

معرفی کاربرد پلیمرهای فرا جاذب آب (Water Superabsorbent)

در پروژه های بیولوژیک بیابان زدایی

● وحید جعفریان- کارشناس ارشد معاونت امور مراتع و خاک

● احمد لاهوتی- کارشناس ارشد دفتر تثبیت شن و بیابانزدایی

مقدمه

در حال حاضر بیش از ۷۰ درصد اعتبارات پروژه های بیولوژیک بیابان زدائی و تثبیت ماسه های روان صرف عملیات تأمین آب و آبیاری در مناطق بیابانی کشور می گردد . مواردی چون کمبود شدید بارندگی و عدم پراکنش مناسب آن ، تبخیر و تعرق بسیار بالا ، قابلیت بسیار اندک ظرفیت نگهداری آب در خاک مناطق ماسه ای از مهمترین چالشهای موجود جهت استقرار نهال در عرصه های بیابانی بشمار می رود . بدین لحاظ شناسایی و به کارگیری تکنیک های پیشرفته بمنظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک و افزایش نگهداری آب در خاک و در نتیجه افزایش راندمان موفقیت عملیات بیولوژیک تثبیت ماسه های روان و کاهش هزینه های اجرای این عملیات ، از جمله اقداماتی است که در دستور کار دفتر تثبیت شن و بیابان زدایی قرار گرفته است .

پلیمرهای فرا جاذب آب (Water Superabsorbent) گروهی صناعی از مواد اصلاح کننده خاک می باشند که می توانند مقادیر زیادی آب یا محلول آبی را جذب نموده و متورم شوند. این مخازن ذخیره ای کوچک ، وقتی که در داخل خاک قرار می گیرند ، آب حاصل از آبیاری و بارندگی را به خود جذب نموده و از فرو نشن آن جلوگیری می نماید. پس از عمل جذب و در اثر خشک شدن محیط آب داخل پلیمر به تدریج تخلیه می گردد و بدین ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری

مجدد مرطوب می ماند. در این گزارش سعی بر آن است تا با معرفی خواص پلیمرهای فرا جاذب آب در زمینه اصلاح خاک ، قابلیت بکارگیری این مواد در پروژه های بیولوژیک بیابانزدایی مد نظر کارشناسان و متولیان امر قرار گیرد .

پیشینه

مواد جاذب رطوبت در جهان بصورت گسترده و روزافزونی در صنایع بسته بندی ، پزشکی و بهداشتی و کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرند . کاربرد مواد جاذب الرطوبه پلیمری کشاورزی در ۶۰ سال اخیر رواج یافته است و قریب به یک دهه از معرفی این مواد به بازار کشاورزی در ایران می گذرد . با این حال تا کنون از این مواد در اجرای پروژه های بیولوژیک بخش منابع طبیعی بصورت رسمی استفاده نشده است .

پلیمرهای جاذب الرطوبه کشاورزی

پلیمرهای جاذب الرطوبه کشاورزی در مواد مختلفی چون صیفی کاری ، کشت گلخانه ای ، تولید نهال و باغبانی در مناطق کم آب که انجام عملیات آبیاری هزینه سنگینی را در بر دارد مورد استفاده قرار گرفته است. این مواد که با عناوین تجاری مختلف عرضه می گردند، می توانند تا ۳۰ برابر وزن خود آب را جذب کنند و آن را به آرامی در دسترس گیاه قرار دهند. در سنوات اخیر مطالعات گسترده ای بمنظور ساخت و تولید پلیمرهای فراجاذب آب (Polymers

Super Absorbent) مورد استفاده در بخش منظر سازی (چمن کاری) و جنگلداری (نهالکاری) نیز صورت گرفته است. بهر حال آنچه که برای متقاضیان کاربرد مواد فرا جاذب آب یا جاذب الرطوبه در بخش کشاورزی مورد اهمیت و ملاک انتخاب می باشد. سهولت کاربرد، نسبت میزان جذب آب، طول عمر مناسب، نداشتن اثر توری در خاک و در نهایت قیمت پلیمر می باشد. در بخش منابع طبیعی به لحاظ سطح وسیع اجرای عملیات اثرات زیست محیطی پلیمرهای فراجاذب آب نیز می بایست مد نظر قرار گیرد .

پلیمرهای فراجاذب آب قابلیت های اثبات شده ای در بهبود تهویه و نگهداری آب در خاک، تنظیم میزان مصرف آب توسط گیاه ، اصلاح و تسهیل مدیریت آبیاری و افزایش تاثیر و کاهش نیاز به مصرف کود و سموم بخش کشاورزی دارند

تهویه و نگهداری آب

بیش از ۹۰ درصد رطوبت جذب شده توسط پلیمرهای فرا جاذب آب می تواند مورد استفاده گیاه واقع شود بدین ترتیب بایستی اذعان نمود که هیچ ترکیب و مخلوط معدنی نمی تواند به این میزان آب را نگهداری و در دسترس گیاه قرار دهد.

