

## Effetto di silicati e conducibilità elettrica sul contenimento di patogeni in colture fuori suolo

Massimo Pugliese<sup>1,2\*</sup>, Giovanna Gilardi<sup>1</sup>, Walter Chitarra<sup>1</sup>, Maria Lodovica Gullino<sup>1,2</sup> e Angelo Garibaldi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro di Competenza per l'Innovazione in Campo Agro-ambientale Agroinnova, Università di Torino, Grugliasco (TO)

<sup>2</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università di Torino, Grugliasco (TO)

### Effect of silicates and electrical conductivity on the control of plant pathogens in soil-less system

**Abstract.** Silicon is the second most abundant element on earth's surface and its use can stimulate natural defense mechanisms in plants. The effect of potassium silicate addition to nutrient solutions at three different levels of electrical conductivity was evaluated in several experiments carried out in hydroponically systems against the following pathosystems: lettuce downy mildew, tomato powdery mildew and *Alternaria* leaf spot on rocket. Silicon, added at the concentration of 100 mg/l to nutrient solutions, significantly reduced the diseases, especially when combined with an increasing level of electrical conductivity. The possibility and benefits of applying Si amendments to reduce the use of chemical fungicides, according to an integrated approach in soil-less systems is discussed.

**Key words:** potassium silicate, downy mildew of lettuce, powdery mildew of tomato, *Alternaria* leaf spot of rocket.

### Introduzione

Il silicio (Si) è il secondo elemento più abbondante sulla superficie terrestre. A differenza del fosforo inorganico del suolo, il Si è prontamente assorbito dalle radici delle piante sotto forma di acido silicico ( $H_4SiO_4$ ), a concentrazioni normalmente comprese tra 9,6 e 57,6 mg/l. All'interno dei tessuti vegetali, il Si viene depositato nelle membrane, nelle pareti cellulari e negli spazi intercellulari come silice amorfa idratata ( $SiO_2 \cdot nH_2O$ ) attraverso la polimerizzazione di  $H_4SiO_4$ .

Nonostante sia un importante componente dei tessuti vegetali, il Si non è considerato come un elemen-

to essenziale per le piante superiori, fatta eccezione per graminacee, Equisetaceae e alcune specie di Cyperaceae. Tuttavia, è stato segnalato come la mancanza di Si nelle soluzioni nutritive porti a sintomi quali clorosi delle foglie e depressione della formazione dei frutti in colture come il cetriolo (Marschner *et al.*, 1990).

Per quanto riguarda l'effetto in generale sulle piante, applicazioni di silicati sembrano fornire una serie di altri vantaggi nel correggere squilibri nutrizionali e produrre effetti positivi sullo sviluppo e la riproduzione delle piante (Epstein, 2009).

Il contenimento di malattie fungine con trattamenti a base di silicio sembra, inoltre, essere associato sia alla stimolazione nella pianta di meccanismi naturali di difesa sia al rafforzamento della parete cellulare, che crea una barriera naturale alla penetrazione fungina (Datnoff *et al.*, 2007).

In considerazione del potenziale effetto positivo dei sali inorganici impiegati come mezzi di difesa, è stata valutata la possibilità di utilizzare i silicati nei programmi di lotta a patogeni fogliari di specie orticole con l'obiettivo in particolare di individuare nuovi mezzi per le colture allevate fuori suolo.

### Materiali e metodi

Nel periodo 2008-2011, presso il Centro di competenza Agroinnova in un sistema di coltivazione a ciclo chiuso, è stato valutato l'effetto dell'impiego del silicato di potassio ( $K_2SiO_3$ ) nei confronti di patogeni fogliari di diverse specie orticole (mal bianco del pomodoro causato da *Oidium neolycopersici*, peronospora della lattuga provocata da *Bremia lactucae*, alternariosi della rucola dovuta ad *Alternaria japonica*). Nel corso delle prove sono state utilizzate soluzioni nutritive differenti per conducibilità elettrica (EC) e per la presenza o l'assenza di silicato di potassio. In tutte le prove la soluzione EC1 ( $NO_3^-$  11,24 mM;  $NH_4^+$  4,80 mM;  $KH_2PO_4$  0,75 mM;  $K_2SO_4$  0,75

\* massimo.pugliese@unito.it

mM; Ferro chelato EDTA0,012 mM; MgO<sub>2</sub>,0 mM; SO<sub>3</sub>,2,0 mM; B 0,20 mM; Mo0,001mM; Zn 0,15mM; CaO 3,1mM; Cu<sup>++</sup>0,05mM; Mn0,25mM; K 12,20mM) veniva utilizzata come standard, mentre la EC2 e la EC3 venivano ottenute aggiungendo, rispettivamente, 0,70 g/l e 0,95 g/l di cloruro di sodio (NaCl) alla EC1 (tab. 1). L'inoculazione delle piante con patogeni fogliari è stata effettuata circa 7 giorni dopo il trapianto delle diverse specie orticole allevate in presenza/assenza di K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> (100 mg l<sup>-1</sup>) alle diverse conducibilità elettriche saggiate (tab. 1). A fine prova, circa 40 giorni dal trapianto, veniva eseguito un rilievo sulla diffusione (% di foglie colpite) e gravità (% di superficie fogliare colpita) della malattia.

