

Effetto del dispositivo Kyminasi Crop Booster sulla crescita e sulla resa della coltura del grano

Rohit Thakur, Amit Yadava e Chandra Mohan Mehta*

Dipartimento di Agronomia, Scuola di Agricoltura, Lovely Professional University, Punjab, India

*Corrispondenza a:

Chandra Mohan Mehta
Dipartimento di Agronomia,
Scuola di Agricoltura,
Lovely Professional University,
Punjab, India.
E-mail: chandra.18376@lpu.co.in

Ricevuto: 21 gennaio 2025

Accettato: 30 aprile 2025

Pubblicato: 06 maggio 2025

Citazione: Thakur R, Yadava A, Mehta CM. 2025. Effetto del dispositivo Kyminasi Crop Booster sulla crescita e sulla resa del grano. *J Food Chem Nanotechnol* 11(S1): S43-S47.

Copyright: © 2025 Thakur et al. Questo è un articolo ad accesso libero distribuito secondo i termini della Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) che consente l'uso commerciale, compresa la riproduzione, l'adattamento e la distribuzione dell'articolo a condizione che l'autore originale e la fonte siano citati.

Pubblicato da United Scientific Group

Abstract

Il Crop Booster (CB) è un'alternativa tecnologica applicata all'agricoltura, creata per migliorare l'efficienza della pianta. Il suo sistema di irrigazione ottimizza sia la quantità che la qualità, aiutando le piante a crescere più forti e sane e migliorando la disponibilità di nutrienti nel terreno. Sono stati utilizzati otto trattamenti: C1 (nessun fertilizzante, nessun pesticida, riduzione dell'acqua del 50%), K1 (solo CB, nessun fertilizzante, nessun pesticida, 50% WR), C2 (pratiche convenzionali), K2a (CB + riduzione del 10% di fertilizzanti e pesticidi, 50% WR), K2b (CB+ riduzione del 25% di fertilizzanti e pesticidi, 50% WR), K2c (CB + 40% di riduzione di fertilizzanti e pesticidi, 50% WR) e K2d (CB+ 55% di riduzione di fertilizzanti e pesticidi, 50% WR) e K2e (CB + 75% di riduzione di fertilizzanti e pesticidi, 50% WR). Questa tecnologia ha incrementato notevolmente il numero di tralci (+ 34%) e la lunghezza delle spighe (+ 7,4%) rispetto a C2. Il numero massimo di chicchi pieni per spiga (55,4) e l'altezza massima della pianta (77,54 cm) sono stati riscontrati in C2, che era statisticamente alla pari con K2a per quanto riguarda i chicchi pieni per spiga (52,8) e l'altezza della pianta (74,12 cm), dato che K2a aveva una riduzione del 10% dei fertilizzanti rispetto a CB. Questi risultati evidenziano il potenziale del CB per migliorare la resa delle colture con minori dosi di fertilizzanti, sebbene si tratti di una nuova tecnologia e i suoi benefici rimangono un'area di studio.

Parole chiave

Potenziatore delle colture, Frumento, Resa, Fertilizzanti ridotti

Introduzione

Una delle principali preoccupazioni dell'agricoltura è nutrire la popolazione in espansione e proteggere l'ambiente dai cambiamenti climatici. Per nutrire una popolazione mondiale in crescita, la produzione e la sicurezza alimentare sono questioni cruciali, poiché potrebbe essere necessario raddoppiare la produzione alimentare entro il 2050. Pertanto, sono necessari approcci più innovativi ed efficaci per aumentare la produttività agricola (ad esempio, la produzione di cibo) per soddisfare la crescente domanda di cibo [1]. Una delle numerose sfide dell'agricoltura moderna è la necessità di un aumento sostanziale della produzione per soddisfare le esigenze di una popolazione umana in espansione. I principali cereali coltivati nel mondo sono il riso (*Oryza sativa* L.), il mais (*Zea mays* L.), il grano (*Triticum aestivum* L.) e l'orzo (*Hordeum vulgare* L.) [2]. Prima della pandemia COVID-19, si è registrato un aumento della sicurezza alimentare. Nel 2019, è stato stimato che il 25,9% della popolazione mondiale, pari a circa 2 miliardi di persone, soffre di insicurezza alimentare da moderata a grave, in aumento rispetto al 22,4% del 2014. Inoltre, la produzione di cereali è stata colpita dal clima rigido per diversi anni [3].

