

Vol.59, Issue.11, Part.1, Nov 2025, PP. 19-29

FARINA DI BASALTO®: APPLICAZIONE PER LA GESTIONE SOSTENIBILE DI *Dactylopius opuntiae* NEL FICO D'INDIA

AUTORI

Mohamed Elimem¹, Rym Jaouadi^{1,2}, Hela Belhaj Ltaeif¹, Anis Sakhraoui¹, Haythem Daoudi¹, Amira Messai¹, Naziha Ncira³, Rym Ben Salem⁴, Jihene Maatoug³, Giuliano Ragnoni⁵, Gianluca Pizzuti⁵, Mohamed Ben Jdidia⁶, Slim Rouz¹

¹ Department of Agricultural Production - Laboratory of Agricultural Production Systems and Sustainable Development (SPADD), LR03AGR02, Higher School of Agriculture of Mograne, Carthage University, 1121 Mograne, Zaghuan, Tunisia

² Laboratory of Nanobiotechnology and Valorisation of Medicinal Phytoresources, National Institute of Applied Science and Technology, B.P. 676, Tunis, Cedex 1080, Tunisia.

³ Plant Protection Center of El Kalaa El Kbira, Sousse, Tunisia

⁴ The Agricultural Research and Development Center-Zaghuan, Tunisia

⁵ Basalti Orvieto srl – Loc Cornale, 05014-CASTEL VISCARDO (TR), Italy

⁶ Saidi Cereal Collection Company SSCC, Northern Urban Center, Tunisia.

DOI: <https://doi.org/10.61586/vXcbn>

Sommario

FARINA DI BASALTO®: APPLICAZIONE PER LA GESTIONE SOSTENIBILE DI *Dactylopius opuntiae* NEL FICO D'INDIA..... 1

Sintesi 2

Parole chiave..... 2

1. Introduzione 3

2. Materiali e metodi 4

2.1. Sito sperimentale e prove in campo 4

2.2. Descrizione del prodotto 4

2.3. Trattamenti 5

2.4. Analisi statistica..... 5

3. Risultati 6

3.1. Statistica della presenza di *Dactylopius opuntiae*..... 6

3.2. Effetto dei diversi trattamenti insetticidi su *D. opuntiae* 7

4. Discussione..... 9

5. Conclusioni 11

6. Ringraziamenti: 11

7. Conflitto di interessi..... 11

8. Riferimenti 11

INDICE DELLE TABELLE E DELLE FIGURE

Figura 1. Effetto dei diversi trattamenti applicati sulle dinamiche di popolazione di *D. opuntiae* a El Kalâa Soghra (A) e Nadhour (B). I valori sono media \pm errore standard (n = 3). Lettere diverse indicano differenze significative tra i trattamenti (test U di Mann-Whitney, P < 0,05). 7

Figura 2 Effetto dei diversi trattamenti applicati sul tasso di mortalità corretto di *D. opuntiae* a El Kalâa Soghra (A) e Ennadhour (B). I valori sono media \pm errore standard (n = 3). Lettere diverse indicano differenze significative tra i trattamenti (test U di Mann-Whitney, P < 0,05)..... 8

Figura 3 Tassi di efficacia dei diversi trattamenti applicati nel controllo di *D. opuntiae* a El Kalâa Soghra (A) e Ennadhour (B). I valori sono media \pm errore standard (n = 3). Lettere diverse indicano differenze significative tra i trattamenti (test U di Mann-Whitney, P < 0,05). 9

Sintesi

La cocciniglia del cactus (*Dactylopius opuntiae*) è un parassita che minaccia le specie *Opuntia* in Tunisia e in altre regioni aride, causando spesso gravi danni alle colture. Questo studio mira a valutare un approccio sostenibile al controllo dei parassiti attraverso l'uso della Farina di Basalto® XF Stimolante Fogliare. Applicando un dosaggio al 3% e al 5%, da sola o in miscela con l'1% di olio minerale, i trattamenti sono stati testati in campo in due siti infestati in Tunisia (Kalâa Soghra, Governatorato di Sousse ed Ennadhour, Governatorato di Zaghouan). A titolo comparativo, sono stati inclusi anche trattamenti chimici convenzionali (chlorpyrifos-ethyl) e appezzamenti controllo non trattati.

I trattamenti sono stati applicati mediante irrorazione fogliare ogni 14 giorni. Le osservazioni sono state effettuate due giorni prima del trattamento, il giorno del trattamento e 24, 72 e 168 ore dopo. Il risultato più efficace è stato ottenuto con la combinazione di Farina di Basalto® al 3% con olio minerale all'1%, che ha raggiunto tassi di mortalità dell'89,29% e del 100% rispettivamente a Kalâa Soghra e Ennadhour. Questo trattamento ha anche ridotto significativamente la comparsa di nuovi individui (98%), indicando un forte effetto repellente. Il chlorpyrifos-ethyl ha raggiunto una mortalità del 100% e l'inibizione totale di nuovi individui, ma ha causato danni considerevoli alle piante. Al contrario, la soluzione a base di Farina di Basalto® si è dimostrata un'alternativa sicura, efficace e rispettosa dell'ambiente, evidenziando il suo potenziale come parte di una strategia sostenibile di gestione dei parassiti per le colture di cactus.

Parole chiave: Farina di Basalto®, *Dactylopius opuntiae*, controllo biologico.