Il disegno sperimentale adottato è stato di una canalina del sistema fuori suolo per ogni trattamento, disposte in modo randomizzato e con 30 vasi ciascuna. Per ogni patosistema sono state condotte tre prove. I dati sono stati sottoposti all'analisi Anova e al test di Tukey (p<0,05).

## Risultati

Il silicato di potassio aggiunto alla soluzione nutritizia EC1 ed EC2 ha ridotto gli attacchi del mal bianco del pomodoro: tale positivo effetto è persistito per circa 60 giorni dopo l'inoculazione di *O. neolycopersici* nel caso della EC1 (tab. 2). L'utilizzo della concentrazione salina maggiore (EC3) ha prodotto effetti positivi sul contenimento della malattia (tab. 2).

Nei confronti di *Bremia lactucae*, l'aggiunta del silicato di potassio alla soluzione nutritizia di riferimento (EC1) ha comportato una riduzione significativa della gravità della peronospora nelle prove 1 e 2 (tab. 3). I migliori risultati, in termini di contenimento della malattia, sono stati osservati con l'aggiunta di silicato di potassio alla soluzione a concentrazione EC3 che ha fornito una riduzione del 67% di diffusione della malattia e dell'83% della gravità della peronospora nelle piante allevate con tale soluzione nutritizia rispetto alla E.C.1 di riferimento (tab. 3).

Tab. 1 - Prove di valutazione dell'efficacia del silicato di potassio e della conducibilità elettrica sul contenimento della gravità degli attacchi causati da alcuni patogeni fogliari su specie orticole selezionate, condotte presso Agroinnova.

Tab. 1 - Trials carried out to evaluate the effect of electrical conductivity (EC) and of potassium silicate on selected leaf pathogens of vegetable crops, trials carried out at Agroinnova.

Ospite	Patogeno	Conducibilità elettrica della soluzione nutritizia (mScm <sup>-1</sup> )	Temperatura dell'ambiente di esecuzione delle prove (°C)	Inoculazione artificiale a giorni diversi dopo il trapianto alle differenti concentrazioni del patogeno (conidi/ml)
Pomodoro cv Cuore di bue	<i>Oidium neolycopersici</i>	1,8 (EC1*) 4,0 (EC2), 5-5,5 (EC3)	20 - 26	15-20 giorni 1-5x10 <sup>5</sup> conidi/ml
Lattuga cv Cobham Green	<i>Bremia lactucae</i>	1,5-1,6 (EC1), 3-3,5 (EC2), 4-4.5 (EC3)	18 - 24	15-20 giorni (1 x 10 <sup>4</sup> e 1 x 10 <sup>5</sup> conidi/ml)
Rucola cv coltivata	<i>Alternaria japonica</i>	1,5-1,6 (EC1), 3-3,5 (EC2), 4-4.5 (EC3)	20 - 28	6, 18 e 38 giorni (1,2 x 10 <sup>5</sup> e 3,0 x 10 <sup>5</sup> conidi/ml)

\* Composizione della soluzione EC1 = NO<sub>3</sub>- 11,24 mM; NH<sub>4</sub>+4,80 mM; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0,75 mM; K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,75 mM; Ferro chelato EDTA0,012 mM; MgO<sub>2</sub>,0 mM; SO<sub>3</sub>,2,0 mM; B 0,20 mM; Mo0,001mM; Zn 0,15mM; CaO 3,1mM; Cu<sup>++</sup>0,05mM; Mn0,25mM; K 12,20mM.

Composizione della soluzione EC2 = EC1 + NaCl 0,70 g/l

Composizione della soluzione EC3 = EC1 + NaCl 0,95 g/l

Tab. 2 - Effetto della conducibilità elettrica (EC) e del silicato di potassio sulla diffusione (% di foglie colpite) e gravità (% di superficie fogliare colpita) degli attacchi di *Oidium neolycopersici* su pomodoro cv Cuore di Bue nel corso di tre prove.

Tab. 2 - Effect of electrical conductivity (EC) and of potassium silicate on the incidence and severity of tomato powdery mildew, incited by *Oidium neolycopersici* expressed respectively as percentage of leaves infected and as percentage of leaf area affected (cv Cuore di bue,) during three trials.

