

L'Importanza del Nano Zolfo per Aumentare le Rese e Migliorare la Qualità del Frumento Tenero Invernale

Автор(и): доц. д-р Златина Ур, ИРГР – Садово, ССА

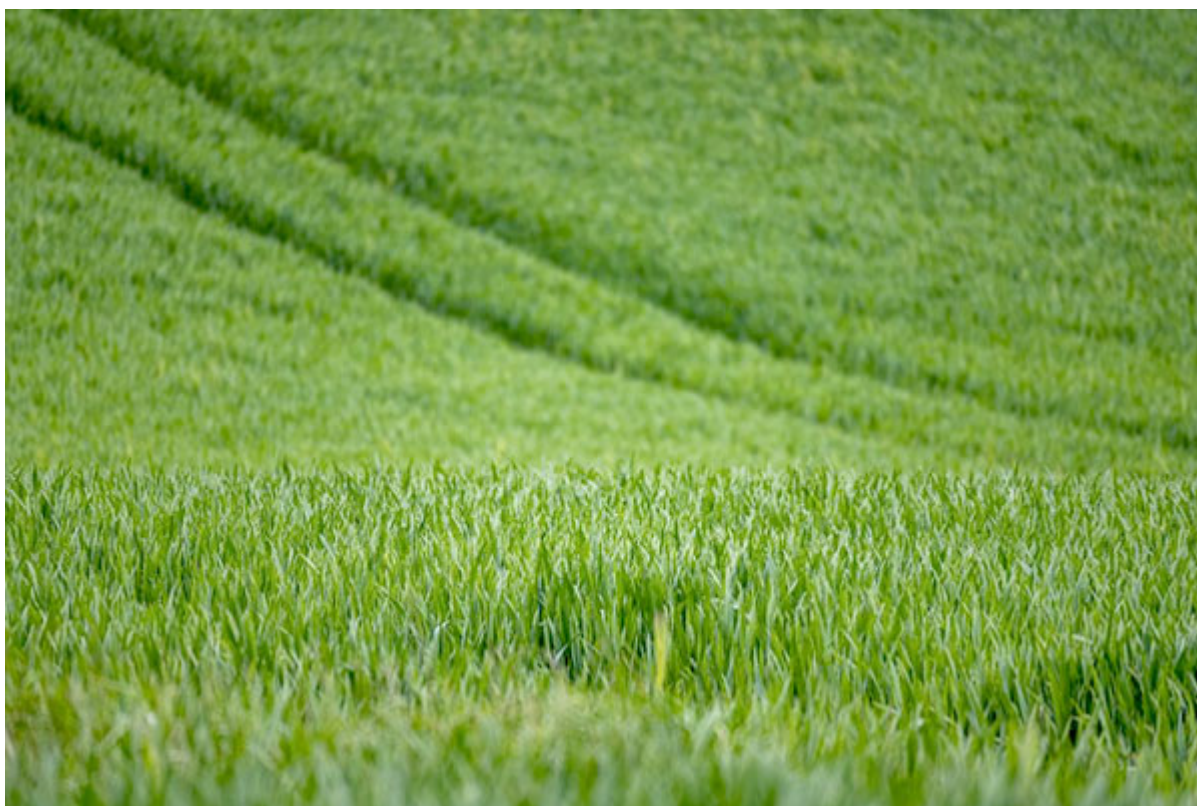
Дата: 01.04.2025 *Брой:* 4/2025



Sommario

Con la crescente necessità di pratiche agricole sostenibili, i nano-fertilizzanti sono emersi come un'alternativa innovativa ai fertilizzanti convenzionali. Questi fertilizzanti avanzati migliorano l'efficienza d'uso dei nutrienti, promuovono la crescita delle colture e minimizzano i danni ambientali consentendo una somministrazione precisa dei nutrienti. Questa rassegna valuta varie tecniche per l'applicazione dei nano-fertilizzanti e il loro impatto sulla crescita, resa e qualità delle piante. Inoltre, esamina le loro interazioni con la composizione del

suolo e le comunità microbiche, evidenziando il loro ruolo nell'attività enzimatica e nel ciclo dei nutrienti. Sebbene i nano-fertilizzanti offrano vantaggi significativi, sfide come la regolazione del dosaggio appropriato, la potenziale tossicità e gli effetti ambientali a lungo termine richiedono ulteriori ricerche. Questo breve articolo presenta anche i più recenti progressi nella tecnologia dei nano-fertilizzanti e sottolinea l'importanza di un approccio integrato per ottimizzare la produttività agricola preservando la salute del suolo e la sostenibilità ambientale.



