بررسی تاثیر افزایش سوپر جاذب های پلیمری به کمپوست در میزان جذب آب و سایر فاکتورهای فیزیکی – شیمیایی

جواد عابدینی طرقبه

مسئول آزمایشگاه سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد

abedini_chem@yahoo.com

چکیده

در دنیای امروز در کشاورزی از بقایای خود گیاهان و مواد مختلف (مثلاً کمپوست) به عنوان مواد افزودنی برای بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده می شود . با توجه به اینکه ایران کشوری کم آب و خشک است استفاده از راهکارهایی در جهت کاهش مصرف آب و استفاده بهینه از مقدار آب موجود ، راه حل بسیاری از مشکلات خواهد بود . یکی از راهکارهای استفاده از مواد سوپر جاذب جهت افزایش جذب و نگهداری آب است . در این مقاله کمپوست تولید شده از مواد زاید جامد آلی شهری و ورمی کمپوست در کارخانه کمپوست بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد از نظر میزان جذب آب مورد بررسی قرار گرفته و کیفیت آن از نظر این فاکتور و نگهداری آب مطلوب ارزیابی شده است . بطوریکه درجه اشباعی کمپوست و ورمی کمپوست بترتیب در حدود ۱۰۰ و ۱۵۰ می باشد . در این تحقیق نمونه هایی از کمپوست و ورمی کمپوست در مخلوط با درصد های متفاوت (۱، ۵ ، ۱۰ و ۱۵ درصد) از سوپر جاذب آب (هیدروژل) تهیه گردید و پارامتر های فیزیکی و شیمیایی نظیر میزان رطوبت ، EC، pH و مقدار درصد اشباعی در آنها اندازه گیری شد . نتایج نشان داد که با افزایش مقدار سوپر جاذب مقدار درجه اشباعی در کود افزایش می یابد . ولی با توجه به تغییرات در پارامترهای دیگر ، نمونه حاوی یک درصد سوپر جاذب دارای مشخصات مناسبی می باشد .

واژه های کلیدی

کمپوست – سوپر جاذب – درجه اشباعی- هیدروژل

مقدمه

در دنیای امروز در کشاورزی از بقایای خود گیاهان و مواد مختلف (مثلاً کمپوست) به عنوان مواد افزودنی برای بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده می شود . علاوه بر این در مناطق خشک و نیمه خشک که قسمتهای وسیعی از کشور ما ایران نیز جزء آن می باشد، کمبود رطوبت در فصل رشد گیاهان موجب کمبود شدید عملکرد گیاهان به خصوص گیاهان زراعی می شود . بنابراین استفاده بهینه از روش های آبیاری و اصلاح خاک امری اجتناب نا پذیر است. یکی از موارد افزودنی در زمینه جذب آ ب، پلیمری با نام سوپر جاذب آب (**هیدروژل**) می باشد که استفاده از این پلیمر نتایج شگفت انگیزی در صرفه جویی مصرف آب و افزایش کمی و کیفی محصولات باغی و زراعی و همچنین فضای سبز و جنگلکاری ها دارد .

ایران کشوری کم آب و خشک است. با وجود این، باید دید چطور قدر آب، این مایه حیات را می دانیم: در حالی که کل آب مصرفی در ایران حدود ۸۶/۵ میلیارد متر مکعب در سال است که ۸۰ میلیارد متر مکعب آن در بخش کشاورزی مصرف می شود، از این مقدار ۶۵ درصد آن به علت شیوه های غلط و سنتی آبیاری هدر می رود! در رهگذر این اتلاف آب، کودهای شیمیایی نیز (به ویژه در خاک های شنی) بر اثر آبیاری غرقابی، به سرعت شویش یافته و موجب آلودگی منابع گرانبهای آبهای زیرزمینی می شوند. خشکسالی ها و فجایع زیست محیطی مرتبط، پیامد هدرروی بی رحمانه آب است. در کشورمان نزولات جوی ناکافی و کمبود شدید منآبع آب از مهمترین معضلات رشد و تولید محصول در گیاهان زراعی به شمار می رود. بنابراین بررسی راهکارهای مقآبله با تنش خشکی از اهم تحقیقات می باشد. از راههای جبران کمبود آب خصوصاً در زمان رشد می توان به استفاده از روشهای آبیاری با راندمان بالا، بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و کاربرد برخی مواد اصلاح کننده نظیر پلیمرهای سوپر جاذب اشاره نمود.هر یک از گیاهان بطور اعم و گیاهان زراعی بطور اخص دارای حداقل نیاز آبی برای رشد و تولید عملکرد مطلوب حتی تحت شرایط گلخانه ای می باشند. در صورتیکه حداقل نیاز آبی بنا به دلایلی نتواند فراهم شود گیاه مواجه با تنش خشکی شده و در صورت مصادف شدن تنش مزبور با مراحل رشدی حساس به کمبود آب ، نظیر جوانه زنی بذر ومرحله گلدهی می تواند صدمات جبران ناپذیری به محصول وارد آید. برخی مواد نظیر: بقایای گیاهی، کود دامی ، کود کمپوست و هید روژل های پلیمری سوپر جاذب می توانند مقادیر متفاوتی آب در خود ذخیره نموده و قابلیت نگهداری و ذخیره سازی آب را در خاک افزایش دهند. آب ذخیره شده در این مواد در مواقع کم آبی در خاک آزاد شده و مورد استفاده ریشه گیاه قرار می گیرد . پلیمرهای سوپر جاذب قأدرند به میزان ۰ تا ۲۰۰ میلی لیتر آب به ازای هر گرم وزن خشک پلیمر در خود ذخیره نمایند (بومن و ایو انس ۱۹۹۱). پلیمرهای سوپر جاذب موجب جذب سریع و به مقدار قابل ملاحظه آب در ساختمان خود می شوند. تحقیقات انجام شده روی تاثیر پلیمرهای سوپر جاذب در خاک و تحت شرایط کم آبی روی برخی گیاهان موفقیت آمیز بوده و این به دلیل مناسب بودن نسبی قیمت این مواد در برخی کشورها، سهولت ساخت و مصرف طیف وسیع کاربرد آنها می باشد. استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب به سالها قبل باز می گردد. استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب در تصفیه آب آشامید نی و فاضلاب های صنایع غذایی و نساجی و استخراج معادن گزارش گردیده است (بدر ونیگ ۱۹۹۳ درزولگ ۱۹۹۳). این مواد همچنین در پزشکی و در ترکیب داروها یی که نیاز به کنترل آزادسازی مواد مؤثره دارند به کدر می رود (پاپس ، ۱۹۸۷ اندی و همکاران ۱۹۹۶). ازموارد دیگر کاربرد آنها می توان به استفاده بعنوان کاتالیزور در برخی واکنش هادر ترکیب رزینهای تبادل کننده یونها و در اطفاء حریق اشاره نمود (لیوه ۱۹۹۹). در کشاورزی از پلیمرهای سوپر جاذب بعنوان یک ماده افزودنی به خاک بعنوان مخزن عناصر غذایی و نیز بعنوان جاذب آب در خاک استفاده می شود. خواص این مواد وابسته به عوامل زیادی از جمله خصوصیات ترکیبی و شیمیایی آنها ، بافت خاک، گونه گیاهی و نیز فاکتورهای محیطی، می باشد. پلیمرهای سوپر جاذب از نوع پلی اکریل امید جزو این دسته مواد بوده که بعنوان جاذب آب در افزایش ظرفیت نگهداری و جذب آب در خاک مورد استفاده قرار می گیرند و این خصوصیت برای مقابله با شرایط کم آبی و کاهش اثرات سوء تنش خشکی در گیاهان زراعی اهمیت بسزایی دارد. (چاتسوپلوس و همکاران ۲۰۰۰). سرعت تجزیه بیولوژیکی پلیمرهای سوپر جاذب در خاک به ابعاد خاکدانه و میزان مواد آلی بستگی دارد. همچنین با کاهش اکسیژن خاک و در نتیجه کاهش فعالیت باکتریها سرعت تجزیه بیولوژکی پلیمرهای سوپر جاذب نیز کاهش می یابد ماندگاری پلیمرهای سوپر جاذب از ۲ سال در خاکهای درشت بافت تا ۳ سال در خاکهای ریز بافت است (وودهوس و جانسون ۱۹۹۱). پلیمرهای سوپرجاذب بر میزان نفوذ آب در خاک وزن مخصوص ظاهری و ساختمان خاک(هلیا ولتی ۱۹۰۰) و نیز میزان تبخیر از سطح خاک(تیل و اهدی ۱۹۸۱) تاثیر می گذارند. هدف اصلی از افزودن پلیمرهای سوپر جاذب به خاک بالا بردن ظرفیت نگهداری آب در خاک است. هاترمن و همکاران در سال ۱۹۹۹) گزارشی کردند که افزودن پلیمرهای سوپر جاذب به خاک شنی موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب می گردد. گنجی خرم دل در سال ۱۳۷۸ تاثیر مقادیر صفر۰.۵ ۰.۱ ۰.۲ ۰.۳ درصد وزنی پلیمرهای سوپر جاذب را روی

