



Protocollo di utilizzo degli idrogel all'impianto del vigneto

Pier Giorgio Bonicelli, Laura Palermo, Tommaso Frioni

Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza – 3/8/2024

Idrogel superassorbenti: cosa sono

Il termine "idrogel" identifica materiali composti da catene reticolate tridimensionali di gruppi funzionali idrofili, o reti di particelle colloidali in grado di assorbire e trattenere una quantità significativa di acqua rispetto al proprio peso (Peng et al., 2012; Guilherme et al., 2015; Ho et al., 2022).

Quando aggiunto a substrati, terreni di coltura o suoli agricoli, l'idrogel migliora la capacità di ritenzione idrica con una diversa entità a seconda della consistenza originale del terreno, delle dosi di applicazione e della configurazione chimica del polimero (Saha et al., 2020). Gli idrogel sono una tecnologia messa a punto nella seconda parte del 900 e largamente impiegata in vari settori industriali. In agricoltura, nonostante le potenzialità, non hanno avuto diffusione per il loro costo elevato e per il rilascio di acrilammide, sostanza tossica per l'uomo e per l'ambiente. Tuttavia, recentemente sono stati elaborati nuovi polimeri a base di poliacrilato di sodio o potassio e di materiali organici come residui di cellulosa/amido o derivati da lignin-sulfonato (Guilherme et al., 2015; Haske-Cornelius et al., 2019; Saha et al., 2020; Supare e Mahanwar, 2021; Liu et al., 2022; Vera et al., 2023). Questi materiali superassorbenti presentano buone proprietà di ritenzione idrica e risolvono la problematica del rilascio di acrilammide e presentano costi di produzione più bassi, rispetto agli idrogel di vecchia generazione. Inoltre, gli SH di origine biologica, essendo privi di componenti di origine fossile, sono ammessi in agricoltura biologica (Haske-Cornelius et al., 2019; Ghobashy, 2020; Mondal et al., 2021; Liu et al., 2022; Vera et al., 2023). Di particolare rilievo per il settore agricolo, è il fatto che gli idrogel non assorbano solamente acqua, ma una qualsiasi soluzione. Sebbene studi appropriati sono necessari, in tale chiave possono assumere un ruolo di rilievo anche in irriguo, o in presenza di fertirrigazione, al fine di localizzare i nutrienti in prossimità degli apparati radicali e sottrarli a processi di lisciviazione.

Tipologie di idrogel presenti sul mercato

Gli idrogel più comuni oggi sul mercato sono quelli a base di poliacrilato di potassio o di poliacrilato di sodio (Figura 1). Sono polimeri in forma di granuli, o cristalli, a seconda dei formulati e sono considerati ammendanti, e come tali sono attualmente ammessi in agricoltura convenzionale e integrata. Ne esistono di diverse tipologie e formulazioni, e le proprietà possono variare anche significativamente. Sono gli idrogel con la maggior capacità di assorbimento massimo dell'acqua che va da 85 a 370 g per g di polimero. In pratica, ogni g di idrogel applicato al suolo può essere in grado di assorbire fino a 85 e 370 mL di acqua rispettivamente. Sono ottenuti da componenti fossili, le stesse impiegate anche per la messa a punto delle membrane di alcuni fertilizzanti a lento rilascio, opportunamente lavorate. Rispetto agli idrogel tradizionali non contengono poliacrilammide, e si degradano in 2-4 anni in acqua e anidride carbonica.

