



[Link Research Gate](#)

International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation - ISSN (online): 2582-7138
Volume: 03 Issue: 06 November-December 2022 - Page No: 508-512 - allmultidisciplinaryjournal.com

Effetti dell'interazione tra salinità e "Farina di Basalto®" sulle piantine della varietà di lupino bianco.

Yosr Ben Mhara ^{1*}, Anis Sakhraoui ², Yosr Ferchichi ³, Ichrak Kharbech ⁴, Giuliano Ragnoni ⁵, Gianluca Pizzuti⁶, Fabio Primavera⁷, Alessandro Riccini ⁸, Slim Rouz ⁹

^{1-4,9} University of Carthage, Higher School of Agriculture of Mograne, Department of Agricultural Production, Laboratory of Agricultural Production Systems and Sustainable Development (SPADD), LR03AGR02, 1121 Mograne, Zaghuan, Tunisia

^{1,3} University of Carthage, National Institute of Agronomy of Tunis, 43 Avenue Charles Nicolle, Tunis 1082, Tunisia

² University of Jendouba, Higher School of Agriculture of Kef, Le Kef 7119, Tunisia

⁵⁻⁸ Basalti Orvieto srl – Loc Cornale, 05014-CASTEL VISCARDO (TR), Italy

* Corresponding Author: Yosr Ben Mhara

Sommario

Effetti dell'interazione tra salinità e "Farina di Basalto®" sulle piantine della varietà di lupino bianco.

.....	2
Sintesi	3
I Introduzione	4
II Materiale e metodi	5
Materiale vegetale	5
Farina di Basalto®	5
Parcella sperimentale	6
Parametri studiati	6
Analisi statistica.....	7
Risultati e discussione	7
Conclusione	10
Ringraziamenti	10
Riferimenti	11

INDICE DELLE TABELLE E DELLE FIGURE

Tabella 1. Caratteristiche fisico-chimiche della Farina di Basalto® tipo XF" [12]	5
Tabella 2. Proprietà chimiche della "Farina di Basalto®" tipo XF" [12]	6
Tabella 3. Effetto combinato dei trattamenti con salinità e Farina di Basalto® Tipo XF" sulla germinazione e sulle caratteristiche delle piantine di Lupinus albus.....	8
Figura 1. Effetto combinato della salinità e dei trattamenti con "Farina di Basalto® Tipo XF" sulla lunghezza dei germogli e delle radici di L. albus.....	9

Sintesi

Premessa: La riduzione degli stress abiotici, come la salinità, è una delle sfide più importanti per rispondere all'aumento della domanda alimentare della crescente popolazione mondiale e per garantire un'agricoltura sostenibile. Questo lavoro ha analizzato gli effetti dell'interazione tra cloruro di sodio (NaCl) e Farina di Basalto® (FdB) sulla germinazione e sui parametri di crescita delle prime piantine di *Lupinus albus* L. Sono stati valutati trattamenti combinati, applicando quattro concentrazioni di NaCl (0, 75, 150, 300 mM) su semi di lupino precedentemente cosparsi con cinque concentrazioni diverse di "Farina di Basalto®" tipo XF (0%, 1%, 3%, 5% e 10%). L'analisi della varianza ha mostrato che la salinità ha avuto un effetto negativo significativo sulla percentuale di germinazione e sui parametri studiati durante lo stadio giovanile ($p < 0,05$). Questo effetto dipendeva dai diversi livelli di NaCl. Il trattamento con "Farina di Basalto®" tipo XF ha mostrato un effetto positivo sui parametri di crescita. I risultati hanno rivelato che, rispetto al controllo, le diverse concentrazioni di "Farina di Basalto®" Tipo XF hanno stimolato l'allungamento dell'ipocotile, raggiungendo un aumento del 131% rispetto al controllo, in presenza di 150 mM di NaCl con il 10% di "Farina di Basalto®" Tipo XF. Inoltre, la Farina di Basalto® di tipo XF in concomitanza con lo stress salino ha avuto un effetto significativo sull'indice di tolleranza alla salinità e ha rivelato i migliori risultati nella resistenza alla salinità in presenza del 10% di "Farina di Basalto®" Tipo XF.