برخی خصوصیات فیزیکی خاک از قبیل ظرفیت نگهداری آب ، تخلخل و ضریب آبگذری در در نوع‌بافت خاک لومی و لومی شنی بررسی نمود. نتایج نشان داد که در خاک لومی مآبین درصد های مختلف پلیمر سوپر جاذب و مقدار ۰/۱۳ درصد وزنی ملمو بیشترین تاثیر را روی افزایش تخلخل کل خاک داشت.

کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب در خاک موجب کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک می گردد (ال-هدربی و همکاران در سال ۱۹۹۹ با. آم زام ۱۹۸۰ طی آزمایشی مشاهده کرد که پلیمرهای سوپرجاذب وزن مخصوص ظاهری خاک شنی را از۱.۶۱۶ به ۱.۵۸۵ و وزن مخصوص ظاهری خاک شنی رسی را ۱.۳۳۱ به ۱.۲۰۳ کاهش دادند.پلیمرهای سوپر جاذب در خاک وزن مخصوص ظاهری خاک تا ۱۲ درصد افزایش می دهد (ال محدربی، ۱۹۹۹). یکی از راههای افزایش قابلیت ثبات خاکدانه ها و جلو گیری از تشکیل سله، ممانعت از ایجاد رورن آب در مزرعه و کاهش فرسایش خاک استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب در خاک می باشد(بن هور و همکاران در سال ۱۹۸۹ دریافتند که کاربرد یک کیلوگرم پلیمر سوپر جاذب در آبیاری شیاری میزان فرسایش را تا ۹۹ درصد کاهش داد. در برخی شرایط پلیمرهای سوپر جاذب بعنوان عامل آزاد کننده کود در ماتریکس خاک مورد استفاده قرار می گیرند (ماگلسن ۱۹۹۷). بدین صورت که این پلیمر عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان را جذب نموده و به مرور آنها را آزاد و در اختیار گیاه قرار می دهد و بدین ترتیب مانع از آبشویی این عناصر می گردد.وانک و همکاران در سال ۱۹۸۹ آب حاصل از آب شویی خاک حاوی پلیمر سوپر جاذب را مورد بررسی قردر داده و مشاهده کردند که این آب از حد پایئنی برخوردار است و علت آن را جذب و نگهداری کودها و نمکهای اضافه شده به ماتریس خاک توسط پلیمر سوپر جاذب ذکر کردند. آبرا هام و پیلای ۱۹۹۵ گزارش کردند که کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب در خاک میزان آب شویی آمونیوم را به میزان قابل توجهی کاهش می دهد. بنابراین با توجه به خصوصیات مثبت و عدیده پلیمرهای سوپر جاذب، اهداف این تحقیق را می توان به صورت زیر خلاصه کرد :

۱ - بررسی کاربرد مقادیر پلیمر سوپر جاذب در مخلوط با کمپوست و ورمی کمپوست

۲- تعیین بهترین میزان کاربرد پلیمرسوپرجاذب تحت شرایط تنش خشکی

۳- بررسی تغییرات فیزیکی و شیمیایی موجود در کمپوست و ورمی کمپوست در خصوص سوپر جاذب ها .