La tendenza all'urbanizzazione è destinata ad accelerare nei Paesi in via di sviluppo entro il 2050. Attualmente, il 49% della popolazione mondiale vive in aree urbane, e si prevede che tale percentuale salga al 70% entro il 2050 [4]. La qualità e la quantità delle colture dipendono dal clima e dalle caratteristiche del suolo. Le principali caratteristiche, come la disponibilità di nutrienti, il tipo di terreno, la salute del suolo, la resistenza agli insetti, la qualità e la quantità dell'irrigazione,

determinano l'adattabilità e la qualità di alcune colture. Nella maggior parte dei casi, le caratteristiche e le rese delle colture possono variare all'interno dello stesso appezzamento agricolo. Pertanto, per ottenere rese ottimali sono necessarie analisi specifiche per il sito o tecniche di agricoltura di precisione [5, 6]. Se è vero che un sistema di irrigazione tecnologico può risolvere alcuni problemi che esistono in campo, l'implementazione di risorse tecnologiche può aumentare l'efficienza produttiva [7].

La tecnologia CB implementata nel sistema di irrigazione ottimizza sia la quantità che la qualità dei raccolti, aiutando le piante a crescere più forti e sane con meno fertilizzanti e pesticidi. Aumenta la salute del suolo e la disponibilità di nutrienti, incrementa la densità delle radici e bilancia l'utilizzo e la fruizione dei nutrienti da parte delle piante. Il CB è una tecnologia basata sull'uso di un microtrasmettitore. Questo produce un elevato numero di frequenze di onde risonanti dello stesso tipo di quelle prodotte dalla vibrazione degli atomi della pianta, influenzandone la salute e le prestazioni fisiche e chimiche. Utilizza l'acqua dell'irrigazione parcellare per trasportare le frequenze di cui la specie vegetale ha bisogno per svilupparsi; in altre parole, l'acqua funge da vettore di informazioni per fornire alle piante i dati memorizzati nei microtrasmettitori [8].

Diverse lunghezze d'onda, intensità e durata delle radiazioni elettromagnetiche possono innescare reazioni specifiche nelle piante, come il fototropismo (crescita alla luce), il fotoperiodismo (regolazione del tempo di fioritura) e il gravitropismo (risposta alla gravità). Le radiazioni elettromagnetiche, in particolare la luce, regolano gli orologi biologici interni delle piante, regolando vari processi fisiologici, come l'apertura e la chiusura degli stomi, l'assorbimento dei nutrienti e la produzione di ormoni [9]. L'impatto delle onde sonore sulla biologia delle piante è evidente: il ciclo cellulare, le vibrazioni delle foglie e il movimento protoplasmatico nelle cellule [10]. Inoltre, è stato dimostrato che la tecnologia delle frequenze sonore stimola l'apertura degli stomi fogliari, migliorando l'emergenza della pianta dal fertilizzante spray. Inoltre, le onde sonore facilitano efficacemente l'assorbimento degli erbicidi, consentendo di ridurre del 50% l'uso di erbicidi e biocidi sulle infestanti mature. Inoltre, le onde sonore possono ridurre la dipendenza da fertilizzanti e pesticidi chimici [11]. Il CB permette di migliorare la salute del suolo perché favorisce lo scambio ionico dei minerali e aiuta a evitare la lisciviazione dei nutrienti presenti, causando un aumento della disponibilità di micronutrienti. Inoltre, si verifica un aumento dell'attività dei batteri azotofissatori, la cui funzione è quella di convertire l'azoto presente in nitrati e tritoni, di prevenire l'eccessiva evaporazione dell'azoto dai terreni umidi e di aumentare la densità radicale, con conseguente diminuzione delle caratteristiche di compattazione del suolo [8].

Materiali e metodi

CB

Il CB è un microtrasmettitore a base di silicio e metallo. I microtrasmettitori non richiedono alcuna fonte di alimentazione e non emettono segnali quando non sono attivati dall'acqua che scorre. I microtrasmettitori sono facili da installare e funzionano per due anni prima di dover essere sostituiti. È stato installato su un tubo metallico. Il numero e il tipo di trasmettitori utilizzati erano proporzionali alla portata. In particolare, le portate superiori a 75 galloni al minuto (gpm) (CB by Kyminasi Plants, Harvest Harmonics, USA).