EC	Si <sup>a</sup>	Percentuale di foglie colpite			Percentuale di superficie fogliare colpita		
		Prova 1	Prova 2	Prova 3	Prova 1	Prova 2	Prova 3
		30 ottobre 2008	8 marzo 2010	16 giugno 2010	30 ottobre 2008	8 marzo 2010	16 giugno 2010
EC1 <sup>b</sup>	No	56 b <sup>d</sup>	88 c	75 b	14 b	36 c	27 b
EC2	No	- <sup>c</sup>	75 b	57 a	-	21 b	12 a
EC3	No	7 a	-	-	a	-	-
EC1	Si	3 a	60 a	71 ab	a	12 a	7 a
EC2	Si	-	-	54 a	-	-	6 a
EC3	Si	1 a	-	-	a	-	-

<sup>z</sup> Silicato di potassio a 100 mg l<sup>-1</sup>.

<sup>b</sup> Soluzione nutritizia standard. Vedi tabella 1

<sup>c</sup> Non saggiato.

<sup>d</sup> I valori nella colonna seguiti da lettere uguali non sono significativi per P < 0,05 (test di Tukey).

Tab. 3 - Effetto della conducibilità elettrica (EC) e del silicato di potassio sulla diffusione (% di foglie colpite) e gravità (% di superficie fogliare colpita) sugli attacchi di *Bremia lactucae* su lattuga cv Cobham green nel corso di tre prove.

Tab. 3 - Effect of electrical conductivity (EC) and of potassium silicate on the incidence and severity of lettuce downy mildew, incited by *Bremia lactucae* expressed respectively as percentage of leaves infected and as percentage of leaf area affected (cv Cobham green) during three trials.

EC	Si <sup>a</sup>	Percentuale di foglie colpite			Percentuale di superficie fogliare colpita		
		Prova 1	Prova 2	Prova 3	Prova 1	Prova 2	Prova 3
		29 marzo 2010	24 novembre 2010	04 febbraio 2011	29 marzo 2010	24 novembre 2011	04 febbraio 2011
E.C.1 <sup>b</sup>	No	46,7 b <sup>d</sup>	39 b	45,5 e	21,8 b	12,4 bc	15,6 e
E.C.1	Si	19,0 a	29 ab	38,0 de	4,6 a	8,2 abc	13,7 de
E.C.2	No	29,0 a	51 b	30,0 cd	5,8 a	16,5 c	10,5 cd
E.C.2	Si	- <sup>c</sup>	37 b	21,5 bc	-	10,4 bc	6,8 bc
E.C.3	No	-	29,5 ab	14,5 ab	-	7,8 ab	2,6 ab
E.C.3	Si	-	6,5 a	10,0 a	-	1,0 a	1,3 a

<sup>a</sup> Silicato di potassio a 100 mg l<sup>-1</sup>.

<sup>b</sup> Soluzione nutritizia standard. Vedi tabella 1

<sup>c</sup> Non saggiato.

<sup>d</sup> I valori nella colonna seguiti da lettere uguali non sono significativi per P < 0,05 (test di Tukey).

L'aumento della conducibilità elettrica e l'impiego di silicato di potassio hanno ridotto significativamente l'incidenza e la gravità degli attacchi di *B. lactucae*, mentre l'interazione di questi due fattori non è stata significativa.

I risultati ottenuti somministrando il silicato di potassio per mezzo della soluzione nutritizia unita all'incremento della conducibilità elettrica nelle coltivazioni fuori suolo della rucola, una specie orticola in rapida espansione, hanno mostrato effetti positivi nel contenimento di attacchi *A. japonica* su questa coltura (tab. 4). In particolare, con la semplice aggiunta alla soluzione nutritizia EC1 di silicio il contenimento del patogeno persiste oltre 15 giorni dopo l'inoculazione. In generale, l'effetto di contenimento più efficace è stato raggiunto a livelli di conducibilità elettrica più elevati (EC2 ed EC3) e con l'aggiunta del silicato di potassio alla soluzione (tab. 4).

## Conclusioni

I risultati da noi osservati relativi al contenimento degli attacchi di *O. lycopersici* su pomodoro, di *B. lactucae* su lattuga e di *A. japonica* su rucola confermano gli effetti benefici dalla somministrazione di silicati osservati anche su altre specie orticole. Anche l'aumento della concentrazione della soluzione nutritizia ha manifestato un effetto positivo nel contenimento sia del mal bianco del pomodoro sia della peronospora della lattuga con la possibilità in futuro di ridurre notevolmente l'utilizzo dei fungicidi attuando una lotta di tipo integrata nelle colture fuori suolo (Garibaldi *et al.*, 2011, 2012).

Anche l'utilizzo di silicati provenienti dall'industria fotovoltaica può essere una strategia utile al contenimento di alcuni patogeni fogliari quale il mal bianco, in particolare in coltivazioni biologiche.