راهکار، بکارگیری شیوه های نوین آبیاری است. کاربرد هیدروژلهای سوپر جاذب، جدیدترین شیوه آبیاری برای مناطق خشک است که به کمک آن می توان تا ۵۰ درصد مصرف آب آبیاری را کاهش داد و ضمنا از شویش کودهای محلول در آب و آلودگی آبهای زیرزمینی جلوگیری کرد.سوپر جاذب در خاک، آب را همراه با کودهای محلول در آن، جذب کرده و بنا بر تقاضای ریشه در اختیار آن قرار می دهد. لذا این روش به تنهایی و یا در کنار سایر روش های نوین آبیاری، اگر بر اساس داده های پژوهشی و به درستی پیاده شود و تداوم یابد، می تواند ایران را از فجایع خشکسالی و زیست محیطی از یک سو، و از وابستگی شدید غذایی و رهایی از بحران اشتغال از سوی دیگر، برهاند و انقلابی در کشاورزی و اقتصاد ایجاد کند.پلیمرهای سوپر جاذب[1] ژلهای پلیمری آبدوست یا هیدروژلهایی هستند که می توان مقادیر زیادی آب حاوی املاح (آب نمک ۹ ٪) یا محلولهای فیزیولوژیکی را جذب کنند . از لحاظ عملی یک سوپر جاذب بصورت ماده خشکی توصیف می شود که چندین برابر وزن خود محلول آبی جذب کند (۹ و ۴) . تحقیقات متعددی بر روی این ماده صورت گرفته است . در آزمایشی که توسط ماس و کرولی (Math & Croeley) در سال ۱۹۹۵ در ایالت کلرادو صورت گرفته با کاربرد هیدروژل بر روی گیاه گوجه فرنگی در چین های اول و دوم بترتیب ۲۴/۸٪ و ۱۳/۷٪ افزایش محصول و در مجموع ۱۸/۶٪ افزایش محصول عاید گردیده است (۱۹) . در آزمایش دیگری که توسط راگو (Rughoo) و همکاران در سال ۱۹۹۷ بر روی گیاه گوجه فرنگی صورت گرفت اثر دو نوع هیدروژل بر عملکرد گیاه بررسی گردید . نتایج این تحقیق مبین آن است که هر دو هیدروژل با عث افزایش محصول به میزان ۱۰ ٪ و ۱۴ ٪ شد (۲۰) .

آزمایش دیگری توسط اشمیت و گراهام (Shzmidt & Graham) بر روی گیاهان گوجه فرنگی ، خیار و کاهو در آزمایشگاه با بکارگیری هیدروژل و آب بسیار شور صورت گرفت که نتایج نشان از افزایش تولید در اجزا عملکرد و وزن خشک داشت (۲۳). الحربی (Al-Hrabi) در سال۱۹۹۴ اثر آبیاری و افزودن مواد جاذب الرطوبه در خاک را بر روی رشد نهال گوجه فرنگی آزمایش نمود . نتایج نشان داد که افزودن آن به

1- Super Absorbent Polymers

میزان ۰/۶ درصد وزنی باعث افزایش معنی داری در عملکرد می گردد که مسلماً این افزایش ناشی از دسترسی بیشتر گیاه بـه آب بـوده اسـت (۱۶) .

در سال ۱۹۹۹ افزایش شاخص جوانه زنی بر روی خیار توسط الحربی (Al-Hrabi) و همکاران گزارش شـده اسـت (۱۵) . جیمـز و ریچـاردز (James & Richards) نیز در سال ۱۹۹۶ در شرح سوپر جاذب ها (هیدروژلها) گفته اند که آنها قادرند تا هزار برابر وزن خـود آب جـذب کنند (۱۸) . والاک (Wallace) هم در سال ۱۹۹۰ با استفاده از هیدروژل عملکرد بالایی در محصول گوجه فرنگی بدست آورد (۲۴) . هنس و نایدو (Haynes & Naidu) در سال ۱۹۹۸ اعلام نمودند هیدروژل علاوه بر افزایش ظرفیت نگهداری آب ، به نگهداری مـواد غـذایی (کـود) عناصر ماکرو و میکرو در خاک نیز کمک می کند (۱۷) . سیبلربوش (Silberbush) و همکاران در سال ۱۹۹۳ پلی اکریلامید جاذب رطـوبتی به نام آگروسواک را به عنوان یک ماده اصلاح کننده خاک برای افزایش دسترسـی گیاهـان بـه آب در خـاک شـنی در منطقـه نگـو(Negev) فلسطین مورد آزمایش قرار دادند . نتایج نشان داد ظرفیت ذخیره آب در خاک با افزایش میزان کاربرد آگروسواک زیاد می شود (۲۱) .

اثر هیدروژل بر ذخیره آب در خاکهای شنی و لوم شنی و تاثیر آن بر رشد جو و گندم و نخود توسط اختـر (Akhter) و همکـارانش در سـال ۲۰۰۴در کشور پاکستان بررسی گردید . نتایج نشان داد با افزایش ۰/۱ و ۰/۲ و ۰/۳ درصد هیدروژل به خاک ظرفیت نگهداری آب بطور خطی (R=0.988) افزایش خواهد یافت . افزودن هیدروژل به خاک باعث تاخیر ۴ تا ۵ روزه در پژمردگی نهال در هر دو نوع خـاک بکـار رفتـه شـد (۱۴) .

سیواپالان (Sivapalan) و همکاران در سال ۲۰۰۱ در یک آزمایش گلخانه ای اثر پلیمر جاذب رطوبتی بـه نـام آلکـوزورب را روی عملکـرد و کارآیی مصرف آب سویا در یک خاک شنی مورد آزمایش قرار دادند . نتایج نشان داد که مقدار آب نگهداری شده در خاک در فشـار ۰/۰۱ مگـا پاسکال به میزان ۲۳ و ۹۳ درصد به ازای کاربرد ۰/۰۳ و ۰/۰۷ درصد وزنی پلیمر افزایش یافت . میزان کارایی مصرف آب سویا در ۰/۰۳ درصد ۱۲ برابر و در ۰/۰۷ درصد به میزان ۱۹ برابر نسبت به تیمار کنترل افزایش نشان داد (۲۲) . در کشورمان نیـز تحقیقـات گسـترده ای در ایـن زمینه انجام شده است .

کوچک زاده و همکاران در سال ۱۳۷۹ در تحقیق خود تحت عنوان : "تاثیر پلیمر فراجاذب آب بر روی برخی خصوصیات فیزیکی خاک " نشان دادند که این پلیمر می تواند نگهداری رطوبت را در خاکهای سبک افزایش دهد و مشکل نفوذ پذیری خاکهای سنگین را برطرف سـازد (۱۰) .