La Bulgaria ha condizioni naturali uniche per la produzione cerealicola, prima fra tutte l'impareggiabile qualità panificabile delle varietà di frumento tenero invernale. Tuttavia, queste opportunità non sono pienamente sfruttate. Una delle condizioni principali e necessarie per ottenere alte rese di frumento è l'uso di materiale seme di alta qualità con composti efficaci da cui dipende la germinazione del seme (Erdem et al., 2016). L'intensificazione della produzione include l'uso di vari fertilizzanti per ottimizzare la nutrizione delle piante e di pesticidi per il controllo di parassiti, malattie e infestanti nell'agricoltura moderna. Il miglioramento delle forme esistenti del sistema agricolo si basa sull'ampia applicazione di prodotti e agenti per la protezione delle piante e sulla riproduzione della fertilità del suolo, nonché sull'introduzione di sistemi differenziati di lavorazione del terreno, tenendo conto dei requisiti biologici della coltura.

La maggior parte dei prodotti chimici utilizzati nella produzione agricola moderna sono sintetici e non vengono distrutti né dai sistemi enzimatici delle piante né da approcci fisici o chimici. Ciò porta ad un accumulo nei

prodotti raccolti, e di conseguenza negli organismi di esseri umani e animali.

L'efficacia dei preparati a base di zolfo e delle loro combinazioni nella coltivazione del frumento è stata confermata da informazioni della letteratura, e pertanto sono raccomandati per l'uso in agricoltura.

I patogeni fungini che causano la ruggine bruna nel frumento possono portare a perdite di resa fino al 50-60%. Uno dei metodi più efficaci per prevenire queste perdite è lo sviluppo di varietà resistenti con alto potenziale produttivo. Pertanto, la principale strategia di controllo – la resistenza genetica – viene utilizzata per controllare le malattie da ruggine nel frumento, in particolare la ruggine fogliare. Ad oggi, la resistenza genetica dell'ospite rimane la più efficace (El-Orabey et al., 2019).

È noto che lo zolfo aiuta a rallentare i processi ossidativi nelle piante mentre aumenta i processi di riduzione, mentre i cereali aumentano la loro vitalità e migliorano la qualità del grano.

Ci sono meno ricerche sull'effetto dello zolfo sull'assorbimento di fosforo e potassio da parte delle piante rispetto all'azoto, e i risultati sono spesso contraddittori (Shekel, 1979, Tisdale, 1974). Un effetto positivo dello zolfo sull'assorbimento di fosforo e potassio da parte delle piante insieme all'azoto è stato osservato in suoli calcarei sodico-podzolici (Tserling, 1990, Shevyakova, 1983, Shkel, 1979). I ricercatori spiegano il miglioramento della nutrizione delle piante con fosforo e potassio sotto l'influenza delle nanoparticelle di zolfo in questi casi con l'aumentata mobilità degli elementi del suolo sotto l'azione dell'acido solforico (Svetlov et al., 1987, Archer, 1974). Pertanto, la nostra ricerca mostra che l'influenza dei preparati contenenti zolfo è rilevante e promettente, ma nella pratica è stata condotta su scala insufficiente.