Disegno sperimentale

L'esperimento sul campo è stato condotto nella stagione rabbiosa del 2023 presso l'azienda agricola di ricerca della Lovely Professional University, Punjab, India. Per la presente indagine sono state utilizzate le varietà di grano PBW 126. Diverse dosi di fertilizzante sono state applicate al terreno con e senza acqua di irrigazione CB. Il numero totale di trattamenti è stato di 8; C1 (senza fertilizzanti, senza pesticidi, 50% WR), K1 (solo CB), senza fertilizzanti, senza pesticidi, 50% (WR), C2 (pratiche convenzionali), K2a (CB + riduzione del 10% di fertilizzanti e pesticidi, 50% WR), K2b (CB + riduzione del 25% di fertilizzanti e pesticidi, 50% WRs), K2c (CB + 40% di riduzione di fertilizzanti e pesticidi, 50% WRs), K2d (CB+ 55% di riduzione di fertilizzanti e pesticidi, 50% WRs) e K2e (CB + 75% di riduzione di fertilizzanti e pesticidi, 50% WRs).

Attributi delle piante

L'altezza delle piante è stata misurata con un righello di legno dal livello del suolo alla foglia bandiera di piante di grano selezionate a caso, e l'altezza media è stata misurata. L'altezza delle piante è stata misurata a 45, 60 e 90 DAS. Anche il numero di accestimenti è stato calcolato a 45, 60 e 90 DAS. La lunghezza di ogni spiga è stata misurata con un righello di legno. La spiga è stata rimossa dalla pianta e collocata su una tabella nera, dopodiché è stata registrata l'altezza. Il numero di chicchi per pannocchia è stato contato con l'aiuto di un conta-semi. La raccolta è stata effettuata su un'area quadrata di un metro per ogni parcella. La trebbiatura è stata eseguita con l'aiuto di una trebbiatrice per estrarre i chicchi dalle spighe. Il peso di prova di 1000 chicchi è stato calcolato con l'aiuto di una pesatrice.

Analisi del suolo

Il campione di suolo è stato raccolto da ogni parcella a 15 cm di profondità dopo la raccolta del raccolto. Sono stati esaminati i vari parametri del suolo. La conducibilità elettrica e il pH sono stati misurati con il misuratore portatile di pH/EC Hana HI 9813-6, mentre il carbonio organico (OC) è stato calcolato con il metodo Walkley e Black [12, 13]. La tecnica di Kjeldahl è stata utilizzata per valutare i nitrati totali [14]. Le concentrazioni di zolfo e fosforo sono state calcolate calorimetricamente [15], mentre il potassio disponibile è stato calcolato con la fotometria a fiamma [16]. Altri micronutrienti, come calcio (Ca), magnesio (Mg) e boro (B), sono stati misurati con la spettroscopia di assorbimento atomico [17].

Analisi statistica

I dati sono stati analizzati con il software R Studio attraverso l'analisi della varianza con una soglia di significatività di $p < 0,05$ per individuare le differenze tra le medie dei gruppi. Il software Origin Pro è stato utilizzato per costruire rappresentazioni grafiche dei dati, consentendo un più facile esame visivo dei risultati.

Risultati

Effetto sugli attributi della crescita e della resa

L'applicazione di diverse dosi di fertilizzante con acqua di irrigazione CB ha avuto un effetto significativo sugli attributi di crescita. L'altezza della pianta è migliorata significativamente ($p > 0,05$) a 90 DAS

in K2a, seguita da K2b > K2c > K2d > C2 > K2e (Figura 1). L'altezza della pianta era maggiore a 45 DAS in K2b (+ 9,1%) rispetto a C2. K2b ha una riduzione del 25% di fertilizzante con acqua CB e C2 è stata una pratica di coltivazione convenzionale piuttosto che un buon risultato in K2b a 45 DAS come mostrato nella figura 1. Le altezze delle piante di K2c e C2 erano alla pari e hanno avuto un risultato simile a 45 DAS.

L'impatto del CB sul numero di tralci a 30, 60 e 90 DAS è stato significativo. Il numero di tralci a 30 e 60 DAS era maggiore nel K2b rispetto al C2, sebbene il K2b avesse una riduzione del 25% dei fertilizzanti e il C2 avesse il 100% dei dosaggi raccomandati di fertilizzanti. È interessante notare che il K1 (solo CB senza fertilizzanti) aveva un numero maggiore di tralci rispetto al C1 (acqua normale senza fertilizzanti). Sia in K1 che in C1 non è stato applicato alcun fertilizzante, ma rispetto a C1, K1 aveva (+20%) più tralci. A 90 DAS, si è registrato un impatto significativo sul numero di tralci. Il numero di tralci è stato massimo in K2b (7,2) seguito da C2 (5,4) > K2a (5,2) > K2c (3,8) > K1 (3,6) > C1 (3) > K2d (3) > K2e (2,2) (Figura 2).