شرفا در سال ۱۳۶۶ تاثیر ماده جاذب رطوبت هیدروپلاس را بر تخلخل ، ظرفیت نگهداری و عبور آب دو نوع خاک نسبتاً سنگین و سبک مورد آزمون قرار داد و اعلام داشت که افزودن هیدروپلاس موجب افزایش ظرفیت نگهداری رطوبـت در هـر دو نـوع خـاک مـی شـود و تخلخـل در خاکهای سبک را افزایش می دهد (۷) . در تحقیقی که شفیعی در سال ۱۳۸۲ بر روی تاثیر پلیمر سـوپر جـاذب بـر افـزایش رطوبـت خـاک و بازدهی و استقرار گونه پانیکوم آنتیدوتیل داشت مشخص گردید که استقرار گونه در تیمار شاهد ۷۵ ٪ و در تیمـار پلیمـر ۸۰ ٪ و تولیـد مـاده خشک هر گلدان در تیمار شاهد ۱/۷۱ و در تیمار پلیمر ۳/۸۲ گرم بوده است . همچنین کارایی مصرف آب در تیمـار شـاهد ۰/۲۱ و در تیمـار پلیمر ۰/۴۶ گرم در لیتر بود (۳) .

گوگلانی هم در سال ۱۳۸۲ با کاربرد ۳۰ تا ۵۰ گرم پودر هیدروژل برای هر درخت در باغهای زیتون گنبد نشان داد که حداقل ۵۰ ٪ در مقدار آب آبیاری صرفه جویی می شود (۱۳) .

الله دادی در سال ۱۳۸۴ در بررسی اثر مقادیر سوپر جاذب آب از نوع A200 بر رشد و عملکرد سویا گـزارش نمـود کـه بیشـترین عملکـرد و اجزاء عملکرد سویا با اعمال آبیاری کافی (دور آبیاری ۶ روز) و نیز کاربرد بالاترین مقدار پلیمر سوپر جاذب ۲۲۵ کیلـوگرم در هکتـار بدسـت می آید (۲) .

در گزارش روشن (۱۳۸۱) در دومین دوره تخصصی کاربرد هیدروژلهای سوپر جاذب در کشاورزی و صنعت آمده است که با مصرف ۱۰ گرم در متر مربع بر روی گیاه چمن دور آبیاری دو برابر شده و ۵۰ درصد در مصرف آب و هزینه های آبیاری صرفه جویی می شود (۵) . در طرحی اثر پلیمر آبدوست Terracottem بر دور آبیاری خربزه در سال ۱۳۸۲ در منطقه شهرستان سمنان اجرا گردید که نتایج نشان داد که اسـتفاده از هیدروژل تاثیر مثبت روی صفات مورد بررسی (بنیه گیاه ، وزن میوه و بیوماس گیاه) در شرایط تـنش خشـکی دارد ، فـاکتور اثـرات متقابـل صفات مذکور فقط در سطح ۱ ٪ برای صفت بیوماس گیاه معنی دار شد بطوریکه تیمار با دور آبیاری ۶ روز و ۱۵ گرم پلیمر بیشترین بیوماس را داشته است (۶) . تاثیر هیدروژل های سوپر جاذب در کاهش خشکی درختان زیتون توسط علیرضا طلایـی و ادل اسـد زاده در سـال ۱۳۸۴ بررسی گردید . نتایج نشان داد با کاربرد ۰/۳ درصد وزنی پلیمرهای سوپر جاذب ، شاخص های رشد در نهال های مورد تیمار نسبت بـه شـاهد

افزایش چشمگیری داشته و کمتر در معرض تنش خشکی قرار گرفته است (۸) . کاربرد پلیمر سوپر جاذب بر روی گیاه دارویی کتان روغنی در مرکز تحقیقات کشاورزی زابل اجرا گردید .

نتایج این تحقیق نشان داد که با اعمال ۷/۵ میلیمتر (۷۵٪ نیاز ناخالص آبیاری) به میزان ۱۵۰۰ متر مکعب آب در هر هکتار صرفه جویی می گردد و در صفات اندازه گیری شده گیاه تغییر محسوسی مشاهده نگردیده (۱۱) . کاربرد شش مقدار سوپر جاذب (۳،۲،۱،۰ و ۵ گرم سوپر جاذب در کیلو گرم) و چهار دور آبیاری (۱۸،۱۴،۱۰ و ۲۲) بر روی رشد و عملکرد ذرت علوفه ای بررسی گردید که نتایج نشان داد که اثر مثبت مقادیر با سوپر جاذب روی صفات مورد بررسی بخصوص ارتفاع بوته و تجمع ماده خشک بوده است . این اثر در فواصل آبیاری ۱۸ و ۲۲ روز بیشتر از دور آبیاری ۱۰ و ۱۴ روز ملاحظه شد . بیشترین تاثیر روی صفات مورد اندازه گیری مربوط به مقادیر ۳ و ۴ و ۵ گرم سوپر جاذب در کیلوگرم خاک بود و مقادیر ۱ و ۲ گرم خاک به دلیل کافی نبودن میزان آن تفاوت معنی داری را با شاهد بدون سوپر جاذب نشان نداد (۱)

گودرزی در سال ۱۳۸۴ در بررسی اثر گوگرد و کمپوست در افزایش جذب عناصر غذایی توسط گندم گزارش گرد که مصرف گوگرد به تنهایی موجب افزایش جذب عناصر غذایی فسفر ، پتاسیم ، آهن ، روی و مس به ترتیب ۵/۵ ، ۱۱ ، ۳۹ ، ۵ و ۲۹ درصد نسبت به شاهد شد در حالیکه مصرف توام گوگرد با کود آلی کمپوست جذب این عناصر را به ترتیب ۷۸ ، ۷۳ ، ۶۸ و ۵۴ درصد افزایش داد .

