نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۹، خرداد - تیر ۱۴۰۴، ص. ۳۲۳-۳۱۵

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.2, Vol. 19, Jun.-Jul. 2025, p. 315-323

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی کارآیی هیدروژل چندسازه بر پایه پلیمر طبیعی کیتوسان در جذب رطوبت و نگهداشت آن در خاک

خشایار امیدی[۱]، مریم درگاهی[۲]، هادی رمضانی اعتدالی[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۶

چکیده

با توجه به چالش‌های جهانی کمبود آب و لزوم بهینه‌سازی مصرف آب در کشاورزی، استفاده از هیدروژل‌های زیست‌تخریب‌پذیر مانند کیتوسان راهکاری امیدبخش برای افزایش بهره‌وری آب در خاک است. این تحقیق به بررسی کاربرد هیدروژل چندسازه برپایه کیتوسان در جذب و نگهداری رطوبت در خاک می‌پردازد. به‌منظور بررسی کارآیی هیدروژل چندسازه برپایه کیتوسان در نگهداری آب و جذب رطوبت خاک، در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که میانگین درصد رطوبت‌های وزنی تیمارهای با آبیاری با قرارگیری هیدروژل کیتوسان در سطح و عمق نسبت به تیمار با آبیاری بدون هیدروژل به‌ترتیب حدود ۲/۲ و ۴/۲ درصد بیش‌تر است. هم‌چنین در تیمارهای بدون آبیاری رطوبت وزنی با هیدروژل در سطح نسبت به تیمار بدون هیدروژل در پایان آزمایش به طور میانگین ۱/۳۱ درصد بیش‌تر است. در پایان آزمایش رطوبت وزنی تیمار با هیدروژل نسبت به تیمار بدون هیدروژل در تکرار اول، دوم و سوم به ترتیب ۰/۱۱، ۱/۸۶ و ۱/۹۶ درصد بیشتر است. نتایج نشان داد که در شرایط بدون آبیاری، استفاده از هیدروژل روی سطح خاک باعث افزایش جذب رطوبت هوا و افزایش رطوبت خاک (در شرایط دیم) می‌شود. همچنین استفاده از هیدروژل (به‌ویژه در عمق خاک) در تیمارهای با آبیاری باعث افزایش نگهداری رطوبت خاک می‌شود، در حالی که در تیمار بدون هیدروژل، رطوبت خاک سریع‌تر کاهش پیدا می‌کند.

واژه‌های کلیدی: پلیمر فوق جاذب، توسعه پایدار، رطوبت خاک، کشاورزی پایدار

مقدمه

به‌دلیل شرایط خاص اقلیمی ایران و بروز خشکسالی‌های مکرر و شدید، مدیریت مصرف و افزایش بهره‌وری آب به‌ویژه در بخش کشاورزی که بیشترین سهم از مصرف منابع آبی را به خود اختصاص می‌دهد، امری بسیار ضروری و حیاتی است. با توجه به محدودیت منابع آب و رشد روزافزون جمعیت، حفظ امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست به یک چالش جهانی تبدیل شده است. یکی از راهکارهای پیشنهادی برای این چالش، افزایش بهره وری آب در محصولات کشاورزی است. به همین منظور، بهبود شاخص کارآیی مصرف آب (WUE) که بر تولید بیشتر به ازای هر واحد آب مصرفی تاکید دارد، از اهمیت زیادی برخوردار است. مدیریت منابع آب در کشاورزی یکی از چالش‌های اساسی قرن ۲۱ است. با افزایش جمعیت جهان و تغییرات اقلیمی، نیاز به راهکارهای نوآورانه برای بهبود بهره‌وری آب در کشاورزی بیش از پیش احساس می‌شود. در این میان، استفاده از هیدروژل‌ها به عنوان مواد جاذب رطوبت در خاک، توجه زیادی را به خود جلب کرده است. استفاده از مواد جاذب رطوبت در کشاورزی به دهه ۱۹۶۰ برمی‌گردد، زمانی که شرکت‌های آمریکایی شروع به توسعه پلیمرهای مصنوعی برای بهبود خصوصیات خاک کردند. اما نگرانی‌های زیست‌محیطی در مورد تجزیه‌ناپذیری این مواد، محققان را به سمت جستجوی جایگزین‌های طبیعی سوق داد. هیدروژل‌ها، شبکه‌های پلیمری سه‌بعدی و متقاطع هستند که قادر به جذب و نگهداری مقادیر زیادی آب می‌باشند. به طور کلی، ساختار شبکه‌ای یک هیدروژل از "زنجیره‌های پلیمری با گروه‌های عاملی آب‌دوست" و "نقاط اتصال متقاطع" تشکیل شده است. با توجه به روش‌های پیوند متقابل، هیدروژل‌ها را می‌توان به ژل‌های دارای پیوند متقابل فیزیکی و شیمیایی تقسیم کرد. به طور مشابه، هیدروژل‌ها را

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران
۲- دانشیار،گروه شیمی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران
۳- استاد، گروه علوم و مهندسی آب ، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Ramezani@eng.ikiu.ac.ir)