Inoltre, è stato riscontrato un effetto significativo del CB sulla lunghezza delle spighe. La lunghezza della spiga è risultata maggiore (+ 7,4%) in K2a e C2. La lunghezza delle spighe è stata massima in K2a (16,1 cm), seguita da C2 (15 cm) > K2a (12,2 cm) > K2c (8 cm) > K1 (7,8 cm) > C1 (6 cm) > K2d (6 cm) > K2e (4 cm) (Figura 3a e Figura 3b). La lunghezza delle spighe ha seguito lo stesso andamento del numero di accestimenti in C1 e K1. In K1, la lunghezza delle spighe è risultata maggiore (+30%) rispetto a quella di C1, seguita da K2e.

Il CB ha avuto un effetto significativo sul numero di grani pieni per spiga. Il numero massimo di grani pieni è stato riscontrato in C2 (55,4), seguito da K2b (52,8) > K2a (52,4) > K2d (43,8) > C1 (41,4) > K2c (39,6) > K2e > (37,2) > K1 (26,6) (Figura 4a).

Per quanto riguarda il numero di chicchi pieni, anch'esso è diminuito all'aumentare della quantità di fertilizzante. Il CB ha migliorato anche il peso di prova di K2a, che è stato (+0,89%) superiore a quello di C2. Il CB ha influenzato significativamente il peso massimo di prova in K2a (46,6), seguito da C2 (45) > K2b > (42,3) > C1 (36,3) > K2e (35,3) > K2c (33,6) > K1 (30,6) (Figura 4b).

Rispetto agli altri trattamenti, il CB ha avuto un effetto maggiore sulla resa di C2. In C2 e K2a si è registrata una leggera variazione del 2,7% della resa q/ha. Rispetto a K2a, C2 ha una resa del +2,7%. La resa massima è stata ottenuta in C2 (56,01 q/ha), seguita da K2a (54,5 q/ha) > K2b (45,7 q/ha) > C1 (39,15 q/ha) > K2c (37,6 q/ha) > K2d (32,03 q/ha) > K2e (30,93 q/ha) > K1 (22,51 q/ha) (Figura 4c).

Effetto sugli attributi del suolo

Gli attributi del suolo giocano un ruolo cruciale nella produzione delle colture. Dopo l'applicazione dell'acqua di irrigazione CB, il pH e l'EC del suolo hanno subito una variazione molto lieve. C1 ha (+34,7%) più OC di C2. La percentuale massima di OC è stata trovata in C1 (0,62), seguita da K2e (0,60) > K2c (0,53) > K2a (0,50) > C2 (0,46) > K1 (0,45) > K2d > (0,41) > K2b > (0,40). Il CB ha un impatto pH, EC e OC del suolo (Figura 5).

La disponibilità di macronutrienti (N, P e K) cambia significativamente a causa dell'acqua di irrigazione CB. L'azoto massimo è stato riscontrato in C1 (236,54 kg/ha) seguito da K2e (235,25 kg/ha) > K2c (218,45 kg/ha), > K2a (215,15 kg/ha) > K1 (211,6

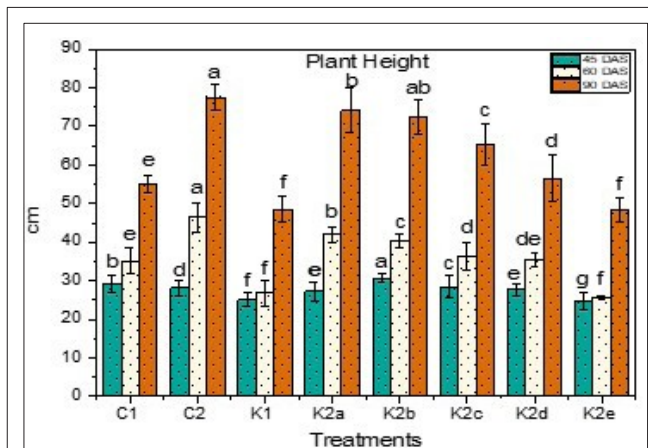


Figura 1: Impatto del CB sull'altezza delle piante di grano a 45, 60 e 90 DAS. Le lettere minuscole diverse indicano differenze significative tra i trattamenti (p < 0,05).