Data di presentazione: febbraio 2025

Data di accettazione: ottobre 2025

DATA DI PUBBLICAZIONE: novembre 2025

1. Introduzione

Il fico d'India (*Opuntia ficus-indica* L.) è una coltura strategica nelle regioni aride e semi-aride grazie alla sua tolleranza alla siccità e ai terreni poveri, nonché ai suoi molteplici usi nell'alimentazione, nel foraggio, nei cosmetici e nella conservazione del suolo (Nefzaoui, 2019). La Tunisia è uno dei paesi leader nella coltivazione del fico d'India, con circa 600.000 ettari coltivati principalmente per la produzione di frutta e come foraggio nelle zone marginali (FAO e ICARDA, 2018).

Tuttavia, la sostenibilità di questa coltura è stata gravemente minacciata dalla cocciniglia *Dactylopius opuntiae* (Cockerell), che è emersa come un parassita che causa gravi danni alle piantagioni di cactus in molti paesi, tra cui la Tunisia. Dalla sua prima individuazione, il parassita si è rapidamente diffuso in diverse regioni del paese, provocando la distruzione di migliaia di ettari di piantagioni di cactus (FAO, 2022). Il parassita si nutre della linfa delle piante, causando clorosi, deformazioni e, infine, la morte delle piante, con conseguenze devastanti per gli ecosistemi locali e le economie rurali (Ramírez-Cruz *et al.*, 2020; Matos *et al.*, 2021; Méndez-Gallegos *et al.*, 2022).

Attualmente, le misure di controllo più diffuse includono insetticidi chimici e, più recentemente, il controllo biologico mediante l'uso del coleottero predatore *Cryptolaemus montrouzieri*. Tuttavia, questi approcci presentano dei limiti (Bouharroud *et al.*, 2018; El-Aalaoui *et al.*, 2019). Il controllo chimico, sebbene efficace nel breve termine, comporta rischi per l'ambiente, gli organismi non bersaglio e la salute umana, soprattutto nelle zone in cui il cactus è utilizzato come foraggio o per il consumo umano (Lopes *et al.*, 2021). Il controllo biologico richiede un ecosistema ben equilibrato e un attento monitoraggio, e la sua efficacia varia a seconda delle condizioni climatiche ed ecologiche (Wyckhuys *et al.*, 2024). Pertanto, vi è un'urgente necessità di esplorare e convalidare strategie alternative e sostenibili di gestione dei parassiti che siano sia efficaci che compatibili con i principi agroecologici.

In questo contesto, l'uso di polveri di roccia come la Farina di Basalto® ha suscitato interesse come metodo promettente di controllo dei parassiti. Le polveri di roccia sono minerali finemente macinati che vengono applicati alle piante per migliorare la fertilità e la salute del suolo, ma hanno anche dimostrato proprietà insetticide agendo come essiccanti, danneggiando la cuticola degli insetti e interrompendo il loro comportamento alimentare (Elimem *et al.*, 2020; Richardson, 2024). La Farina di Basalto®, in particolare, è ricca di silice e altri minerali che possono contribuire sia alla difesa delle piante che alla dissuasione dei parassiti. Sebbene il suo utilizzo nella lotta contro i parassiti sia relativamente recente, diversi studi suggeriscono che le polveri di roccia possono ridurre le popolazioni di insetti che si nutrono di linfa, tra

cui afidi e cocciniglie, in determinate condizioni (Faraone et al., 2020).

Il presente studio mira a valutare l'efficacia della Farina di Basalto® nel controllo della *D. opuntiae* in condizioni naturali in Tunisia. Nello specifico, valutiamo i suoi effetti sulla mortalità degli insetti e sulla riduzione dei danni rispetto alle piante di controllo non trattate. Questo lavoro contribuisce allo sviluppo di un approccio ecocompatibile alla gestione della cocciniglia del cactus e al sostegno della coltivazione del fico d'India in Tunisia e in agroecosistemi simili.

2. Materiali e metodi

2.1. Sito sperimentale e prove in campo

L'esperimento sul campo è stato condotto in due regioni della Tunisia: Kalâa Soghra (Governatorato di Sousse) ed Ennadhour (Governatorato di Zaghouan), entrambe caratterizzate da infestazioni da moderate a gravi di *D. opuntiae*. Queste località sono state selezionate strategicamente in base alla loro pressione parassitaria rappresentativa, rendendole appropriate per valutare l'efficacia di varie strategie di controllo.

Lo studio ha seguito un disegno a blocchi completamente randomizzati (RCBD) con tre repliche per trattamento. All'interno di ogni parcella replicata, sono stati selezionati casualmente dieci cladodi e contrassegnati per il monitoraggio. I trattamenti comprendevano una serie di opzioni di gestione, tra cui approcci chimici e biologici convenzionali, nonché controlli non trattati a fini comparativi. In ogni sito sperimentale, le parcelle sono state delimitate e le singole unità sperimentali sono state contrassegnate con etichette colorate a intervalli di 15 metri per facilitare l'identificazione e la raccolta dei dati.

2.2. Descrizione del prodotto

La Farina di Basalto® è prodotta dalla Basalti Orvieto in Italia. La Farina di Basalto® XF Stimolante Fogliare viene prodotta mediante macinazione meccanica di roccia basaltica pura utilizzando strumenti ceramici, senza l'uso di processi di ventilazione. Durante la sua produzione non vengono introdotti minerali, sostanze o acqua di processo contenenti flocculanti comunemente considerati indesiderabili o potenzialmente dannosi in agricoltura. La Farina di Basalto® migliora la fertilità dei terreni agricoli, in particolare quelli degradati o esauriti da pratiche agricole intensive. Contribuisce all'arricchimento minerale e organico del suolo e favorisce il ripristino di comunità microbiche benefiche.

