate. Viene indicato il nome della specie suggerito come preferito da parte di EPPO. I codici sono consultabili al link <https://gd.eppo.int/taxon/1PLAK>.

Codice EPPO	Nome scientifico
ALSPA	<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.
AMMCO	<i>Ammannia coccinea</i> Rott.
ANEKE	<i>Murdannia keisak</i> (Hassk.) Hand.-Mazz.
BID spp. (BIDSS)	genere <i>Bidens</i> L.
BUTUM	<i>Butomus umbellatus</i> L.
CHEAL	<i>Chenopodium album</i> L.
CYPDI	<i>Cyperus difformis</i> L.
CYPES	<i>Cyperus esculentus</i> L.
DIGSA	<i>Digitaria sanguinalis</i> L. (Scop.)
ECHCG	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.
ECHCR	<i>Echinochloa oryzicola</i> (Vasinger) Vasinger
ECH spp. (ECHCG) <sup>1</sup>	genere <i>Echinochloa</i> P. Beauv. <sup>1</sup>
ECLAL	<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.
HETRE	<i>Heteranthera reniformis</i> Ruiz & Pavón
LEFFA	<i>Leptochloa fusca</i> subsp. <i>fascicularis</i> (Lam.) N.Snow
ORYSA (riso crodo)	<i>Oryza sativa</i> L.
PANDI	<i>Panicum dichotomiflorum</i> Mich.
POLPE	<i>Persicaria maculosa</i> Gray
POROL	<i>Portulaca oleracea</i> L.
SCPMA	<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla
SCPMU	<i>Schoenoplectiella mucronata</i> (L.) Jung & Choi
SETVI	<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv.

<sup>1</sup>: nello studio si riferisce a popolazioni che gli intervistati non erano in grado di ascrivere chiaramente a ECHCG (giavoni “rossi”) o a ECHCR (giavoni “bianchi”).

Dall’indagine emerge inoltre che negli ultimi cinque anni gli agricoltori hanno percepito un aumento della presenza soprattutto delle specie del genere *Echinochloa*, incremento che è stato riferito da oltre il 70% degli intervistati (Figura 5). Un significativo aumento della diffusione viene riportato per *Eclipta prostrata*, soprattutto nella provincia di Pavia, in cui il 60% delle aziende agricole nelle quali è presente quest’infestante ha notato un incremento. Il riso crodo ha fatto registrare un aumento in tutte le province in circa il 30-50% delle aziende. Analoga percezione è stata riportata per *C. esculentus* nelle province di Pavia, Novara e Milano.

Interessante la diminuzione segnalata per *A. plantago-aquatica* soprattutto nelle province di Pavia, Vercelli e Novara. Per questa specie sono vi sono stati significativi problemi di controllo dovuti a importanti fenomeni di resistenza agli erbicidi fino alla stagione 2020,

anno di introduzione di un nuovo erbicida (florpyrauxifen-benzyl), molto efficace su questa specie.

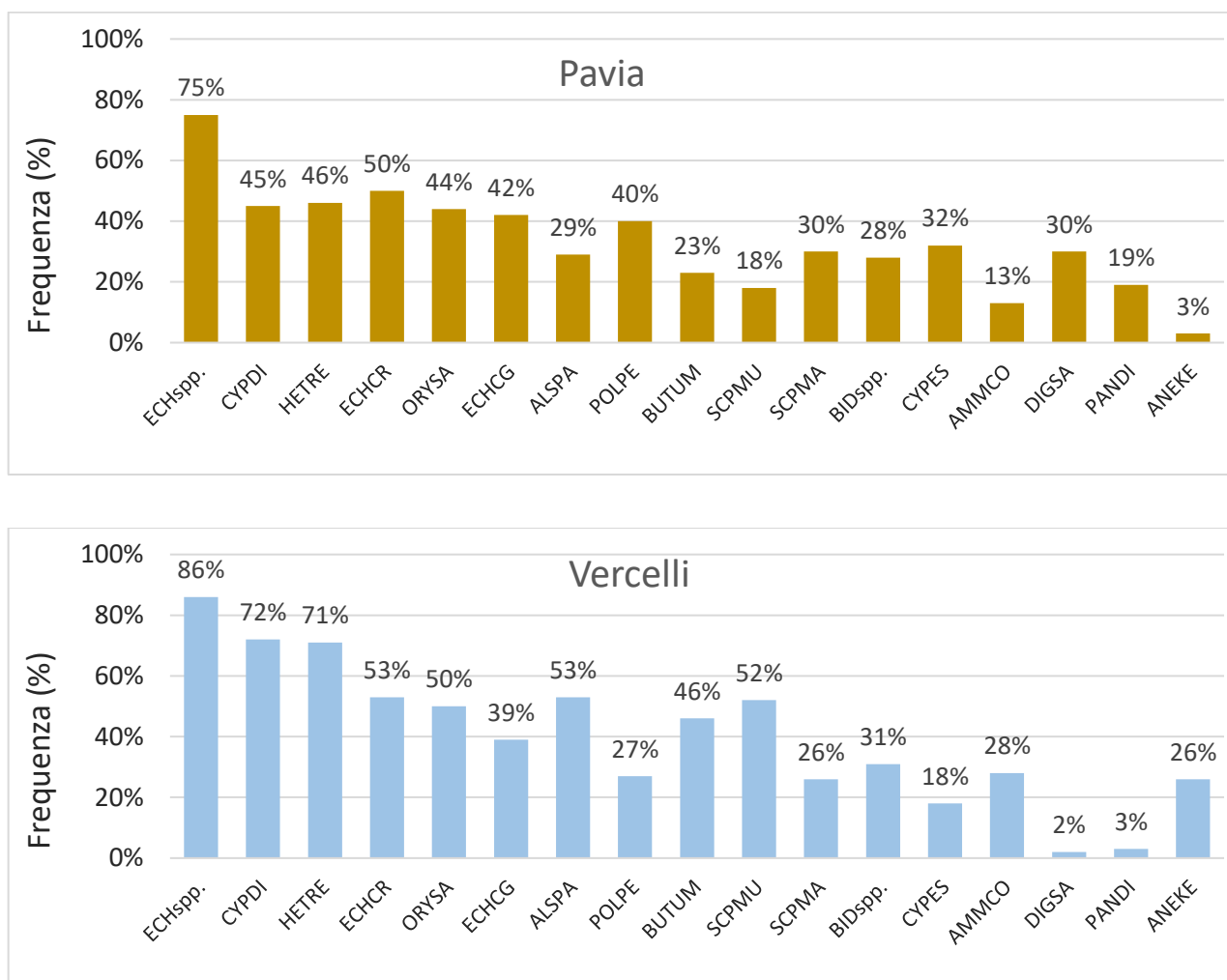


Figura 4. Percentuale delle aziende in cui è segnalata la presenza delle diverse specie infestanti nelle provincie di Pavia e Vercelli. Sono riportate solo le specie maggiormente diffuse. I dati si riferiscono al 2020. La corrispondenza fra le sigle usate per indicare le specie (codice EPPO) e il nome scientifico è riportata in Tabella 2.

Tra gli aspetti che maggiormente condizionano la composizione della flora spontanea presente nel riso vi è sicuramente la presenza dell'acqua di sommersione, che costituisce uno degli elementi con la più alta azione di selezione nei confronti delle specie vegetali. A questo proposito, un dato di notevole importanza è la diffusione della semina interrata. Tale tecnica prevede, rispetto alla tecnica tradizionale della semina in acqua, un ritardo nella sommersione della risaia, che viene attuata a partire grossomodo dall'accettamento della coltura. Negli ultimi decenni la semina interrata ha gradualmente aumentato la sua diffusione, ed attualmente costituisce la tecnica più comunemente adottata nelle province risicole lombarde, e nelle Lomellina in particolare (ENR, 2015). Sebbene in misura minore, la tecnica si è diffusa in parte anche nelle aree risicole piemontesi delle provincie di Vercelli, Novara e Alessandria (Figura 6). Complessivamente si stima che

attualmente la superficie gestita con la semina interrata superi quella gestita con la semina tradizionale, arrivando a interessare circa il 60% della superficie risicola nazionale (Sgariboldi *et al.*, 2022).

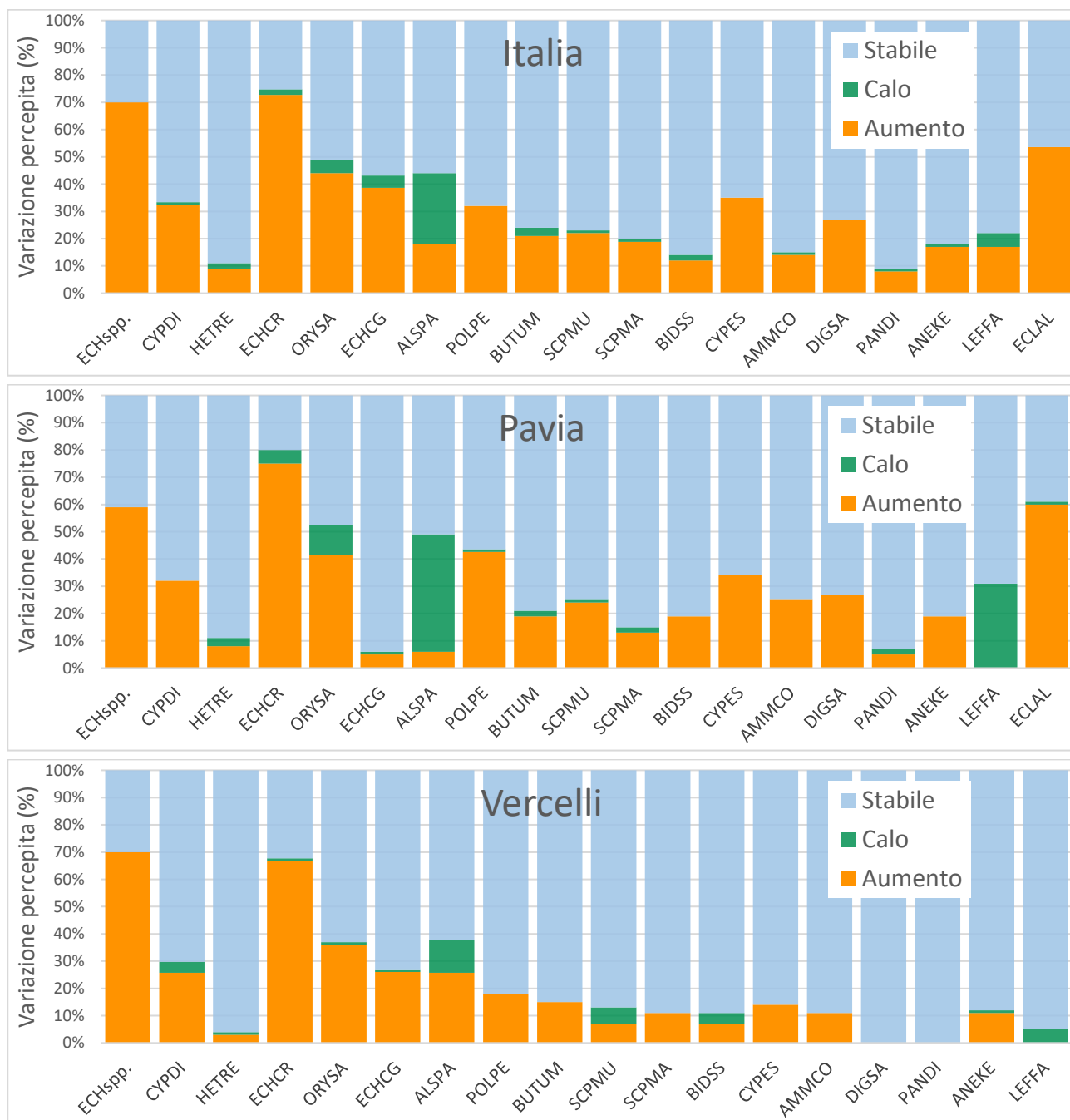


Figura 5. Variazione della presenza di alcune infestanti della risaia secondo la percezione degli agricoltori, riferita al periodo (2015-2020). I valori indicano la percentuale di agricoltori che hanno indicato come stabili, in calo o in aumento le specie indicate. La corrispondenza fra le sigle usate per indicare le specie (codice EPPO) e il nome scientifico è riportata in Tabella 2.

Nel caso della semina interrata, nella prima fase di coltivazione si creano condizioni ecologiche simili a quelle riscontrate nelle prime fasi di sviluppo delle altre colture a ciclo primaverile-estivo. Questo si riflette in una diversa composizione iniziale della flora

infestante nel riso in semina interrata, nel quale si osservano più frequentemente specie che non si adattano alla successiva sommersione.

Nella semina in sommersione si riscontrano valori di densità di presenza significativamente più elevati rispetto alla semina in asciutta per le specie più tipiche degli ambienti umidi, quali ad esempio *C. difformis*, *H. reniformis*, *A. plantago-aquatica*, e *S. mucronata*. Viceversa, le specie più tipiche degli ambienti asciutti (come ad esempio *C. esculentus*, *D. sanguinalis*, *P. dichotomiflorum* e *P. oleracea*) mostrano maggiori valori di densità nelle camere gestite con la semina interrata (Figura 7). Considerando la media della densità di tutte le specie presenti, nella la semina in sommersione si osservano valori significativamente più elevati (66 piante/m<sup>2</sup>) rispetto alla semina in asciutta (44 piante/m<sup>2</sup>).

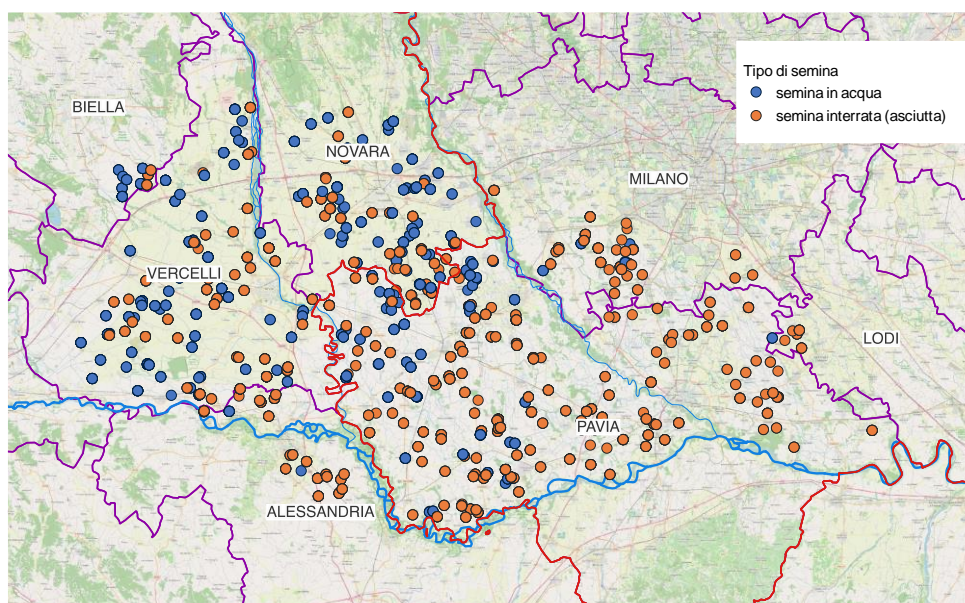


Figura 6. Diffusione delle due tipologie di semina del riso (in sommersione e interrata) in alcune aziende rappresentative oggetto dello studio.