ظرفیت نگهداری آب Soil water holding capacity در خاک به اندازه ذرات خاک بستگی دارد. برای مثال، هر چه اندازه این ذرات درشت باشند میزان حفظ و نگهداری

ایجاد می کنند. این امر موجب می شود تا صرف انرژی در گیاه برای کسب میزان رطوبت و بهره مندی از تهویه و درجه حرارت مطلوب (که تحت تاثیر دو عامل رطوبت و تهویه می باشد) کاهش یافته و مناسب ترین شرایط جهت رشد گیاه فراهم شود.

تنظیم میزان مصرف آب

از عمده محاسن استفاده از پلیمرهای فرا جاذب آب، در دسترس قرار دادن رطوبت موجود خاک در موقع مناسب به گیاه است. برای مثال خاک رس مقدار زیادی آب را در خود نگه داشته و کمتر از نصف آن را به ریشه گیاه می رساند. در صورتی که این پلیمرها بدلیل کاهش نوسانات میزان رطوبت در خاک، شرایط یکنواخت، متعادل و منظمی را در محیط خاک ایجاد می کنند.

آبیاری

در کشاورزی، عملیات آبیاری گیاه براساس جدول زمانی بین ظرفیت مزرعه (field capacity) نقطه پژمردگی تنظیم می گردد. در طول فاصله بین دوره آبیاری سرعت رشد گیاه با تقلیل میزان رطوبت قابل دسترس، کاهش یافته که این امر ناشی از تنش کمبود رطوبت در خاک می باشد. با استفاده از پلیمرهای فرا جاذب آب در خاک، نوسانات میزان رطوبت در محیط اطراف ریشه کاهش چشمگیر یافته و در نتیجه تنش وارده به گیاه در بین دوره های آبیاری یا فواصل بین بارندگی های موثر در مناطق خشک و نیمه خشک که گیاه متکی به نزولات آسمانی می باشد، کاهش می یابد. کاهش دفعات نیاز به آبیاری مهمترین ویژگی کاربرد پلیمرهای فرا جاذب آب در مناطق خشک و بیابانی می باشد. در این ارتباط باید در نظر داشت که استحصال بی رویه آب در این مناطق خود مصداقی از بیابان زایی به شمار رفته و هر گونه اقدامی در جهت کاهش برداشت آب و مصرف محدود و بهینه از آن

باشد این قابلیت تبادل گازهای دی اکسید کربن (CO_2) و اکسیژن (O_2) را بین ریشه و سایر میکروارگونیسمهای موجود در خاک با محیط را امکان پذیر می کنند. مسئله مهم دیگر ایجاد شرایط تهویه خاک به مراتب دشوارتر از مدیریت آب و آبیاری در مزرعه است اگر میزان رطوبت در ریشه کاهش یابد بلافاصله اقدام به آبیاری می شود ولی در صورت مواجهه با کمبود تهویه در ریشه عملیات اصلاحی بسهولت امکان پذیر نیست.

پلیمرهای فرا جاذب آب ضمن برقراری رطوبت رسانی مطلوب به ریشه گیاه شرایط تهویه خاک را حفظ نموده و در نتیجه وضعیت مطلوبی را جهت بهره مندی از رطوبت و تبادل گازهای تنفسی در ریشه گیاه

آب کمتر است و برعکس. از طرفی در خاکهای ریزدانه و با بافت سنگین بدلیل افزایش نیروی چسبندگی آب و سطوح ذرات خاک، نسبت کمتری از آب جذب شده در اختیار گیاه قرار می گیرد. زیرا تهویه و حفظ مقدار آب رابطه مستقیم با درشت دانه بودن ذرات خاک (منفذ - فضای خالی موجود) داشته و نگهداری آب و کمبود تهویه نیز رابطه مستقیم با ریزدانه بودن بافت خاک دارد. پلیمرهای جاذب رطوبت در خاکهای با بافت سبک باعث افزایش قابلیت نگهداری آب و در خاکهای سنگین موجب افزایش نسبت آب قابل دسترس در گیاه می گردند.