Parole chiave: grano, stoccaggio, insetti nocivi, basalto, tasso di mortalità

Date of Submission: 04-11-2022

Date of Acceptance: 25-11-2022

I Introduzione

Il lupino bianco (*Lupinus albus* L.) appartiene alla famiglia delle Fabaceae. Viene coltivato per il consumo umano, per il sovescio e come foraggio. Questa leguminosa da granella ha origini mediterranee, dove la siccità, la salinità e la carenza di minerali sono tra i principali vincoli per la produzione di lupini [1]. Da qui l'interesse di valutare la tolleranza del lupino bianco allo stress salino per sviluppare questa coltura in diverse regioni minacciate dalla salinizzazione del suolo.

Un aumento della concentrazione di salinità nel suolo porta a un incremento della pressione osmotica, che richiede un maggiore sforzo da parte delle piante per assorbire i nutrienti, influenzando negativamente la loro crescita e produzione [2, 3]. Le piante sono in grado di detossificare l'eccessiva ossidazione causata da condizioni di stress salino attraverso complessi meccanismi enzimatici e non enzimatici che proteggono le cellule vegetali dai danni ossidativi [4].

Il basalto è una roccia originata da proiezioni vulcaniche [5]. A volte si osserva sotto forma di blocchi o addirittura di ceneri di colore nero, rosso o addirittura verde scuro. Questa roccia ignea vulcanica è generalmente impiegata in diversi settori come l'edilizia, l'ingegneria industriale e l'agronomia [6, 7]. Infatti, il basalto è noto come ammendante naturale utilizzato per migliorare le proprietà chimiche del suolo [8]. Questa roccia contiene molti componenti chimici necessari per l'agricoltura e la fertilizzazione del suolo, come SiO₂ (dal 37,76 al 59,64%), Al₂O₃ (dall'11,77 al 14,32%), CaO (5,57-14,75%), MgO (5,37-9,15%), Fe₂O₃ (10,1-20,93%), K₂O (1,7-6,69%), Na₂O (1,4-3,34%) e TiO₂ (1,81-3,73%) [8]. Questo minerale, utilizzato per ripristinare la fertilità del suolo, ha mostrato anche un effetto positivo sulla crescita delle piante, sulla resa totale e sulla qualità dei frutti [9,10]. Inoltre, in molti studi è stato dimostrato che la Farina di Basalto® conferisce resistenza contro parassiti e malattie a diverse colture, stimolando le loro reazioni naturali di difesa nei campi e anche in condizioni di stoccaggio [8, 11,12]. Inoltre, una strategia alternativa per ridurre i danni ossidativi sulle piante è l'utilizzo di fertilizzanti a base di silicio (Si), il componente principale del basalto, in piante sottoposte a stress ambientali [13]. Pertanto, è stato dimostrato che il Si è in grado di migliorare la crescita precoce e l'insediamento delle piante in condizioni di stress, aumentando gli enzimi antiossidanti, la capacità fotosintetica e il basso coefficiente di traspirazione [14, 15]. Ciò spinge a studiare l'effetto della Farina di Basalto® di tipo XF sul miglioramento della tolleranza delle specie coltivate allo stress salino.

Questo studio si propone di valutare la capacità della Farina di Basalto® di mitigare gli effetti della

salinità su una varietà di lupino bianco, nella fase di germinazione e di crescita precoce delle piantine, misurando diversi parametri in condizioni controllate.

II Materiale e metodi

Materiale vegetale

I semi di *L. albus* sono stati ottenuti dalla collezione di lupini del Laboratorio di Diversità Genetica e Caratterizzazione Molecolare della Scuola Superiore di Agricoltura di Mograne.

Farina di Basalto®

In questo lavoro è stata utilizzata la Farina di Basalto® di tipo XF, prodotta da Basalti Orvieto s.r.l.. È composta da particelle micronizzate con dimensioni inferiori a 20 µm ottenute attraverso un processo industriale. La materia prima utilizzata per la produzione della "Farina di Basalto®" proviene dal giacimento di Castel Viscardo (TR) - Italia. Si tratta di una roccia vulcanica basica, con struttura vetrosa, che non contiene silice cristallina libera, né minerali amintiferi o altre sostanze dannose per l'ambiente o la salute degli animali. La "Farina di Basalto®" micronizzata è ottenuta dalla macinazione meccanica del minerale puro, utilizzando strumenti in ceramica, senza l'aggiunta di altri minerali o sostanze, né l'utilizzo di materiali contenenti acque di lavaggio con flocculanti, o prodotti indesiderati e dannosi in agricoltura. Nota per i suoi effetti ammendanti applicati in agricoltura, la "Farina di Basalto®" contiene elementi naturali come Silicio, Alluminio, Potassio e Calcio [16]. La silice (biossido di silicio) è il componente principale che caratterizza la Farina di Basalto con percentuali che vanno dal 45% al 49% [12]. Le caratteristiche fisico-chimiche e i diversi componenti della Farina di Basalto® tipo XF sono presentati rispettivamente nella tabella 1 e nella tabella 2.