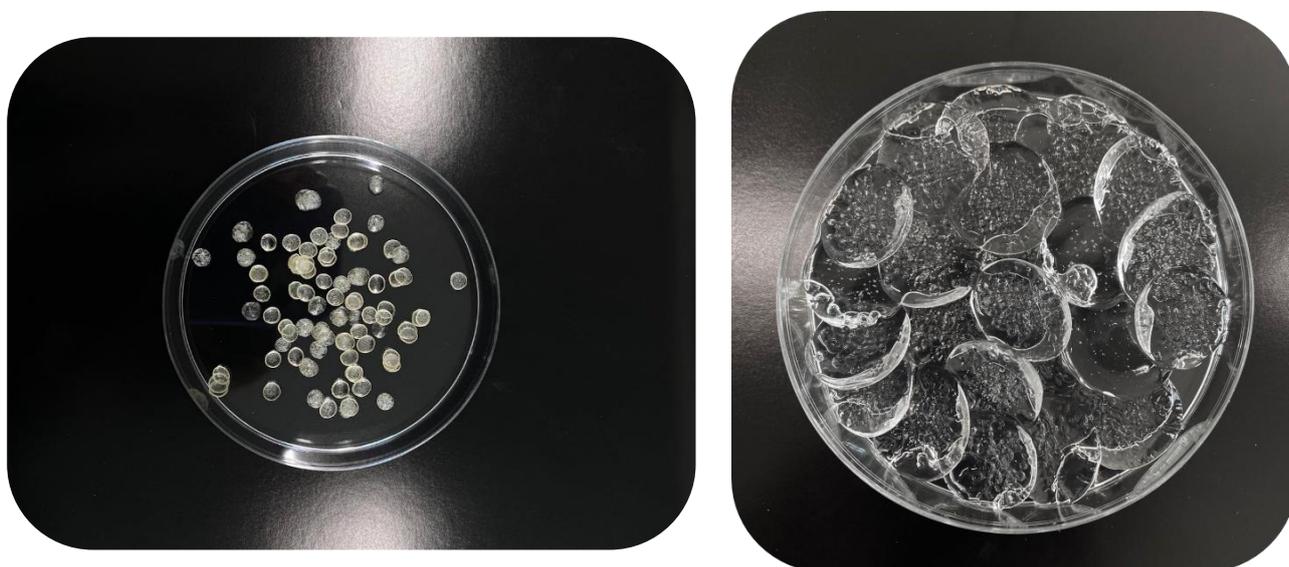


Fig. 1: a sinistra idrogel a base di poliacrilato di potassio nella loro forma disidratata, a destra gli stessi idrogel nella loro forma idratata

Gli idrogel ottenuti da materiale organico hanno proprietà e caratteristiche significativamente differenti a seconda della loro origine. Quelli attualmente disponibili sul mercato sono ottenuti per idrolisi di alcuni derivati cellulosici, lignin-sulfonati nello specifico, sottoprodotti dell'industria della carta (Figura 2). Sono materiali composti da molecole assai più complesse rispetto agli idrogel di sintesi, che spesso contengono macro e micro-nutrienti che vengono progressivamente rilasciati. La loro capacità di assorbimento massima di acqua varia a seconda del formulato, ma è generalmente inferiore rispetto a quella esibita dagli idrogel in poliacrilato di potassio (9 volte il loro peso secco iniziale). Tuttavia, il loro costo è inferiore e le proprietà comparabili, quando aggiunti ad un suolo o substrato. A seconda della tipologia, gli idrogel a base di lignin-sulfonati sono ammessi in agricoltura biologica come ammendanti o fertilizzanti speciali.

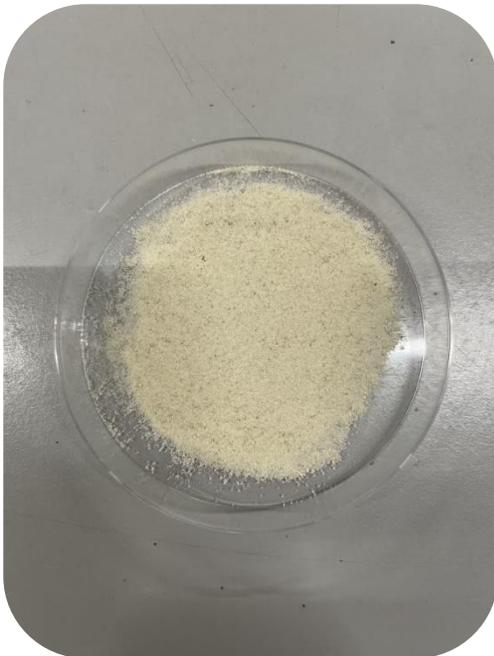
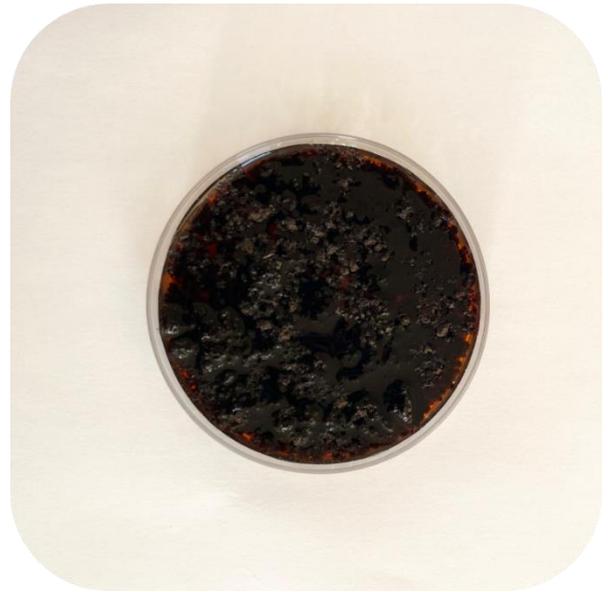