می‌توان به هیدروژل‌های طبیعی و هیدروژل‌های مصنوعی بر اساس مواد اولیه مختلف مورد استفاده یا هیدروژل‌های سنتی و هیدروژل‌های پاسخ‌دهنده به محرک‌ها، بسته به تحریک محیطی، تقسیم نمود. هیدروژل‌های بکار رفته در سیستم استحصال آب از هوا معمولاً هیدروژل‌های مصنوعی از نوع واکنش دهنده به محرک هستند که امکان انتشار کنترل شده آب را فراهم می‌سازند. روش‌های استحصال آب از هوا مبتنی بر هیدروژل دارای مزایای منحصر به فردی مانند آزادی طراحی بالا، ظرفیت جذب آب قوی و توانایی ادغام عملکرد آزادسازی آب مستقل هستند. این مواد کاربردهای گسترده‌ای در حوزه‌های مختلف، از جمله کشاورزی،توسعه یافته‌اند.هیدروژل‌ها دارای کاربردهای متعددی در زمینه کشاورزی و مدیریت آب هستند که از بین آن‌ها می‌توان به:۱) افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک: هیدروژل‌ها می‌توانند مقدار زیادی آب جذب کنند و در دوره‌های خشک به تدریج این آب را به گیاهان آزاد کنند. این ویژگی باعث می‌شود تا نیاز به آبیاری مکرر کاهش یابد و بهره‌وری مصرف آب افزایش یابد.هیدروژل‌ها با توجه به ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود، ابزارهایی مؤثر برای بهبود مدیریت منابع آبی و کشاورزی پایدار محسوب می‌شوند.این امر به کاهش نیاز به آبیاری مکرر و تراکم محصولات کمک می‌کند . ۲) بهبود کیفیت خاک: هیدروژل‌ها با جذب و نگه‌داری آب در خاک، می‌توانند کیفیت آن را بهبود بخشند. افزایش میزان آب موجود در خاک باعث افزایش فعالیت‌های میکروبی، مواد آلی و تبدیل مواد معدنی در خاک می‌شود و در نتیجه میزان ترکیبات مغذی برای گیاهان افزایش می‌یابد. ۳) حفظ رطوبت خاک: با توجه به اینکه هیدروژل‌ها آب را در ساختار خود نگه‌می‌دارند و آن را به صورت آرام و پیوسته به خاک تحویل می‌دهند، می‌توانند رطوبت خاک را به مدت طولانی‌تری حفظ کنند و جلوی تبخیر و تبخیر انتقالی را بگیرند. ۴) تسهیل تحمل خشکی در گیاهان: استفاده از هیدروژل‌ها می‌تواند به گیاهان کمک کند تا شرایط خشکی را بهتر تحمل کنند. با ذخیره آب در ساختار هیدروژل‌ها، گیاهان می‌توانند در مواقع کم‌آبی از این ذخیره‌سازی برای رشد و بقاء استفاده کنند.ازکاربردهای هیدروژل در مدیریت آب هم میتوان به:۱) کنترل سیلاب‌ها: هیدروژل‌ها می‌توانند در زیرساخت‌های کنترل سیلاب‌ها و بارش‌های شدید مورد استفاده قرار گیرند. این مواد می‌توانند آب اضافی را جذب کرده و به تدریج آن را آزاد کنند، که به کاهش خطر سیلاب‌ها کمک می‌کند. ۲) ذخیره‌سازی آب: هیدروژل‌ها می‌توانند در مخازن ذخیره آب به کار روند تا آب را در دوره‌های خشک ذخیره کرده و به تدریج آزاد کنند. این ویژگی می‌تواند در مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار مفید باشد. ۳) کاربرد در تصفیه آب: برخی هیدروژل‌ها می‌توانند برای جذب و حذف آلاینده‌ها از آب‌های سطحی و زیرزمینی استفاده شوند. این کاربرد می‌تواند در بهبود کیفیت آب‌های شرب و کشاورزی مؤثر باشد. در سال‌های اخیر، استفاده از این مواد در کشاورزی توجه زیادی را به خود جلب کرده است، زیرا می‌توانند تنش آبی را کاهش داده و در دوره‌های خشکسالی، رطوبت خاک را حفظ کنند (Manaila et al., 2023).

در حوزه کشاورزی، استفاده از هیدروژل‌ها به عنوان بهبوددهنده خاک و عامل نگهداری رطوبت، منجر به افزایش بازدهی محصول و کاهش مصرف آب شده است. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که این مواد می‌توانند ظرفیت نگهداری آب خاک را به طور چشمگیری افزایش داده و از هدررفت رطوبت جلوگیری کنند (Zhang et al., 2021). همچنین، در زمینه محیط‌زیست، هیدروژل‌ها برای کنترل روان‌آب سطحی و تصفیه آلاینده‌ها به کار گرفته می‌شوند و می‌توانند به عنوان راه‌حلی برای مدیریت پایدار منابع آبی عمل کنند (Kumar et al., 2020). کیتوسان، که از کیتین موجود در پوسته سخت‌پوستان به دست می آید، در اواخر دهه ۱۹۸۰ به عنوان یک ماده زیست‌سازگار مورد توجه قرار گرفت. تحقیقات اولیه در مورد کاربرد کیتوسان در کشاورزی در دهه ۱۹۹۰ آغاز شد، اما استفاده گسترده از هیدروژل‌های کیتوسان برای مدیریت رطوبت خاک از اوایل قرن ۲۱ شتاب گرفت. به بررسی کاربرد هیدروژل‌های برپایه کیتوسان می‌پردازد، به ویژه استفاده از آن‌ها در بهبود حفظ رطوبت خاک و توانایی جذب آب از جو. کیتوسان، یک پلی‌ساکارید طبیعی است که از پوسته خارجی سخت‌پوستان به دست می‌آید و به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فردی همچون زیست‌سازگاری، زیست‌تخریب‌پذیری و قابلیت جذب آب، به طور گسترده در فرمولاسیون هیدروژل‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است (Rufato et al., 2019). هیدروژل‌های برپایه کیتوسان در بهبود ظرفیت نگهداری آب و دسترسی به مواد مغذی برای رشد گیاهان از طریق انتقال آب و مواد مغذی به خاک، مؤثر شناخته شده‌اند(Li et al., 2020).