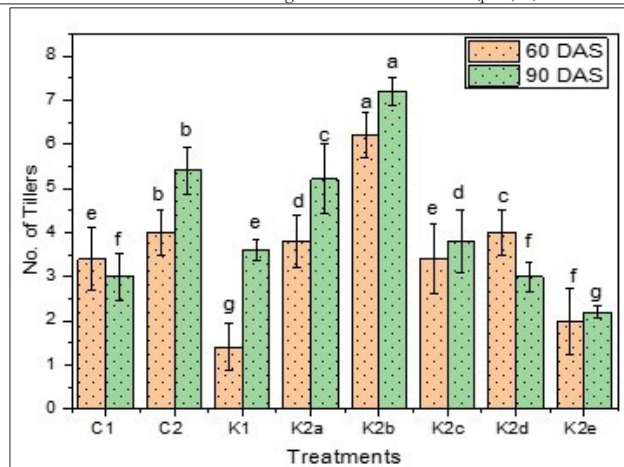


Figura 2: Impatto del CB sul numero di accestimenti del grano a 60 e 90 DAS. Le lettere minuscole diverse indicano differenze significative tra i trattamenti (p < 0,05).

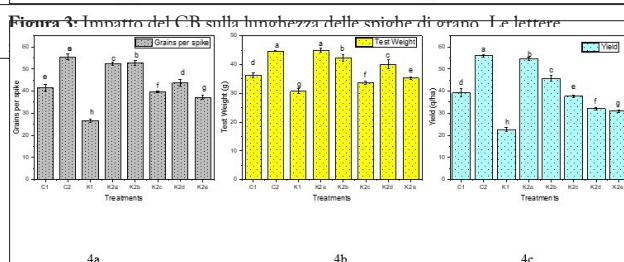
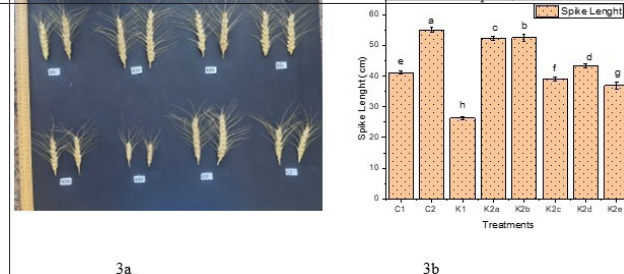


Figura 4: Impatto del CB su (a) chicchi per spiga, (b) peso di prova e (c) resa in garza. Le lettere minuscole diverse indicano differenze significative tra i trattamenti (p < 0,05).

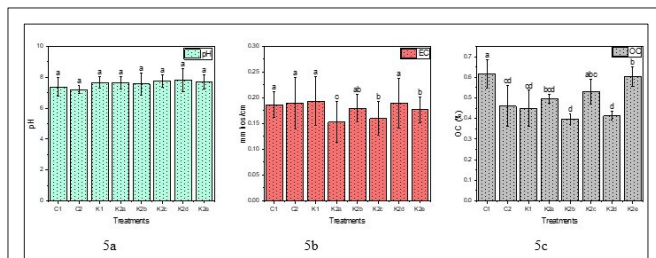


Figura 5: Impatto del CB su (a) pH, (b) EC e (c) OC. Le diverse caselle inferiori indicano differenze significative tra i trattamenti ($p < 0,05$).

kg/ha) > C2 (210,8 kg/ha) > K2b (203,56 kg/ha) e K2d > (0,030) (Figura 6a). Il contenuto di azoto ha seguito un andamento simile a quello del contenuto di OC. Il CB altera le proprietà del suolo. Il CB ha influenzato in modo significativo il fosforo nel suolo. Rispetto a K2a, C2 aveva +368,9% di fosforo in più nel suolo. C2 (12,10 mg/kg) ha il massimo di fosforo nel suolo, seguito da C1 (10,92 mg/kg) > K1 (9,81 mg/kg) > K2e (8,65 mg/kg) > K2c (6,6 mg/kg) > K2d (3,93 mg/kg) > K2b (3,36 mg/kg) > K2a (2,58 mg/kg) (Figura 6b). Il massimo di mg/kg di potassio è stato rilevato in C1 (256,6) rispetto agli altri trattamenti. C2 ha (+11,3%) più potassio di K2a (Figura 6c).