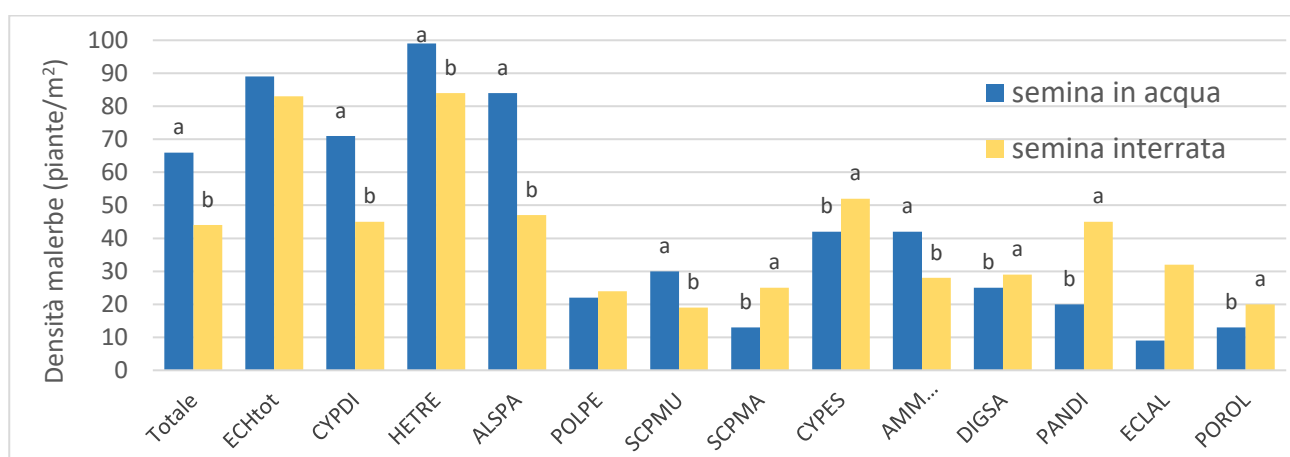


Figura 7. Densità media delle infestanti rilevata in condizioni di semina in acqua e interrata. Per ogni specie, a lettere diverse corrisponde una differenza significativa ( $P < 0.05$ ). Dove non sono presenti lettere i valori non sono statisticamente diversi fra le due tecniche di semina. La corrispondenza fra le sigle usate per indicare le specie (codice EPPO) e il nome scientifico è riportata in Tabella 2. Nota: ECHtot si riferisce indistintamente alle varie specie del genere *Echinochloa*.

Utilizzando lo stesso database è stata eseguita una PCA (*Principal Component Analysis*), considerando solo alcune specie di malerbe per le quali sono stati registrati i maggiori valori di densità e che erano presenti con maggior frequenza nei diversi siti. Nell'analisi sono stati considerati, oltre ai dati di densità delle malerbe, vari ulteriori elementi che caratterizzavano i vari siti, come ad esempio la classe tessiturale del suolo. Considerando le due componenti che spiegano la maggior parte della variabilità fra i diversi siti, è risultato che la componente più importante (prima componente) è correlata positivamente soprattutto con la densità totale di infestazione e la densità di *H. reniformis*, *Echinochloa* spp. *A. coccinea* e *S. mucronata*, specie più tipiche della semina in acqua (Figura 8). Questo significa che valori elevati di densità delle infestanti in generale ed in particolare delle infestanti tipiche degli ambienti acquatici sono maggiormente presenti nella semina in acqua.

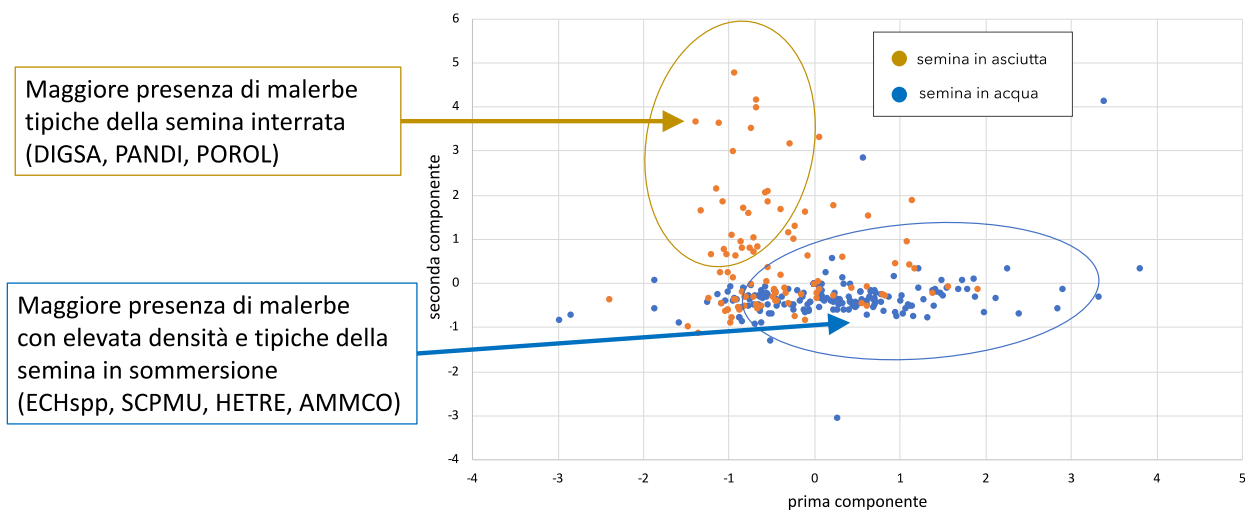


Figura 8. Rappresentazione dei siti rispetto alle prime due componenti individuate attraverso l'analisi PCA (*Principal Component Analysis*). La diversa colorazione dei siti si riferisce alla modalità di semina (in acqua o in asciutta) La corrispondenza fra le sigle usate per indicare le specie (codice EPPO) e il nome scientifico è riportata in Tabella 2.

Inoltre, la prima componente è anche correlata negativamente con il contenuto di sabbia nel suolo. A valori elevati di densità totale delle malerbe, e più nello specifico delle malerbe tipiche della semina in acqua, corrispondono pertanto valori bassi di contenuto di sabbia. La seconda componente è correlata positivamente soprattutto con la presenza di infestanti più tipiche della semina interrata a file, quali *P. dichotomiflorum*, *D. sanguinalis* e *P. oleracea*. A valori elevati della seconda componente corrispondono quindi valori elevati di densità di queste tre malerbe. Le infestanti più tipiche della semina in asciutta sono presenti soprattutto in suoli sabbiosi e franco-sabbiosi, diversamente dalle infestanti più tipiche della semina in acqua che si trovano più frequentemente in suoli franco-limosi, franchi e franco-sabbiosi (Figura 9).

Attraverso una analisi di tipo *two-step cluster* è inoltre stato possibile raggruppare i diversi siti in funzione di caratteristiche comuni definite da variabili (predittori) quali la tipologia di semina, la densità media delle infestanti presenti e la tessitura del suolo. L'analisi ha portato alla individuazione di 3 *cluster* che includono, rispettivamente, il 63%, l'8% e il 29% di tutti i siti. Il predittore di gran lunga più importante nella formazione dei *cluster* è la tipologia di semina, seguita dalla densità di alcune malerbe (quali ad esempio *P. oleracea*, *S. viridis*, *D. sanguinalis*, *H. reniformis*), le quali hanno comunque



un'importanza molto minore (Tabella 3). In questo caso, la tessitura del suolo riveste una importanza marginale.

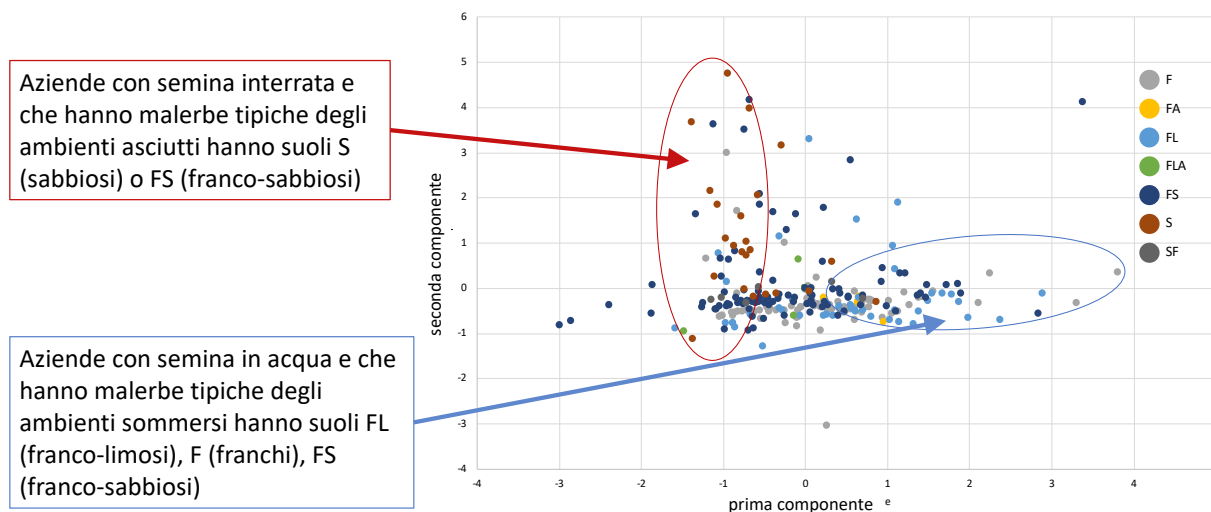
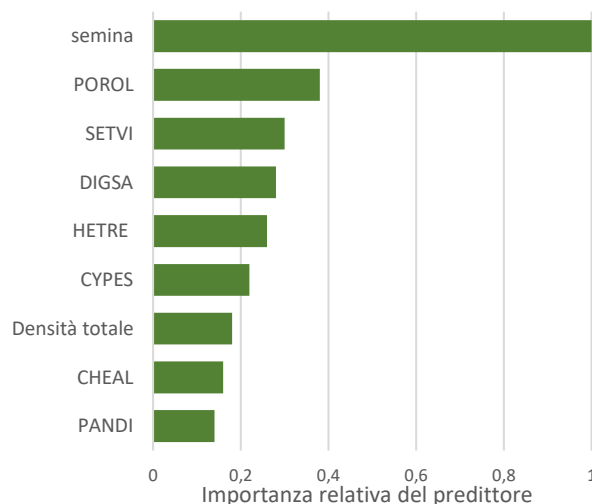


Figura 9. Rappresentazione dei siti rispetto alle prime due componenti individuate attraverso l'analisi PCA (Principal Component Analysis). La diversa colorazione dei siti si riferisce alla classe tessiturale del suolo. F: franco, FA: franco-argilloso, FL: franco-limoso, FLA: franco-limoso-argilloso, FS: franco-sabbioso, S: sabbioso, SF: sabbioso-franco.

Tabella 3. Risultati della two-step cluster analysis condotta sui dati rilevati. Le percentuali accanto al numero del cluster si riferiscono al numero di siti ricadenti in ciascun cluster. In giallo i valori più alti di ogni singolo predittore. Il grafico indica l'importanza relativa di ciascun predittore nel raggruppare i siti nei tre cluster.

Cluster Predittore	1 (63%)	2 (8%)	3 (29%)
Semina in acqua	93%	26%	8%
Semina in asciutta	7%	74%	92%
POROL	0.03	12.72	1.67
SETVI	0	4.43	0.21
DIGSA	0.25	16.33	11.88
HETRE	71.72	6.78	10.92
CYPES	0.9	32.85	4.79
TOTALE infestanti	286.61	264.91	142.91
CHEAL	0	0.87	0
PANDI	0.49	7.61	15.45



### PRINCIPALI PROGRAMMI DI GESTIONE DELLE INFESTANTI

I programmi di gestione delle malerbe adottati in risaia si diversificano principalmente a seconda del sistema di semina adottato (semina in sommersione o semina in asciutta con sommersione ritardata), delle specie infestanti presenti (e in particolare della

presenza/assenza di riso crodo) e dell'impiego o meno di varietà tolleranti a erbicidi specifici.

### *Metodi agronomici*

Al di fuori dell'ambito di coltivazione secondo il metodo di produzione biologico, la gestione delle malerbe in risaia viene praticamente sempre condotta ricorrendo all'uso di erbicidi. I metodi agronomici che potrebbero permettere di ridurre la pressione delle infestanti sono generalmente di difficile inserimento in un sistema colturale caratterizzato da estrema specializzazione e, soprattutto, dallo scarso ricorso alla successione colturale con specie diverse dal riso. Le ragioni di questo fenomeno sono molteplici e da ricercare storicamente nella maggiore remuneratività di questa coltura rispetto ad altre, allo sviluppo di una rete irrigua capillare ed altamente specializzata e alla estrema difficoltà di coltivare specie diverse dal riso in alcuni areali (es. Baraggia Vercellese), a causa di particolari condizioni pedologiche.

Il ricorso a colture intercalari da sovescio non è particolarmente diffuso, sebbene siano stati dimostrati significativi vantaggi sulla fertilità del terreno derivanti da una loro corretta gestione. L'uso di veccia, ad esempio, ha mostrato un effetto positivo sulla produttività del riso, in particolare contribuendo alla nutrizione della coltura nella seconda parte del ciclo colturale (Romani *et al.*, 2020). Effetti positivi delle colture intercalari da sovescio sulla dinamica delle comunità di malerbe sono stati ampiamenti documentati in altre colture ma rimangono ancora limitate le conoscenze in ambito risicolo, in particolare per l'ambiente italiano. Risulta tuttavia diffusa in risicoltura biologica una particolare tipologia di *green mulching* basata sul ricorso a una *cover crop* sulla quale in primavera si procede alla semina a spaglio del riso, subito seguita dalla terminazione della *cover* per mezzo di rullatura o trinciatura e dalla sommersione della camera (Figura 10).



*Figura 10. Riso seminato su green mulch ottenuto a partire da una cover crop costituita da un miscuglio di loiessa (*Lolium multiflorum* Lam.) e veccia (*Vicia villosa* Roth). L'immagine è stata scattata alla fine di maggio, durante l'asciutta di radicamento.*

Con l'azione combinata dalla rullatura/trinciatura e della sommersione, la *cover crop* viene devitalizzata (e pertanto sarebbe forse più corretto parlare di *dead mulching*) e grazie all'effetto pacciamante e, forse marginalmente, di alcune sostanze fitotossiche che si producono durante la fermentazione della biomassa (in particolare acido acetico), si ottiene una riduzione delle emergenze delle malerbe. L'efficacia della tecnica è piuttosto variabile ed è difficile definire un protocollo operativo che si adatti a tutte le condizioni, ma in molti casi i risultati sono considerati soddisfacenti (Fogliatto *et al.*, 2021; Masserano *et al.*, 2022).