هیدروژل‌ها، شبکه‌های سه‌بعدی متخلخلی هستند که می‌توانند مقادیر زیادی آب را در خود نگه دارند و به دلیل ساختار ویژه و قابلیت انعطاف‌پذیری، توجه گسترده‌ای در حوزه‌های علمی و صنعتی به خود جلب کرده‌اند. نخستین بار مفهوم هیدروژل در دهه ۱۹۶۰ مورد توجه قرار گرفت، اما در دهه‌های بعد، پیشرفت‌های چشمگیری در توسعه فرمولاسیون‌های جدید و کاربردهای متنوع آن‌ها به وجود آمد. در کشاورزی، استفاده از هیدروژل‌ها به عنوان یک ماده بهبوددهنده خاک در دهه‌های اخیر رشد قابل توجهی داشته است. این مواد می‌توانند به طور مؤثر رطوبت خاک را حفظ کنند و به کاهش اثرات تنش‌های آبی و خشکسالی کمک کنند. در میان انواع هیدروژل‌ها، هیدروژل‌های بر پایه کیتوسان به دلیل ویژگی‌های زیست‌سازگاری، زیست‌تخریب‌پذیری و توانایی جذب و نگهداری آب مورد توجه قرار گرفته‌اند. کیتوسان از پوسته سخت‌پوستان، همچون میگو و خرچنگ، استخراج می‌شود و به دلیل قابلیت‌های منحصر به فردش در کاربردهای زیست‌محیطی و کشاورزی، از جایگاه خاصی برخوردار

است. این مواد می‌توانند آب و مواد مغذی را در نزدیکی ریشه گیاهان حفظ کنند و باعث بهبود دسترسی به منابع لازم برای رشد گیاه شوند (Chen et al., 2020). هیدروژل‌های بدست آمده از کیتوسان با گروه های کربوکسی‌متیل نشان داده‌اند که جذب و نگهداری رطوبت به شدت به درجه‌ی جایگزینی وابسته است. ساختار مولکولی و پیوندهای هیدروژنی نقش کلیدی در بهبود این ویژگی‌ها ایفا می‌کنند (Chen et al., 2003).

مشتقات کیتوسان با درجات مختلف، توانایی بیشتری در جذب و نگهداری رطوبت نسبت به کیتوسان خالص از خود نشان داده‌اند (Huang et al., 2014).

در کشاورزی، هیدروژل‌های بر پایه کیتوسان با افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و بهبود رهاسازی کودها به صورت کنترل‌شده، باعث افزایش بازده محصولات شده‌اند. این سیستم‌ها قابلیت ذخیره آب تا 154٪ بیشتر از خاک بدون هیدروژل را نشان داده‌اند (Iftime et al., 2019).

سیستم‌های هیدروژل بر پایه کیتوسان توسعه‌یافته به عنوان نگهدارنده آب و کود، نشان داده‌اند که با کنترل آزادسازی مواد مغذی و حفظ رطوبت، کاربردهای گسترده‌ای در کشاورزی پایدار دارند (Michalik et al., 2020).