قابلیت تهویه خاک Soil aeration از مهمترین پارامترهای لازم در رشد گیاه می



- کاهش آبیاری به میزان ۵۰ درصد
- ماندگاری مواد برای سالهای متوالی (۳ تا ۷ سال)
- جذب کودهای شیمیایی و آزادسازی به موقع آن
- استفاده پلیمرهای فرا جاذب آب بعنوان بستر کشت
- کاهش فشار و تنش در هنگام زخمی شدن و استرس گیاه
- کاهش در استفاده از آفت کشها، قارچ کشها و علف کشها
- تقویت زهکشی و اصلاح خاک
- برخی تحقیقات انجام شده در ایران در زمینه کاربرد پلیمرهای جاذب آب در ضمیمه شماره ۱ آورده شده است. این تحقیقات بطور عمده در زمینه کشاورزی انجام شده و در خصوص گونه های قابل کشت در انجام عملیات بیولوژیک تثبیت ماسه های روان تحقیقات انجام شده بسیار محدود می باشند.



۱۰. بهبود بهره برداری از منابع محدود آب در عملیات آبیاری ضرورتی در خور توجه می باشد.

تنظیم میزان مصرف کود

زمانی که ذرات پلیمر، آب را جذب می نماید همزمان با آن کود و عناصر حیاتی محلول را نیز به خود جذب می کند، بدین ترتیب این مواد به همراه آب جذب شده در اختیار گیاه قرار می گیرد. این تاثیر می تواند نقش قابل ملاحظه ای در کاهش نیاز به مصرف کود و نیز سموم دفع آفات داشته و از این نظر بسیار اقتصادی می باشد.

بطور کلی نقش پلیمرهای فرا جاذب آب را در بهبود خواص خاک و عملکرد گیاه را می توان در موارد زیر خلاصه نمود:

الف - پلیمرهای فرا جاذب آب موجب بهبود خواص خاک در موارد زیر می شود:

۱. ظرفیت نگهداری آب در خاک
۲. میزان آب قابل دسترس در خاک
۳. نفوذپذیری خاک
۴. تخلخل خاک
۵. ضریب آبگذری خاک
۶. فولیکولاسیون ذرات خاک
۷. کاهش تراکم خاکهای سنگین
۸. نیتریفیکاسیون خاک
۹. بهبود محتویات میکروفلورال و باکتریال خاک

ب - پلیمرهای فرا جاذب آب موجب بهبود عکس العمل گیاه در موارد زیر می شود:

۱. کاهش تنش رطوبت و آب در گیاه
۲. افزایش باردهی گیاه
۳. افزایش زنده ماننی و بقای گیاهی
۴. افزایش پایایی (shelf life) گیاه
۵. کاهش هزینه های تولید و واکاری نهال

تحقیقات

مطالعات گسترده و فراوانی در زمینه کاربرد پلیمرهای فرا جاذب آب در سطح جهان انجام شده و با توجه به گسترش دانش پلیمر، ساخت و انواع مختلف این مواد و کاهش هزینه های تولید آن را شاهد هستیم بدین ترتیب به نظر می رسد کاربرد این مواد در آینده ای نه چندان دور یکی از فعالیتهای رایج کشاورزی و منابع طبیعی بویژه در مناطق خشک و کم آب باشد. تحقیقات انجام شده محاسن متعدد کاربرد پلیمرهای فرا جاذب آب را در موارد زیر اثبات کرده اند:

- تقویت زیست مناسب گیاه
- عدم باقی ماندگی سموم و سمیت آن
- افزایش عمر زیستی گیاه

منابع

۱. مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۴، شماره ۲، ص ۱۸۶-۱۷۶ (۱۳۷۹)
۲. مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، سال هفدهم، شماره ۳، ص ۱۷۳-۱۶۳ (۱۳۸۳)

۳. تاثیر پلیمر سوپر جاذب بر خصوصیات فیزیکی خاکمهندس ناصر خرم دل، مرکز تحقیقات کشاورزی زابل تهران، ۱۳۷۷

بعضی از پایگاههای اینترنتی مرتبط:

- * پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران www.ippi.ac.ir
- * پایگاه وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا www.usda.org
- * سایت شرکت رهاب رزین www.rahabresin.com/research.htm
- * شرکت Horticultural Alliance در ایالات متحده آمریکا www.hortsorb.com
- * شرکت Terawet در ایالات متحده آمریکا www.terawet.com

ضمیمه ۱ - معرفی برخی از تحقیقات پژوهشی مربوط به تاثیر پلیمرهای سوپر جاذب (سوپر آب) بر خاک و ارتقاء رشد و عملکرد گیاهان و کاهش مصرف آب آبیاری کشاورزی در ایران ، تا زمستان ۱۳۸۴