Un'altra tecnica agronomica che in molti casi consente una riduzione della pressione delle infestanti nel riso è il ricorso alla sommersione invernale delle stoppie (Figura 11), la quale presenta inoltre alcuni vantaggi per quanto riguarda l'emissione di gas a effetto serra nella coltura successiva e per il rimpinguamento della falda (Negri *et al.*, 2020). Nel caso delle infestanti, si ottiene una riduzione della banca semi superficiale, e in particolare dei semi dispersi nel corso dell'ultima stagione colturale, sia a causa dell'aumento della predazione ad opera della fauna e per l'interruzione dei fenomeni di dormienza dei semi di alcune specie, come nel caso del riso crodo (Fogliatto *et al.*, 2010; 2011).



Figura 11. Sommersione invernale delle stoppie di riso. La tecnica può consentire una riduzione della pressione delle infestanti nella stagione colturale successiva.

Nell'ambito delle tecniche agronomiche, riveste una notevole importanza il ricorso alla tecnica della falsa semina. Questa pratica, che ha visto una notevole diffusione soprattutto dalla seconda metà degli anni '90 del XX secolo, è tuttora impiegata principalmente per il controllo del riso crodo. Prima dell'avvento della tecnologia Clearfield®, con la quale sono state introdotte varietà di riso resistenti agli imidazolinoni, la falsa semina rappresentava, di fatto, la principale modalità con cui veniva gestita questa infestante. La tecnica viene impiegata sia nel caso di semina interrata che di semina in acqua e consiste nella preparazione del letto di semina in primavera al fine di stimolare l'emergenza delle infestanti. Dopo circa 25 giorni le infestanti emerse vengono

eliminate con una lavorazione leggera o, più frequentemente, con l'uso di erbicidi; allo scopo si impiegano prevalentemente formulati a base di glifosate, cletodim, ciclossidim e, più recentemente, florpyrauxifen-benzyl. Da rilevare che, nell'ambito della cosiddetta "agricoltura convenzionale", il riso rappresenta l'unica grande coltura nella quale la tecnica della falsa semina si è imposta come una pratica comune per la gestione delle malerbe. Questo fenomeno è dovuto proprio alla necessità di controllare il riso crodo, infestante per la quale, prima dell'avvento della tecnologia Clearfield®, non erano disponibili prodotti selettivi applicabili in post-emergenza con la coltura in atto.

### *Mezzi meccanici*

L'impiego esclusivo di mezzi meccanici nella gestione delle malerbe in risaia è prevalentemente legato a contesti di produzione biologica e solo recentemente sono stati condotti studi per verificare la possibilità di integrare il mezzo meccanico con l'impiego di erbicidi (Sgariboldi *et al.*, 2022). Interventi con mezzi meccanici vengono tuttavia frequentemente effettuati anche in sistemi convenzionali, tipicamente per stimolare l'emergenza di infestanti durante la falsa semina (es. uso di erpice strigliatore, erpicature superficiali con erpice rotativo) o per la terminazione delle malerbe emerse al termine della stessa, prima della semina del riso. Qualora la falsa semina venga adottata prima di una semina interrata, la terminazione con un mezzo meccanico viene sfruttata spesso per completare l'affinamento del terreno subito prima della semina.

Con la coltura in atto gli interventi meccanici che vengono utilizzati sono soprattutto la strigliatura e la sarchiatura. Ambedue le tecniche si impiegano nel caso di riso in semina interrata, prima dell'allagamento della risaia, e risultano più efficaci e di facile impiego in presenza di terreni sciolti.

La strigliatura ha il grande vantaggio di poter essere eseguita con macchine dotate di elevata capacità operativa, rendendo così possibili interventi tempestivi. Inoltre, agisce anche lungo le file del riso. Per ottenere buoni risultati, è indispensabile che le infestanti si trovino nei primissimi stadi di sviluppo. Per questa ragione, può essere vantaggioso eseguire già un intervento prima dell'emergenza del riso. In post-emergenza possono essere necessari più interventi per ottenere un controllo soddisfacente. La strigliatura, eseguita dopo un intervento di sarchiatura, può completare l'efficacia di quest'ultima, aumentando la separazione del terreno dalle radici delle plantule.

La sarchiatura è una tecnica che si sta diffondendo grazie allo sviluppo di macchine in grado di operare nel limitato spazio interfila normalmente adottato nella semina interrata del riso (Figura 12). Negli ultimi anni si è assistita una rapida evoluzione in questo settore e alla proposta di numerose soluzioni che sfruttano le più recenti innovazioni tecnologiche. Per consentire elevate velocità di intervento, ad esempio, vengono utilizzate trattrici dotate di sistemi di guida di precisione ed equipaggiate con controllo della seminatrice, in modo da ottenere mappe riportanti l'esatto collocamento delle file, che saranno poi impiegate in fase di sarchiatura per consentire un rapido e accurato posizionamento della macchina. Un ulteriore aiuto per posizionare correttamente gli organi lavoranti durante l'operazione di sarchiatura può essere fornito da sistemi ottici di rilevamento delle file, che permettono piccole traslazioni trasversali della macchina rispetto alla direzione di avanzamento, in modo da ridurre al minimo i danni alla coltura.

In prove in campo effettuate nel 2021-22, è stato evidenziato che la sarchiatura può consentire di ottenere buoni risultati, soprattutto se combinata con un intervento di strigliatura effettuato in pre-emergenza e strigliature successivamente alla sarchiatura, per completarne l'efficacia (Sgariboldi *et al.*, 2022).



Figura 12. Particolare di sarchiatrice in grado di operare nell'interfila del riso seminato a file distanti 15 cm.

### STRATEGIE DI DISERBO CHIMICO

I casi in cui il riso crodo non rappresenta un problema significativo sono relativamente limitati e permettono una semplificazione degli interventi. Normalmente sono necessari da uno a tre trattamenti erbicidi. In pre-semina, oltre al ricorso alla falsa semina, è possibile intervenire qualche giorno prima della semina con gaminocidi specifici (ciclossidim, propaquizafop e cletodim) per controllare le graminacee eventualmente già emerse. Prima della semina è inoltre impiegabile il florpiauxifen-benzile, che risulta efficace anche nei confronti di popolazioni resistenti di alismatacee, ciperacee e giovani. Sempre in pre-semina, su camere allagate, è consentito l'impiego per usi emergenziali del benzobiclon. Tale erbicida, per il quale è attesa la registrazione definitiva, è particolarmente attivo nei confronti di *Heteranthera* spp. e delle ciperacee e svolge una importante azione anche nei confronti dei giovani.

Nel caso specifico delle risaie seminate in asciutta, si rende necessario intervenire in pre-emergenza per limitare lo sviluppo delle infestanti tipiche della prima fase del ciclo colturale. L'uso di erbicidi ad azione residuale, tuttavia, può rappresentare un vantaggio in quanto consente di aumentare il numero di meccanismi di azione impiegati, riducendo il rischio di selezione di popolazioni di malerbe resistenti. A questo scopo si impiega soprattutto la miscela di pendimetalin e clomazone. In semina interrata è inoltre possibile impiegare napropamide, che risulta efficace nei confronti di *Heteranthera* spp., *Alisma* spp., ciperacee (da seme) e varie graminacee; l'uso di questo erbicida prevede che il suolo sia in buone condizioni di umidità e pertanto può richiedere un intervento irriguo nel caso di terreno secco.

In post-emergenza vengono per lo più impiegati erbicidi inibitori dell'enzima ALS (aceto lattato sintetasi), quali ad esempio alosulfuron metile, azimsulfuron, penoxsulam, bensulfuron-metile, metsulfuron-metile, generalmente caratterizzati da un ampio spettro

di azione. Nei confronti delle sole graminacee possono essere impiegati gli inibitori dell'ACC-asi, come il cialofop-butile e il profoxidim. In post-emergenza è inoltre impiegabile il già citato florpiauxifen-benzile.

Nel caso di presenza di riso crodo, oltre al ricorso alla falsa semina, possono essere impiegate varietà tolleranti all'inibitore dell'ALS imazamox (sistema Clearfield®), ora affiancate da varietà ibride tolleranti allo stesso erbicida (sistema FullPage®), oppure varietà tolleranti all'inibitore dell'ACCasi ciclossidim (sistema Provisia®). Ambedue le molecole non sono selettive nei confronti delle varietà convenzionali. L'utilizzo di varietà Clearfield® (nell'uso indicate con la sigla CL), che ha permesso per la prima volta il controllo in post-emergenza del riso crodo, ha fatto registrare una rapida diffusione sin dalla loro introduzione nel 2006. Nel 2020 la superficie coltivata con varietà di tipo CL rappresentava oltre il 42% della superficie totale coltivata a riso (ENR, 2020).

In post-emergenza vengono anche impiegate barre lambenti costituite da telai su cui vengono fatti scorrere, tramite pulegge, corde imbevute con una soluzione contenente glifosate. Attraverso appositi sistemi di regolazione, le corde vengono posizionate in modo da intercettare la parte apicale delle infestanti che svettano al di sopra della coltura. Questo intervento è rivolto principalmente al riso crodo ma può interessare anche piante di giavoni sfuggite a precedenti interventi e viene eseguito non oltre la fase della spigatura, prima della formazione delle cariossidi. La finalità dell'intervento non è evitare il danno produttivo alla coltura in corso, bensì limitare il più possibile l'aumento della banca semi.

## IL PROBLEMA DELLA RESISTENZA AGLI ERBICIDI

La resistenza agli erbicidi è un fenomeno ampiamente diffuso a livello globale: all'inizio del 2023 interessa 267 specie (154 dicotiledoni e 113 monocotiledoni), che complessivamente hanno selezionato popolazioni resistenti a 21 dei 31 meccanismi di azione noti e riguarda 165 erbicidi. Fenomeni di resistenza sono segnalati per 98 colture in 72 paesi (Heap, 2023).

In Italia, il riso ha rappresentato il primo sistema colturale nella quale il fenomeno è divenuto rapidamente di notevole importanza, sebbene non sia stata la prima coltura per la quale sono stati segnalati casi di resistenza. Le ragioni per cui la resistenza si è rapidamente diffusa sono da attribuirsi, anche in questo caso, ad una pressoché totale mancanza di rotazione colturale, associata al ripetuto utilizzo di erbicidi con lo stesso meccanismo di azione.

I primi casi hanno riguardato in particolare gli erbicidi sulfonilureici (inibitori dell'ALS), che dalla loro introduzione sono stati ampiamente e ripetutamente impiegati per i loro indiscutibili vantaggi tecnici e per la ridotta dose di impiego. Tale gruppo di erbicidi, e più in generale gli ALS-inibitori, hanno presentato anche a livello mondiale di gran lunga la più elevata tendenza a selezionare popolazioni resistenti: attualmente si contano 171 specie con popolazioni resistenti agli ALS-inibitori, mentre per gli inibitori del fotosistema 2, posizionati al secondo posto della classifica, il numero di specie con popolazioni resistenti è di 87 (Heap, 2023).

I primi casi di resistenza nelle risaie italiane risalgono al periodo 1994-95 e hanno interessato *A. plantago-aquatica* e *S. mucronata* (Tabella 4).

A partire dal 2000 i casi di resistenza sono progressivamente aumentati e interessano ora varie specie. In particolare, risultano particolarmente problematici per la loro gestione i casi di resistenza multipla a ALS-inibitori e ACCasi-inibitori presenti nei giavoni. Recentemente sono inoltre stati segnalati casi di resistenza multipla a cialofop-butile, profoxidim e ciclossidim in *D. sanguinalis* e *P. dichotomiflorum* (GIRE®, 2022c).

La comparsa di popolazioni di riso crodo resistente all'imazamox è da porre in relazione alla diffusione delle varietà Clearfield® e ad un possibile trasferimento del gene di resistenza da queste varietà al riso crodo (Scarabel *et al.*, 2012). Questa ipotesi è in parte suffragata dal fatto che non è mai stata riscontrata la presenza di popolazioni resistenti all'imazamox prima della diffusione di queste varietà (Andres *et al.*, 2014, 2013).

Tabella 4. Evoluzione della resistenza agli erbicidi nelle infestanti del riso in Italia (da GIRE®, 2023).

Specie	prima segnalazione	meccanismo di azione (o erbicida)	classificazione HRAC <sup>1</sup>	classificazione HRAC (nuova) <sup>2</sup>
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	1994	ALS-inib.	B	2
<i>Schoenoplectiella mucronata</i>	1995	ALS-inib.	B	2
<i>Cyperus difformis</i>	2000	ALS-inib.	B	2
<i>Echinochloa crus-galli</i>	2000	propanil	C2	5
<i>Echinochloa erecta</i>	2003 2004	propanile quinclorac	C2 L	5 29
<i>Echinochloa</i> spp.	2005 2009 2011	ALS-inib. ALS-inib. + ACCasi-inib. ACCasi-inib.	B A+B A	2 1+2 1
<i>Oryza sativa</i> (crodo)	2010	imazamox	B	2
<i>Cyperus esculentus</i>	2015	halosulfuron, azimsulfuron	B	2
<i>Ammania coccinea</i>	2017	ALS-inib.	B	2
<i>Digitaria sanguinalis</i>	2018	ACCasi-inib.	A	1
<i>Panicum dichotomiflorum</i>	2020	ACCasi-inib.	A	1

<sup>1</sup> e <sup>2</sup>: Le sigle alfabetiche (1) si riferiscono alla classificazione dei meccanismi di azione degli erbicidi proposta dall'Herbicide Resistance Action Committee (HRAC) e adottata a livello mondiale. A partire dal 2021 vengono gradualmente sostituite dalle sigle numeriche (2), che diventano definitive a partire dal 2023.

La recente introduzione di varietà Provisia® tolleranti al ciclossidim può permettere di gestire, almeno in parte, i casi di resistenza a imazamox nel riso crodo. Tuttavia, anche per questa tecnologia si evidenzia la necessità di una accurata gestione al fine di evitare il trasferimento del carattere di resistenza al riso crodo. In questo senso, si suggerisce un meticoloso monitoraggio dell'esito dei trattamenti e il ricorso anche alla monda manuale per la rimozione di eventuali individui sfuggiti ai trattamenti.