قابلیت‌های شبکه‌های پلیمری هیدروژل، امکانات زیادی را برای بهبود بیشتر عملکرد این نوع برداشت کننده آب از اتمسفر حتی با محدوده دمایی وسیع‌تر و رطوبت نسبی کمتر باز می کند. همچنین ازکاربردهای هیدروژل در تامین آب کشاورزی:۱.افزایش راندمان آبیاری: هیدروژل‌ها می‌توانند آب را در خود جذب کرده و به تدریج آن را به خاک و گیاهان منتقل کنند. این ویژگی باعث می‌شود تا آب کمتری تبخیر شده و راندمان آبیاری افزایش یابد.۲ .کاهش دفعات آبیاری :با استفاده از هیدروژل‌ها، خاک برای مدت طولانی‌تری مرطوب می‌ماند و نیاز به آبیاری مکرر کاهش می‌یابد. این موضوع به ویژه در مناطق خشک و کم‌آب بسیار مفید است.۳.حفظ رطوبت خاک: هیدروژل‌ها می‌توانند رطوبت خاک را در سطوح مناسب نگه دارند، که این امر باعث کاهش تنش آبی گیاهان و بهبود رشد و عملکرد آنها می‌شود.۴.بهبود جوانه‌زنی بذرها :استفاده از هیدروژل‌ها در فرآیند جوانه‌زنی می‌تواند شرایط رطوبتی مناسب را فراهم کرده و جوانه‌زنی بذرها را تسهیل کند. این موضوع می‌تواند منجر به بهبود سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی ش۵.کاهش فرسایش خاک :هیدروژل‌ها با نگه‌داشتن آب در خاک، به کاهش فرسایش ناشی از بارش‌های شدید کمک می‌کنند. این امر می‌تواند باعث حفظ ساختار خاک و جلوگیری از فرسایش سطحی شود.۶.کاهش مصرف آب در کشت گلخانه‌ای: در کشت گلخانه‌ای، استفاده از هیدروژل‌ها می‌تواند نیاز به آبیاری را به میزان قابل توجهی کاهش دهد و مصرف آب را بهینه کند. این ویژگی در شرایطی که منابع آب محدود هستند، اهمیت بالایی دارد.۷.کاربرد در کشت‌های بی‌خاک: در سیستم‌های کشت بدون خاک (هیدروپونیک)، هیدروژل‌ها می‌توانند به عنوان منبعی برای تامین آب و مواد مغذی به کار روند و به حفظ رطوبت و تغذیه مناسب گیاهان کمک کنند.۸.بهبود کارایی کودها :هیدروژل‌ها می‌توانند مواد مغذی و کودها را در خود نگه داشته و به تدریج آنها را به ریشه گیاهان منتقل کنند.در این تحقیق، کاربردهای هیدروژل‌های بر پایه کیتوسان در حفظ رطوبت خاک و جذب آب از جو مورد بررسی قرار می‌گیرد و به بررسی نقش آن‌ها در کاهش تنش‌های آبی و افزایش بهره‌وری منابع آب پرداخته می‌شود. همچنین قابلیت‌های این هیدروژل‌ها در جذب آب جوی، می‌تواند به عنوان یک نوآوری جدید در مدیریت آب در مناطق خشک و کم‌آب، مورد ارزیابی قرار گیرد. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر استفاده از هیدروژل بر پایه کیتوسان بر بهبود ظرفیت نگهداری آب، افزایش جذب آب و مدیریت بهتر منابع آب در خاک در شرایط آبیاری و بدون آبیاری (دیم) طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌منظور بررسی کارایی هیدروژل بر پایه کیتوسان در نگهداری آب و جذب رطوبت خاک، در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد بررسی عبارت بودند از:

۱. بدون آبیاری و بدون هیدروژل.
۲. بدون آبیاری و با کاربرد هیدروژل در سطح خاک.
۳. آبیاری و بدون هیدروژل.
۴. آبیاری و کاربرد هیدروژل در سطح خاک.
۵. آبیاری و کاربرد هیدروژل در عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک.

خاک مورد استفاده از مزرعه گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره) تهیه شد و پس از خشک کردن و الک کردن با الک شماره ۱۰، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۱). همچنین هیدروژل بر پایه کیتوسان به صورت آزمایشگاهی و در آزمایشگاه شیمی دانشکده علوم پایه دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره) تهیه شد.

برای اندازه‌گیری رطوبت خاک از دستگاه رطوبت سنج شکل(۱) استفاده شد. همچنین قبل از شروع آزمایش ها ابتدا دستگاه برای خاک مورد مطالعه به روش وزنی واسنجی شد. در شکل(۲) نتایج واسنجی ارائه شده است.

مواد و روش سنتز هیدروژل چندسازه بر پایه کیتوسان

مواد مورد استفاده برای سنتز هیدروژل چندسازه بر پایه کیتوسان عبارتند از: کیتوسان خریداری شده از شرکت مهدوی نیا، روی کلرید، کلسیم کلرید و سدیم بیکربنات از شرکت مرک آلمان، استیک اسید از

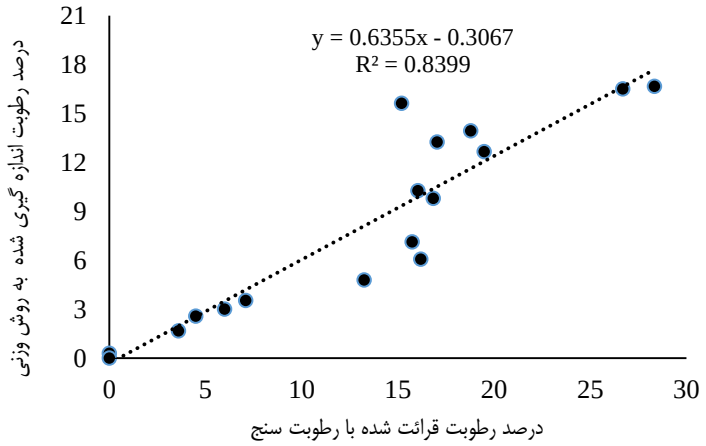
شرکت لوباکم هندوستان و پلی اتیلن گلیکول ۲۰۰ از شرکت سیگما الدریچ آمریکا که همگی به شکل خالص بوده اند.

در تهیه هیدروژل چندسازه بر پایه کیتوسان، از روش ساخت فیلم استفاده شد. ابتدا ۱گرم کیتوسان در ۳۰ میلی لیتر آب مقطر پراکنده و با افزودن ۱ میلی لیتر استیک اسیدکاملا حل شد تا محلولی یکنواخت ایجاد شود. سپس ۰/۱ گرم از روی کلرید در ۳ میلی لیتر آب مقطر حل و به محلول کیتوسان اضافه شد. سپس ۰/۱۵ گرم کلسیم کلرید در ۳ میلی لیتر آب مقطر حل و به ترکیب اضافه شد. ۰/۳ گرم سدیم بی‌کربنات در ۷ میلی لیتر آب مقطر حل و با مخلوط اولیه ترکیب شد. در آخر ۱/۵ گرم از پلی‌اتیلن‌گلیکول ۲۰۰ اضافه شد. ترکیب نهایی درون یک بشقابک پلاستیکی ریخته و در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در آون به مدت ۲۴ ساعت خشک شد تا فیلم هیدروژل نانوچندسازه به‌دست آید.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