Fig. 2: a sinistra idrogel di origine organica nella loro forma disidratata, a destra gli stessi idrogel nella loro forma idratata

Alcuni gruppi stanno mettendo a punto nuovi idrogel, ottenuti da derivati dell'amido, della cellulosa, del cotone e di altre fibre naturali di origine organica. La necessità di nuovi strumenti per l'adattamento dell'agricoltura al cambiamento climatico ha dato un notevole impulso all'industria della chimica verde e per tale motivo è prevedibile che nei prossimi anni l'offerta a disposizione degli agricoltori aumenti, e il costo diminuisca.

Come gli idrogel modificano le costanti idrologiche del suolo

Gli idrogel a base di poliacrilato di potassio assorbono acqua fino a 300 volte il loro peso secco iniziale, mentre quelli a base organica assorbono acqua fino a 9 volte il loro peso. Tale aspetto risulta fondamentale per calibrare adeguatamente le dosi in relazione al potenziale assorbimento massimo. Prendendo come riferimento un suolo franco-sabbioso, in seguito a copiose piogge, gran parte dell'acqua che lo raggiunge viene persa per percolazione o ruscellamento; quindi, solo una quota rimane trattenuta dalla microporosità del substrato (capacità di campo). Di questa, gran parte viene rapidamente persa per evaporazione o in condizioni di assenza di stress idrico per la vite (i.e. a potenziali idrici compresi tra 0 e -0,3 MPa). Su questi suoli, l'aggiunta di idrogel super-assorbenti è in grado di aumentare notevolmente la capacità di campo (Tabella 1). Inoltre, i suoli addizionati di idrogel permettono di aumentare la quantità di acqua nel suolo per ogni intervallo di potenziale idrico del suolo attraversato tipicamente da una vite che passa da uno stato di assenza di stress a stress severo. Ciò significa che gli idrogel permettono di trattenere nel suolo quella frazione di acqua che contrariamente andrebbe persa per evaporazione o in assenza di condizioni limitanti per la vite. Dunque, il loro utilizzo assume un rilievo importante per la difesa della siccità nei vigneti dove risulta efficace nell'aumentare localmente la capacità di campo e migliorare le performance fisiologiche della vite.

Tuttavia, all'aumento della capacità di campo corrisponde anche un aumento del punto di appassimento permanente, ossia quel contenuto in acqua al di sotto del quale le piante non sono più in grado di estrarre acqua dal suolo. In ogni caso, nei suoli in cui sono stati aggiunti gli idrogel l'aumento di capacità di campo risulta sempre superiore rispetto all'aumento del punto di appassimento. Ne risulta che l'applicazione di idrogel al suolo aumenta sempre l'acqua disponibile massima per le piante (la differenza tra capacità di campo e punto di appassimento permanente).