Il CB altera le proprietà del suolo e influisce sulla quantità di Ca, B e Mg. La concentrazione di Ca era massima in K1 (166,4 mg/kg), seguita da K2e (131 mg/kg) > K2d (125,73 mg/kg) > K2c (124,1 mg/kg) > K2a (122,4 mg/kg) > C2 (115,1 mg/kg) > K2b (110 mg/kg) > C1 (102,5 mg/kg) (Figura 7a). La concentrazione di B in mg/kg è massima in K2a (2,65 mg/kg), seguita da K2d (2,3 mg/kg) > K1 (2,2 mg/kg) > K2c (2,1 mg/kg) > K2b (2,1 mg/kg) > K2e (2,02 mg/kg) > C2 (1,85 mg/kg) > C1 (1,71 mg/kg) (Figura 7b). La concentrazione di Mg in mg/kg è massima in K2e (8,6 mg/kg), seguita da K1 (8,09 mg/kg) > C2 (7,96 mg/kg) > K2c (7,8 mg/kg) > C1 (7,5 mg/kg) > K2d (4,4 mg/kg) > K2b (3,6 mg/kg) > K2a (2 mg/kg) (Figura 7c).

Discussione

Il CB emette le frequenze che aiutano le piante a crescere. È stato condotto un esperimento e si è utilizzato un boom sonico per emettere una frequenza specifica. La stimolazione del boom sonoro può influenzare il metabolismo delle piante a livello cellulare e aumentare le dimensioni e il numero di stomi in ogni foglia, con conseguente tasso di assorbimento dell'acqua e accumulo di nutrienti nel terreno. Questo fenomeno può essere rapidamente osservato in termini di crescita delle radici, germinazione dei semi, crescita delle piante e resa. Questo esperimento ha evidenziato un effetto positivo sulla crescita delle piante di senape. Risultati analoghi sono stati riscontrati per il CB. Il CB ha anche aumentato il numero di tiller in K2a rispetto a quello in C2 a 45 DAS e 90 DAS [18].

L'altezza delle piante di frumento era maggiore con l'acqua di irrigazione CB rispetto all'acqua di irrigazione normale. A 45 DAS, l'altezza della pianta era maggiore in K2b (riduzione del 25% dei fertilizzanti + acqua CB) rispetto a C2 (100% di fertilizzanti + acqua di irrigazione normale). Hanno esposto il grano invernale Rideau a diverse frequenze con l'aiuto di altoparlanti e hanno riferito che 5,00 kHz hanno migliorato il peso secco e la lunghezza dei germogli [16]. Onde sonore di diverse fre-

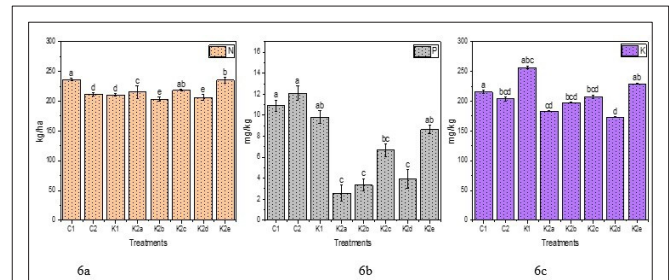


Figura 6: Impatto del CB su (a) azoto, (b) fosforo e (c) potassio. Le lettere minuscole diverse indicano differenze significative tra i trattamenti ($p < 0,05$).

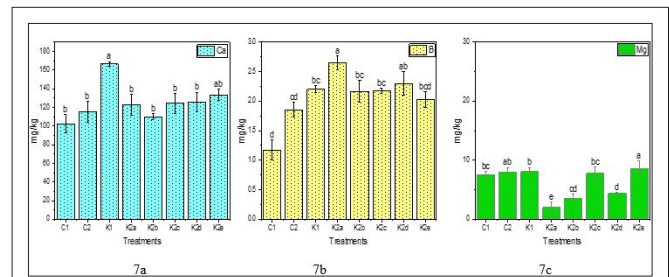


Figura 7: Impatto del CB su (a) Ca, (b) B e (c) Mg. Le lettere minuscole indicano differenze significative tra i trattamenti ($p < 0,05$).