Sia per le varietà Clearfield®/FullPage® che per quelle Provisia®, quando queste si alternano a varietà convenzionali, si pone anche importanza ai *volunteers*, ovvero piante di riso derivanti da semi della varietà coltivata l'anno precedente. *Volunteer* di riso derivanti dall'una o dall'altra tipologia di varietà tolleranti possono infatti trasferire il gene di resistenza al riso crodo presente in una varietà convenzionale. Le probabilità che si verifichi questo fenomeno non sono ben definite, ma merita comunque attenzione. In generale, si ritiene una buona pratica quella di alternare fra loro le tecnologie Clearfield®/FullPage® e Provisia®, piuttosto che alternarle a varietà convenzionali, alternando invece le modalità di semina impiegate (semina in acqua e semina interrata)

e introducendo la falsa semina, eliminando le infestanti emerse con glifosate (GIRE®, 2022a).

Le strategie per gestire la resistenza devono essere necessariamente applicate con modalità e tempi che vanno definiti individuati caso per caso. Tuttavia, in linea generale, una corretta gestione della resistenza deve necessariamente prevedere la maggiore variabilità possibile di pressione selettiva nei confronti delle infestanti. In questo senso è fondamentale l'alternanza dell'impiego di erbicidi con diverso meccanismo di azione, che difficilmente può essere ottenuta modificando esclusivamente gli interventi effettuati in post-emergenza, per i quali il numero di meccanismi di azione disponibili risulta essere limitato. Viene suggerito infatti di considerare anche il ricorso all'alternanza fra semina in acqua e semina interrata e, dove possibile, ruotare con colture diverse dal riso sulle quale limitare l'impiego di ALS-inibitori e ACCasi-inibitori (GIRE®, 2022b).

## BIBLIOGRAFIA

- Andres A., Fogliatto S., Ferrero A., Vidotto F. (2014). Susceptibility to imazamox in Italian weedy rice populations and Clearfield® rice varieties. *Weed Research*, 54 (5): 492-500. doi:10.1111/wre.12099
- Andres A., Vidotto F., Fogliatto S., Letey M., Ferrero A. (2013). Assessment of weedy rice sensitivity to imazamox with a fast dose-response bioassay. In *European Weed Research Society - 16th EWRS Symposium* (pp. 267-267). Samsun, Turkey: EWRS. Recuperato da [http://www.ewrs.org/doc/16th\\_EWRS\\_Symposium\\_Samsun\\_Turkey\\_2013.pdf](http://www.ewrs.org/doc/16th_EWRS_Symposium_Samsun_Turkey_2013.pdf)
- Biroli G. (1807). *Del riso: trattato economico-rustico*. Milano, Italia: Tipografia Giovanni Silvestri.
- ENR. (2015). *XLVIII Relazione Annuale Anno 2015* (p. 100). Ente Nazionale Risi. Recuperato da [http://www.enterisi.it/upload/enterisi/documentiallegati/Relaz.Risi2015DEF\\_13660\\_594.pdf](http://www.enterisi.it/upload/enterisi/documentiallegati/Relaz.Risi2015DEF_13660_594.pdf)
- ENR. (2020). *Superfici investite a riso 2020* (p. 6). Ente Nazionale Risi. Recuperato da [https://www.enterisi.it/upload/enterisi/bilanci/2020ST1biscompleto\\_15916\\_2733.pdf](https://www.enterisi.it/upload/enterisi/bilanci/2020ST1biscompleto_15916_2733.pdf)
- Ferrero A., Tabacchi M., Vidotto F. (2002). Italian rice field weeds and their control. In *Proceedings 2nd Temperate Rice Conference* (pp. 535-544). Sacramento (Ca, USA): International Rice Research Institute (IRRI).
- Ferrero A., Vidotto F. (2007). Weeds and weed management in Italian rice fields. In A. Ferrero & F. Vidotto (A c. Di), *Agro-economical traits of rice cultivation in Europe and India* (pp. 55-72).
- Fogliatto S., Patrucco L., Moretti B., Milan M., Vidotto F. (2021). Cover crops as green mulching for weed management in rice. *Italian Journal of Agronomy*, 16 (4): 1850. doi:10.4081/ija.2021.1850
- Fogliatto S., Vidotto F., Ferrero A. (2010). Effects of winter flooding on weedy rice (*Oryza sativa* L.). *Crop Protection*, 291232-1240. doi:10.1016/j.cropro.2010.07.007
- Fogliatto S., Vidotto F., Ferrero A. (2011). Germination of weedy rice (*Oryza sativa*) in response to field conditions during winter. *Weed Technology*, 25252-261. doi:10.1614/WT-D-10-00099.1
- GIRE®. (2022a). *Gestione della resistenza in colture di riso tolleranti ad imazamox (Clearfield® e FullPage®) o cycloxydim (Provisia®) - linee guida* (p. 4). Gruppo Italiano di lavoro sulla Resistenza agli Erbicidi.
- GIRE®. (2022b). *Gruppo Italiano di lavoro sulla Resistenza agli Erbicidi. Gestione infestanti resistenti nel riso - Linee guida*. (p. 17). Recuperato da [http://gire.mlib.cnr.it/documentsSource/pubblicazioni/linee\\_guida\\_diserbo/Linee\\_guida\\_riso\\_2022.pdf](http://gire.mlib.cnr.it/documentsSource/pubblicazioni/linee_guida_diserbo/Linee_guida_riso_2022.pdf)
- GIRE®. (2022c, aprile). Aumentano le segnalazioni di graminacee altamente resistenti agli inibitori dell'ACCasi. *Il Risicoltore*, p. 3.



- GIRE®. (2023, gennaio 28). Gruppo Italiano di lavoro sulla Resistenza agli Erbicidi. Banca dati sulla resistenza agli erbicidi in Italia. Recuperato 28 gennaio 2023, da <http://gire.mlib.cnr.it/index.php?sel=comeCitareGIRE>
- Heap I. (2023). The International Herbicide-Resistant Weed Database. Recuperato 28 gennaio 2023, da <https://www.weedscience.org/Home.aspx>
- Jacometti G. (1912). Le erbe che infestano le risaie italiane (pp. 57-93). Presentato al IV Congresso Riscicolo Internazionale, Vercelli.
- Kraehmer H., Jabran K., Mennan H., Chauhan B.S. (2016). Global distribution of rice weeds - A review. *Crop Protection*, 8073-86. doi:10.1016/j.cropro.2015.10.027
- Kraehmer H., Thomas C., Vidotto F. (2017). Rice Production in Europe. In B. S. Chauhan, K. Jabran & G. Mahajan (A c. Di), *Rice Production Worldwide* (pp. 93-116). Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-47516-5\_4
- Masserano G., Moretti B., Bertora C., Vidotto F., Monaco S., Vocino F., ... Sacco D. (2022). Acetic acid disturbs rice germination and post-germination under controlled conditions mimicking green mulching in flooded paddy. *Italian Journal of Agronomy*, 17 (1): 1926. doi:10.4081/ija.2022.1926
- Negri C., Chiaradia E., Rienzner M., Mayer A., Gandolfi C., Romani M., Facchi A. (2020). On the effects of winter flooding on the hydrological balance of rice areas in northern Italy. *Journal of Hydrology*, 590125401. doi:10.1016/j.jhydrol.2020.125401
- Romani M., Sacco D., Moretti B., Celi L., Pullicino D.S., Lerda C., ... Beltarre G. (2020, gennaio 20). *Esperienza di utilizzo del sovescio in risaia*. Presentato al Convegno finale progetto RISTEC. Recuperato da <https://www.ristec.it/appuntamento/convegno-finale-progetto-ristec/>
- Scarabel L., Cenghialta C., Manuello D., Sattin M. (2012). Monitoring and management of Imidazolinone-resistant red rice (*Oryza sativa* L., var. *sylvatica*) in Clearfield® Italian paddy rice. *Agronomy*, 2 (4): 371-383. doi:10.3390/agronomy2040371
- Sgariboldi S., Miniotti E.F., Romani M., Dinuccio E., Fogliatto S., Vidotto F. (2022). Strigliatura e sarchiatura limitano le malerbe in risaia. *L'INFORMATORE AGRARIO*, 78 (10): 45-48.
- Vidotto F., Ferrero A. (2013). Weed management in Italian rice fields. In *XIV Congreso de la Sociedad Española de Malherbología* (pp. 139-144). Valencia, Spain: Editorial Universitat Politècnica de València.



## AGRICOLTURA 4.0 CON RIFERIMENTO AL RISO

*Giuseppe Sarasso  
Dottore Agronomo, imprenditore agricolo*

### LA STORIA

Il nome di agricoltura 4.0 ha recentemente sostituito “Precision Farming”, per seguire la moda dell’informatica, che enumera in questo modo i progressi dei software. Facile immaginare che il numero 4.0 debba incrementarsi rapidamente in futuro: qualcuno inizia a citare “Agricoltura 5.0”. La descrizione più attinente a questa attività sarebbe “Gestione sito-specifica delle risorse: somministrare a ciascun punto dell’appezzamento i fattori tecnici utili”. La pratica è nata agli inizi del 1990 negli Stati Uniti, grazie alla disponibilità della rete GPS di georeferenziazione, costruita ad uso militare per la guida dei missili “intelligenti”. I segnali delle coordinate satellitari, ad evitare che i nemici se ne servissero per contrattacchi mirati, venivano disturbati in tempi casuali secondo un algoritmo, che veniva replicato sui missili americani per correggere i disturbi. Ad uso agricolo, ed anche cantieristico, furono escogitate le basi fisse che ricevono i segnali satellitari, li confrontano con la propria posizione, e mandano un segnale in grado di annullare il disturbo.

Nel 2.000 il Presidente USA Carter, visto che il “trucco” era diventato inutile, eliminò il disturbo. Ciononostante, il metodo delle basi fisse di correzione è rimasto in uso, per migliorare la precisione del posizionamento GPS, che viene comunque disturbata anche dai venti solari interferenti con il campo magnetico terrestre. Nel frattempo, le maggiori potenze militari hanno mandato in orbita molti satelliti, costruendo i loro sistemi: GLONASS (Russia), BEI DOU (Cina), QZSS (Giappone), Galileo (EU).

### LA PRECISIONE

Con ricevitori avanzati, in grado di captare contemporaneamente fino a 12 satelliti di qualsiasi nazionalità, si può ottenere una precisione inferiore al metro. La maggior precisione richiesta dalle tecniche attuali si può raggiungere collegandosi ai due satelliti europei EGNOS, gratuiti, che permettono una precisione di  $\pm 40$  cm. Collegandosi a pagamento con alcuni satelliti commerciali, si scende a  $\pm 15$  cm. Con attrezzature più sofisticate (RTK) ed una base vicina si scende a  $\pm 1$  cm; la Regione Piemonte fornisce una connessione telefonica che, dove è raggiungibile dai campi con buona e stabile copertura, permette di raggiungere  $\pm 2$  cm. Queste precisioni sono necessarie soprattutto per le sarchiatrici 4.0, che stanno comparando numerose sul mercato. Unite a telecamere e software adeguati, riescono ad eliminare quasi tutte le infestanti nell’interfila e, su alcune colture, anche nella fila.

### LE APPLICAZIONI

Le prime applicazioni commerciali giunte in Italia risalgono a fine anni ’80, composte da barre luminose poste davanti al guidatore della trattoria, indicanti le correzioni manuali dello sterzo richieste per seguire la traiettoria stabilita. Il passo successivo fu la guida automatica, per cui la traiettoria desiderata viene mantenuta mediante un dispositivo che aziona lo sterzo in modo autonomo. È sufficiente eseguire un percorso parallelo ad uno dei confini del campo, impostare la larghezza di lavoro dell’attrezzo utilizzato, e si possono eseguire tutti i percorsi successivi perfettamente in parallelo. In funzione della

forma dei campi e della superficie aziendale l'investimento necessario può essere ammortizzato da 6 a 1 anno. In risicoltura queste attrezzature sono molto diffuse.

Un altro perfezionamento vede un primo passaggio all'interno di tutto il perimetro del campo, che viene memorizzato su di una mappa. Durante i passaggi successivi, disponendo di uno spandiconcime o irroratrice 4.0, all'arrivo sulla capezzagna l'erogazione viene automaticamente sospesa durante la svolta e riattivata successivamente, evitando fallanze e sovrapposizioni. Alla fine del campo, quando la larghezza della striscia residua è inferiore alla larghezza di lavoro dell'attrezzo, in automatico si parzializza l'erogazione per evitare sovrapposizioni, cause di raddoppi delle dosi applicate. Il sistema funziona anche se i bordi del campo non sono rettilinei. Una sperimentazione eseguita dal prof. Mario Tamagnone del Disafa di Torino ha documentato un risparmio di fertilizzanti o fitofarmaci dal 13 al 22% rispetto alla guida manuale senza indicazioni satellitari. Il risparmio minore si ottiene in appezzamenti di forma regolare e di grande lunghezza, quello maggiore in appezzamenti piccoli e di forme irregolari. Oltre al risparmio, evitando i raddoppi delle dosi si eliminano eccedenze di vigore nella fertilizzazione, e non si causano danni alla coltivata spargendo gli erbicidi. Queste attrezzature sono anche in grado di erogare dosi variabili, se comandate da mappe di prescrizione. Rispetto ai modelli normali il costo è doppio per le irroratrici e 2,5 volte per gli spandiconcime, per cui gli investimenti sono ammortizzabili solo su aziende di ampie dimensioni. Nei terreni accorpati si ottengono benefici maggiori: si parla da lungo tempo di incentivare gli accorpamenti, ma con scarsi risultati.

Le normative "from farm to fork", ancora in discussione tra la Commissione ed i ministri dell'agricoltura dei Paesi Europei, imporrebbero all'Italia di ridurre del 62% i quantitativi di fitofarmaci, ed il 20% dei fertilizzanti utilizzati. Delle percentuali stabilite, molto diverse nei vari Stati, non si conoscono i fondamenti sperimentali, ammesso che esistano. Le ditte costruttrici stanno comunque investendo molto sulle attrezzature. Per ridurre l'uso dei fitofarmaci, specie nel settore della viticoltura, sono disponibili irroratrici in grado di raccogliere e riutilizzare i fitofarmaci che non si depositano sulle foglie. Per eliminare le spore di Oidio è stato di recente proposto un emettitore di raggi UV. Nei frutteti si può utilizzare un sensore che interrompe l'erogazione negli intervalli tra un albero e l'altro. Per combattere le infestanti, oltre alle sarchiatrici "intelligenti" si lavora anche su sistemi di riconoscimento delle piante, per applicare ad ogni specie di infestante l'erbicida idoneo, evitando di trattare la coltivata e di applicare su tutto l'appezzamento, come si pratica oggi, una miscela di erbicidi che elimini tutte le specie presenti. Se la tecnologia divenisse commerciale, il risparmio e la riduzione dell'impatto ambientale sarebbero importanti.