Il silicio (SiO_2), è il componente dominante, costituendo il 45-49% del prodotto (Elimem *et al.* 2020; Rouz *et al.* 2020; Elimem *et al.* 2023). La composizione elementare dettagliata è presentata nella Tabella 1.

Tabella 1. Caratteristiche chimiche della Farina di Basalto® (Anonimo 2019)

Composizione	Percentuale
SiO ₂	49,0%
Al ₂ O ₃	20,5%
K ₂ O	8,0%
Fe ₂ O ₃	7,5%
CaO	7,2%
MgO	2,8%
Na ₂ O	2,5%

2.3. Trattamenti

Prima di iniziare i trattamenti, è stata contrassegnata l'area di studio e sono stati effettuati i conteggi iniziali degli insetti. I trattamenti sono stati applicati due volte, con un intervallo di 14 giorni tra un'applicazione e l'altra. Le osservazioni sono state effettuate due giorni prima del trattamento, il giorno del trattamento e 24, 72 e 168 ore dopo.

La Farina di Basalto® è stata testata a concentrazioni del 3% e del 5%, nonché al 3% in combinazione con l'1% di olio minerale, per valutare l'efficacia del trattamento. A scopo comparativo sono stati inclusi un insetticida chimico ("chlorpyrifos-ethyl") e un controllo non trattato. Tutti i trattamenti sono stati applicati utilizzando una pompa irroratrice a spalla su dieci cladodi maturi selezionati casualmente per ogni parcella. I tassi di mortalità dei diversi trattamenti sono stati stimati e corretti utilizzando la formula di Abbott (Abbott, 1925).

2.4. Analisi statistica

Lo studio è stato condotto utilizzando un disegno completamente randomizzato (CRD) su linee di 20 m per trattamento con tre repliche (n=3 unità sperimentali/trattamento) con 10 cladodi per unità sperimentale. Le analisi statistiche sono state eseguite utilizzando IBM SPSS Statistics per Windows (versione 25.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA), applicando un livello di significatività (α) di 0,05. Le deviazioni dalla media aritmetica sono state calcolate come errori standard. La normalità e l'omogeneità della varianza dei set di dati sono state testate utilizzando rispettivamente i test di Kolmogorov-Smirnov e Levene. Per confrontare i trattamenti sono stati utilizzati modelli lineari generali (GLM). Quando la normalità o l'omogeneità della varianza non sono state raggiunte dopo le trasformazioni (utilizzando le funzioni \sqrt{x} , $1/x$ o $\ln(x)$), i set di dati sono stati analizzati utilizzando modelli lineari generalizzati (GLZ) (Ng e Cribbie, 2017). Quando sono state osservate differenze significative per un determinato trattamento, i dati sono stati sottoposti ad analisi della varianza utilizzando un test non parametrico di Kruskal-Wallis H o un test di Mann-Whitney U (Steel *et al.*, 1997).

3. Risultati

3.1. Statistica della presenza di *Dactylopius opuntiae*

L'analisi dei dati relativi alle dinamiche della popolazione di *D. opuntiae* ha rivelato differenze significative tra i trattamenti testati per tutte le durate di esposizione in entrambi i siti di studio (Figura 1A, B). Rispetto al controllo non trattato, l'applicazione della Farina di Basalto® XF al 3% in combinazione con olio minerale all'1% ha ridotto notevolmente la comparsa di nuovi individui, con effetti osservabili già 24 ore dopo il trattamento iniziale. Questa soppressione precoce potrebbe essere attribuita alle proprietà repellenti o deterrenti della miscela di Farina di Basalto® XF e olio (Figura 1 A, B). Alla fine della sperimentazione è stato osservato un netto calo nella comparsa di nuove femmine adulte.

Nel sito di Kalâa Soghra, la riduzione maggiore (100%) si è verificata in seguito al trattamento con chlorpyrifos-ethyl, probabilmente a causa dei suoi effetti fitotossici che hanno portato al deterioramento dei cladodi. A seguire, il trattamento con Farina di Basalto® XF al 3% combinato con olio minerale all'1% e Farina di Basalto® XF al 3% da solo, entrambi con una riduzione di circa il 98%. Il trattamento con il 5% di Farina di Basalto® XF ha portato a una riduzione leggermente inferiore, pari a circa l'85%. Questa soppressione quasi completa dei nuovi individui può essere attribuita agli effetti repellenti o deterrenti della formulazione a base di Farina di Basalto® XF e olio, che probabilmente interferisce con l'insediamento dei parassiti e il comportamento di ovodeposizione.

Nel sito di Ennadhour, come osservato nel sito di Kalâa Soghra, nuove femmine adulte hanno continuato a emergere sui cladodi non trattati. Tuttavia, nessuno degli appezzamenti trattati ha mostrato l'emergere di nuovi individui dopo il terzo ciclo di applicazioni, indicando l'elevata efficacia di tutti i trattamenti testati nel sopprimere l'emergere della popolazione.