Treatment (T)	FC (g H ₂ O/g Sub + g polymer)	FC2 (g H ₂ O/g Sub + g polymer)	PWP (g H ₂ O/g Sub + g polymer)	AWC (g H ₂ O/g Sub + g polymer)
Substrate	0,24 ± 0,01 b ²	0,25 ± 0,01 c	0,01 ± 0,01 c	0,23 ± 0,02 c
Substrate + SH1	0,45 ± 0,01 a	0,46 ± 0,03 a	0,03 ± 0,01 b	0,42 ± 0,01 a
Substrate + SH2	0,43 ± 0,02 a	0,44 ± 0,01 a	0,10 ± 0,02 a	0,33 ± 0,02 bc
Substrate + SH3	0,42 ± 0,02 a	0,38 ± 0,02 b	0,08 ± 0,01 a	0,34 ± 0,01 ac
Sig.	***	***	ns	*

Tabella 1: i. caratteristiche fisiche di un suolo sabbioso-argilloso dopo l'aggiunta di tre idrogel.
ii. Substrate= suolo, SH1=poliacrilato di potassio 95%, SH2=poliacrilato di potassio 99%, SH3= idrogel di origine organica
iii. FC=capacità di campo; FC2=capacità di campo dopo un secondo ciclo di idratazione, PWP =punto di appassimento permanente; AWC= Available Water Content.

Effetti degli idrogel sulle performance fisiologiche della vite e sull'accrescimento dei germogli

Nell'attuale contesto climatico, con una pluviometria sempre più scarsa e/o irregolare e temperature estive estreme in molti areali vitivinicoli, i vigneti irrigui e, soprattutto, non irrigui si trovano spesso in condizioni fisiologicamente limitanti

In base alle proprietà fisico-chimiche precedentemente descritte (capacità di campo e cessione di acqua a potenziali idrici compatibili con l'assorbimento da parte degli apparati radicali della vite), le piante trattate con idrogel a base di poliacrilato di potassio sono in grado di migliorare il potenziale idrico del suolo al diminuire della sua dotazione idrica. In Figura 3 è riportata l'evoluzione del potenziale idrico di un terreno franco-sabbioso aggiunto di idrogel (30 g/pianta) e non, alla riduzione dell'irrigazione del 50% e poi alla sospensione totale dell'irrigazione, prima del suo ripristino. In assenza di idrogel il potenziale idrico del suolo inizia ad oscillare, con cali significativi nelle ore diurne e un pieno ripristino in seguito alla somministrazione di acqua, mentre nelle piante a cui sono stati applicati idrogel non si osserva alcun calo del parametro. Alla sospensione totale dell'irrigazione il potenziale idrico del suolo cala repentinamente e progressivamente nel controllo, mentre nelle piante trattate il potenziale idrico del suolo è calato solo a distanza di due-tre giorni.