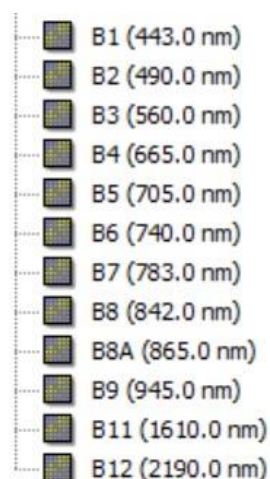
Nel 2021 lo Stato ha agevolato l'acquisto delle attrezzature 4,0 con un credito d'imposta del 50%, non cedibile. I coltivatori di piccole aziende difficilmente potranno recuperare l'incentivo scalandolo dalle loro tasse. I prezzi di macchine ed attrezzature sono cresciuti a dismisura per gli aumenti dell'energia, dell'acciaio e dei *microchips*, e per la maggiore complessità costruttiva. Essendoci gli incentivi, i soliti sconti che si ottenevano durante le trattative coi concessionari si sono notevolmente assottigliati, se non scomparsi. Ciononostante, le vendite di mietitrebbiatrici e di trattrici nel 2021 sono molto cresciute, con ampi ritardi di consegna dovuti alla carenza di acciaio e *microchips* sul mercato mondiale. Gli acquisti del 2022 hanno ottenuto un credito d'imposta pari al 40%, previsto in calo negli anni seguenti. Le vendite nell'anno si sono già ridotte rispetto al 2021.

Per la fertilizzazione, le mappe di prescrizione da utilizzare nelle applicazioni a rateo variabile permettono risparmi significativi, tali da coprire la riduzione del 20% ipotizzato dal "from farm to fork". La loro redazione richiede una discreta mole di dati, ricavati

tramite sensori specifici in continua evoluzione. Per valutare i risultati a fine campagna degli interventi a rateo variabile servono i misuratori di produzione, oggi disponibili su mietitrebbiatrici e vendemmiatrici. Sulle mietitrebbiatrici per frumento e mais si possono applicare anche apparecchiature NIR per misurare la quantità di proteine e di micotossine nella granella, nelle vendemmiatrici misuratori del grado zuccherino degli acini. Avendo i dati in tempo reale, si riescono a separare partite di prodotto omogenee, indirizzando ogni carico di prodotto al magazzino corrispondente, oltre ad ottenere mappe di qualità. In questo modo si incrementa il valore del raccolto e si ottengono dati utili ad impostare le operazioni sito-specifiche per il raccolto successivo. Nelle analisi del terreno, per ottenere dati rappresentativi di un campo senza creare una griglia geometrica che richiede molti campioni, è più economico e conveniente usare le mappe di produzione e qualità, scegliendo alcuni punti a bassa, media e alta quantità e/o qualità, ottenendo dati più rappresentativi. Volendo invece ottenere una mappa a maglia stretta, sono disponibili sensori da trascinare sul terreno per rilevare conducibilità elettrica del liquido circolante, pH e percentuale di sostanza organica, ottenendo ulteriori indicazioni per la fertilizzazione del terreno.

Una variabile non controllabile è l'andamento climatico, mai uguale negli anni. Le previsioni del tempo sono attendibili al massimo per due giorni, tempo troppo breve, e ad una maglia di 100 km<sup>2</sup>, troppo ampia. Dal mese di marzo a quello di agosto 2022, i meteo hanno previsto ogni settimana piogge per la settimana successiva, ma la pioggia non si è mai vista. Allo stato dell'arte, si può continuare con le ormai diffuse strategie di controllo dei parassiti utilizzando i dati meteorologici progressi.

Frazionare le dosi di fertilizzanti, oltre a ridurre la dispersione nel sottosuolo, fornisce opportunità di miglioramento, almeno per i cereali. I primi interventi possono essere dosati facendo riferimento alle medie dei risultati produttivi degli anni precedenti; in concomitanza con le successive somministrazioni si possono utilizzare i sensori che restituiscono gli indici del vigore delle colture. Sono molti: SAVI, NDVI, TSAVI, MSAVI, MSAVI2, DVI, RVI, PVI, IPVI, WdVI, TNDVI, GNDVI, GEMI, ARVI, NDI45, MTCI, MCARI, REIP, S2RP, IRECI, PSSR<sub>A</sub> si possono ottenere dal satellite Sentinel 2, ricavati da algoritmi basati su 12 bande dello spettro solare:



Oltre che dal satellite si può rilevare il vigore dai sensori terrestri applicabili sulle trattrici, che normalmente leggono NDVI e NDRE (NDRE basato su diverse bande rispetto a Sentinel: 730 e 780 nm). Da NDVI si può ricavare anche il LAI, *Leaf Area Index*, per valutare la densità della coltura.

I dati dal satellite sono gratuiti, se l'agricoltore riesce autonomamente a scaricarli e trasferirli sui software necessari a produrre le mappe di prescrizione; sono disturbati dalle nuvole, per cui a volte non disponibili nel momento in cui servono. Il procedimento di scaricare i dati in formati compatibili con le dotazioni aziendali ed utilizzarli per redigere le mappe di prescrizione delle dosi da applicare non è semplice, per cui potrebbero esserci costi per ottenere aiuto da esperti. Lo stesso vale per l'utilizzo dei droni, che portano in volo fotocamere multi o iper-spetttrali ed attrezzature GPS: forniscono mappe di vigore in tempo reale e non sono disturbati dalla nuvolosità; il costo del drone è contenuto, non così quello delle fotocamere e dei sistemi GPS necessari a guidare le traiettorie e georeferenziare i dati raccolti. Se un drone viene utilizzato per diporto non è richiesto, ma nell'uso professionale, come quello citato, è obbligatorio ottenere il brevetto di guida mediante apposito corso.

Sia per i satelliti che per i droni la disponibilità di indici è notevole, ma occorre prima confrontarli con i risultati di analisi a terra, in funzione della coltura e del suo stadio di sviluppo, per trovare quelli più attendibili.

I sensori terrestri, che vengono applicati alle trattrici, costano meno di tutti, ed il loro utilizzo è molto più semplice. Generalmente vengono usati in tempo reale: letto il vigore, il computer a bordo della trattrice lo confronta con una tabella inserita dall'agricoltore, ed in base a quella regola la dose del fertilizzante tramite il collegamento ISOBUS con lo spandiconcime. La carenza di questi sensori è di non leggere tutta la superficie, ma solo un campionamento dell'area, perdendo un po' di precisione.

Di seguito (figura 1), una illustrazione dei risultati ottenuti in una risaia di circa 7 ettari, con sensori sulla trattrice e dosi calcolate in tempo reale mediante tabella preimpostata. I riquadri rappresentati misurano 19x19 metri, le scale dei colori sono a destra. Il vigore è misurato in NDRE:  $[\text{Red-Edge-Index: } (NIR780 - \text{RedEdge730}) / (NIR780 + \text{RedEdge730})]$ , verificato con lunga sperimentazione come più rappresentativo nel periodo P.I. (Panicle Initiation) del riso, normalmente nelle prime due settimane di luglio. Le dosi di fertilizzante sono espresse in t/ha, il titolo del fertilizzante è 23-0-30, la produzione espressa in t/ha.

La tabella di dosaggio applicata in funzione di 10 livelli di vigore:

NDRE		DOSE N	DOSE FERT Kg/ha
MIN	MAX		
0,000	0,22	90	390
0,221	0,24	81	350
0,241	0,26	74	320
0,261	0,28	69	300
0,281	0,30	64	280
0,301	0,32	60	260
0,321	0,34	55	240
0,341	0,36	51	220
0,361	0,38	46	200
0,381	1,00	41	180

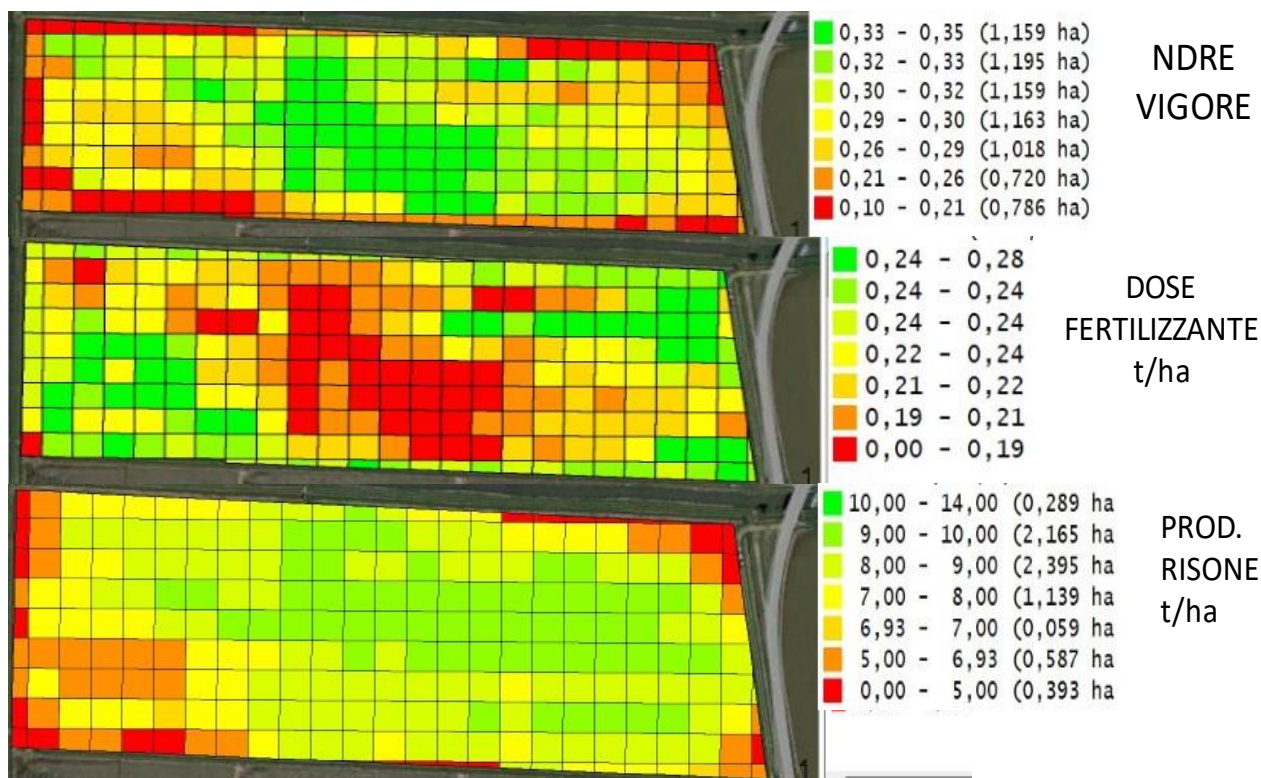


Figura 1 - Risultati ottenuti in una risaia di circa 7 ettari, con sensori sulla trattrice e dosi calcolate in tempo reale mediante tabella preimpostata. I riquadri rappresentati misurano 19x19 metri, le scale dei colori sono a destra. Il vigore è misurato in NDRE:  $[\text{Red-Edge-Index: (NIR780-RedEdge730)} / (\text{NIR780} + \text{RedEdge730})]$

Si nota che i riquadri di basso vigore sulla sinistra non reagiscono alla maggiore fertilizzazione rimanendo rossi nei dati di produzione. L'azione in tempo reale basata sulla tabella inserita impedisce all'agricoltore di elaborare a ragion veduta la mappa di prescrizione. Si potrebbero apportare delle modifiche alle dosi dove si sa che il calo di vigore non è dovuto a scarsità di fertilizzante, ma ad altri fattori limitanti. Per ovviare al problema si potrebbero fare due passate nel campo, una di rilevamento e l'altra di applicazione, laddove non si creino troppi danni al raccolto e si disponga di tempo aggiuntivo, od usare i dati di un drone o di Sentinel 2 raccolti subito prima della fertilizzazione. Da prove effettuate, le scale di misurazione non collimano tra i vari sensori, quindi occorre adeguare le dosi impostate. Nel viraggio dalla fase vegetativa a quella riproduttiva del riso, l'azoto inizia a migrare dalle foglie vecchie a quelle nuove, modificando giorno per giorno i dati di vigore; quindi, il rilievo va eseguito nel giorno più vicino possibile a quello della fertilizzazione. Al fine di valutare più facilmente i risultati, sotto è esposto un grafico (figura 2) che rappresenta nei quadretti gialli il livello di produzione di risone, in quelli azzurri le dosi di fertilizzazione applicate, allineate in funzione del valore crescente di NDRE (asse X). Come si vede, nelle aree di sinistra, con vigore basso, anche la fertilizzazione più elevata non ha prodotto incremento produttivo, mentre di fronte ai vigori più alti si è ottenuto un notevole risparmio di fertilizzante, che, se applicato alle dosi normalmente distribuite in modo uniforme prima dell'agricoltura sito-specifica (linea verde), sarebbe stato eccessivo, con rischi di allettamento e di malattie fungine.

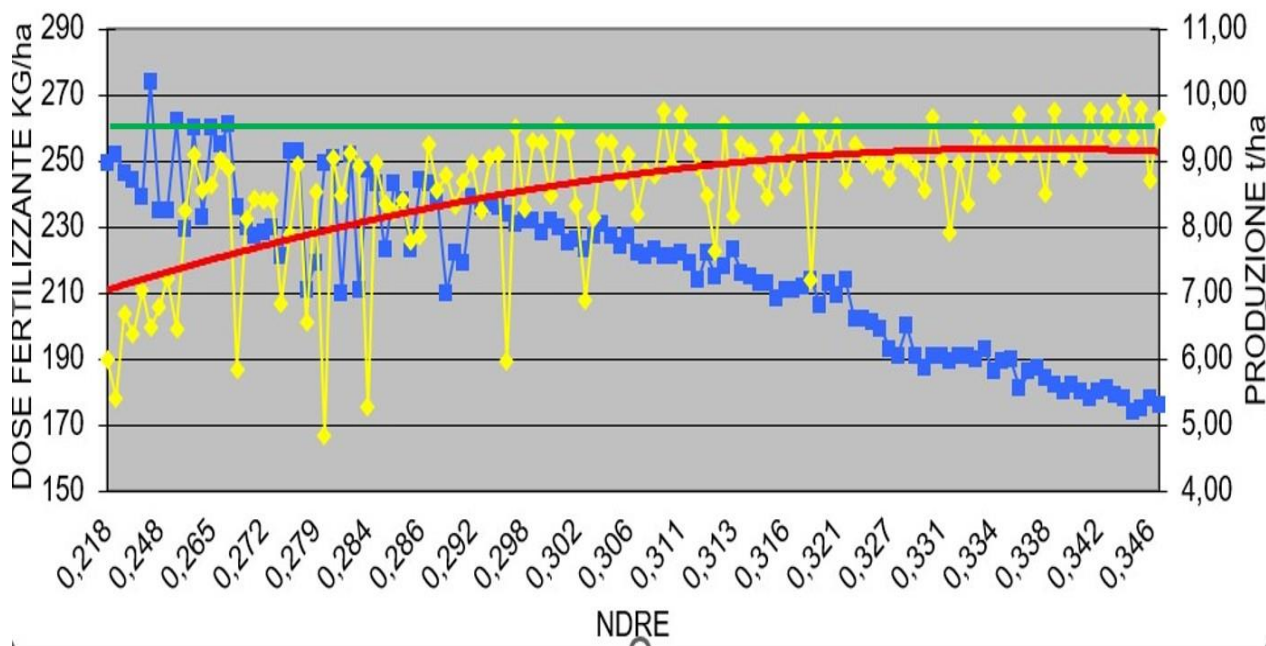


Figura 2 - Grafico che rappresenta nei quadretti gialli il livello di produzione di risone, in quelli azzurri le dosi di fertilizzazione applicate, allineate in funzione del valore crescente di NDRE (asse X).