پارامتر	۰-۳۰سانتی متری	۳۰-۶۰سانتی متری
هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک(ds/m)EC	**۰/۳۳**	**۰/۳۳**
PH	۷/۴	۰/۳۳
کربن آلی%C.O	۰/۰۰۶	۰/۰۰۹
درصد ازت کلIN total	۰/۰۰۶	۰/۱
بافت	لوم شنی	لوم شنی
درصد رطوبت وزنی در حدFC	۲۳	۲۲
درصد رطوبت وزنی در حدPWP	۱۴	۱۳/۵
وزن ظاهری خاک (g/cm^3)	۱/۳۳	۱/۳۳

شکل۱- رطوبت سنج استفاده شده در آزمایش



شکل۲- واسنجی دستگاه رطوبت سنج با روش رطوبت وزنی در خاک مورد آزمایش

نتایج و بحث

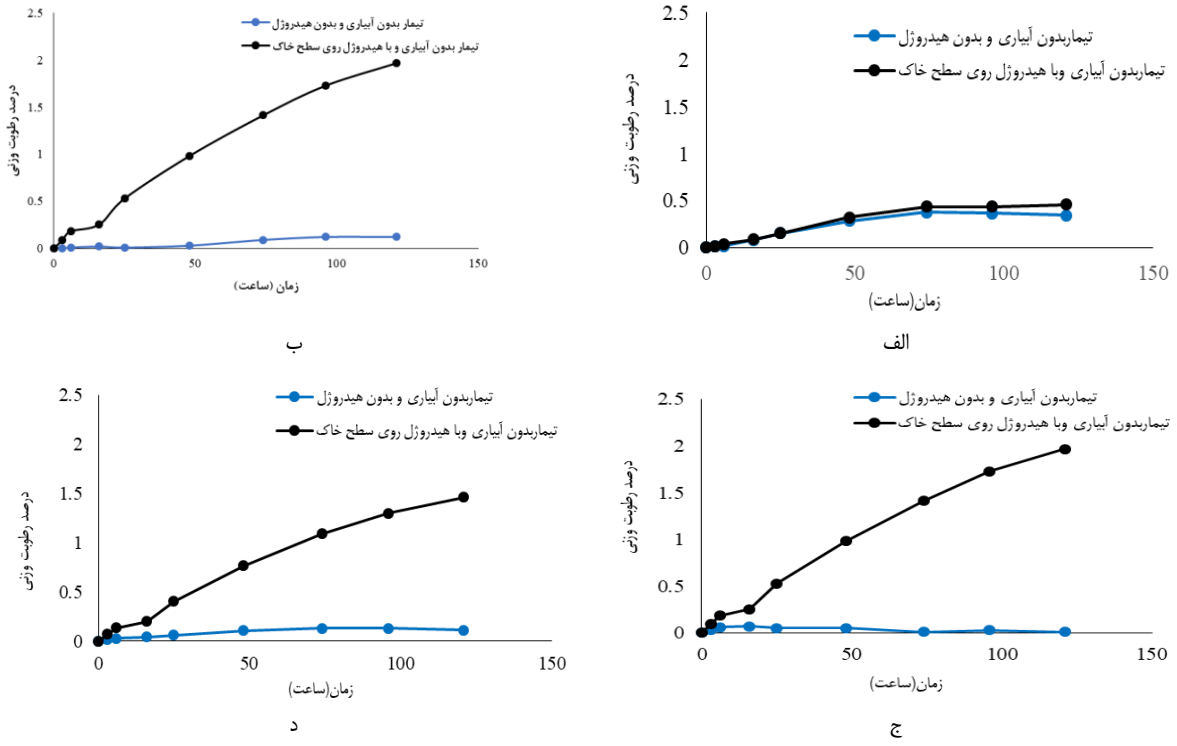
در شکل (۳) تغییرات رطوبت خاک در تیمارهای بدون آبیاری در تکرار اول، دوم، سوم و میانگین سه تکرار آورده شده است. تیمارهای بدون آبیاری شامل۱. بدون آبیاری و بدون هیدروژل ۲. بدون آبیاری و با کاربرد هیدروژل در سطح خاک نمایش داده شده است. همان‌طور که مشخص است در همه تکرارها میزان رطوبت خاک در تیماری که هیدروژل روی سطح خاک قرار دارد بیشتر از تیمار بدون هیدروژل است. بررسی ها نشان می دهد که پس از حدود ۱۲۰ ساعت درصد رطوبت تیمار با هیدروژل روی سطح خاک در تکرار اول، دوم و سوم به ترتیب ۰/۴۶، ۱/۹۶ و ۱/۹۷ درصد و درصد رطوبت تیمار بدون هیدروژل به‌ترتیب ۰/۳۵، ۰/۱ و ۰/۰۱ درصد هستند. بنابراین میانگین رطوبت وزنی تیمار با هیدروژل نسبت به تیمار بدون هیدروژل در تکرار اول، دوم و سوم به ترتیب ۰/۱۱، ۱/۸۶ و ۱/۹۶ درصد بیشتر است. این به دلیل جذب رطوبت هوا توسط هیدروژل است. احتمالا به دلیل کمبود رطوبت هوا در محیط آزمایشگاه میزان افزایش رطوبت خاک در تیمار با هیدروژل در سطح خاک چشمگیر نبوده است. البته با افزایش تکرارها تفاوت دو تیمار افزایش یافته است. این موضوع به دلیل تحکیم خاک در تکرارهای بعدی است. با تحکیم لایه سطحی میزان جذب رطوبت هوا توسط خاک کاهش یافته و در این حالت هیدروژل می‌تواند در جذب رطوبت هوا تأثیرگذارتر باشد. همچنین با افزایش میزان هیدروژل در سطح خاک میزان جذب رطوبت هوا افزایش یافته و درصد رطوبت خاک افزایش می‌یابد. هرچندکه میزان افزایش رطوبت خاک در تیمار بدون آبیاری (دیم) با هیدروژل چشمگیر نبوده ولی همین مقدار کم نیز می‌تواند در کشاورزی دیم اثرات مثبتی به همراه داشته باشد.