عملکرد، ساختار وخصوصیات هیدروژل :

سوپر جاذب ها از اتصال تعداد نامحدودی مونومر (تک پاره) ساخته شده اند پس وزن مولکولی آن ها ممکن است به چند میلیون برسد ، در حقیقت پلی آلکیل آمیدهای[1] غیر سمی هستند که بار مثبت آنها عنصرمعدنی پتاسیم یا سدیم است . هر چه غلظت مونومر در این مواد افزایش یابد سبب ایجاد تخلخل بر اثر تبخیر محلول در ژل می شود که این فضاهای خالی باعث افزایش سطح تماس ژل با محلولهای آبی می شود و در نتیجه سرعت جذب را افزایش می دهد. سوپر جاذب ها از نظر میزان جذب ، سرعت جذب ، استحکام ژل ، به چهار نوع تقسیم می شوند . این مواد در حدود ۵۰۰ برابر وزن مولکولی خود آب جذب می کنند در حقیقت برای گیاه به منزله آب انبار های زیبایی هستند که در موقع نیاز ریشه به راحتی آب را در اختیار آن قرار می دهند. این مواد پس از ۷-۴ سال بسته به نوع آن در خاک توسط میکروارگانیسم ها تخریب می شوند. **هیدروژل** ها به علت تغییرحجم مداوم که به دلیل جذب آب وازدست دادن آب پیدا می کنند میزان هوا را در خاک افزایش داده و باعث تهویه بیشتر خاک می شوند.

از مزایای استفاده از هیدروژل ها می توان موارد زیر را برشمرد :

۱- تاثیرات برروی شاخصهای خاک از نظر بافت فیزیکی .

۲- فشردگی خاک

۳- تهویه بهینه خاک

۴- ممانعت از فرسایش خاک

۵- جلوگیری از شسته شدن و هدر رفتن مواد غذایی خاک

۶- کاهش تاثیرات منفی حاصل از نمک خاک و کاهش شوری (EC) در خاک

۷- جذب بهتر مواد غذایی از طریق ریشه و افزایش راندمان استفاده از کود های طبیعی .

۸- انبوهی رشد ریشه (تقویت ریشه زایی) و افزایش ریشه دوانی

۹- افزایش شاخص جوانه زنی و سهولت در جوانه زنی

۱۰- فزایش تاثیر کودها و آفت کشها به میزان بسیار چشمگیر

۱۱- کاهش تاثیرات منفی ناشی از تنش خشکی

۱۲- کاهش چشمگیر مصرف آب و جلوگیری ازاتلاف آب در حدود ۷۰-۵۰ ٪

۱۳- افزایش کمی وکیفی محصول و در نتیجه درآمد بالاتر

۱۴- افزایش تولید ماده خشک در گیاه بدون نیاز به افزایش مصرف آب

برای رفع مشکل هدر رفت آب در خاکهای سبک (شنی) می توان با استفاده از **هیدروژل** ظرفیت نگهداری آب را بالا برد. به علاوه برای رفع مشکل نفوذ پذیری خاکهای سنگین (رسی) می توان از **هیدروژل** استفاده نمود. **هیدروژل** در کشاورزی ، باغبانی، جنگلکاری و فضای سبز

1- Poly Alkyl Amides (PAA)

استفاده می شود **هیدروژل** تاثیرات مثبت بسزایی در کنترل فرسایش خاک دارد. این پلیمرها می توانند از بارندگیهای پراکنده در مناطق کم آب به خوبی استفاده کرده و در موقع نیاز ریشه در اختیار گیاه قرار دهند. در مناطقی که دارای شیب فراوان هستند این مواد می توانند از هدر رفتن آب جلوگیری کنند. از آنجا که این مواد جذب آب ناشی از بارندگی های پراکنده را بالا می برد پس فواصل آبیاری را افزایش می دهند که این افزایش بستگی به شرایط فیزیکی خاک ، آب و هوا و میزان مصرف **هیدروژل** در خاک متفاوت است. این پلیمرها تنش های رطوبتی را از بین برده وبه سازگاری گیاهان کاشته شده با محیط جدید کمک می کنند. سوپر جاذبها با قرار گرفتن در خاک باعث جذب آب ثقلی و غیر قابل استفاده برای گیاه می شوند بنابراین از تنشهای وارده و تقلیل عملکرد تاحد زیادی جلوگیری می کند . **هیدروژل** عناصری نظیر : نیتراتها ، فسفاتها ، پتاسیم، آهن ، روی، وانواع ویتامینها را در خود نگهداری نموده و از هدر رفتن آنها جلوگیری می کند .

میزان و طریقه کاربرد

هیدروژل باید به صورت ماده خشک با خاک مخلوط شود و حداقل در لایه ۵ سانتی متری خاک قرار بگیرد زیرا اشعه ماوراء بنفش باعث شکسته شدن سریع این مواد می شود . نحوه استفاده از **هیدروژل** در موارد مختلف به شرح زیر است :

درختان و بوته ها: حدود ۱۰۰-۵۰ گرم سوپر جاذب خشک به ازای هر درخت توصیه می شود. به این طریق که ۲۵-۲۰ سانتیمتر از سطح خاک را با سوپر جاذب مخلوط کرده و استفاده می کنیم. میزان مصرف **هیدروژل** بستگی به بافت خاک و اندازه درخت دارد.

انتقال نهال: ابتدا نهال را در ظرفی حاوی ژل (**هیدروژل** که آب جذب کرده به تناسب ۱ کیلوگرم در ۲۲۰ لیتر آب) فروبرده به صورتیکه این مواد از ریشه جدا نشود نهال را جا به جا می کنیم. روش کاشت به شرح زیر می باشد: ابتدا محل چاله ها را مشخص کرده و با توجه به حجم ریشه نهال اقدام به حفر چاله ای می کنیم که تقریباً سه برابر حجم ریشه باشد سپس مقداری **هیدروژل** را با خاک مخلوط کرده ودر اطراف ریشه که در وسط چاله قرار دارد می ریزیم و وقتی از محکم شدن نهال و چسبیدن ریشه آن به خاک چاله مطمئن شدیم آنگاه آبیاری می کنیم . این چاله ها باید حداقل ۱۰ سانتی متر پایین تر از سطح زمین باشند تا بتوانند آبهای سطحی را جذب کند .

درختان میوه و جنگلکاریهای شهری: ۱۰۰-۸۰ گرم برای هر درخت توصیه می شود .روش کار به این صورت است که در قسمت سایه انداز درخت که توسعه ریشه بیشتر است ۵-۳ حفره ۵۰-۴۰ سانتی متری ایجاد می کنیم (اندازه و تعداد حفره ها بستگی به اندازه درخت دارد) در این روش که روش کپه ای (درون گودال) است مقداری **هیدروژل** را در کف چاله ها به صورت خشک می ریزیم و سپس روی آن را با خاک معمولی پر می کنیم البته چاله ها باید حداقل ۱۰ سانتی متر از سطح زمین پایین تر باشند.علاوه بر این روش سوپرجاذ بها می توانند به صورت نواری و اختلاط کامل با خاک به کار روند .