Tabella 1. Caratteristiche fisico-chimiche della Farina di Basalto® tipo XF" [12]

Ossido di Silicio (SiO)	45 - 49%
Ossido di Alluminio (Al ₂ O ₃)	20,5 - 25,6%
Ossido di Potassio (K ₂ O)	8 - 10%
Ossido di Ferro (Fe ₂ O ₃)	5,2 - 8,5%
Ossido di Calcio (CaO)	7,5 - 8,5%
Ossido di Magnesio (MgO)	1,9 - 2,6%
Ossido di Sodio Na ₂ O	2,2 - 4,9%
Anidride Fosforica (P ₂ O ₅)	0,6 - 0,7%

Tabella 2. Proprietà chimiche della "Farina di Basalto®" tipo XF" [12]

Conduttività elettrica (estratto 2:1)	dS/m	1,14
pH-	Log[H+]	9±0.5
Capacità di scambio cationico	meq/100g	9
Ferro assimilabile (As. Fe)	mg/Kg	377
Densità	Kg/dm ³	2.70
Idrosolubilità	non solubile in acqua	
Stato fisico solido	polvrulento	
Colore	grigio chiaro	
Odore	non percettibile	

Parcella sperimentale

Questo studio è stato condotto nel Laboratorio di Diversità Genetica e Caratterizzazione Molecolare della Scuola Superiore di Agricoltura di Mograne, situata a 156 m di altitudine, 10,092049° di longitudine e 36,428272° di latitudine. I semi selezionati a caso sono stati disinfettati con ipoclorito di sodio al 5% per 3 minuti, quindi risciacquati accuratamente con acqua distillata per rimuovere l'ipoclorito di sodio e collocati in piastre di Petri sterilizzate di 9 cm di diametro rivestite da due strati di carta da filtro Whatman® n°1 (5 semi per piastra di Petri). La germinazione e la crescita giovanile sono state valutate con quattro concentrazioni di cloruro di sodio e cinque percentuali di Farina di Basalto® di tipo XF, con quattro repliche per ogni trattamento. La Farina di Basalto® di tipo XF, leggermente inumidita con acqua distillata, è stata mescolata ai semi disinfettati utilizzando cinque percentuali 0, 1, 3, 5 e 10% corrispondenti a 0, 3,57, 10,73, 17,88 e 35,77 g/Kg in base al peso dei semi campionati. Lo stress salino è stato esercitato sottoponendo i semi di lupino, precedentemente rivestiti con diversi tipi di Farina di Basalto®, a 10 ml di soluzioni saline di 75, 150 e 300 mM NaCl. Come controllo è stata utilizzata acqua distillata. Le piastre di Petri sono state poste al buio in un incubatore a 20±1 °C e al 40% di umidità relativa per dieci giorni.

Parametri studiati

La germinazione dei semi è stata registrata ogni 24 ore per 10 giorni. Un seme è stato considerato

germinato quando la radichetta ha raggiunto i 2 mm di lunghezza [17]. Alla fine dell'esperimento, la percentuale di germinazione finale (GP) è stata calcolata secondo la formula citata da El Rasafi [18].

$$GP = (\text{semi germinati} / \text{semi totali}) \times 100$$

La lunghezza degli ipocotili e delle radichette è stata misurata dopo 10 giorni, utilizzando un calibro digitale. Successivamente sono stati registrati i pesi freschi e secchi delle piantine. I pesi secchi sono stati misurati dopo aver essiccato le piantine fresche in un forno da laboratorio (KOTERMANN 2771, Uetze, Germania) a 70°C per 48 ore. L'indice di tolleranza al sale STI è stato calcolato secondo la formula di Aghamir *et al.*[19].

$$STI = \text{Peso secco delle piantine sottoposte a stress} / \text{Peso secco delle piantine di controllo}$$

Analisi statistica

È stata condotta un'analisi della varianza (ANOVA) a due vie per verificare l'effetto combinato di quattro trattamenti di stress salino (0, 75, 150, 300 mM) e di cinque concentrazioni di Farina di Basalto® di tipo XF (0, 1, 3, 5, 10 %) sulla germinazione e sulla crescita delle prime plantule di *L. albus*. La variazione dei dati è risultata statisticamente significativa per i test a intervalli multipli di Tukey al livello $p < 0,05$.