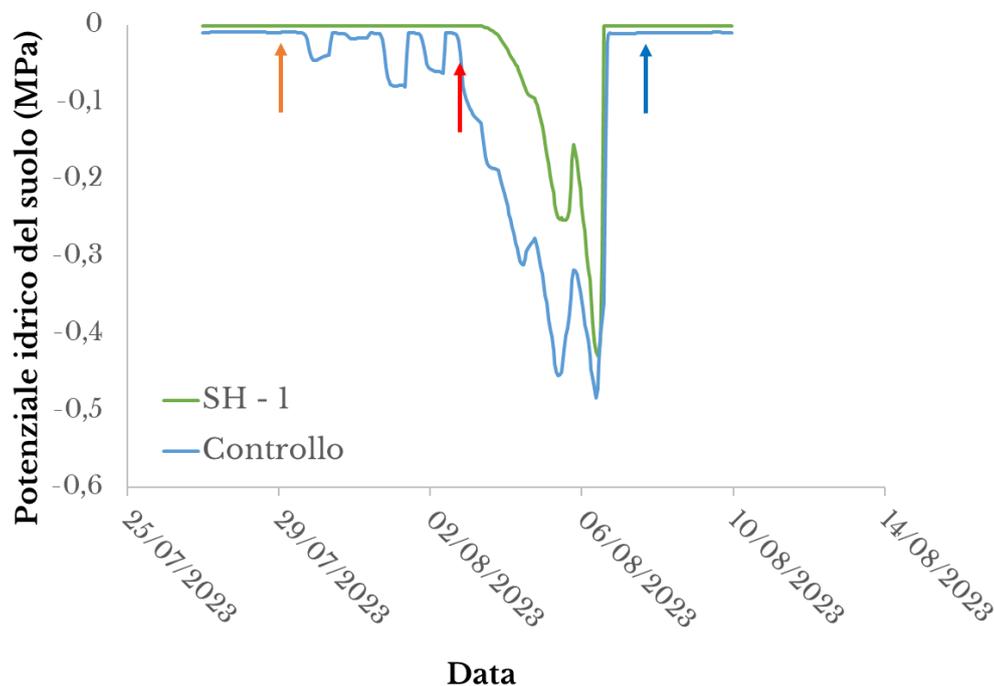


Fig. 3: Evoluzione del potenziale idrico del suolo (Ψ) nelle viti sottoposte ad applicazione di idrogel superassorbenti (SH-1) e in viti di controllo (C) durante il periodo di stress idrico imposto. Da sinistra a destra, le tre frecce indicano il giorno di riduzione dell'apporto idrico al 50%, il giorno in cui l'irrigazione è stata completamente sospesa e il giorno della reirrigazione.

Gli idrogel confermano quindi le capacità nel migliorare lo stato idrico dei suoli e di conseguenza lo stato idrico e le performance fisiologiche delle viti. Al mantenimento di un miglior potenziale idrico del suolo corrisponde infatti un mantenimento del potenziale idrico fogliare e di performance fisiologiche migliori, con un posticipo dell'intero quadro sintomatologico dello stress idrico.

In campo, nella stagione successiva a quella dell'impianto, la somma della lunghezza dei due germogli nelle viti trattate con idrogel a base di poliacrilato di potassio e a base organica è risultata maggiore rispetto al controllo (+50 cm e +45 cm rispettivamente). Tale effetto è stato osservato anche in condizioni idriche non limitanti. In questo frangente, non è escluso che il maggior accrescimento dei germogli possa essere legato anche alla riduzione della mobilità dell'azoto somministrato con la concimazione minerale, che una volta disciolto nella soluzione circolante viene stoccato in prossimità degli apparati radicali e sottratto ai processi di lisciviazione. La Tabella 2 mostra i valori di azoto (N), fosforo (P) e potassio (K) in foglie campionate all'invasatura in piante soggette ad applicazione di idrogel a base di poliacrilato di potassio e di origine naturale.

Trattamento (T)	N (%ss)	P (%)	K (%)
SH-1	1,61	0,12	1,33
SH-2	2,47	0,13	1,05
SH-3	1,91	0,14	1,12
Controllo	1,49	0,1	0,91

Tabella 2: composizione di NPK nelle foglie campionate

Come applicare idrogel all'impianto del vigneto per migliorare la tolleranza delle viti agli stress estivi

Benché preliminari, i risultati ottenuti nell'ambito del progetto IN+VITE dimostrano che i polimeri idroretentori possono svolgere un ruolo di rilievo nelle strategie di difesa dei vigneti da carenza idrica e stress multipli estivi. In relazione al loro costo e all'assorbimento di acqua potenziale, sembra ancora poco realistico ed economicamente efficace una loro applicazione in vigneti adulti e produttivi, per migliorarne la resilienza agli stress estivi stagionali. Le esigenze idriche di una chioma completa implicherebbero infatti dosi assai elevate e significativi costi di applicazione, per avere una certa efficacia. Tuttavia, gli idrogel possono rappresentare una risorsa all'impianto del vigneto, migliorando le performance fisiologiche delle viti nei primi anni di allevamento, quando le esigenze idriche delle piante sono più basse per via della ridotta superficie fogliare.

Sulla base dell'esperienza del progetto, il loro utilizzo può risultare efficace sia in condizioni non limitanti, sia al diminuire della risorsa idrica. Il loro utilizzo può assumere particolare rilevanza per la difesa dalla siccità di vigneti in terreni sabbiosi, nei quali risulta efficace nell'aumentare la capacità di campo in maniera localizzata in prossimità delle radici.

I dati suggeriscono però una elevata potenzialità anche in irriguo, per migliorare l'efficacia delle concimazioni, o ancora meglio in integrazione a sistemi di fertirrigazione, al fine di favorire una soluzione circolante ricca di nutrienti in prossimità degli apparati radicali.