نکته مهم دیگر در این خصوص میزان رطوبت هوا است. این آزمایش در محیط آزمایشگاه انجام شده است. در صورت تکرار این آزمایش در محیط مرطوب‌تر مانند گلخانه‌ها یا در دامنه‌ها و ارتفاعات که بیشتر اراضی دیم در این نوع مناطق قرار دارند، بر میزان جذب رطوبت هوا توسط هیدروژل افزوده خواهد شد. همچنین همان‌طور که در ادامه به آن اشاره خواهد شد هیدروژل‌ها در جذب و نگهداشت آب مانند آب ورودی از طریق آبیاری و بارندگی نیز موثر عمل خواهند کرد که این نیز در کشاورزی دیم بسیار با اهمیت است.

در خصوص کارایی و طول عمر هیدروژل مطالعه شده در این آزمایش نیز با افزایش تکرارهای چرخه تر و خشک شدن تا ۳ مرتبه نه تنها از قابلیت جذب رطوبت کاسته نشده بلکه افزایش نیز داشته است، به طوری که پس از حدود ۱۲۰ ساعت میزان رطوبت خاک از حدود ۰/۴۵ درصد در تکرار اول به حدود ۱/۹۷ درصد در تکرار سوم افزایش داشته باشد. البته حتما این هیدروژل‌ها طول عمر مفیدی خواهند داشت که لازم است بررسی‌های بیشتری در این خصوص صورت گیرد.

در شکل (۴) تیمارهای با آبیاری مورد آزمایش در تکرار اول، دوم، سوم و میانگین سه تکرار آورده شده است. بررسی های موجود نشان داد که میانگین درصد رطوبت تیماری که هیدروژل روی سطح خاک قرار دارد، در تکرار اول، دوم و سوم به ترتیب ۹/۶۳، ۵/۰۴ ، ۶/۶۷ درصد و میانگین درصد رطوبت تیماری که هیدروژل در عمق خاک قرار دارد، در تکرار اول، دوم و سوم به ترتیب ۹/۷۱، ۹/۷۹ ، ۷/۶۶ درصد هستند، در نتیجه نسبت میانگین رطوبت وزنی تیماری که هیدروژل در عمق خاک قرار دارد به تیماری که هیدروژل روی سطح خاک قرار دارد، در تکرار اول، دوم و سوم به ترتیب۱/۰۰، ۱/۹۴ ، ۱/۱۴ درصد هستند و بنابراین می‌توان گفت استفاده از هیدروژل در عمق خاک، به دلیل دسترسی بهتر به رطوبت، تأثیر بیشتری نسبت به استفاده از آن بر روی سطح خاک داشته است. با گذشت زمان از میزان رطوبت خاک در همه تیمارهای آبیاری کاسته شده که به دلیل تبخیر است. همچنین در همه تکرارها مشخص است که تیمارهای با

هیدروژل در جذب آب موفق عمل کرده است. این موضوع در زمان شروع آزمایش کاملا واضح است. همچنین تیمارهای با هیدروژل در نگهداشت رطوبت خاک موفق‌تر بوده‌اند. بررسی های موجود نشان داد که میانگین رطوبت های وزنی تیمار با آبیاری و بدون هیدروژل، در تکرار اول، دوم و سوم به ترتیب ۶/۸۶، ۵/۰ و ۲/۸۱ درصد است که نسبت به تیمارهای با آبیاری و با هیدروژل (در سطح و عمق خاک) که در بالا ذکر شده کمتر است. بنابراین می‌توان گفت استفاده از این ماده، تأثیر مثبتی در جذب و نگهداشت رطوبت داشته است. از شکل (۴) نتیجه می‌شود که تیمار با آبیاری و بدون هیدروژل، روند مقدار رطوبت خاک اندازه‌گیری شده در طول زمان کاهش داشته است.