Le risaie sommerse, salvo quanto accaduto nel 2022, non hanno problemi di disponibilità idrica per le piante. In altre colture, ove l'irrigazione è scarsa o assente, fattore limitante non correggibile, si preferisce modulare la fertilizzazione in base alle mappe di produzione degli anni precedenti, rinunciando a possibili incrementi produttivi e dosando i fertilizzanti in modo da ripristinare i nutrienti in proporzione alle quantità asportate.

Nelle risaie Australiane, dove si utilizzano poche cultivar, e la sperimentazione e divulgazione è capillare ed efficiente, vengono proposte tabelle di dosaggio di fertilizzante azotato che tengono conto del rapporto tra il suo prezzo e quello del risone, ad evitare che il costo non sia coperto gli incrementi marginali della produzione.

In Italia si può ottenere un generico suggerimento dalla figura 3, elaborata in California, per poi affinare le tabelle in funzione delle nostre realtà. Accertato che NDRE è rappresentativo della quantità di azoto per ettaro presente nella biomassa fogliare del riso, sarebbe facile detrarre questo parametro da quello che compare nel grafico sottostante, per elaborare la tabella di prescrizione. Tanto più la quantità delle piante per mq è uniforme, tanto migliori saranno i risultati. In Italia, con la pletora (oltre 200) di cultivar registrate, solo l'esperienza dell'agricoltore, forte anche delle conoscenze del terreno e dei comportamenti nel tempo delle singole cultivar, gli consente di affinare nel tempo le tabelle di rapporto vigore/dosi di fertilizzante.

Non bisogna comunque mai dimenticare che la fertilità del terreno è paragonabile ad un conto in banca: se si continua a prelevare senza fare versamenti, il conto si prosciuga. Attualmente vengono finanziate sperimentazioni al massimo biennali, con conseguenti pubblicazioni. Le sperimentazioni utili sulla fertilità del terreno richiedono, per verificare i risultati, almeno di 6 anni, meglio se 10.



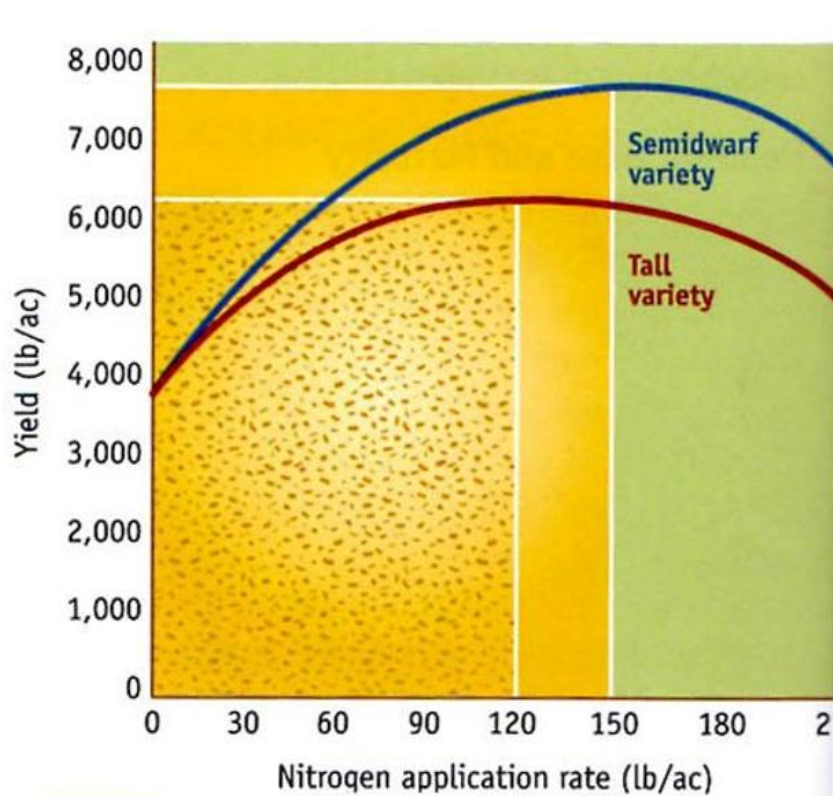


Figura 3 - Tipica risposta produttiva alle dosi di azoto delle varietà seminane e alte in California (Fonte: modificato da Roberts et al. 1993)

### PROBLEMI TECNOLOGICI ED ECONOMICI

Gli inizi dell'introduzione dell'agricoltura 4.0 sono stati difficili per i fornitori della tecnologia: i costi di ricerca non erano ripagati dalla dimensione della clientela. Pertanto hanno ripreso le usanze nate a metà '800: la fidelizzazione "forzata" del cliente. Due esempi: fino al 1955 si poteva accoppiare senza modifiche la presa di potenza della trattrice solo con attrezzi della stessa marca; fino al 1975 lo stesso per l'applicazione degli aratri ai sollevatori delle trattrici. In quelle date si concordarono misure standard agevolando gli acquirenti nella libera scelta tra le marche. Così è accaduto per i software dell'agricoltura 4.0: i vari dispositivi comunicavano solo tra prodotti della stessa marca, e non sempre. Si è poi passati a far comunicare il software in cabina della trattrice con gli attrezzi mediante il protocollo ISOBUS, ma solo con dispositivi della stessa marca. Solo nel 2020 molte ditte (non ancora tutte) hanno firmato il patto "AEF" (*Agriculture industry electronic foundation*) per unificare i protocolli ISOBUS, che è in corso di svolgimento. Annualmente viene organizzato il "Plufgest", tre giorni di confronto che danno ai costruttori la possibilità di adattare la connettività tra i prodotti di 70 marche. Le aziende agricole di norma non si attrezzano di tutte le apparecchiature necessarie in un solo anno: l'operazione sarebbe troppo onerosa dal punto di vista economico. Solo quando una attrezzatura ha concluso il ciclo di ammortamento, viene sostituita con una 4.0. La prima scelta di una marca fornitrice è stata finora come le nozze con costosissimo divorzio: scegliere nell'acquisto successivo un'altra marca significa sostituire tutte le attrezzature già possedute.

L'evoluzione delle attrezzature 4.0 dimostra una velocità ben superiore a quella dell'agricoltura. Gli aggiornamenti dei software avvengono anche due o tre volte l'anno, mentre le coltivazioni hanno cicli annuali o poliennali. Acquistando le attrezzature in

modo graduale, l'azienda agricola deve aggiornare (a pagamento) il software che interagisce con tutti i sensori non appena ne acquista uno nuovo. Solo da due anni viene proposto un software che promette di dialogare con i dati ottenuti da tutti i sensori di qualsiasi marca, per creare mappe *multilayer*, dalle quali si possono ricavare mappe di prescrizione evidenziando contemporaneamente tutte le informazioni disponibili. Attualmente si punta molto sulle applicazioni variabili di fertilizzanti (in particolare azoto) e di fitofarmaci, mentre non vi sono sensori che diano informazioni ad esempio sull'attività del rizobioma, o su molti fattori limitanti relativi al suolo, pertanto la redazione delle mappe di prescrizione è basata in parte sui dati, ma molto sulle capacità di analisi del cervello umano. Per produrre un sistema di intelligenza artificiale in grado di eseguire il compito sopra menzionato, sarebbe necessaria una modellistica che tenga conto di tutti i parametri che interagiscono con la crescita delle piante, compresi gli andamenti climatici, se previsti con certezza per il tempo dell'intero ciclo vegetativo. Un sogno realizzabile? Non certo in tempi brevi...

Per l'applicazione pratica di tutta la tecnologia oggi disponibile serve già una conoscenza specifica piuttosto vasta. Ci si potrebbe servire della consulenza di un agronomo, che sia stato formato sull'argomento. Nei corsi di laurea in Scienze Agrarie quanto e da quanto tempo sono diffuse materie idonee? Tra le offerte di formazione continua obbligatoria per gli agronomi, quanti corsi si trovano? Tra i (pochi) giovani "nativi digitali" aspiranti a diventare imprenditori od operatori agricoli quanti ricevono una formazione di base per utilizzare questi strumenti? I dati ottenuti dal censimento agricolo del 2020 sulle età dei capi azienda agricoli non sono entusiasmanti. Oltre la metà di loro sono pensionati od in procinto di esserlo, pochi di questi avranno voglia di effettuare importanti investimenti in denaro ed in formazione per entrare nel mondo 4.0.

Dal censimento agricoltura del 2020:

CAPI AZIENDA PER CLASSI DI ETÀ E GENERE (%)				
UOMINI			DONNE	
0,7	○.....○	FINO A 24 ANNI	.....○	0,5
1,8	○.....○	DA 25 A 29 ANNI	.....○	1,3
2,9	○.....○	DA 30 A 34 ANNI	.....○	2,0
3,8	○.....○	DA 35 A 39 ANNI	.....○	2,9
5,3	○.....○	DA 40 A 44 ANNI	.....○	4,6
7,3	○.....○	DA 45 A 49 ANNI	.....○	6,7
9,8	○.....○	DA 50 A 54 ANNI	.....○	9,8
12,0	○.....○	DA 55 A 59 ANNI	.....○	12,4
12,3	○.....○	DA 60 A 64 ANNI	.....○	12,8
11,6	○.....○	DA 65 A 69 ANNI	.....○	12,2
11,8	○.....○	DA 70 A 74 ANNI	.....○	12,3
20,8	○.....○	DA 75 E OLTRE	.....○	22,5

Tra i motivi di disaffezione dei giovani all'ingresso in agricoltura, nonostante le trasmissioni televisive che decantano giovani che si cimentano nella produzione di piccoli frutti o nell'allevamento di qualche decina di capre di razza antica, sono importanti le motivazioni espresse dalla Commissione Europea per presentare il "From Farm to Fork"

qui citate letteralmente: *“l’attuale produzione del cibo causa ancora inquinamento di terreno, aria ed acqua, contribuisce alla perdita di biodiversità ed al cambiamento climatico, consuma quantità eccessive di risorse, mentre consente un grande spreco di cibo. Inoltre, produce un cibo di bassa qualità, che favorisce la diffusione del cancro”*. A questo si aggiunge la pubblicità del biologico, che presenta l’agricoltore “convenzionale” come inquinatore dell’ambiente e produttore di cibi tossici.

La strada da percorrere è ancora molto lunga per incentivare i giovani a dedicarsi come imprenditori od operatori all’agricoltura 4.0, che richiede molta preparazione e molti investimenti, ma promette anche l’utilizzo di attrezzature comode e confortevoli, a differenza dell’immagine mediatica del contadino che usa la zappa. Bisognerà inoltre liberare gli agricoltori dal controllo esasperato della burocrazia: il Generale Dwight David (Ike) Eisenhower, organizzatore dello sbarco in Normandia, poi Presidente degli Stati Uniti (1953-1961), lo combatteva già: *“L’agricoltura sembra terribilmente semplice quando il tuo aratro è una matita e sei a migliaia di miglia da un campo di grano”*.



# IL GERMOPLASMA RISICOLO CONSERVATO A VERCELLI E LA SUA VALORIZZAZIONE

Patrizia Vaccino

CREA, Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, sede di Vercelli

## Riassunto

Le collezioni di germoplasma sono una fonte molto preziosa di variabilità genetica, entro cui individuare le migliori varianti alleliche per caratteristiche produttive, qualitative e di adattabilità all'ambiente da utilizzare in programmi di miglioramento genetico. In tale contesto, il presente lavoro descrive alcune attività svolte presso il CREA, Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali di Vercelli utilizzando i dati fenotipici e genotipici raccolti sulla collezione di riso presente nella propria banca del germoplasma.

## Abstract

### The rice germplasms preserved in Vercelli and its valorization

Germplasm collections are a very valuable source of genetic variability, to be used in order to identify the best allelic variants for traits related to yield, quality and adaptability to the environment, to be used in breeding programs. In this context, the present work describes some activities carried out at CREA, Research Centre for Cereal and Industrial Crops of Vercelli using the phenotypic and genotypic data collected on the rice collection maintained in its germplasm bank.

## PREMESSA

Le collezioni di germoplasma sono una fonte molto preziosa di variabilità genetica, entro cui individuare le migliori varianti alleliche per caratteristiche produttive, qualitative e di adattabilità all'ambiente da utilizzare in programmi di miglioramento genetico.

La collezione di riso presente presso il CREA, Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali (CREA-CI) di Vercelli è costituita da 708 accessioni del genere *Oryza*: 697 di *O. sativa ssp japonica*, 3 di *O. sativa ssp indica*, 3 di *O. rufipogon*, 5 di *O. glaberrima*.

La collezione viene conservata in cella termostata a 5°C in barattoli di polipropilene, nella quantità di circa 200 g/linea. Ogni anno, anche grazie ai finanziamenti derivanti dal programma RGV-FAO, avviato nel 2005 al fine di implementare il Trattato Internazionale FAO sulle risorse genetiche vegetali e finanziato dal Ministero dell'Agricoltura, della Sovranità Alimentare e delle Foreste (MASAF), una parte della collezione (150-300 genotipi) viene riprodotta in campo, al fine di rigenerare il seme, mediante semina in parcelle costituite da 4 file da 1 metro, distanziate di 30 cm, opportunamente intervallate da testimoni varietali. Durante il ciclo colturale le linee vengono costantemente monitorate e ripulite da eventuali contaminazioni, evidenziabili da differenze morfologiche tra le piante. I materiali vengono analizzati in campo per una serie di caratteristiche agronomiche e morfologiche, quali ad esempio: data di spigatura e di fioritura, altezza della pianta, eventuale allettamento, suscettibilità alle malattie fungine, colore nodi e internodi, tipo e portamento pannocchia, aristatura. A maturazione, per ogni linea vengono raccolte a mano circa cinquanta pannocchie, e i materiali vengono caratterizzati mediante ulteriori descrittori, quali la lunghezza della pannocchia e il peso dei semi. A seguito di sbramatura, vengono valutati il colore del pericarpo, le dimensioni della cariosside (lunghezza e larghezza) e gli eventuali difetti. Viene inoltre effettuata la registrazione iconografica di tutte le accessioni mediante fotocamera digitale.

L'attività sopra descritta rappresenta la cosiddetta caratterizzazione “di base”, e tutti i dati raccolti concorrono a creare un database storico, molto importante, ad esempio, per studi di predizione genomica.

Tuttavia, il potenziale genetico contenuto nelle collezioni è molto più ampio e merita di essere sbloccato e attivamente impiegato nell'attività di miglioramento genetico.