زمینهای چمن: به مقدار ۲۵-۲۰ گرم سوپر جاذب در هر متر مربع و در عمق ۲/۵- ۲ سانتی متری خاک قرار می دهیم. روش کار به این صورت است که ابتدا بستر خاک را آماده می کنیم و بعد مقدار توصیه شده را به صورت دستپاش یا بذر پاش در سطح خاک پخش کرده و سپس با برگرداندن خاک سوپر جاذب را در لایه ۲/۵- ۲ سانتی متری قرار می دهیم و به اندازه ۱۰ سانتی متر خاک معمولی روی آن می ریزیم و غلتک می زنیم و بعد عملیات بذر پاشی را انجام می دهیم. دراین روش مقدار آبیاری کمتر از روشهای معمول و همچنین دوره آبیاری طولانی تر می شود .

کشتهای زراعی: بسته به خصوصیات مزرعه از جمله بافت خاک، شرایط اقلیمی و... حد ود ۲۵-۴۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هر هکتار (۱۰۰۰۰متر مربع) خاک استفاده می شود وبه دو صورت نواری ، دست پاش یا کود پاش اعمال می شود . روش نواری: **هیدروژل** ته شیار ریخته و روی آن را با خاک پوشانده و آبیاری می شود . روش دستپاش یا کود پاش: هیدروژل در سطح مزرعه پخش می شود و با ابزار مناسب آنها را زیرخاک می برند.

پرورش قارچ: کلوفونی به مقدار دو کیلوگرم در هرمتر مکعب با بستر کاشت مخلوط شده و تا حالت اشباع آبیاری می شود .

خزانه نشاء: حدود ۱۲۰- ۴۰ گرم کلوفونی در هر متر مربع ودر عمق ۱۵-۱۰سانتی متری استفاده می شود.

گلدان: هیدروژل را با خاک مخلوط می کنیم و به صورت لایه ای در قسمت پایین گلدان می ریزیم تا ازهدر رفتن آب جلوگیری کنیم یا سوراخهایی تا دو سوم عمق گلدان ایجاد کرده و مقداری **هیدروژل** خشک را درون آن ریخته و آن را می فشاریم و سپس سوراخها را با خاک معمولی می پوشانیم تقریباً به ازای هر کیلو گرم خاک گلدان دو گرم **هیدروژل** مصرف می کنیم . در هر یک از شرایط فوق لازم است تا ۳-۲ نوبت آبیاری معمولی انجام شود و سپس فاصله آبیاری را افزایش دهیم .

کاربرد هیدروژل بسته به نوع گیاه ، بافت خاک ، شرایط اقلیمی و کیفیت آب ، موجب کاهش آب مصرفی به میزان ۷۰-۵۰٪ می شود که این مقدار برای گیاهان گلدانی ۷۵-۵۰٪ ، زمینهای چمن ۴۰-۱۵٪، گیاهان زراعی در شرایط مزرعه ای ۴۰-۲۰٪ است .

رزینهای سوپرجاذب (سوپرآب) مواد اصلاح‌کننده جدیدی هستند که به تازگی کاربرد وسیعی پیدا کرده‌اند. این هیدروژلها، پلیمرهایی به شدت آبدوست‌اند که ضمن برخورداری از سرعت و ظرفیت زیاد جذب آب، به مثابه آب انبارهای مینیاتوری عمل کرده و در موقع نیاز ریشه، به راحتی آب و مواد غذایی محلول در آب را در اختیارریشه گیاه قرار می‌دهند. مقدار آبی که در خاک ذخیره می‌شود به ظرفیت نگهداری رطوبت خاک نیز بستگی دارد.

پلیمرهای سوپرآب ضمن بالا بردن ظرفیت نگهداری آب در خاکهای سبک می‌توانند مشکل نفوذناپذیری خاکهای سنگین و مشکل شویش سریع کودها وآلودگی آبهای زیرزمینی را نیز مرتفع کنند. این سوپرجاذبها از آنجاکه با جذب سریع آب به میزان صدها برابر وزن خود به ژلی با دوام زیاد تبدیل می‌شوند، در کشاورزی و باغبانی، جنگلکاری، فضای سبز و نیز در تثبیت بیولوژیکی شنهای روان، کنترل فرسایش خاک و کویرزدایی از جایگاه ویژه‌ای در دنیا برخوردارشده‌اند.

با اینکه سوپرآب، تحت فشار هم قادر به نگهداری آب جذب کرده خود است، به‌محض نیاز ریشه، آب را به سهولت در اختیار آن قرار می‌دهد. سوپرآب با جذب سریع آب و حفظ آن، بازده جذب آب ناشی از بارندگیهای پراکنده را بالا برده و در صورت آبیاری خاک، فواصل آبیاری را نیز افزایش می‌دهند. مقدار این افزایش به شرایط فیزیکی خاک، آب و هوای منطقه و میزان مصرف سوپرجاذب در خاک، بستگی دارد. استفاده از سوپرآب در کاشت نشاء و نهال، تنشهای رطوبتی را از بین برده و به سازگاری نباتات کاشته شده با محیط کمک می‌نماید. با توجه به pH نزدیک به خنثای سوپرآب که بین ۶ تا ۷ است، اثر سوء بر خاک نداشته و هیچگونه سمیتی نیز ندارد. این سوپرجاذبها پس از ۳ تا ۵ سال، بسته به نوع آن و ترکیب خاک، توسط میکروارگانیسمها تخریب می‌شوند و لذا آلودگی زیست‌محیطی ایجاد نمی‌کنند. علاوه بر نگهداری آب، سوپرآب به علت تغییر حجم مداوم (انبساط به هنگام تورم و انقباض به هنگام از دست دادن آب) میزان هوا را در خاک افزایش می‌دهد.