Studi sull'effetto dello zolfo e del calcio rivelano l'efficacia dell'uso dello zolfo per aumentare la produttività (Ivanitsky, Ya.V., 2011, Maslova et al., 2008, Maslova, 2008), poiché la carenza di zolfo nel grano influisce significativamente sulla resa e sulla qualità dei chicchi di frumento (Zhao et al., 1999). **L'azoto non può essere utilizzato in modo efficiente senza zolfo, e il contenuto proteico non può raggiungere il suo pieno potenziale di resa.** Inoltre, lo zolfo è un componente di diversi composti chiave nelle colture, quindi la carenza di zolfo è un fattore limitante non solo per la crescita e la resa in seme, ma anche per la scarsa qualità del prodotto (Singh, 2003). La limitazione della disponibilità di zolfo contribuisce alla sintesi di un basso contenuto proteico (Flaete et al., 2005), riduce le dimensioni e la qualità dei chicchi di frumento a causa della cessazione della formazione di legami disolfuro, formati dai gruppi sulfidrilici della cisteina (Gyori, 2005, McGrath, 2003). Il grano di frumento contenente zolfo, misurato come concentrazione di zolfo oltre alla concentrazione di azoto, è la chiave per la qualità del seme (Karimi e Mohsenzadch, 2015, Geiger, 2009, Whitesides, 2005) e la sua carenza porta a una diminuzione della produttività. I risultati mostrano somiglianze tra CuO o ZnO nelle piante di

frumento con una maggiore tossicità radicale associata alle dimensioni più piccole delle nanoparticelle di zolfo (Hasan et al., 2018, Dimkra et al., 2013, Tea et al., 2007).

Oggigiorno, l'area più promettente è l'uso del trattamento pre-semina con nanoparticelle, come evidenziato dalla crescita dei volumi di vendita. Una caratteristica peculiare dell'azione delle sostanze attive è che intensificano i processi fisiologici e biochimici nelle piante e allo stesso tempo aumentano la resa e la resistenza allo stress. Tali regolatori includono sostanze naturali e sintetiche che, in piccole dosi, influenzano attivamente il metabolismo delle piante (Burkitbayev et al., 2021). La tecnologia di coltivazione intensiva delle colture garantisce la piena realizzazione del potenziale delle piante di formare alte rese di buona qualità. La resistenza delle varietà studiate è confermata dai dati sul bilancio ionico di Na^+ , K^+ e Ca^{2+} nelle radici primarie del frumento (Terletskaia et al., 2019). Nella pratica agricola globale, nuove varietà ad alta resa, rotazioni colturali scientificamente fondate e l'uso razionale di formulazioni minerali e prodotti per la protezione delle piante sono riconosciuti come fattori chiave per aumentare le rese. Queste tecniche richiedono elevati input energetici e materiali e non sono sempre ecologicamente sicure. Un problema acuto della moderna produzione vegetale è attualmente la produzione di prodotti agricoli ecologicamente compatibili e la riduzione della pressione antropica sul biogeocenosi (Monostori et al., 2017).

L'indicatore dello stato dello zolfo nelle piante correla significativamente con lo zolfo biodisponibile nel suolo. L'indicatore dello zolfo nella biomassa dei germogli è il seguente: influisce sulla concentrazione di zolfo, sul rapporto di massa azoto/zolfo (N/S), sul rapporto di massa fosforo/zolfo e sull'indice di nutrizione dello zolfo. Lo zolfo biodisponibile nel suolo correla significativamente con il rapporto azoto/zolfo nei germogli di frumento invernale e colza invernale.

Le colture richiedono nutrienti per alte rese; tuttavia, possono assorbire solo forme ioniche degli elementi. In questa fase, i microrganismi sono benefici perché convertono l'azoto, il fosforo e lo zolfo legati organicamente in ioni solubili come NH_4^+ , NO_3^- , H_2PO_4^+ , HPO_4^- e SO_4^- . La mineralizzazione è la trasformazione di composti organici in composti inorganici, che è un processo biologico che dipende dalla temperatura, dalle precipitazioni, dalle proprietà del suolo, dalla composizione chimica dei residui vegetali, dalla struttura e composizione delle comunità microbiche e dal rapporto C:N nel suolo dopo l'applicazione di materiale vegetale. Regolando i valori di questi fattori è possibile determinare il tasso e la direzione della mineralizzazione dei residui vegetali nel suolo.