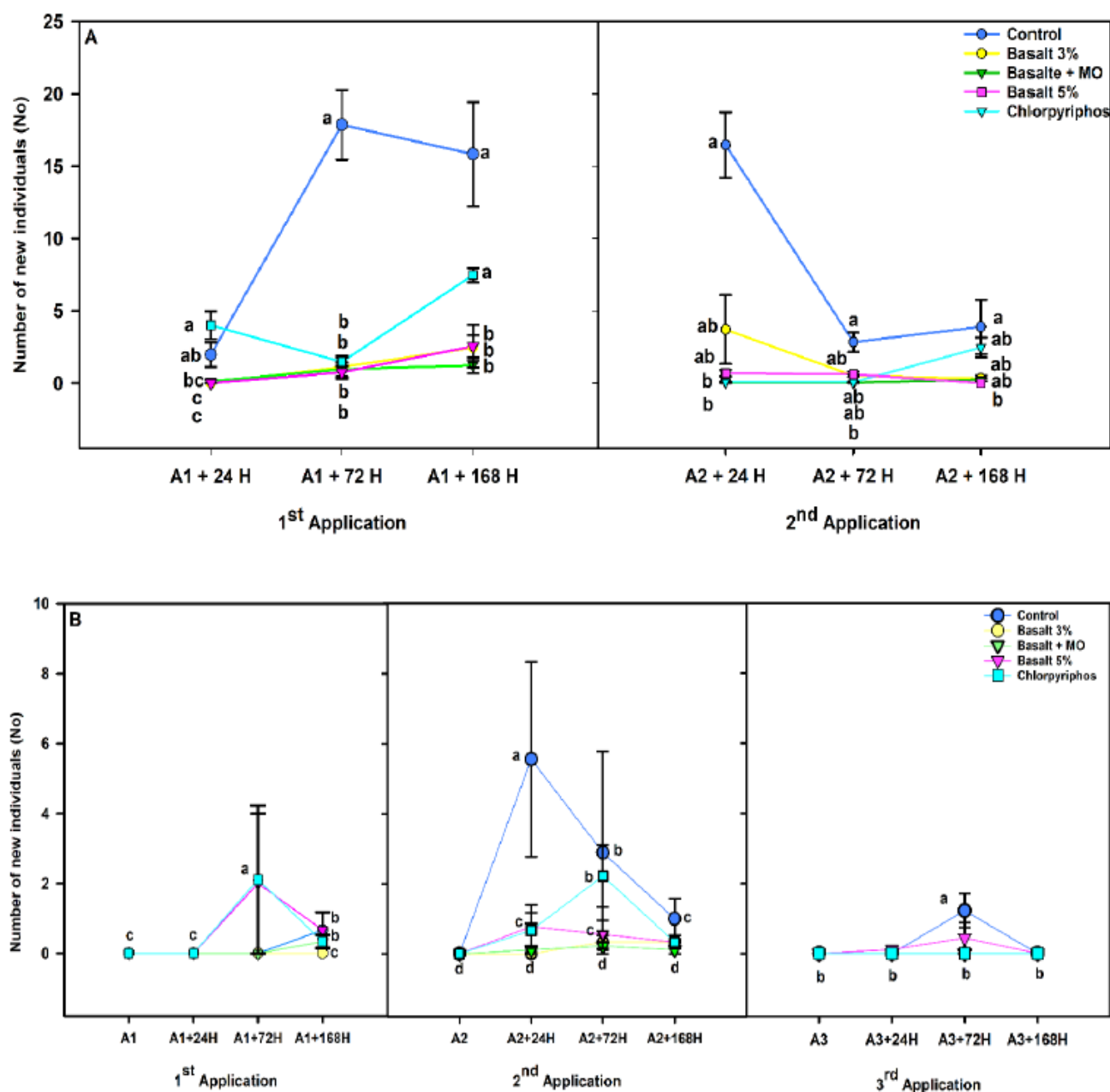


Figura 1. Effetto dei diversi trattamenti applicati sulle dinamiche di popolazione di *D. opuntiae* a El Kalâa Soghra (A) e Nadhour (B). I valori sono media \pm errore standard (n = 3). Lettere diverse indicano differenze significative tra i trattamenti (test U di Mann-Whitney, P < 0,05).

3.2. Effetto dei diversi trattamenti insetticidi su *D. opuntiae*

La mortalità delle femmine adulte di cocciniglia e l'efficacia del trattamento variano in modo significativo a seconda del tipo di trattamento e della durata dell'esposizione (test U di Mann-Whitney, P < 0,05), come illustrato nelle figure 2 e 3.

Nel sito di El Kalâa Soghra, il trattamento con Farina di Basalto® XF al 3% combinato con olio minerale all'1% ha mostrato il tasso di mortalità più elevato dopo la seconda applicazione (89,29%), seguito dal chlorpyrifos-ethyl (76,54%) e dal solo FdB® XF al 3% (71,44%). Questa combinazione ha anche mostrato il

più alto tasso di efficacia (84,46%), superando il chlorpyrifos-ethyl (78,62%) (Figure 2A e 3A). Nel sito di Ennadhour, il tasso di mortalità corretto finale più elevato è stato registrato dopo la terza applicazione di Farina di Basalto® XF 3% miscelato con olio minerale 1%, raggiungendo il 100%, seguito dal 95% per FdB® XF 3% da solo. Questi trattamenti hanno anche dimostrato i tassi di efficacia più elevati (Figure 2B e 3B).