L'analisi statistica di questi dati è stata effettuata utilizzando il software statistico PLAnt Breeding (PLABSTAT), versione 3A del 2011-06-14 [20].

Risultati e discussione

I risultati presentati nella tabella 3 mostrano un effetto significativo della salinità e dei trattamenti con Farina di Basalto® tipo XF sulla percentuale di germinazione dei semi di *Lupinus albus* ($p < 0,05$). Infatti, è stata osservata una diminuzione della percentuale di germinazione proporzionalmente all'aumento delle concentrazioni di NaCl, così come per i livelli più bassi di Farina di Basalto® tipo XF 1% e 3%. Mentre, per il trattamento con Farina di Basalto® tipo XF, si è registrato un significativo aumento della percentuale di germinazione al tasso del 5%, e questo per tutte le concentrazioni di salinità studiate con una media dell'83,75%. L'interazione tra i due trattamenti non è risultata significativa per questo parametro. La lunghezza dei germogli e delle radichette è diminuita con l'aumentare della salinità (Figura 1). La "Farina di Basalto®" tipo XF ha mostrato un effetto positivo su questi parametri di crescita per i semi di controllo, con un aumento della crescita dei germogli del 12% al livello dell'1% di Farina di Basalto® tipo XF. Tuttavia, in condizioni di stress salino, questo aumento del 12% è stato raggiunto con un trattamento al 10% di Farina di Basalto® tipo XF in presenza

di una bassa concentrazione di cloruro di sodio 75 mM. L'analisi della varianza ha rivelato un'interazione significativa ($p < 0,05$) tra salinità e trattamenti con basalto sulla lunghezza dei cotiledoni delle piantine di *L. albus* (Tabella 3). È stato dimostrato un significativo aumento della lunghezza dei cotiledoni delle piantine stressate, in presenza del 10% di "Farina di Basalto®" tipo XF". A 300 mM di NaCl, la lunghezza dei cotiledoni è aumentata di circa il 5,5% con il trattamento al 10% di Farina di Basalto® tipo XF rispetto al controllo. D'altra parte, l'applicazione di FdB ha stimolato la lunghezza dell'ipocotile e delle radichette in modo proporzionale all'aumento dei livelli di Farina di Basalto® tipo XF per tutte le concentrazioni di cloruro di sodio. I risultati hanno registrato che la lunghezza media dell'ipocotile e delle radichette è aumentata rispettivamente del 49,8% e del 17% con un trattamento al 10% di Farina di Basalto® tipo XF rispetto al controllo. L'influenza del 10% di FdB è stata più efficace sulla lunghezza dell'ipocotile a 75 mM e 150 mM di NaCl, con un aumento rispettivamente del 55% e del 131% rispetto al controllo.

Tabella 3. Effetto combinato dei trattamenti con salinità e Farina di Basalto® Tipo XF" sulla germinazione e sulle caratteristiche delle piantine di *Lupinus albus*.