روش تحقیق

ابتدا جهت تعیین ترکیب بهینه کمپوست – هیدروژل و ورمی کمپوست – هیدروژل آزمایشات فیزیکی ، شیمیایی بخصوص تعیین نقاط مهم رطوبتی در نسبت های مختلف نمونه – هیدروژل انجام شد . درصد های اختلاط مورد آزمایش بشرح ذیل بود :

جدول ۱ – ترکیب درصد اختلاط نمونه ها با کمپوست

کد نمونه	E	D	C	B	A
درصد کمپوست	۸۵	۹۰	۹۵	۹۹	۱۰۰
درصد هیدروژل	۱۵	۱۰	۵	۱	۰

جدول ۲ – ترکیب درصد اختلاط نمونه ها با ورمی کمپوست

کد نمونه	D	C	B	A
درصد ورمی کمپوست	۹۰	۹۵	۹۹	۱۰۰
درصد هیدروژل	۱۰	۵	۱	۰

در ادامه بهترین ترکیب کمپوست – هیدروژل را که بالاترین ظرفیت نگهداری آب را نشان دهد و ویژگیهای شیمیایی – فیزیکی مطلوب داشته باشد تعیین گردید . همچنین در مورد ورمی کمپوست نیز بطور مشابه نمونه ها تهیه گردد .

نمو نه ها ابتدا بوسیله آسیاب کاملاً خرد شده و بصورت مخلوط همگن در آورده شده است . سپس از آنها مقادیر لازم جهت آزمایشات مختلف برداشته شده است سپس آزمایشات انتخابی تعیین درصد رطوبت ، pH و هدایت الکتریکی[1] (EC) و درجه اشباعی روی نمونه ها انجام شده است .

1- Electrici Condactiviy

مشخصات دستگاهها

برای اندازه گیری فاکتورهای مختلف ازروش های استانداردانجمن سلامت امریکا استفاده شده است.برای اندازه گیری هدایت الکتریکی از دستگاه هدایت سنج EDT - BA 380 و pH از دستگاه pH متر744 Metrohm استفاده شده است . آون Memmert نیز برای خشکاندن وتعیین رطوبت مواد بکار رفته است ضمنا" اندازه گیری ها بر حسب ماده خشک می باشد . هدایت الکتریکی بر حسب ms/cm گزارش شده است .برای محاسبه درصد اشباع نیز از روش های وزنی استفاده شده است.مشخصات سوپر جاذب مورد استفاده در این تحقیق که ساخت پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران می باشد به شرح جدول ۳ می باشد:

ردیف	ویژگی	مشخصه هیدروژل
۱	ظاهر	دانه سفید
۲	بو و سمیت	ندارد
۳	دانسیته gr/cm^3	۱/۴-۱/۵
۴	pH در محیط آبی	۶-۷
۵	حلالیت در آب	نامحلول
۶	میانگین اندازه ذرات (mm)	۲-۴
۷	ظرفیت جذب آب شهر (g/g)	۱۹۰
۸	ظرفیت جذب آب مقطر (g/g)	۲۲۰
۹	ظرفیت جذب محلول ۰/۹ درصد سدیم کلرید (g/g)	۴۵

جدول ۴ – نتایج نمونه های ترکیبی با کمپوست

کد نمونه	نوع نمونه	درجه اشباعی	pH	EC (ds/m)	رطوبت (درصد)
A	۱۰۰ گرم کمپوست	۹۸/۸	۷/۳۵	۳/۰۷	۸/۵
B	۹۹ گرم کمپوست + ۱ گرم سوپر جاذب	۱۵۴/۰	۷/۴۴	۲/۸۰	۸/۵
C	۹۵ گرم کمپوست + ۵ گرم سوپر جاذب	۳۲۶/۱	۷/۵۲	۳/۹۸	۸/۴
D	۹۰ گرم کمپوست + ۱۰ گرم سوپر جاذب	۳۸۲/۰	۷/۵۲	۴/۱۵	۸/۴
E	۸۵ گرم کمپوست + ۱۵ گرم سوپر جاذب	۵۴۲/۴	۷/۶۸	۴/۴۲	۹/۰

همانطور که نتایج نشان می دهد ترکیب کمپوست و ورمی کمپوست با سوپر جاذب باعث افزایش درجه اشباعی شده که مسلماً موجب افزایش زمان نگهداری آب در خاک می شود و به دنبال آن فواید بسیاری در کشاورزی به دنبال خواهد داشت . (مطابق نمودار ۱)

جدول ۵ – نتایج نمونه های ترکیبی با ورمی کمپوست

کد نمونه	نوع نمونه	درجه اشباعی	pH	EC (ds/m)	رطوبت (درصد)
A	۱۰۰ گرم ورمی کمپوست	۱۵۰/۰	۸/۰	۱/۵۲	۳۸/۲
B	۹۹ گرم ورمی کمپوست + ۱ گرم سوپر جاذب	۱۹۰/۰	۸/۱۰	۱/۶۰	۳۷/۸
C	۹۵ گرم ورمی کمپوست + ۵ گرم سوپر جاذب	۳۵۰/۰	۸/۱۲	۲/۱۴	۳۶/۷
D	۹۰ گرم ورمی کمپوست + ۱۰ گرم سوپر جاذب	۴۴۲/۴	۸/۱۷	۲/۴۴	۳۶/۶

در اثر افزایش سهم درصدی سوپر جاذب کمی تغییر افزایش در میزان هدایت الکتریکی (EC) دیده می شود که بنا به دلیل مقادیر بهینه مورد استفاده در این اختلاط با مقدار ۱ درصد همخوانی دارد . در مورد ورمی کمپوست نیز نتایج تقریباً بطور مشابه تکرار شده است .

تیجه گیری

بنابراین استفاده از سوپرجاذب به تنهایی یا در کنار سایر روشهای آبیاری و یا در حین مصرف کودهای آئی نظیر کمپوست و ورمی کمپوست در صورتیکه به نحوه صحیح به کار رود و ادامه یابد این توانایی را دارد که زمینهای خشک و غیر قابل کشت کشورمان را با کمترین هزینه از خشکسالی نجات دهد و همچنین تحولی عظیم در کشاورزی و اقتصاد کشاورزان شریف و کلیه مراکز و سازمانهای حفظ و نگهداری منابع طبیعی و فضای سبز کشور ایجاد کند و با توجه به اثرات زیست محیطی مفیدی که از تولید کمپوست حاصل می شود به حفظ محیط زیست سبز نیز خدمت خواهد شد .

منابع مورد استفاده

۱- الله دادی ، ا . ۱۳۸۱ . بررسی تاثیر کاربرد هیدروژلهای سوپر جاذب بر کاهش تنش خشکی در گیاهان . مجموعه مقالات دومین دوره تخصصی – آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژلهای سوپر جاذب . بهمن ۱۳۸۱. کرج .