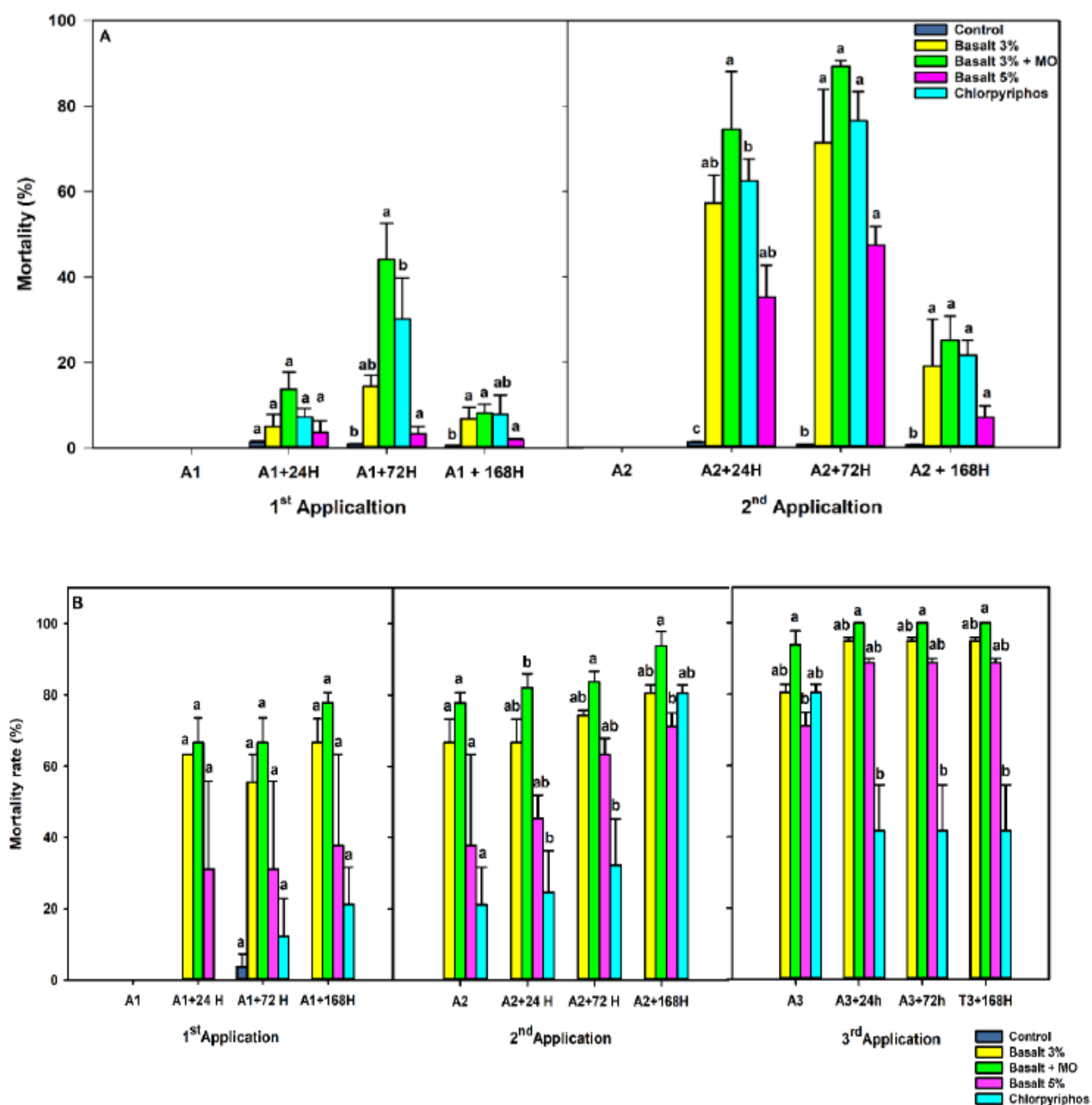


Figura 2 Effetto dei diversi trattamenti applicati sul tasso di mortalità corretto di *D. opuntiae* a El Kalâa Soghra (A) e Ennadhour (B). I valori sono media \pm errore standard (n = 3). Lettere diverse indicano differenze significative tra i trattamenti (test U di Mann-Whitney, P < 0,05).