Quali sono gli obiettivi del miglioramento genetico? Aumentare la resistenza/tolleranza a patogeni, parassiti e insetti (stress biotici), aumentare la tolleranza a stress ambientali quali, ad esempio, stress idrico e salinità (stress abiotici), migliorare l'efficienza nell'uso delle risorse (acqua e nutrienti) e la qualità nutrizionale, identificare e sfruttare interazioni positive con microrganismi sono alcuni degli obiettivi perseguiti. Pertanto, la collezione o, meglio, sub-collezioni, costituite da un numero più ridotto di linee, rappresentative però dell'intera collezione, sono utilizzate per investigare specifiche caratteristiche. Attualmente disponiamo di una “cassetta degli attrezzi” molto ben fornita a tale scopo: per ogni linea in esame, tramite sistemi ad alta processività, si possono ottenere in breve tempo migliaia di marcatori molecolari e, con software complessi, si riescono ad associare i dati relativi al DNA a quelli riguardanti il fenotipo, cioè la caratteristica che vogliamo studiare, con quella che viene chiamata analisi di associazione, o GWAS (*Genome Wide Association Study*). Di seguito alcuni esempi di attività svolta.

### RESISTENZA AGLI STRESS BIOTICI

Uno dei patogeni più diffusi e dannosi per il riso è la *Pyricularia oryzae*, agente della malattia nota come brusone, che causa gravi perdite produttive. Nel germoplasma mondiale si conoscono più di 100 geni di resistenza; tuttavia, il patogeno ha una rapida evoluzione, per cui è in grado di superare in pochi anni la resistenza. Da qui la necessità, da un lato di individuare nuovi geni di resistenza, dall'altro di riunire più geni di resistenza in una varietà (definito *pyramiding*), in modo da rendere più difficile e lungo per il patogeno il superamento della resistenza. A questo proposito, Zampieri *et al.* (2023), utilizzando un programma di reincrocio assistito da marcatori molecolari, hanno inserito quattro geni di resistenza al brusone (*Piz*, *Pib*, *Pita*, *Pik*) in una varietà di riso italiana molto suscettibile. Le analisi fenotipiche hanno confermato la resistenza della nuova linea di riso ad un ampio spettro di ceppi patogeni, confermando l'efficacia del *pyramiding*.

Utilizzando una sotto-collezione di 311 accessioni di riso provenienti dalla collezione del CREA-CI di Vercelli, analizzate per due anni in pieno campo e per un anno in camera di crescita per la resistenza al brusone, e associando i dati di resistenza/suscettibilità ai dati di caratterizzazione molecolare, la cosiddetta “genotipizzazione”, costituiti da 37.423 marcatori SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*) mediante analisi GWAS, Volante *et al.* (2020) hanno individuato 11 linee di riso con un elevato grado di resistenza in entrambe le condizioni (campo e ambiente controllato), che rappresentano potenziali donatori di nuovi geni di resistenza. Inoltre, sono state individuate delle regioni, sui cromosomi di riso, in cui c'è probabile localizzazione dei geni di resistenza (Fig. 1). Confrontando queste regioni con la mappa genetica del riso si è visto che alcune coincidono con geni già noti, coinvolti nella resistenza al brusone, ma altre sono nuove, suggerendo che possano rappresentare nuovi geni di resistenza.

Uno studio simile (Volante *et al.*, 2017), condotto su una sotto-collezione di 138 linee di riso analizzate per resistenza al patogeno *Fusarium fujikuroi*, agente del *bakanae*, una malattia trasmessa da seme, ha portato all'identificazione di due potenziali fonti di resistenza sui cromosomi 1 e 4 di riso (Fig. 2).

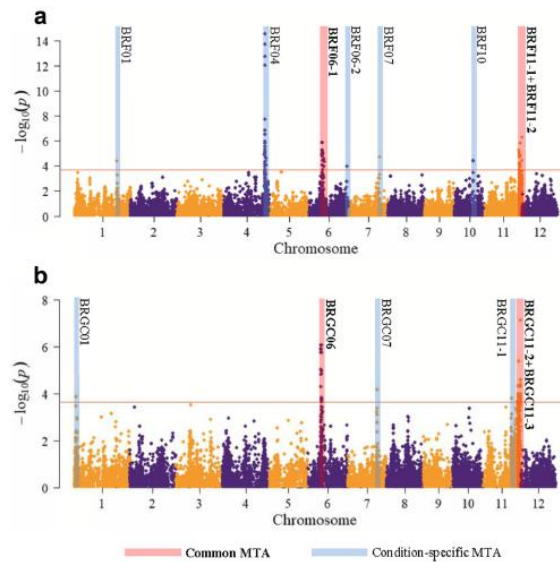


Figura 1 - Risultati dell'analisi di associazione (GWAS) nella condizione di pieno campo (a) e camera di crescita (b). In ascissa sono riportati i 12 cromosomi di riso, in ordinata la significatività dell'associazione. Le linee rosse orizzontali rappresentano la soglia di significatività. Le associazioni significative sono ombreggiate in rosa (se comuni ad entrambe le condizioni), in azzurro se specifiche per una condizione.

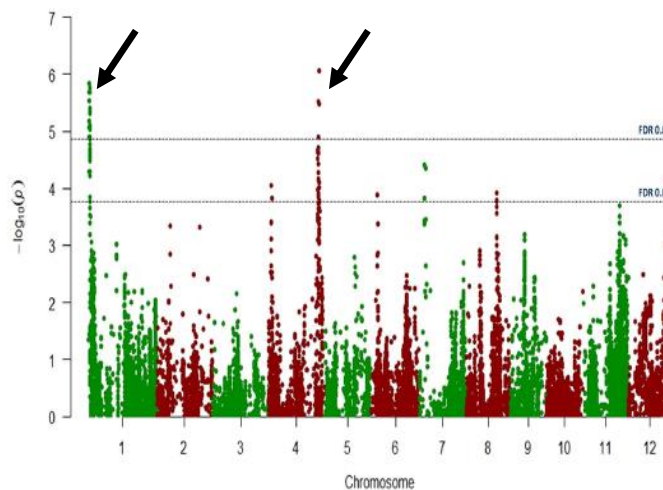


Figura 2 - Risultati dell'analisi di associazione (GWAS). In ascissa sono riportati i 12 cromosomi di riso, in ordinata la significatività dell'associazione. Le linee orizzontali rappresentano due soglie di significatività. Le frecce identificano le associazioni significative sui cromosomi 1 e 4.

### RESISTENZA AGLI STRESS ABIOTICI

Utilizzando una sotto-collezione di 281 linee di riso, coltivata per due anni in due condizioni di crescita, sommersione continua (PF) e intermittente (AWD), e analizzata per 26 tratti fenotipici collegati alla fenologia, alla morfologia della pianta e del seme e alla fisiologia, Volante *et al.* (2017) hanno evidenziato che molte delle linee erano penalizzate per molti tratti agronomici quando cresciute in condizioni idriche limitanti. Tuttavia, alcune linee davano risultati comparabili nelle due condizioni di crescita, suggerendo che nella collezione esiste variabilità per l'adattamento a condizioni di stress idrico. L'analisi di associazione con i dati molecolari ha permesso di identificare sia associazioni significative specifiche per ciascuna delle due condizioni, sia comuni ad entrambe;

l'indagine approfondita di tali associazioni può portare all'identificazione di geni utilizzabili in programmi di miglioramento per tolleranza alla siccità.

### MIGLIORARE L'EFFICIENZA D'USO DELLE RISORSE

Lo studio dell'apparato radicale può fornire importanti soluzioni per migliorare l'efficienza nell'assorbimento di acqua e nutrienti. Un apparato più profondo, ad esempio, può intercettare meglio l'acqua contenuta in profondità nel terreno e favorire la crescita della pianta in condizioni di carenza idrica. Anche in questo caso, la caratterizzazione della collezione per caratteri relativi alla radice, ad esempio peso secco, lunghezza totale, volume è stato utile per evidenziare da un lato la grande variabilità fenotipica presente nella collezione e dall'altro per identificare, mediante GWAS, alcune associazioni su specifici cromosomi. Sul cromosoma 4, ad esempio, è stata identificata un'associazione comune per quattro caratteri: lunghezza, volume, area della superficie radicale e numero di radichette (Fig. 3).

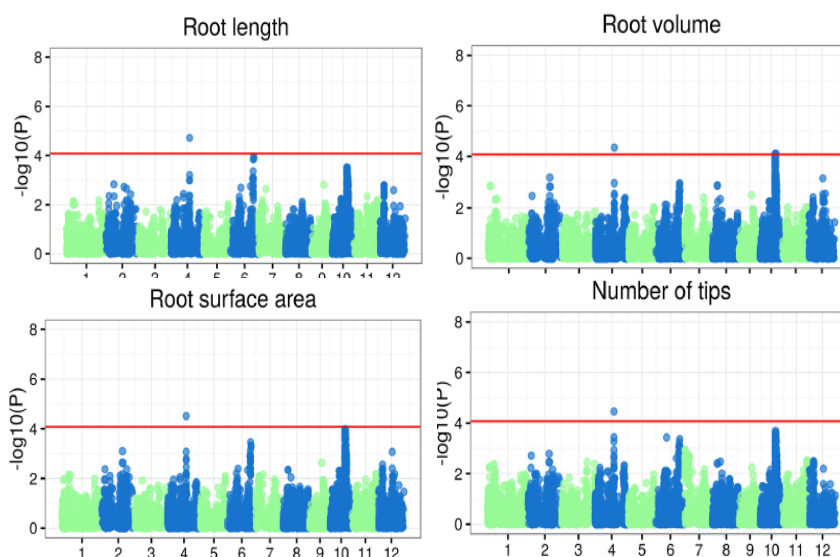


Figura 3 - Risultati dell'analisi di associazione (GWAS) per alcuni caratteri radicali. In ascissa sono riportati i 12 cromosomi di riso, in ordinata la significatività dell'associazione. La linea rossa orizzontale rappresenta la soglia di significatività.

Uno degli aspetti ancora poco investigati, nel caso delle piante, è rappresentato dalle complesse interazioni che avvengono nella rizosfera, tra popolazioni batteriche del suolo ed endofiti, funghi micorrizici e le radici stesse, e che influenzano, ad esempio, la solubilizzazione e l'assorbimento dei nutrienti o la difesa dai patogeni. Anche in questo caso, la caratterizzazione della collezione per caratteri coinvolti in questa interazione può portare ad identificare geni da utilizzare in programmi di miglioramento. Tale attività è in corso presso la nostra sede di Vercelli.

Infine, una nota riferita alle nuove tecniche di evoluzione assistita, o TEA. All'interno del progetto BIOTECH finanziato dal MASAF e coordinato dal CREA, la sede di Vercelli ha avviato un programma di miglioramento genetico, con il sottoprogetto SUSRICE. Nell'ambito di SUSRICE le TEA sono state applicate su tre geni di riso, nelle varietà del CREA Vialone Nano e Roma, con l'obiettivo finale di realizzare un nuovo ideotipo di pianta con migliorata resilienza e sostenibilità. In particolare, le attività sono state focalizzate su tre geni: DRO1, che influenza l'angolo di crescita delle radici, allo scopo di renderle più profonde, migliorando quindi l'efficienza di uso dell'acqua, NRT1.1B, che aumenta



l'efficienza di assorbimento del nitrato, per migliorare quindi l'efficienza di uso dell'azoto, e IPA1, che regola l'architettura della pianta, per migliorarne la capacità produttiva. I risultati dell'attività, svolta in collaborazione con il gruppo di ricerca del professor Fabio Fornara dell'Università di Milano, sono molto incoraggianti. Le piante di Vialone Nano e Roma trasformate hanno prodotto semi dai quali sono state generate piantine, che sono in corso di valutazione per i caratteri oggetto di miglioramento.

## BIBLIOGRAFIA

- Biscarini F., Cozzi P., Casella L., Riccardi P., Vattari A., Orasen G., et al. (2016) Genome-Wide Association Study for Traits Related to Plant and Grain Morphology, and Root Architecture in Temperate Rice Accessions. PLoS ONE 11(5):e0155425. doi:10.1371/journal.pone.0155425
- Volante A., Desiderio F., Tondelli A., Perrini R., Orasen G., Biselli C., Riccardi P., Vattari A., Cavalluzzo D., Urso S., Ben Hassen M., Fricano A., Piffanelli P., Cozzi P., Biscarini F., Sacchi G.A., Cattivelli L., Valè G (2017) Genome-Wide Analysis of japonica Rice Performance under Limited Water and Permanent Flooding Conditions. Front. Plant Sci. 8:1862. doi: 10.3389/fpls.2017.01862.
- Volante A., Tondelli A., Aragona M., Valente M.T., Biselli C., Desiderio F., Bagnaresi P., Matic S, Gullino M.L., Infantino A., Spadaro D., Valè G. (2017) Identification of *bakanae* disease resistance loci in japonica rice through genome wide association study. Rice 10:29 DOI 10.1186/s12284-017-0168-z.
- Volante A., Tondelli A., Desiderio F., Abbruscato P., Menin B., Biselli C., Casella L., Singh N., McCouch S.R., Tharreau D., Zampieri E., Cattivelli L., Valè G. (2020) Genome wide association studies for japonica rice resistance to blast in field and controlled conditions. Rice 13:71. DOI 10.1186/s12284-020-00431-2.
- Zampieri, E., Volante, A., Marè, C., Orasen, G., Desiderio, F., Biselli, C., Canella, M., Carmagnola, L., Milazzo, J., Adreit, H, Tharreau, D., Poncelet, N., Vaccino, P., Valè, G. (2023) Marker-Assisted Pyramiding of Blast-Resistance Genes in a japonica Elite Rice Cultivar through Forward and Background Selection. Plants 12, 757. DOI 10.3390/plants12040757.



## BIOTECNOLOGIE E INTRODUZIONE DI RESISTENZE IN RISO

Vittoria Brambilla

Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali Università degli Studi di Milano

### Riassunto

Il Brusone è una grave malattia che colpisce il riso, che può essere contrastata per via genetica introducendo nelle varietà alleli che portano ad una maggiore resistenza. Abbiamo scelto di introdurre in una varietà di riso italiano della categoria merceologica Arborio una resistenza genetica conferita dall'inattivazione di tre geni: *Pi21*, *HMA1* e *HMA2*. Abbiamo scelto di utilizzare la tecnologia CRISPR/Cas9 perché ci ha permesso di mutare i tre geni di interesse in tempi brevi e senza modificare il background genetico della varietà migliorata. Secondo lo stesso principio abbiamo inattivato un gene candidato per conferire maggiore resistenza a brusone nella varietà Vialone Nano. Le piante che abbiamo ottenuto sono risultate più resistenti in laboratorio, ma test in campo saranno necessari per verificare gli effettivi vantaggi di queste varietà. Al momento siamo nel processo di mandare una notifica di sperimentazione in campo al Ministero dell'Ambiente per mettere le prime piante migliorate tramite Tecniche di Evoluzione Assistita (TEA) tra cui CRISPR in campo in Italia.