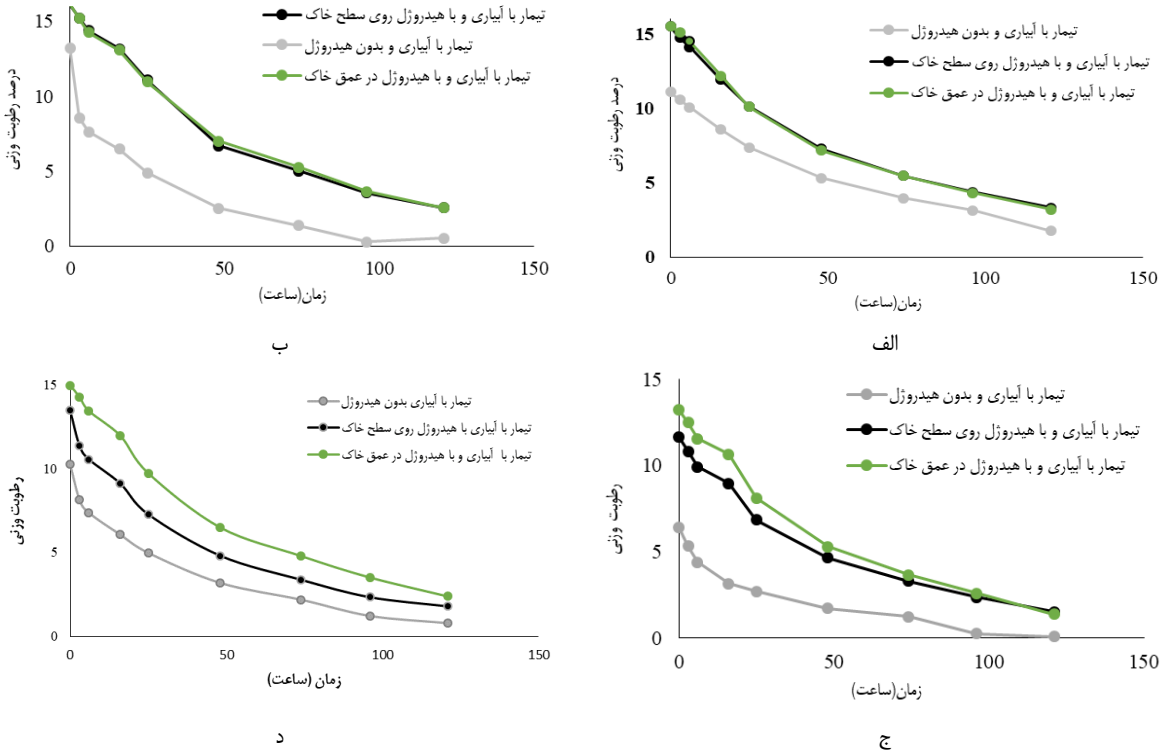
شکل۳- مقایسه تیمارهای بدون آبیاری در تکرار اول (الف)، تکرار دوم (ب)، تکرار سوم (ج) و میانگین سه تکرار (د)

شکل (۴) به وضوح نشان می‌دهد که استفاده از هیدروژل، به خصوص در عمق خاک، می‌تواند به طور قابل توجهی عملکرد خاک یا رطوبت را در شرایط آبیاری معمولی بهبود بخشد. هیدروژل‌ها با حفظ رطوبت در خاک و فراهم کردن آن برای گیاه، به رشد و بقای آن کمک کرده اند. استفاده از هیدروژل در عمق خاک، به دلیل دسترسی بهتر ریشه‌ها به رطوبت، تأثیر بیشتری نسبت به استفاده از آن بر روی سطح خاک داشته است. به طور کلی استفاده از هیدروژل باعث کاهش روند نزولی شاخص رطوبت خاک اندازه گیری شده در طول آزمایش گردیده است. از نمودار شکل های (۴) استنباط می‌شود که هیدروژل باعث کاهش سرعت از دست رفتن رطوبت یا ماده مغذی می‌شود، هیدروژل (به‌خصوص در سطح خاک) در شرایط بدون آبیاری تأثیر مثبت بر روی رشد دارد، در شرایط دارای آبیاری، استفاده از هیدروژل در عمق خاک بهتر از استفاده از آن در سطح است. در کل خصوصیات هیدروژل چندسازه بر پایه کیتوسان عبارتند از، ظرفیت جذب آب: هیدروژل‌های چندسازه بر پایه کیتوسان قادر به جذب ۱۶ برابر وزن خود هستند، بسته به روش ساخت. همچنین در مقایسه با هیدروژل‌های مصنوعی، هیدروژل‌های کیتوسان تجزیه‌پذیری بیشتری دارند.

نتیجه‌گیری

با توجه به کمبود منابع آب برای آبیاری و کاهش بارندگی و خشکسالی‌ها بخش کشاورزی با مشکلات زیادی مواجه شده است. راهکارهایی مانند استفاده از هیدروژل‌ها برای جذب و نگهداری رطوبت در خاک مورد توجه قرار گرفته است. اما استفاده از این هیدروژل نیاز به بررسی دارد. در این آزمایش از هیدروژل‌های چندسازه بر پایه کیتوسان که طبیعی است استفاده شد. نتایج نشان داد در تیمارهایی دیم (بدون آبیاری) هیدروژل کیتوسان در جذب رطوبت هوا مفید خواهند بود. البته مطمئنا میزان رطوبت هوا در میزان تاثیرگذاری موثر خواهد بود. همچنین در تیمارهای با آبیاری، قرار

گرفتن هیدروژل کیتوسان در عمق خاک در جذب و نگهداری رطوبت حاصل از آبیاری نسبت به زمانی که در سطح خاک قرار گیرد تاثیرگذارتر خواهد بود. در مجموع، هیدروژل‌های چندسازه بر پایه کیتوسان راهکاری امیدبخش برای مقابله با چالش‌های کمبود آب در کشاورزی ارائه می‌دهند و می‌توانند نقش مهمی در توسعه سیستم‌های کشاورزی پایدار در آینده ایفا کنند.