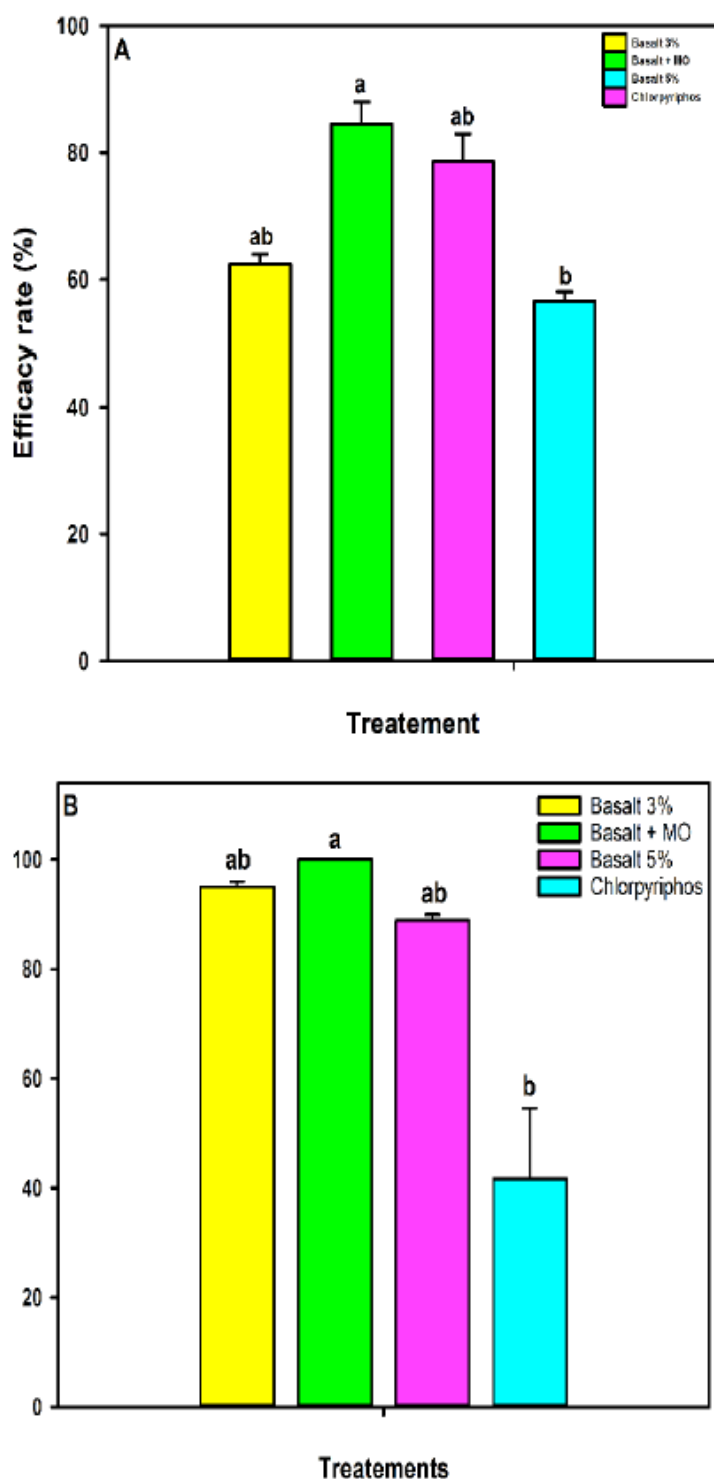


Figura 3 Tassi di efficacia dei diversi trattamenti applicati nel controllo di *D. opuntiae* a El Kalâa Soghra (A) e Ennadhour (B). I valori sono media \pm errore standard ($n = 3$). Lettere diverse indicano differenze significative tra i trattamenti (test U di Mann-Whitney, $P < 0,05$).

4. Discussione

La prima applicazione di Farina di Basalto® (FdB) XF al 3% combinata con olio minerale (MO) all'1% ha

portato a tassi di mortalità delle femmine adulte pari al 44,11% e al 77,78% rispettivamente nei siti di El Kalâa Soghra e Ennadhour. Questo trattamento iniziale è stato associato a un visibile degrado dello strato di cera cuticolare, una barriera protettiva fondamentale per le cocciniglie. La seconda applicazione ha aumentato notevolmente la mortalità, raggiungendo l'89,29% e il 93,70% rispettivamente a El Kalâa Soghra e Ennadhour. In particolare, una terza applicazione nel sito di Ennadhour ha portato alla mortalità completa (100%) delle femmine adulte. Sebbene il funzionamento esatto della combinazione FdB-MO non sia ancora del tutto chiaro, la sua efficacia è probabilmente dovuta a diversi effetti non specifici che agiscono in modo sinergico. Questi possono includere il blocco degli spiracoli che porta all'asfissia, la rottura della cuticola con conseguente essiccamento e una maggiore suscettibilità alle radiazioni ultraviolette (UV) dovuta alla rimozione degli strati protettivi di cera e lipidi (Ramdani *et al.*, 2020). La rimozione di questi composti idrofobici superficiali espone il corpo dell'insetto a fattori di stress ambientali, accelerando la disidratazione e la mortalità. Gli effetti letali dei saponi e dei detergenti sugli artropodi sono stati attribuiti a molteplici meccanismi, tra cui la rimozione degli strati protettivi di cera, la rottura delle membrane cellulari, la repellenza, lo spostamento dalle superfici vegetali e l'annegamento (Curkovic, 2016).

Studi precedenti hanno documentato le proprietà insetticide ad ampio spettro della Farina di Basalto® contro vari parassiti di importanza economica, tra cui insetti dei prodotti immagazzinati, afidi, tripidi, coleotteri fogliari, moscerini della frutta, falene dei datteri, minatori fogliari degli agrumi e cocciniglie degli agrumi (Elimem *et al.*, 2020, 2021, 2022, 2023; Lahfef *et al.*, 2023). L'attività insetticida dei prodotti a base di Farina di Basalto® è stata in parte attribuita al loro alto contenuto di silicio, che viene assorbito dalle piante principalmente sotto forma di acido monosilicico (H_4SiO_4) (Rodrigues *et al.*, 2011). L'accumulo di silicio nei tessuti vegetali contribuisce a rafforzare la resistenza delle colture contro agenti patogeni e parassiti, formando una barriera meccanica che impedisce l'alimentazione. Inoltre, il silicio può indurre risposte biochimiche, come la sintesi potenziata di metaboliti secondari difensivi, tra cui tannini e composti fenolici, che agiscono come deterrenti alimentari o agenti tossici (Ahire *et al.*, 2021; Rinder e Hagke, 2021; Lahfef *et al.*, 2023).