Tab. 4 - Effetto della conducibilità elettrica (EC) e del silicato di potassio sulla diffusione (% di foglie colpite) e gravità (% di superficie fogliare colpita) degli attacchi di *Alternaria japonica* su rucola cv Coltivata nel corso di tre prove.

Tab. 4 - Effect of electrical conductivity (EC) and of potassium silicate on the incidence and severity of rocket (cv. Coltivata) *Alternaria leaf spot*, incited by *Alternaria japonica* expressed respectively as percentage of leaves infected and as percentage of leaf area affected during three trials.

E.C.	Si <sup>a</sup>	Percentuale di foglie colpite			Percentuale di superficie fogliare colpita		
		Prova 1	Prova 2	Prova 3	Prova 1	Prova 2	Prova 3
		29 marzo 2010	24 novembre 2010	04 febbraio 2011	29 marzo 2010	24 novembre 2011	04 febbraio 2011
E.C.1 <sup>b</sup>	No	46,3 c <sup>c</sup>	56,0 d	30,0 c	9,6 b	8,2 d	3,8 c
E.C.1	Si	31,8 b	44,8 c	26,8 bc	3,3 a	6,5 cd	2,9 bc
E.C.2	No	31,8 b	45,5 c	25,8 bc	3,6 a	5,8 c	2,3 b
E.C.2	Si	25 ab	34,5 b	20,8 b	2,8 a	3,6 b	1,9 ab
E.C.3	No	22 ab	29,5 b	11,3 a	1,7 a	2,6 ab	0,8 a
E.C.3	Si	16,8 a	15,7 a	10,3 a	1,4 a	0,9 a	0,8 a

<sup>a</sup> Silicato di potassio a 100 mg l<sup>-1</sup>.

<sup>b</sup> Soluzione nutritizia standard. Vedi tab. 1

<sup>c</sup> I valori nella colonna seguiti da lettere uguali non sono significativi per P < 0,05 (test di Tukey).

Questa tecnica non pare sufficiente nel caso l'infezione sia molto grave e occorrono ulteriori indagini per valutare tale effetto anche su altri patosistemi, oltre che per meglio comprendere i meccanismi d'azione che stanno alla base di questo fenomeno.

### Riassunto

Il silicio (Si) è il secondo elemento più abbondante sulla superficie terrestre e il suo utilizzo può stimolare meccanismi di difesa nelle piante. L'effetto dell'aggiunta di silicato di potassio alla soluzione nutritiva a tre livelli crescenti di conducibilità elettrica in un sistema in fuori suolo è stato valutato in diverse prove sperimentali nei confronti dei seguenti patosistemi: peronospora della lattuga, mal bianco del pomodoro, necrosi fogliare causata da *Alternaria* su rucola. Silicati applicati alla concentrazione di 100 mg/l hanno significativamente ridotto gli attacchi da parte dei patogeni, soprattutto se in combinazione con crescenti livelli di conducibilità elettrica, con la possibilità in futuro di ridurre notevolmente l'utilizzo dei fungicidi attuando una lotta di tipo integrata nelle colture fuori suolo.

**Parole chiave:** silicato di potassio; peronospora della lattuga, mal bianco del pomodoro; alternariosi della rucola.

Lavoro svolto con un contributo della Regione Piemonte e dell'Unione Europea (Fondo Europeo per lo Sviluppo POR FESR 2007/2013, Asse I – I.1.3 Innovazione e PMI), nell'ambito del progetto BYFRIEND, Polo della Chimica Sostenibile.

### Bibliografia

- DATNOFF L. E., RODRIGUEZ F. A., SEEBOLD K., 2007. Silicon and plant disease. In: Mineral Nutrition and Plant Disease (Datnoff L. E., Elmer W. H., Huber D. M., ed.). St. Paul, MN, American Phytopathological Society, pp 233-246.
- EPSTEIN E., 2009. Silicon: its manifold roles in plants. *Annals Applied Biology* 155, 155-160.
- MARSCHNER H., OBERLE H., ÇAKMAK I., RÖMHELD V., 1990. Growth enhancement by silicon in cucumber (*Cucumis sativus*) plants depends on imbalance in phosphorus and zinc supply. *Plant Soil*, 124: 211-219.
- GARIBALDI A., GILARDI G., COGLIATI E. E., GULLINO M. L., 2012. Silicon and increased electrical conductivity reduce downy mildew of soilless grown lettuce. *European Journal of Plant Pathology*, 132: 123-132.
- GARIBALDI A., GILARDI G., GULLINO M. L., 2011. Silicon and electrical conductivity reducing powdery mildew of hydroponically grown tomato. *Phytopathologia Mediterranea*, 50, 192-202.