Le frequenze hanno avuto un duplice effetto sullo sviluppo delle radici delle piantine di *Actinidia chinensis*, con differenze significative ($p < 0,05$). Le onde sonore stimolano l'attività radicale, la lunghezza totale e il numero di radici, mentre la permeabilità delle membrane cellulari diminuisce [19].

Il CB ha migliorato l'altezza delle spighe in K2b (+7,3%) rispetto a C2. Risultati simili sono stati riportati da Qi et al. [20] presso il College of Water Conservancy and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing, P.R. China. Sono stati condotti esperimenti su piante di fragola con onde sonore. Hanno riferito che, dopo la stimolazione con onde sonore, le piante di fragola sono cresciute più forti e più verdi e hanno anticipato la maturazione di circa una settimana. È stato inoltre riscontrato un aumento della resistenza delle fragole alle malattie e agli insetti. Gli esperimenti hanno anche dimostrato come la stimolazione delle onde sonore possa promuovere la crescita delle piante [20].

Il CB ha migliorato la resa in K2a; c'è stata una riduzione del 10% del fertilizzante con l'acqua di irrigazione del CB, ma il risultato è stato simile a quello di C2, che era al 100% della dose di fertilizzante raccomandata. Le rese di lattuga, spinaci, cotone, riso e grano sono aumentate rispettivamente del 19,6, 22,7, 11,4, 5,7 e 17,0%. Le onde sonore possono anche rafforzare il sistema immunitario delle piante. È stato concluso che gli acari, gli afidi, le muffe grigie, la peronospora tardiva e le infezioni virali dei pomodori in serra sono diminuite [20].

L'impianto di elementi nutrizionali è molto importante per la crescita e lo sviluppo delle piante. Gli elementi micro e macro nutrizionali sono essenziali per gli eventi vitali, come la crescita e la riproduzione delle cellule, nelle piante [21]. Onde sonore di diversa frequenza hanno migliorato l'assorbimento di micronutrienti e macronutrienti da parte delle piante di serpente, il che indica che lo stato dei nutrienti nel terreno cambia con la frequenza [22].

Conclusioni

In conclusione, l'uso della CB presenta notevoli vantaggi per la coltivazione del grano. Questo studio ha rivelato che il CB aumenta il numero di piante. Migliora la disponibilità di nutrienti nel terreno, in modo che le piante possano utilizzarne di più; di conseguenza, aumenta il numero di chicchi per spiga e anche il peso dei chicchi. Con dosaggi inferiori di fertilizzante, il CB può ottenere risultati simili ai dosaggi raccomandati di fertilizzanti. Questi risultati evidenziano il potenziale della tecnologia CB. Studi futuri potrebbero analizzare l'impatto della CB con diversi dosaggi di fertilizzante sulla salute del suolo, sulla produzione vegetale e sulla sostenibilità agricola.

Ringraziamenti

L'autore riconosce il supporto di Kyminasi Plants, Harvest Harmonics, USA, per aver fornito il CB per lo studio di cui sopra.

Conflitto di interessi

Nessuno.