Salinity (mM) **	"Farina di Basalto® Type XF" treatment (%)**					
	0	1	3	5	10	Means
	Germination percentage (%)					
0	100	100	90	95	85	94.00 ^a
75	95	90	90	95	95	94.00 ^a
150	90	85	75	90	70	84.00 ^a
300	80	53.3	35	50	15	47.67 ^b
Means	93.75 ^a	82.08 ^{ab}	72.50 ^b	83.75 ^{ab}	67.50 ^c	79.92
	Cotyledon length (mm)					
0	24.51±0.23	25.04±0.66	18.26±1.26	21.5±2.61	23.41±0.28	22.54 ^a ±1
75	23.58±0.44	19±1.47	21.34±2.2	20.03±0.97	23.69±0.28	21.53 ^{ab} ±1.07
150	22.83±0.52	19.69±2.23	15.08±2.10	19.04±2.35	23.5±0.35	20.10 ^b ±1.08
300	20.19±1.66	10.31±2.06	7.1±2.87	22.23±0.55	21.31±0.66	16.23 ^c ±1.56
Means	22.78 ^a ±0.46	18.5 ^b ±1.60	15.45 ^c ±2.10	20.79 ^{ab} ±6.48	22.98 ^a ±0.39	20.10±1.69 ^{**}
	Hypocotyl length (mm)					
0	34.53±2.79	40.92±2.54	27.03±2.21	36.22±6.11	41.16±2.52	35.97 ^a ±3.17
75	23.52±3.58	29.51±4.11	25.07±3.02	32.5±3.39	36.64±2.27	29.45 ^a ±3.27
150	11.29±1.64	19.11±5.20	18.62±2.96	21.14±2.21	26.1±1.92	19.25 ^b ±2.79
300	0	0	0	0	0	0
Means	23.11±2	29.85 ^b ±2.96	23.57±2.04	29.96 ^b ±2.92	34.67±1.14	28.22±2.03
	"Farina di Basalto® Type XF" treatment *					
	Fresh weight (mg)					
0	3.31±0.047	3.77±0.14	2.62±0.14	2.95±0.33	3.34±0.15	3.20 ^{ab} ±0.16
75	2.82±0.11	4.76±1.81	2.91±0.27	2.98±0.15	3.7±0.06	3.43 ^a ±0.48
150	2.7±0.08	2.72±0.35	2.14±0.33	2.66±0.42	3.11±0.13	2.67 ^b ±0.26
300	2.41±0.23	1.25±0.25	0.97±0.27	2.62±0.14	2.61±0.18	1.97 ^c ±0.21
Means	2.81 ^a ±0.11	3.12 ^a ±0.63	2.16 ^b ±0.25	2.80 ^{ab} ±0.26	3.19 ^a ±0.13	2.82±0.27
	"Farina di Basalto® Type XF" treatment					
	Dry weight (mg)					
0	0.74±0.05	0.79±0.04	0.78±0.02	0.81±0.03	0.77±0.02	0.78 ^c ±0.03
75	0.79±0.02	0.81±0.04	0.83±0.02	0.85±0.02	0.92±0.02	0.84 ^b ±0.02
150	0.88±0.01	0.9±0.04	0.92±0.02	0.92±0.01	0.91±0.03	0.91±0.02
300	1.03±0.12	0.95±0.03	0.92±0.03	0.78±0.07	0.91±0.04	0.92±0.05
Means	0.86±0.05	0.86±0.02	0.86±0.2	0.84±0.03	0.86±0.02	0.86 ^a ±0.02
	Salt tolerance index					
0	1.00±0.07	1.07±0.034	1.06±0.03	1.10±0.05	1.04±0.16	1.06±0.06
75	1.07±0.05	1.09±0.02	1.12±0.03	1.16±0.03	1.24±0.04	1.14 ^{ab} ±0.03
150	0.88±0.03	0.9±0.05	0.92±0.03	0.92±0.02	0.91±0.05	1.23 ^b ±0.03
300	1.39±0.04	1.29±0.03	1.25±0.02	1.05±0.04	1.18±0.09	1.23 ^b ±0.04
Means	1.16±0.04	1.17±0.03	1.17±0.02	1.14±0.03	1.17±0.08	1.16 ^a ±0.04

Ogni valore rappresenta la media ± SE (n = 4). I risultati delle differenze significative tra le accessioni e i trattamenti determinate dall'ANOVA a due vie (test di Tukey, $p < 0,05$) sono indicati da: *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$