Pertanto, questa polvere di roccia è in grado di contrastare efficacemente le popolazioni di insetti e mitigare i danni alle colture senza causarne la completa eradicazione, preservando così l'equilibrio ecologico e riducendo al minimo il rischio di sviluppo di resistenze. La sua azione moderata ma prolungata favorisce la creazione di un agroecosistema resiliente, riducendo progressivamente la dipendenza da interventi intensivi di controllo dei parassiti.

Inoltre, la Farina di Basalto®, applicata sotto forma di polvere, agisce contro i parassiti alterando il pH delle superfici aeree delle piante da leggermente acido, preferito dalla maggior parte dei parassiti, a leggermente alcalino, e attraverso effetti meccanici che danneggiano il corpo degli insetti, compresi gli occhi e le trachee (Stoleru e Sellitto, 2016). È importante sottolineare che l'uso di trattamenti a base di Farina di Basalto® è perfettamente in linea con i principi di sicurezza ecologica e agricoltura sostenibile. A differenza degli insetticidi chimici sintetici, che spesso presentano rischi di contaminazione ambientale, effetti non mirati e sviluppo di resistenza, FdB® e MO sono derivati da sostanze presenti in natura con un impatto ecotossicologico minimo. Le loro modalità d'azione meccaniche e multi-target riducono la probabilità di sviluppo di resistenza e ne favoriscono la compatibilità nell'ambito dei sistemi di gestione integrata dei parassiti (IPM). Inoltre, l'assenza di residui nocivi e la conservazione delle popolazioni di artropodi utili rafforzano la sostenibilità ecologica di questi trattamenti, offrendo un'alternativa praticabile e rispettosa dell'ambiente per la gestione delle infestazioni da *D. opuntiae* negli agroecosistemi di cactus.

5. Conclusioni

Questo studio evidenzia il potenziale della Farina di Basalto®, specialmente se combinata con olio minerale, come soluzione naturale e sostenibile per la gestione delle infestazioni da *D. opuntiae* nelle coltivazioni di cactus. Il trattamento con il 3% di Farina di Basalto® XF e l'1% di olio minerale ha dato risultati costantemente positivi, riducendo in modo significativo il numero di parassiti e prevenendo la comparsa di nuovi individui. Questi risultati suggeriscono che i trattamenti a base di Farina di Basalto® possono svolgere un ruolo prezioso nell'agricoltura sostenibile, offrendo un'alternativa più sicura e più rispettosa dell'ambiente per il controllo dei parassiti.

6. Ringraziamenti:

Gli autori ringraziano il Ministero dell'Istruzione Superiore e della Ricerca Scientifica tunisino.

7. Conflitto di interessi

Gli autori dichiarano l'assenza di conflitti di interesse.

8. Riferimenti

- [1]. Abbott WS. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18, 265-267.
- [2]. Ahire ML, Mundada PS, Nikam TD, Bapat VA, Penna S. 2021. Multifaceted roles of silicon in mitigating environmental stresses in plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 169, 291-310.
- [3]. Anonymous. 2019. Farina Di Basalto - Basalt Powder- Strengthening Enhancer of Plant Defenses.

Product Description, 2p.