### Abstract

#### Biotechnologies and introduction of resistances in rice

Rice blast is a serious disease that affects rice, which can be largely prevented by the introduction of certain allelic variants into varieties to increase their resistance. We have chosen to introduce into an Italian rice variety of the Arborio type a genetic resistance conferred by the inactivation of three genes: *Pi21*, *HMA1* and *HMA2*. We chose to use CRISPR/Cas9 technology because it allowed us to change the three genes quickly without altering the genetic background of the improved variety. According to the same principle we inactivated a new candidate gene to give greater resistance to brusone in the variety Vialone Nano. The plants we obtained were more resistant in laboratory tests, but field assays will be necessary to verify the actual benefits of these varieties. At the moment we are in the process of sending a notification to obtain the authorization to make field trials to the Italian Ministry of the Environment to reach for the first time in Italy the field with a genome edited plant.

L'introduzione della resistenza ai patogeni per via genetica nelle nostre colture è una strada importante per ridurre l'impatto ambientale dell'agricoltura. Molte patologie colpiscono le piante in campo, per quanto riguarda il riso, come già discusso in altre relazioni durante questo congresso, il problema principale è il brusone causato dal fungo patogeno *Pyricularia oryzae*.

Per ridurre la diffusione e la severità del brusone è necessario adottare pratiche agronomiche e anche la lotta chimica che però ha un forte impatto ambientale e alcune molecole attive contro questo fungo sono già state messe fuori commercio. Inoltre, i trattamenti sono onerosi dal punto di vista economico.

Da molti anni si cerca di introdurre per via genetica la resistenza a *Pyricularia* e ci sono numerosi esempi di successo. Ma, dal momento che nuove varietà vengono continuamente sviluppate e che il fungo si evolve per eludere i meccanismi di resistenza della pianta, il lavoro non è mai finito.

Le resistenze si possono inserire introducendo per incrocio delle varianti alleliche presenti nel germoplasma di riso che conferiscono resistenza. Il riso ha un genoma diploide, abbastanza piccolo e organizzato in 12 cromosomi e sono circa 100 geni ad oggi noti per conferire resistenza a brusone, oltre a circa 500 QTL non ancora caratterizzati. Di questi, alcuni sono più funzionali in particolari varianti, altri, che sono detti geni di suscettibilità,

conferiscono resistenza se vi è la perdita della loro funzione. Inoltre, alcuni geni o QTL conferiscono resistenza ad ampio spettro a più ceppi di *Pyricularia* e più persistenti nel tempo, mentre altri meno. Introdurre varianti alleliche per via genetica è efficace ma può richiedere tempo, soprattutto se le varietà donatrici degli alleli favorevoli sono geneticamente distanti o se i geni favorevoli per brusone sono in *linkage* con altri geni sfavorevoli per altre caratteristiche. Una cosa che complica ulteriormente l'ottenimento di una varietà resistente verso diversi ceppi è che per acquisire una resistenza durevole è importante che più geni vengano combinati all'interno della stessa varietà. Le biotecnologie possono venire in nostro aiuto perché possono permetterci di piramidizzare diverse mutazioni nelle stesse varietà in poco tempo e senza alterare il *background* genetico della varietà.

Le Tea, o Tecniche di Evoluzione Assistita, possono permettere di inserire più mutazioni in una varietà in una sola generazione.

Abbiamo scelto una varietà ad alta produttività e con un'ottima granella della tipologia Arborio, chiamata Telmaco. L'azienda sementiera che la produce ci ha gentilmente concesso di utilizzarla a scopi scientifici, e così abbiamo potuto introdurre delle mutazioni tramite Tea e in particolare la tecnologia CRISPR/Cas9 in tre geni: il primo, che si chiama Pi21, è noto da diversi anni per conferire resistenza a brusone quando mutato; gli altri due sono geni simili a Pi21 come struttura delle proteine che codificano e test di laboratorio hanno dimostrato che servono per riconoscere un effettore del patogeno quando entra nella cellula vegetale. Gli ultimi due geni sono chiamati HMA1 e HMA2. Tutti e quattro i geni si trovano sul cromosoma 4 e sono oggetto di studio di una collaborazione che abbiamo con i patologi vegetali Sophien Kamoun e Thorsten Langner, rispettivamente del Sainsbury Laboratory di Norwich e dell'Università di Tubinga. Pi21, nonostante sia noto da tempo per conferire resistenza durevole a brusone, non è stato utilizzato in programmi di miglioramento genetico perché si trova in *linkage* con un locus coinvolto nella qualità della granella. Per questo motivo i *breeder* che hanno cercato di introgradire la mutazione favorevole di Pi21 dalle varietà che la contenevano si sono trovati a portarsi dietro anche una cattiva qualità della granella e di conseguenza a scartare le piante ottenute.

Con la tecnologia CRISPR siamo in grado di agire puntualmente sul DNA e quindi possiamo andare a colpire Pi21 senza toccare i geni intorno. Quello che abbiamo fatto è stato infatti mutare Pi21, HMA1 e HMA2 per inattivarne la funzione. Test preliminari in laboratorio hanno dimostrato una maggiore resistenza a brusone sulle foglie di piante mutate tramite CRISPR rispetto alle linee non mutate.

Queste piante molto promettenti in laboratorio sarebbe necessario ora testarle in campo aperto dove si trovano diversi ceppi di *Pyricularia* e di altri microrganismi nelle loro condizioni naturali. Per questo motivo grazie anche al supporto della Fondazione Bussolera Branca stiamo portando avanti la richiesta per fare un campo sperimentale di riso dove crescere queste piante. La notifica, che intendiamo inoltrare entro i primi giorni del 2024, dovrebbe consentirci di fare la prima sperimentazione in campo aperto di piante geneticamente migliorate tramite Tea in Italia già nella stagione di coltivazione del 2024. Parallelamente a queste linee, in collaborazione con il gruppo del professor Giampiero Valè dell'Università del Piemonte Orientale, abbiamo anche prodotto delle linee Tea della varietà Vialone Nano mutate in un gene sul cromosoma 4 che è stato recentemente mappato come gene di suscettibilità dal gruppo del professor Valè in un incrocio tra Vialone Nano e la varietà resistente Gigante Vercelli.

Anche per quanto riguarda questo gene le linee mutate CRISPR hanno dimostrato una maggiore resistenza agli inoculi di brusone in laboratorio ma non si hanno informazioni riguardo alla resistenza di queste linee in campo.

Questo tipo di tecnologia può essere applicata per introdurre resistenza a molti patogeni: un esempio interessante deriva dal lavoro di qualche anno fa del gruppo di Bing Yang che ha utilizzato tecniche di genome editing per introdurre in riso la resistenza alla batteriosi causata da *Xanthomonas oryzae*.

Dunque, queste tecnologie hanno un'enorme potenzialità nell'introdurre resistenze genetiche il riso e in molte altre piante ma al momento legislazione è ancora restrittiva sull'uso di queste tecnologie. Infatti, dal punto di vista normativo al momento esse vengono assimilate ai vecchi OGM per i quali la coltivazione anche ai fini sperimentali in Italia è totalmente vietata. Questa assimilazione ai vecchi OGM deriva da una sentenza della Corte di giustizia europea del 2018 alla quale la comunità scientifica ha espresso grave disaccordo. La commissione europea si è rivolta a portatori di interesse, cittadini e scienziati per comprendere la loro opinione riguardo all'utilizzo delle Tea per migliorare le piante in agricoltura. Dal momento che la maggior parte dei cittadini europei si è dimostrata favorevole, insieme alle associazioni di categoria e agli scienziati, la commissione europea nel luglio del 2023 ha proposto una bozza per una possibile nuova direttiva che regolamenti queste piante in modo differente dagli OGM. In particolare, la commissione europea divide queste piante in due tipologie la NGT-1 e la NGT-2; le piante della tipologia 1 sono proprio quelle che abbiamo fatto noi in laboratorio e che vorremmo testare in campo: sono quelle che non contengono inserzioni di più di 20 basi. Per la tipologia 1 c'è una proposta di deregolamentazione e di un'assimilazione di queste piante alle piante ottenute tramite tecniche di miglioramento genetico tradizionale. Anche a livello nazionale ci sono state molte aperture verso queste piante con un supporto forte da parte del Ministero dell'agricoltura che ha inserito un emendamento al decreto siccità del giugno 2023 che favorisce la sperimentazione in campo di piante più resistenti a stress abiotici come la siccità e anche biotici come i funghi patogeni e snellisce le pratiche burocratiche per chiedere questo tipo di sperimentazione. A livello regionale, in Regione Lombardia, si sono adottate delle misure per favorire le sperimentazioni in campo. In questo clima favorevole siamo ottimisti di potere finalmente piantare il nostro riso per verificarne l'utilità per l'agricoltura, sperando che queste siano le prime di una lunga serie di piante prodotte dagli scienziati tramite queste nuove tecnologie che possano uscire dai laboratori per essere davvero utili all'agricoltura, alle persone e all'ambiente.



## NUOVE VARIETÀ PER IL “RESIDUO ZERO”

*Bertone Massimo e Gabriele Orasen  
Bertone Sementi S.p.A.*

### Riassunto

Il controllo della *Pyricularia oryzae*, agente responsabile del Brusone nel riso, rappresenta il più difficile ostacolo al fine di ottenere e gestire una produzione a residuo zero (residuo di agrofarmaci nella granella al di sotto della soglia di 0.01 ppm).

I geni di resistenza al patogeno conosciuti, sono più di cento. La maggior parte di essi conferiscono una tolleranza solamente a ceppi specifici del parassita. Tale resistenza viene superata dall'agente patogeno in un periodo troppo breve. Tutto ciò ci ha orientati a intraprendere la piramidizzazione dei geni di resistenza Pib, Piz, Pik, Pita e Piz-t in varietà di riso *temperate japonica*, tipiche dell'areale Italiano ed Europeo.

Attraverso l'uso congiunto di tecniche tradizionali di breeding e dei marcatori molecolari, sono state costituite le linee SJKK e SJKT (Orasen *et al.*, 2020) quali donatrici universali delle resistenze. La varietà LASJJK20, ottenuta da successivi rincroci tra la varietà italiana Aleramo, e la linea SJKK rappresenta il primo risultato concreto.

Le resistenze sono state validate tramite prove di inoculo con i ceppi IT02, IT03, ed IT10 in ambiente controllato (Tacconi *et al.*, 2010), e tramite prove agronomiche in pieno campo con concimazioni forzate (N 180U). Tali prove hanno confermato la forte resistenza della varietà alla *P. oryzae* con ottimi risultati.

Nelle prove agronomiche, (condotte con trattamenti erbicidi mirati, ed in raffronto con una varietà coltivata solitamente utilizzata come testimone, trattata anche con fungicidi), al termine del raccolto è stata effettuata un'analisi multiresiduale su risone, per la verifica di un'eventuale presenza di residui di agrofarmaci.

È emerso che: il testimone trattato con fungicida, pur non presentando residui di erbicidi, manifestava la presenza di residui di fungicidi; la varietà LASJJK20, non ha mostrato residualità rilevabili grazie all'introduzione delle resistenze che hanno permesso di evitare l'utilizzo di fungicidi.

In conclusione, l'introduzione di resistenze multiple alla *P. oryzae*, in concomitanza con strategie di diserbo mirate, si è rivelata un valido strumento per una risicoltura sostenibile evitando l'impiego di trattamenti fungicidi ed ottenendo un residuo zero di agrofarmaci, con conseguente diminuzione dei costi ed un incremento produttivo.

### Abstract

#### New variety for “zero residue”

The control of *Pyricularia oryzae*, the causal agent for rice blast, represents the most difficult obstacle in order to obtain and manage a “zero residue production” (agrochemical residue in the grain below the threshold of 0.01 ppm).

There are more than one hundred known pathogen resistance genes. Most of them confer tolerance only to specific race of the pathogen. This resistance is overcome by the pathogen in a too short period. All this has led us to undertake the pyramiding of the Pib, Piz, Pik, Pita and Piz-t resistance genes in *temperate japonica* rice varieties, typical of the Italian and European area.

Through the joint use of traditional breeding techniques and molecular markers, the SJKK and SJKT lines (Orasen *et al.*, 2020) were established as universal resistance donors. The LASJJK20 variety, obtained from successive crosses between the Italian Aleramo variety, and the SJKK line represents the first concrete result.

The resistances were validated through inoculation tests with the strains IT02, IT03, and IT10 in a controlled environment (Tacconi *et al.*, 2010), and through agronomic tests in open field with forced fertilization (N 180U). These tests confirmed the strong resistance of the variety to *P. oryzae* with excellent results.

In the agronomic tests, (performed with targeted herbicide treatments, and in comparison, with a cultivated variety usually used as a check, also treated with fungicides), at the end of the harvest a multi-residue analysis was carried out on paddy rice, to verify the possible presence of agrochemical residues.

It was found that: the witness treated with fungicide, has not shown herbicide residues, but it has shown the presence of fungicide residues; the LASJJK20 variety showed no detectable residuals thanks to the introduction of resistances which made it possible to avoid the use of fungicides.

In conclusion, the introduction of multiple resistances to *P. oryzae*, in conjunction with targeted weed control strategies, turned out to be a valid tool for sustainable rice cultivation, avoiding the use of fungicide treatments and obtaining a zero residue of agrochemicals, with a consequent reduction cost and an increase in yield.

## BIBLIOGRAFIA

Orašen, Gabriele, *et al.* "Blast resistance R genes pyramiding in temperate japonica rice." *Euphytica* 216 (2020): 1-10.

Tacconi, G., *et al.* "Polymorphism analysis of genomic regions associated with broad-spectrum effective blast resistance genes for marker development in rice." *Molecular breeding* 26 (2010): 595-617.









Il volume raccoglie gli atti del convegno “La filiera del riso e le sfide della razionalità”, organizzato dalla Società Agraria di Lombardia e svoltosi a Milano il 14 settembre del 2023. Le relazioni presentate durante l'evento, e riportate nel volume, hanno permesso un confronto a tutto campo tra gli operatori e gli studiosi del settore riso, secondo un approccio scientifico, che ha abbracciato gli aspetti di analisi della filiera, quelli storici, macro economici, di mercato e tecnici. Si sono affrontati temi cruciali come la valutazione dell'impatto ambientale di tecniche diverse di gestione della coltura, i protocolli di coltivazione per la produzione a “residuo zero”, le tecniche sostenibili di gestione del suolo, della nutrizione minerale, del controllo delle erbe infestanti e la risicoltura di precisione. La parte conclusiva del convegno è stata dedicata alle risorse genetiche, alle basi del miglioramento genetico per la resistenza alle malattie, alle potenzialità delle TEA (Tecniche di Evoluzione Assistita) applicate al riso, e, infine, ad un esempio concreto di collaborazione pubblico/privato nella costituzione di varietà di riso resistenti alle malattie.