شکل ٤- مقایسه تیمارهای با آبیاری در تکرار اول (الف)، تکرار دوم (ب)، تکرار سوم (ج) و میانگین سه تکرار (د)

منابع

Ahmed, S. and Khan, A. A. Hydrogel-based materials for agriculture applications. Journal of Agricultural and Food Chemistry.

Ahmed, E. M. 2015. Hydrogels as Moisture-Retaining Dressings in Wound Healing. Progress in Polymer Science, https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2015.02.001.

Chen, L. and Zhang, H. Hydrogel composites for improving soil moisture retention. Industrial & Engineering Chemistry Research.

Chen, X., et al. 2020. Biodegradable chitosan-based hydrogels for agricultural applications: Synthesis and mechanisms. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 68(10): 3511-3520.

Hoffman, A. S. 2002. Hydrogels for biomedical applications. Advanced Drug Delivery Reviews, 54(1): 3-12.

Huang, J., Cheng, Z., Xie, H. and Lou, J. 2014. Effect of quaternization degree on physiochemical and biological activities of chitosan from squid pens. International Journal of Biological Macromolecules. 70:545-550.

Iftime, M., Ailiesei, G., Ungureanu, E. and Marin, L. 2019. Designing chitosan based eco-friendly multifunctional soil conditioner systems with urea controlled release and water retention. Carbohydrate Polymers. 223. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115040

Kazanski, L. and Dobrovski, A. 1992. Hydrogels: A new class of materials for agricultural applications. Journal of Applied Polymer Science, 45(3):1345-1352.

Kumar, P., Ojha, S. P., Singh, R., Kishtawal, C. M. and Pal, P. K. 2016. Performance of weather research and forecasting model with variable horizontal resolution. Theoretical and Applied Climatology, 126:705-713. https://doi.org/10.1007/s00704-015-1607-7

Kumar, R., et al. 2020. Hydrogel Applications in environmental remediation and water management. Environmental Research,

Rufato, F., et al. 2019. Chitosan-based hydrogels: Synthesis, properties and applications. International Journal of Biological Macromolecules, 130:369-380.

Sun, L., Du, Y. and Shi, X. 2006. A new approach to chemically modified carboxymethyl chitosan and study of its moisture-absorption and moisture-retention abilities.

Wang X. and Liu C. Hydrogel polymers for water retention in soil. Soil Science Society of America Journal.

Zhang, X., et al. 2021. Application of hydrogels in agriculture to improve water retention and soil moisture. Agricultural Water Management, https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107689.

Zhi, S. 2002. Moisture-absorption and moisture-retention capacity of N-carboxybutyl-chitosan. https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109675.

Li J. and Wang Y. Impact of hydrogel application on soil moisture content. Soil Science.

Li, X., et al. 2022. Chitosan hydrogels as efficient water retention agents in soil. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 22(5):1234-1243.

Li, Y., et al. 2016. Swelling Behavior and Water Retention Capacities of Smart Hydrogels. Journal of Polymer Science, https://doi.org/10.1002/polb.24088.

Manaila, M., et al. 2023. Application of hydrogels in reducing drought stress and preserving soil moisture. Agricultural Water Management, 234:98-108.

Michalik, R. and Wandzik, I. 2020. A mini-review on chitosan-based hydrogels with potential for sustainable agricultural applications. Polymars. 12(10). https://doi.org/10.3390/polym12102425

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.2, Vol. 19, Jun.-Jul. 2025, p. 315-323

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۹، خرداد - تیر ۱۴۰۴، ص. ۳۲۳-۳۱۵

Investigating the Efficiency of Composite Hydrogels Based on Chitosan in Absorbing and Retaining Moisture in Soil

KH. Omidi[1], M. Dargahi[2], H. Ramezani Etedali [3]
Recived: Mar.07, 2025 Accepted: Apr.15, 2025

Abstract

Considering the global challenges of water scarcity and the need to optimize water use in agriculture, the use of biodegradable hydrogels such as chitosan is a promising solution for increasing water productivity in soil. This study investigates the use of chitosan-based composite hydrogel in soil moisture absorption and retention. In order to investigate the effectiveness of chitosan-based composite hydrogel in soil water retention and moisture absorption, a completely randomized design with five treatments and three replications was conducted. The results showed that the average percentage of weight moisture in irrigation treatments with chitosan hydrogel placed on the surface and depth was about 2.2 and 4.2 percent higher than the irrigation treatment without hydrogel, respectively. Also, in treatments without irrigation, the weight moisture with hydrogel on the surface was 31.1 percent higher than the treatment without hydrogel at the end of the experiment. At the end of the experiment, the weight moisture content of the hydrogel treatment was 0.11, 1.86, and 1.96 percent higher than that of the non-hydrogel treatment in the first, second, and third replicates, respectively. The results showed that under non-irrigated conditions, the use of hydrogel on the soil surface increased air moisture absorption and soil moisture (under dryland conditions). Also, the use of hydrogel (especially in the soil depth) in irrigated treatments increased soil moisture retention, while in the non-hydrogel treatment, soil moisture decreased more rapidly.

Keywords: superabsorbent polymer, sustainable development, soil moisture, sustainable agriculture

1- Master's student in Irrigation and Drainage Engineering, Department of Water Science and Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
2- Associate Professor, Department of Chemistry, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
3- Professor, Department of Water Sciences and Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
(*- Corresponding Author Email: Ramezani@eng.ikiu.ac.ir)