- [4]. Bouharroud R, Sbaghi M, Boujghagh M, El Bouhssini M (2018) Biological control of the prickly pear cochineal *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera Dactylopiidae). *EPPO Bulletin* 48(2):300–306.
- [5]. Curkovic T. 2016. Detergents and soaps as tools for IPM in agriculture, in: Integrated Pest Management (IPM): Environmentally Sound Pest Management. *IntechOpen*.
- [6]. El Aalaoui M, Bouharroud R, Sbaghi M, El Bouhssini M, Hilali L (2019) First study of the biology of *Cryptolaemus montrouzieri* and its potential to feed on the mealybug *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) under laboratory conditions in Morocco. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 52(13–14):1112–1124.
- [7]. Elimem M, Jaouadi R, Bouslema T, Kalboussi M, Lahfef C, Rouz S, Kharroubi H, Boulila A, Kouki S, Ragnoni G, Pizzuti G, Primavera F, Riccini A. 2023. Assessing the insecticidal effect of *Citrus aurantium* and *Nerium oleander* extracts and basalt “Farina di Basalto®” as biological alternatives to control *Aphis punicae* and *Planococcus citri* in an organic pomegranate orchard. *Plant Protection Science*. <https://doi.org/10.17221/111/2022-PPS>
- [8]. Elimem M, Kalboussi M, Lahfef C, Rouz S, Kharroubi H, Kouki S, Ragnoni G, Pizzuti G, Primavera F, Riccini A, Cari A. 2021. Evaluation of insecticidal efficiency of Basalt powder "Farina di Basalto®" to control *Tribolium castaneum* (Coleoptera; Tenebrionidae), *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera; Bostrichidae) and *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera; Pyralidae) on stored wheat. *Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)* 14 (5) Ser. I, 1–6.
- [9]. Elimem M, Jaouadi R, Kalboussi M, Lahfef C, Rouz S, Kharroubi H, Boulila A, Kouki S, Ragnoni G, Pizzuti G, Primavera F, Riccini A, Cari A. 2022. Management of *Ceratitis capitata* and *Phyllocnistis citrella* with Basalt powder “Farina di Basalto®” compared to two botanical extracts (*Citrus aurantium* and *Nerium oleander*) in citrus orchard. *International Journal of Zoological and Entomological Letters* 2 (1), 71–80.
- [10]. Elimem M, Rouz S, Kharroubi H, Mekni A, Kouki S, Toukabri A, Ragnoni G, Pizzuti G, Primavera F, Riccini A, Cari A. 2020. Effect of basalt powder «Farina di Basalto® » on the development of pests and diseases on pepper crop under greenhouse and during storage. *Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)* 13 (8) Ser. II, 38–47.
- [11]. FAO. 2022. Status of cochineal and *Opuntia* spp. production in the Near East North Africa region 2022: a perspective from Jordan, Lebanon, Morocco, the Syrian Arab Republic and Tunisia. FAO, Rome.
- [12]. FAO, ICARDA. 2018. Ecologie, culture et utilisations du figuier de barbarie. Organisation des Nations Unies pour l’Alimentation et l’Agriculture et le Centre International pour la Recherche Agricole dans les Zones Arides, Rome.
- [13]. Faraone N, Evans R, LeBlanc J, Hillier NK. 2020. Soil and foliar application of rock dust as natural control agent for two spotted spider mites on tomato plants. *Scientific Reports* 10, 12108. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69060-5>
- [14]. Lahfef C, Elimem M, Jaouadi R, Jalel C, Lebdi-Grissa K, Rouz S, Pizzuti G, Primavera F, Ruggeri F, Riccini A, Ragnoni G. 2023. Insecticidal impact of aqueous plant extracts (carob, oleander, Aleppo pine and bitter orange) and basalt flour “Farina di Basalto® XF and XM” as a biological solution to control cereal pests. *Plant Protection Science* 32 (10), 3087–3102.
- [15]. Lopes MN, Duarte Cândido MJ, Ferreira Gomes GM, Duarte Maranhão T, da Costa Gomes E, Soares I, Franco Pompeu RCF, da Silva RG. 2021. Forage biomass and water storage of cactus pear under different managements in semi-arid conditions. *Revista Brasileira de Zootecnia* 50, e20210022.
- [16]. Matos TKB, Guedes JA, Alves Filho EG, Luz LR, Lopes GS, do Nascimento RF, de Sousa JA, Canuto KM, de Brito ES, Dias-Pini NS, Zocolo GJ. 2021. Integrated UPLC-HRMS, chemometric tools, and metabolomic analysis of forage palm (*Opuntia* spp. and *Nopalea* spp.) to define biomarkers

- associated with non-susceptibility to carmine cochineal (*Dactylopius opuntiae*). Journal of the Brazilian Chemical Society 32 (8), 1617–1627.
- [17]. Méndez-Gallegos SJ, Bravo-Vinaja A (2022) *Dactylopius opuntiae* Cockrell (Hemiptera: Dactylopiidae), an emerging threat for *Opuntia* spp.: bibliometric analysis 24:111–138.
- [18]. Nefzaoui A. 2019. *Opuntia ficus-indica* productivity and ecosystem services in arid areas. Italus Hortus 25 (3), 29–39.
- [19]. Ng VKY, Cribbie RA. 2017. Using the gamma generalized linear model for modeling continuous, skewed and heteroscedastic outcomes in psychology. Current Psychology 36 (2), 225–235.
- [20]. Ramírez-Cruz A, González-Hernández H, Stumpf CF (2020) First record of *Dactylopius confusus* (Cockerell, 1929) (Hemiptera: Coccothorax: Dactylopiidae) in Michoacan, Mexico. Insecta Mundi 0761:1–7.
- [21]. Ramdani C, Bouharroud R, Sbaghi M, Mesfioui A, El Bouhssini M. 2020. Field and laboratory evaluations of different botanical insecticides for the control of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) on cactus pear in Morocco. International Journal of Tropical Insect Science 40(2), 174–183.
- [22]. Richardson JB. 2024. Basalt rock dust amendment on soil health properties and inorganic nutrients—Laboratory and field study at two organic farm soils in New England, USA. Agriculture 15, 52.
- [23]. Rinder T, von Hagke C. 2021. The influence of particle size on the potential of enhanced basalt weathering for carbon dioxide removal – Insights from a regional assessment. Journal of Cleaner Production 315, 128178.
- [24]. Rodrigues FA, Oliveira LA, Korndörfer AP, Korndörfer GH. 2011. Silício: elemento benéfico e importante às plantas. Informações Agronômicas 134, 14–20.
- [25]. Rouz S, Elimem M, Kharroubi H, Mekni A, Kouki S, Toukabri A, Ragnoni G, Pizzuti G, Primavera F, Riccini A, Cari A. 2020. Effects of basalt powder “Farina di Basalto®” on pepper crop growth parameters under greenhouse. Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS) 13 (11) Ser. I, 29–39.
- [26]. Steel RGD, Torrie JH, Dicky DA. 1997. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach. 3rd ed. McGraw Hill, Inc., New York, 352–358. Stoleru V, Sellitto VM. 2016. Pest control in organic systems. In: Integrated Pest Management (IPM): Environmentally Sound Pest Management, 19–53. IntechOpen.
- [27]. Wyckhuys KAG, Gu B, Ben Fekih I, Finger R, Kenis M, Lu Y, Subramanian S, Tang FHM, Weber DC, Zhang W, Hadi BAR. 2024. Restoring functional integrity of the global production ecosystem through biological control. Journal of Environmental Management 370, 122446.