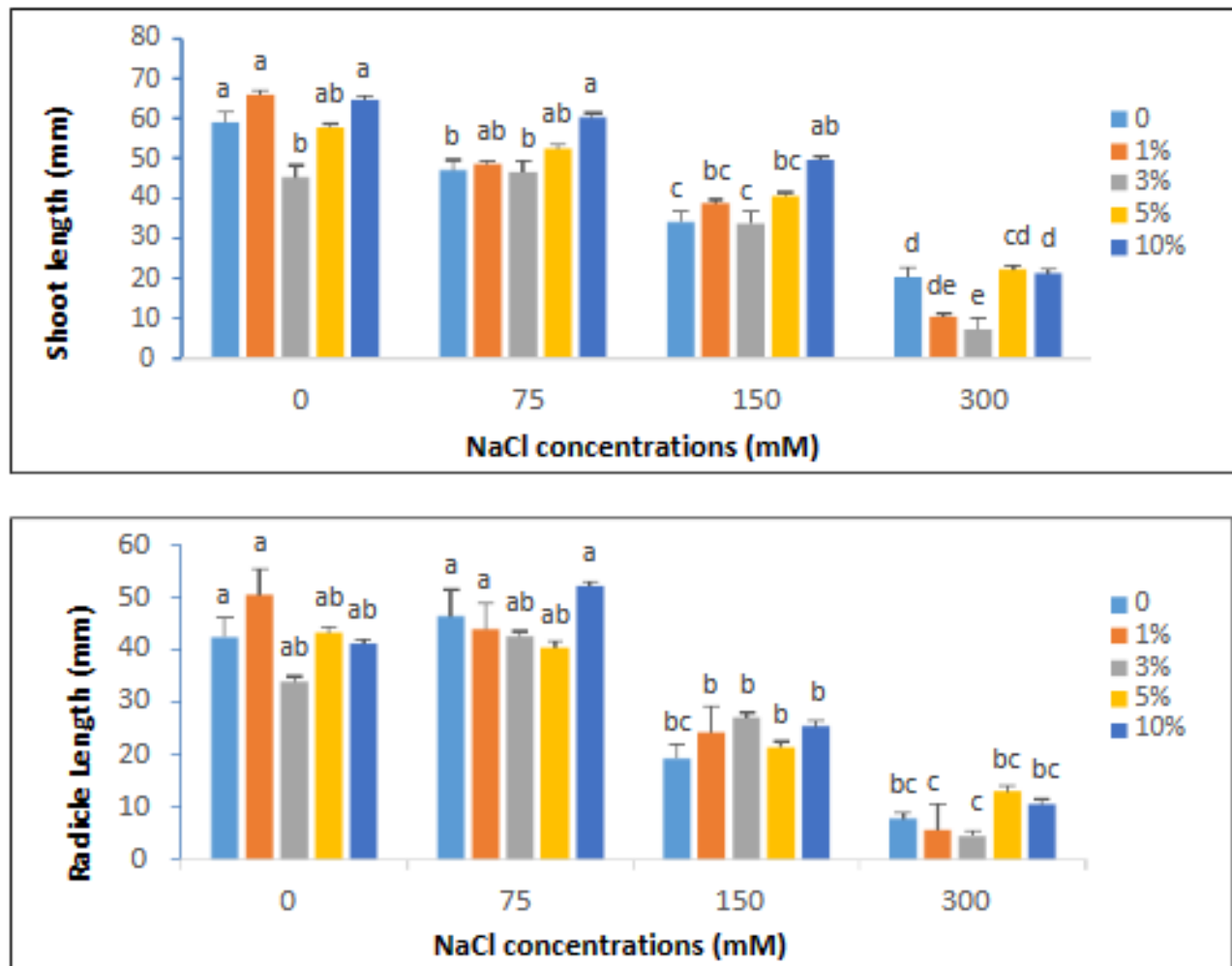


Figura 1. Effetto combinato della salinità e dei trattamenti con "Farina di Basalto® Tipo XF" sulla lunghezza dei germogli e delle radici di *L. albus*.

Le barre rappresentano la media \pm S.E. (n = 4).

Lettere diverse indicano una differenza significativa tra i trattamenti ($p < 0,05$, test multiplo di Tukey).

I pesi freschi e secchi delle piantine di *L. albus* variano in base ai livelli di salinità applicati. Il peso fresco medio ha registrato una diminuzione significativa del 38,5% a 300mM NaCl rispetto al controllo. Tuttavia, la media del peso secco ha mostrato un aumento significativo del 16,6% con 300 mM di concentrazione salina rispetto al controllo. Sebbene i trattamenti combinati di salinità e basalto abbiano avuto un effetto significativo sul peso secco, i diversi livelli di basalto non hanno mostrato una differenza statisticamente significativa su questo parametro. I risultati hanno mostrato un aumento significativo del 15% dell'indice di tolleranza al sale quando si applica il 10% di Farina di Basalto® di tipo XF alle piantine esposte a 75 mM di cloruro di sodio, tuttavia l'STI diminuisce del 15% con 300 mM di NaCl, rispetto al controllo. Questi risultati confermano che il rivestimento dei semi con il 10% di Farina di Basalto® di tipo XF allevia soprattutto i bassi livelli di stress da salinità nel lupino

bianco nella fase iniziale della crescita. Questi risultati concordano con gli studi precedenti. Infatti, l'aumento della concentrazione di sale induce un'elevata pressione osmotica, riducendo così la quantità di acqua disponibile per essere assorbita dai semi o dalla presenza di ioni tossici nella soluzione, che influisce negativamente sul processo di germinazione e sulla crescita delle piantine [21, 22]. Per quanto riguarda il basalto, la sua aggiunta ha avuto un impatto positivo sui parametri di crescita. Poiché il componente principale del basalto è il silicio, questo risultato è in linea con i rapporti precedenti, che hanno suggerito che il silicio ha molti effetti positivi sulla crescita e sulla resa, nonché sulla fisiologia e sul metabolismo in diverse specie vegetali [23, 24, 25].