Gli idrogel si applicano nella loro forma secca, e all'impianto l'incorporazione al suolo risulta facilmente meccanizzabile, con mediante lo stesso equipaggiamento utilizzato per depositare concimi starter in prossimità degli apparati radicali. Indipendentemente dalla strumentazione, è fondamentale che gli idrogel siano adeguatamente amalgamati nel suolo, in un volume comparabile a quello del loro massimo assorbimento (se 20 g di idrogel di poliacrilato di potassio sono in grado di assorbire fino a 2 L di acqua, è necessario che i granuli siano dispersi in almeno 2000cm³ di suolo).

Le dosi variano significativamente sulla base di tre fattori: i. il potenziale assorbimento massimo dell'idrogel utilizzato; iii. il costo/g del formulato utilizzato (Tabella 3). Come menzionato precedentemente gli idrogel hanno proprietà fisico-chimiche anche molto differenti e il loro assorbimento massimo di acqua varia da 9 a centinaia di volte il loro peso secco. Variando le dosi si calibra anche quindi la riserva di acqua potenzialmente messa a disposizione della pianta in fase di allevamento. Il secondo parametro da prendere in considerazione è l'evapotraspirazione colturale durante le fasi di allevamento. Se in estate l'evapotraspirazione di una vite adulta varia a secondo delle scelte colturali e dell'ambiente tra 2 e i 5 L/giorno, in fase di allevamento si può stimare che ogni pianta traspiri tra 0.5 e 2 L/giorno, a seconda delle dimensioni della chioma. La dose deve quindi essere calibrata in funzione di un assorbimento massimo pari a una riserva idrica di almeno 2/3 giorni a pieni ritmi traspirativi. Infine, l'applicazione deve essere economicamente remunerativa, il che significa che il costo di applicazione deve essere inferiore al risparmio legato alla riduzione di mortalità delle barbatelle (e quindi il costo dei ripiazzi), e all'aumento dei ricavi nei primi anni di produzione del vigneto. In tale chiave, si individua come 0,30€/pianta il costo massimo che giustifichi l'applicazione di idrogel in un vigneto non irriguo, di circa 3000 piante/ettaro, in posizione collinare e soggetta a siccità e stress estivi.

Tabella 3. Schema di tecnica di applicazione degli idrogel all'impianto del vigneto

Idrogel	Assorbimento massimo potenziale (g H ₂ O / g)	Dosi di applicazione (g/vite)	Immagazzinamento massimo acqua (L/vite)	Costo applicazione (€/vite)
Poliacrilato di potassio tipo 1	83.6	25	2.1	0.30
Poliacrilato di potassio tipo 2	369.6	15	5.5	0.35
Ligninsulfonati tipo 1	9.2	90	0.9	0.30
Ligninsulfonati tipo 2	42.6	35	1.5	0.32

Bibliografia

- Peng, Z., Li, Z., and, Y. S.-P.-P. T., and 2012, undefined (2012). Influence of chemical cross-linking on properties of gelatin/chitosan microspheres. *Taylor Fr. Peng, Z Li, Y Shen Polymer-Plastics Technol. Eng. 2012•Taylor Fr.* 51, 381–385. doi: 10.1080/03602559.2011.639830
- Saha, A., Sekharan, S., and Manna, U. (2020). Superabsorbent hydrogel (SAH) as a soil amendment for drought management: A review. *Soil Tillage Res.* 204, 104736. doi: 10.1016/J.STILL.2020.104736
- Guilherme, M. R., Aouada, F. A., Fajardo, A. R., Martins, A. F., Paulino, A. T., Davi, M. F. T., et al. (2015). Superabsorbent hydrogels based on polysaccharides for application in agriculture as soil conditioner and nutrient carrier: A review. *Eur. Polym. J.* 72, 365–385. doi: 10.1016/J.EURPOLYMJ.2015.04.017
- Haske-Cornelius, O., Bischof, S., Beer, B., Jimenez Bartolome, M., Olatunde Olakanmi, E., Mokoba, M., et al. (2019). Enzymatic synthesis of highly flexible lignin cross-linked succinyl-chitosan hydrogels reinforced with reed cellulose fibres. *Eur. Polym. J.* 120, 109201. doi: 10.1016/J.EURPOLYMJ.2019.08.028