Riferimenti

- Albahri G, Alyamani AA, Badran A, Hijazi A, Nasser M, et al. 2023. Migliorare la resa dei cereali essenziali per una sicurezza alimentare sostenibile e un'agricoltura bio-sicura attraverso i più recenti approcci innovativi. *Agronomia* 13(7): 1709. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071709>
- Thudi M, Palakurthi R, Schnable JC, Chitkineni A, Dreisigacker S, et al. 2021. Risorse genomiche nella selezione delle piante per un'agri- sostenibilecoltura. *J Plant Physiol* 257: 153351. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2020.153351>
- Ufficio delle Nazioni Unite per il coordinamento degli affari umanitari. 2022. Panoramica umanitaria globale 2022.
- Dipartimento degli Affari economici e sociali delle Nazioni Unite. 2018. Il 68% della popolazione mondiale vivrà nelle aree urbane entro il 2050, dicono le Nazioni Unite.
- Sisinni E, Saifullah A, Han S, Jennehag U, Gidlund M. 2018. nell'industria Internet delle cose: sfide, opportunità e direzioni. *IEEE Trans Industr Inform* 14(11): 4724-4734. <https://doi.org/10.1109/TII.2018.2852491>
- Akintuyi OB. 2024. Adaptive AI in precision agriculture: a review: investigating the use of self-learning algorithms in optimizing farm operations based on real-time data. *Res J Multidiscip Stud* 7(02): 16-30. <https://doi.org/10.53022/oarjms.2024.7.2.0023>
- Najafabadi MO, Zamani M, Mirdamadi M. 2016. Progettazione di un modello per le intenzioni imprenditoriali degli studenti di agraria. *J Educ Bus* 91(6): 338-346. <https://doi.org/10.1080/08832323.2016.1218318>
- Herrera-Carvajal LC, Hernández-Villamizar DA, Hoyos-Patiño JF, Balmelli F. 2022. Effetto del dispositivo kyminasi crop booster sull'azienda agricola sperimentale di (*Zea mays*) Francisco de Paula Santander Ocaña University. *Mundo FESC* 12(S1): 100-112. <https://doi.org/10.61799/2216-0388.1097>
- Ouhibi C, Attia H, Rebah F, Msilini N, Chebbi M, et al. 2014. Attenuazione dello stress mediante priming dei semi con UV-C in piante di lattuga: crescita, attività antiossidante e composti fenolici. *Plant Physiol Biochem* 83: 126-133. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.07.019>
- Paganò M, Prete SD. 2024. Sinfonie di crescita: svelare l'impatto delle onde sonore sulla fisiologia e sulla produttività delle piante. *Biologia* 13(5): 326. <https://doi.org/10.3390/biology13050326>
- Sonic Bloom L'agricoltura biologica è facile! Il miglior fertilizzante organico del mondo. [<https://dancarlsonsonicbloom.com>] [Consultato il 06 maggio 2025]
- Walkley A, Black IA. 1934. Un esame del metodo degtjareff per la determinazione della sostanza organica del suolo e una proposta di modifica del metodo di titolazione dell'acido cromatico. *Soil Sci* 37(1): 29-38.
- Netwerk GSL. 2019. Procedura operativa standard per il carbonio organico del suolo: metodo Walkley-Black, titolazione e metodo colorimetrico. Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura.
- Saez-Plaza P, Navas MJ, Wybraniec S, Michałowski T, Asuero AG. 2013. Panoramica del metodo Kjeldahl per la determinazione dell'azoto. Parte II. Preparazione del campione, scala di lavoro, finitura strumentale e controllo di qualità. *Crit Rev Anal Chem* 43(4): 224-272. <https://doi.org/10.1080/10408347.2012.751787>
- Cibo e Agricoltura delle Nazioni Unite. 2021. Procedura operativa standard per il fosforo disponibile nel suolo - Olsen Method.
- Pratt PF. 1965. Metodi di analisi del suolo: Parte 2 Proprietà chimiche e microbiologiche.
- Watterlot C, Pelfrène A, Douay F. 2012. Effetti del concentrazione di ferro livello di nelle soluzioni di estrazione da terreni contaminati sulla determinazione dello zinco mediante spettrometria di assorbimento atomico alla fiamma con due back correttori ground. *J Analyt Meth Chem* 2012(1): 512709. <https://doi.org/10.1155/2012/512709>
- Arliuz F, Putri RE, Putri NS, Putri I. 2021. Effetto delle onde acustiche sulla crescita e sulla produttività delle piante di sawi (*Brassica juncea* L.). *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* 757(1): 012021.
- Hassanien RHE, Hou TZ, Li YF, Li BM. 2014. Progressi negli effetti delle onde sonore sulle piante. *J Integr Agric* 13(2): 335-348. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60492-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60492-X)
- Qi L, Teng G, Hou T, Zhu B, Liu X. 2010. Influenza della delle onde sonore stimolazione sulla crescita della fragola in serra alla luce del sole. In Li D, Zhao C (eds) Computer and Computing Technologies in Agriculture III. CCTA 2009. IFIP Advances in Information and Communication Technology. Springer, Berlino, Heidelberg, pagg. 449-454.
- Kumari A, Sharma H, Kumari A, Sharma P, Pathak N, et al. 2024. attuale Comprensione e interfaccia tra micro e macronutrienti nel sistema pianta-suolo: Una panoramica. In Essential Minerals in Plant- Soil Systems, pp. 53-92.
- Ozkurt H, Altuntas O. 2016. L'effetto delle onde sonore a diverse frequenze sull'assorbimento di elementi vegetali da parte di piante di serpente (*Sansevieria trifasciata*). *Indian J Sci Technol* 9(48): 1-5. <https://dx.doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i48/54716>