Inoltre, lo studio condotto da Zuccarini [26] per valutare l'effetto del silicio su *Phaseolus vulgaris* L. in condizioni di stress salino ha mostrato che l'applicazione di Si ha migliorato significativamente la crescita delle piante stressate e che l'attenuazione della salinità è stata più efficace a concentrazioni più basse di NaCl (30 mM). Questi risultati positivi sono stati osservati nel nostro studio a 75 mM e 150 mM, soprattutto per la stimolazione dell'allungamento dell'ipocotile in base all'aumento della percentuale di "Farina di Basalto®", che dimostra l'elevata tolleranza di questa varietà di lupino bianco alla salinità e l'efficacia dei livelli di basalto studiati, con i migliori risultati registrati al 10%. Altri studi hanno dimostrato gli effetti benefici del silicio sull'aumento della superficie fogliare e della fotosintesi, diminuendo la decomposizione dei pigmenti fotosintetici e l'attività enzimatica antiossidante in condizioni di stress [25, 27, 28, 29].

Conclusione

Il trattamento delle sementi con Farina di Basalto®, ricca di silicio, può aumentare significativamente la tolleranza allo stress salino nel lupino bianco allo stadio di crescita giovanile. La presente ricerca ha messo in luce un nuovo metodo per alleviare lo stress da salinità utilizzando una roccia naturale, che costituisce una soluzione ecologica per aumentare la produzione di lupino bianco e consentire a questa coltura di far fronte ai vincoli abiotici. L'efficacia della Farina di Basalto® per altre specie di lupino e le dosi ottimali da utilizzare in condizioni controllate e in terreni salini potranno essere oggetto di ulteriori studi.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato svolto presso il Laboratorio di Sistemi di Produzione Agricola e Sviluppo Sostenibile. Gli autori desiderano ringraziare il responsabile del laboratorio SPADD, la professoressa Lamia Ajili Ghezal, e tutto il personale del laboratorio.

Riferimenti

1. Hussien ET. Salinity stress affecting viability and genetic stability of *Lupinus albus* L. *Vegetos*. 2022; 35:674-680.
2. Parlak AÖ. Effect of salinity in irrigation water on some plant development parameters of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) and soil salinity. *Journal of Agricultural Sciences*. 2008; 14(4): 320-325.
3. Mostafavi K, et al. Effect of salt stress on germination and early seedling growth stage of sugar beet cultivars. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*. 2012; 6(2):120-125.
4. Alves RC, Medeiros A S, Nicolau MCM, Pizolato Neto A, Oliveira F A, Lima LW, et al. The partial root-zone saline irrigation system and antioxidant responses in tomato plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2018; 127:366-379.
5. Rahmouni H, Ouari MT. Caractérisation et étude des propriétés d'usage des tufs de Remila. Mémoire fin d'étude. Université Abderrahmane Mira de Bejaia, Bejaia, 2016, 31.
6. Drobot NF, Noskova OA, Steblevskii AV, Fomichev SV, Krenev KA. Use of chemical and metallurgical methods for processing of gabbro-basalt raw material. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. 2013; 47(4):484-8.
7. Pisciotta A, Perevozchikov BV, Osovetsky BM, Menshikova EA, Kazymov K P. Quality Assessment of Melanocratic Basalt for Mineral Fiber Product, Southern Urals, Russia. *Natural Resources Research*. 2014; 24:329-337.
8. Elimem M, Kalboussi M, Lahfef C, Rouz S, Kharroubi H, et al. 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. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*. 2021; 14(5):01-06.
9. Fawzy ZF, El-Bassiony AM, Yunsheng L, Zhu O, Ghoname AA. Effect of mineral, organic and bio-N fertilizers on growth, yield and fruit quality of sweet pepper. *Journal of Applied Sciences Research*. 2012; 8(8):3921-3933.
10. Rouz S, Elimem M, Kharroubi H, Mekni A, Kouki S, et al. Effect of basalt powder « Farina di Basalto® » on pepper crop growth parameters under greenhouse. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*. 2020; 13(11):29-39.
11. Isnugroho K, Hendronursito Y, Birawidha DC. Characterization and utilization potential of basalt rock from East-Lampung district. *Mineral Processing and Technology International Conference*. 2017; 285:1-5.
12. Anonymous. Scheda Tecnica dei principali elementi Caratteristiche fisico chimiche e composizione chimica Farina Di Basalto®. 2022.
13. Alves RC, Nicolau MCM, Checchio MV, et al. Salt stress alleviation by seed priming with silicon in lettuce seedlings: an approach based on enhancing antioxidant responses. *Bragantia*. 2020; 79:19-29.
14. Sivanesan I, Son MS, Lim CS, Jeong BR. Effect of soaking of seeds in potassium silicate and uniconazole on germination and seedling growth of tomato cultivars, Seogeon and Seokwang. *African Journal of Biotechnology*. 2011; 10:6743-6749.
15. Imtiaz M, Rizwan MS, Mushtaq MA, Ashraf M, Shahzad SM, Yousaf B, et al. Silicon occurrence, uptake, transport and mechanisms of heavy metals, minerals and salinity enhanced