Le raccomandazioni non sono ben sviluppate per l'analisi del suolo per il contenuto di zolfo quando si coltivano colture in aree aride. Per valutare il significato del contenuto di zolfo e azoto nel suolo e nei tessuti per

prevedere la carenza di zolfo nei siti, la morfologia viene apparentemente osservata, poiché i due minerali sono spesso associati. Pertanto, c'è una probabilità di una risposta aumentata all'applicazione di zolfo. Si raccomanda di mantenere l'uso del rapporto N:S, che può indicare carenza di S sia per l'orzo che per il frumento (Conyers & Holland, 2020).

Il biossido di zolfo (SO_2) svolge un ruolo benefico nel proteggere le piante dallo stress ambientale. SO_2 aumenta la tolleranza alla siccità delle piante giovani attraverso la segnalazione di H_2S e fornisce una nuova strategia per migliorare la resistenza delle piante allo stress da siccità (Li et al., 2021).

La chiave per garantire un'alta fertilità del suolo e aumentare le rese delle colture è una nutrizione minerale equilibrata per tutti gli elementi, tenendo conto del loro contenuto, distribuzione e trasformazione nel suolo (Kulhanek et al., 2014). Lo zolfo si affianca a elementi come azoto, fosforo e potassio – il secondo elemento proteogenico dopo l'azoto. La carenza di zolfo, così come la carenza di azoto, riduce la sintesi proteica, mentre la manifestazione esterna della fame di zolfo nelle piante coincide quasi con i segni di carenza di azoto. La sua assoluta necessità per i processi di respirazione, fotosintesi, metabolismo dell'azoto e dei carboidrati è stata stabilita (Järvan, Edesi & Adamson, 2011).

In precedenza, la nutrizione delle piante con zolfo era soddisfatta senza sforzi aggiuntivi, ma ora e in futuro le risorse per il suo ingresso nel suolo stanno diminuendo e la domanda in agricoltura sta aumentando a causa della maggiore richiesta di prodotti agricoli di alta qualità. **Le ragioni principali dell'aumento della carenza di zolfo sono il minore contenuto di biossido di zolfo nell'atmosfera, l'aumentato uso di composti altamente concentrati e privi di zolfo, rese colturali più elevate e una maggiore rimozione di zolfo** (Matraszek et al., 2015)

È stato stabilito che l'applicazione di nano-zolfo a suoli con basso contenuto di zolfo aumenta i coefficienti di utilizzo dei nutrienti dai fertilizzanti, accelera la loro traslocazione dagli organi vegetativi al grano. L'agrochimico dello zolfo influenza il metabolismo dell'azoto nelle piante di frumento, svolge un ruolo essenziale dalle prime fasi di sviluppo nel metabolismo nella cellula vegetale, che è strettamente legato al ciclo dell'azoto, poiché entrambi gli elementi sono componenti obbligatori delle proteine. Se c'è una carenza di uno dei due elementi, la sintesi proteica rallenta e può fermarsi completamente in assenza di entrambe le fonti disponibili (azoto e zolfo) per le piante (Maslova, 1993).

In una prova condotta nel periodo 2023/2024 nel campo biologico dell'“IPGR K. Malkov” nella città di Sadovo, sono state incluse quattro varietà e cinque linee avanzate di frumento tenero invernale selezionate presso l'Istituto: Sadovo 1, Pobeda, Avenue, Magiji, MH 258/3355, RU 251/268, BA 1325, BA 1378 e BA 1390. È stato

valutato l'effetto del fertilizzante liquido bulgaro Sulfeko sulla produttività degli accessi studiati. Il prodotto è stato applicato a dosi diverse e in diverse fasi di crescita della coltura.

СХЕМА НА ОПИТА			
Вариант, №	Фаза на внасяне, доза		Брой пръскания
	Вретенене	Изкласяване	
1.	200 ml	-	1
2.	100 ml	100 ml	2
3.	260 ml	-	1
4.	130 ml	130 ml	2
5. Контрола	-	-	-

Tabella 1 Schema della prova

I risultati sono pubblicati nel rapporto sul progetto ZFTK 37 dell'Accademia Agricola. La maggiore altezza delle piante è stata registrata nella variante n. 3, che includeva la dose massima del prodotto applicata una volta allo stadio di allungamento del fusto. La maggiore accestimento totale è stato ottenuto nella variante n.