۲- الله دادی ، ا .،ف . یزدانی . غ . اکبری ، م.ر. بهبهانی . ۱۳۸۴ . بررسی اثر مقادیر پلیمر سوپر جاذب (Superab A200) روی رشد ، عملکرد ، اجزاء عملکرد و گره زایی سویا (Glycine max L.) تحت شرایط تنش خشکی . مجموعه مقالات سومین دوره آموزشی و سمینار تخصصی کاربرد کشاورزی هیدروژلهای سوپر جاذب . آبان ۱۳۸۴ . کرج .

۳- بانج شفیعی ذ، ش . ۱۳۸۲ . تاثیر پلیمر سوپر جاذب بر روی افزایش رطوبت خاک ، بازدهی کود و استقرار گونه پانیکوم . مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک . شهریور ۸۲ . رشت .

۴- بوهندی ، ح . ۱۳۸۱ . مقدمه ای بر پلیمرهای آبدوست . مجموعه مقالات دومین دوره تخصصی – آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژلهای سوپر جاذب . بهمن ۱۳۸۱ . کرج .

۵- روشن ، ب . ۱۳۸۱ . تاثیر مصرف سوپر جاذب استاکویورب بر افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی . مجموعه مقالات دومین دوره تخصصی – آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژلهای سوپر جاذب . بهمن ۱۳۸۱ . کرج .

۶- سالار ، ن . ، م . فرحپور ، ف . بهادری . ۱۳۸۴ . بررسی اثر پلیمر آبدوست Terra Cottem بر دور آبیاری در کشت صیفی (خربزه) . مجموعه مقالات سومین دوره آموزشی و سمینار تخصصی کاربرد کشاورزی هیدروژلهای سوپر جاذب . آبان ۱۳۸۴ . کرج .

۷- شرفا ، م . ۱۳۶۶ . اثر پرلیت و هیدروپلاس بر تخلخل ، ظرفیت نگهداری رطوبت و آبگذری خاکها ، دانشگاه تهران ، دانشکده کشاورزی ، گروه خاکشناسی ، پایان نامه کارشناسی ارشد .

۸- طلایی . ع . ، ع . اسد زاده . ۱۳۸۴ بررسی تاثیر هیدروژلهای سوپر جاذب در کاهش خشکی درختان زیتون . مجموعه مقالات سومین دوره آموزشی و سمینار تخصصی کاربرد کشاورزی هیدروژلهای سوپر جاذب . آبان ۱۳۸۴. کرج .

۹- کبیری ، ک . ۱۳۸۴ . هیدروژلهای سوپر جاذب معرفی و کاربردها . مجموعه مقالات سومین دوره آموزشی و سمینار تخصصی کاربرد کشاورزی هیدروژلهای سوپر جاذب . آبان ۱۳۸۴ . کرج .

۱۰- کوچک زاده ، م . ، ع . ا . صباغ فرشی و ن . گنجی خرم دل (۱۳۷۹) . تاثیر پلیمر فراجاذب آب بر روی برخی خصوصیات فیزیکی خاک . مجله علوم خاک و آب . جلد ۱۴ شماره ۲ . موسسه تحقیقات خاک و آب .

۱۱- کیخانی ، ف . ۱۳۸۴ . تاثیر کارایی سوپر جاذب در گیاهان . مجموعه مقالات سومین دوره آموزشی و سمینار تخصصی کاربرد کشاورزی هیدروژلهای سوپر جاذب . آبان ۱۳۸۴ . کرج .

۱۲- گودرزی ، ک . ۱۳۸۴ . اثر گوگرد و کمپوست بر افزایش جذب عناصر غذایی توسط گندم در یک خاک آهکی . نهمین کنگره علوم خاک ایران . تهران ، ایران ، جلد اول .

۱۳- گوگلانی ، ا . ۱۳۸۲ . اجرای نخستین طرح هیدروژل در باغهای زیتون گنبد . روزنامه قدس ، اول آذرماه ۱۳۸۲ .

14- Akter . J . . K.Mahmood . K.A.Malik . A.Mardan . M.Ahmad . M.M.iqbal. 2004. Effect of Hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soil and seedling growth of Barley Wheat and Chickpea . Plant Soil Environ . 50 , 2004 (10):463-469 .

15- AL-Harbi AR. A.M. AL-Omran.A.A.Shalaby and M.I.Choudhary . 1999 . Efficacy of a hydrophilic polymer declines with time in greenhouse experiments . Hort Sci . 34 : 2.223-224

16 - AL-Harbi AR. A.M. AL-Omran.A.A.Shalaby . 1994 . Arid soil Research and Rehabilitation . Jornal – Article . 8:3. 285-290.

17- Haynes. R.J. and R.Naidu . 1998 . Influence of lime fertilizers and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions : A review . Nutrient Cycling in Agroecosystems 51 :2,123-137 (Abstract).

18- James.E.A. and D.Richards . 1986 . The influence of iron source on the water – holding properties of potting media amended with water – absorbing polymers . Scientia Hort . 28:201-208 .

19- Matt.H.F. and C.Croeley . 1995 . Results and discussion of soil incirporsted Hydrogel Polymer on Tomato . STOCKOSORB , Horticultural Water Absorbment Polymers .

20- Rughoo,M. ,N. Govinden and B.Gowrea . 1997. Yield and characteristics of cooking tomato var . Sirius . Revue Agric . Sucr . Ile Maurice 76(2):38-43

21-Silberbush, M. , E.Adar and Y.Malach . 1993 . Use of a hydrophilic polymer to improve water storage and availability to crops grown in sand dunes . Agricultural water Management . 23:303-313

22-sivapalan, S. 2001 . Effect of polymer on soil water holding capacity and plant water use efficiency .

Proceeding of 10th Australian Agronomy Conference . Horbart .

23- Szmidt R.A.K. and N.B.Grahom . The effect of poly (Ethylene Oxide) hydrogel on crop growth under saline conditions . International Symposium on Protected Cultivation of Vegetable in Mild Winter Climates (ISHS) .

24- Wallace . A. and G.A.Wallace . 1990 . Interactions encountered when supplying nitrogen and phosphorus fertilizer and a water – soluble polyacry lamide to soil . Jour. Plant Nutriyion 13:3-4,343-347(Abstract).