- tolerance in plants with future prospects: A review. *Journal of Environmental Management*. 2016; 183:521-529.
16. Elimem M, Jaouadi R, Kalboussi M, et al. 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*. 2022; 2(1):71-80.
 17. Sayar R, Bchini H, Mosbahi M, et al. Effects of salt and drought stresses on germination, emergence and seedling growth of durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Journal of Agricultural Research*. 2010; 5(15):2008-2016.
 18. El Rasafi T, Nouri M, Bouda S, Haddioui A. The Effect of Cd, Zn and Fe on Seed Germination and Early Seedling Growth of Wheat and Bean. *Ekológia (Bratislava)*. 2016; 35(3):213-223.
 19. Aghamir F, Bahrami H, Malakouti MJ, Eshghi S, Sharifi F. Seed germination and seedling growth of bean (*Phaseolus vulgaris*) as influenced by magnetized saline water. *Eurasian Journal of Soil Science*. 2016; 5(1): 39- 46.
 20. Utz, H.F. *Plabstat: A Computer Program for Statistical Analysis of Plant Breeding experiments*. Universitat Hohenheim; Stuttgart, Germany. Version 3A, 2011.
 21. Pearson KE, Bauder JW. The basics of salinity and sodicity effects on soil physical properties. *Water quality and irrigation management*, 2003, 1-9.
 22. Othman Y, Al-KaraKi G, Al-Tawaha AR, AlHorani A. Variation germination and ion uptake in genotype barley under salinity condition. *World Journal of Agricultural Sciences*. 2006; 2(1):11-15
 23. Liang YC, Sun W, Zhu YG, Christie P. Mechanisms of silicon mediated alleviation of abiotic stress in higher plants: a review. *Environmental Pollution*. 2007; 147:422-428.
 24. Ma JF, Yamaji N. Functions and transport of silicon in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 2008; 65:3049-3057.
 25. Bybordi A. Effect of ascorbic acid and silicium on photosynthesis, antioxidant enzyme activity, and fatty acid contents in canola exposure to salt stress. *Journal of Integrative Agriculture*. 2012; 11(10):1610-1620.
 26. Zuccarini P. Effects of silicon on photosynthesis, water relations and nutrient uptake of *Phaseolus vulgaris* under NaCl stress. *Biol. Plantarum*. 2008; 52:157-160.
 27. Liang YC, Chen Q, Liu Q, Zhang W, Ding R. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of plant physiology*. 2003; 160(10):1157-1164.
 28. Al-aghabary K, Zhu Z, Qinhuia S. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*. 2005; 27:2101-2115.
 29. Gong H, Zhu X, Chen K, Wang S, Zhang S. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. *Plant Science*. 2005; 169:313-321.

Yosr Ben Mhara, et. al. Effetti dell'interazione tra salinità e "Farina di Basalto®" sulle piantine della varietà di lupino bianco - Pubblicato su International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation - ISSN (online): 2582-7138 Volume: 03 Issue: 06 November-December 2022 - Page No: 508-512 - allmultidisciplinaryjournal.com