ردیف	عنوان طرح	مجری	مکان و زمان اجرا
۱	بررسی تاثیر کاربرد هیدروژلهای سوپر جاذب در کاهش تنش خشکی در گیاهان	دکتر ایرج الله دادی ، دانشگاه تهران ، مجتمع آموزش عالی ابوریحان	تهران ، پاکدشت ، ۱۳۸۲
۲	استفاده از سوپر جاذب جهت آبیاری بهینه فضای سبز و جنگل کاریهای پیرامون شهری	مهندس محمدرضا خوشنویس ، شهرداری تهران ، سازمان پارکها و فضای سبز	تهران ، منطقه ۵ ، ۱۳۸۰
۳	بررسی کاربرد پلیمر سوپر جاذب بر کنترل فرسایش خاک	مهندس ابوالفضل خلیل پور ، مرکز تحقیقات منابع طبیعی استان تهران	تهران ، ۱۳۷۹
۴	تاثیر پلیمر سوپر جاذب بر افزایش رطوبت خاک ، بازدهی کود ، رشد و استقرار پانیکوم	دکتر شهرام بانج شفیعی ، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع	تهران ، ۱۳۷۸
۵	تاثیر پلیمر سوپر جاذب بر خصوصیات فیزیکی خاک	مهندس ناصر خرم دل ، مرکز تحقیقات کشاورزی زابل	تهران ، ۱۳۷۷
۶	تاثیر مقادیر مختلف پلیمر سوپر جاذب روی رشد درخت زیتون	مهندس عباس عطاپور ، دکتر ایرج الله دادی پژوهشگاه پلیمر و پترو شیمی ایران	تهران ، ۱۳۸۳
۷	تاثیر پلیمر سوپر جاذب بر کاهش آب آبیاری چنار	مهندس عباس عطاپور ، پژوهشگاه پلیمر و پترو شیمی ایران	تهران ، ۱۳۸۳
۸	تاثیر پلیمر سوپر جاذب بر کاهش آب آبیاری چمن	مهندس محمدرضا موسوی نیا ، پژوهشگاه پلیمر و پترو شیمی ایران	تهران ، ۱۳۸۳
۹	تاثیر پلیمر سوپر جاذب بر کاهش تلفات تولید نهال زیتون	مهندس عبدالهادی میرحجازی ، شرکت پژوهش و ایده	تهران ، ۱۳۸۲
۱۰	تثبیت بیولوژیک شنهای روان توسط هیدروژلهای سوپر جاذب	دکتر مصطفی کریمیان اقبال ، مهندس سهیلا جعفرزاده ، دانشگاه صنعتی اصفهان	اصفهان ، ۱۳۸۳
۱۱	ارزیابی اثر کاربرد پلیمرهای ابر جاذب بر ظرفیت نگهداشت و پتانسیل آب بر سه نوع بافت خاک	دکتر جهانگیر عابدی کویایی ، مهندس فرحناز سهراب ، دانشگاه صنعتی اصفهان	اصفهان ، ۱۳۸۲
۱۲	بررسی مقادیر مختلف پلیمر سوپر آب و فواصل آبیاری بر رشد و اجزای عملکرد گندم رقم شیراز در منطقه بروجرد	دکتر ایرج الله دادی ، مهندس امیر رهنما ، دانشگاه آزاد اسلامی ، واحد بروجرد	بروجرد ، ۱۳۸۲
۱۳	بررسی اثرات تیمار بذر باسیکوسل و مقادیر مختلف هیدروژل سوپر آب روی خصوصیات فیزیولوژیکی و اجزای عملکرد گندم دیم رقم آذر ۲ در منطقه بروجرد	دکتر ایرج الله دادی ، مهندس رضا اردکانی ، دانشگاه آزاد اسلامی ، واحد بروجرد	بروجرد ، ۱۳۸۲
۱۴	مدل بهینه سازی مصرف آب در گلخانه های هیدروپونیک با استفاده از پودرهای سوپر جاذب	دکتر محمودرضا بهبهانی ، دکتر ایرج الله دادی ، مهندس علیرضا حقیقت طلب ، مجتمع آموزش عالی ابوریحان ، دانشگاه تهران	تهران ، ۱۳۸۲

ردیف	عنوان طرح	مجری	مکان و زمان اجرا
۱۵	بررسی تاثیر مقادیر مختلف سوپر آب و سطوح مختلف تنش رطوبتی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت	دکتر ایرج الله دادی، دکتر غلامعباس اکبری، مهندس بهروز مؤذن قمصری، مجتمع آموزش عالی ابوریحان، دانشگاه تهران	تهران، ۱۳۸۲
۱۶	تاثیر کاربرد مقادیر مختلف هیدروژل سوپر جاذب و سطوح مختلف تنش خشکی در سه نوع بافت خاک روی رشد و اجزای عملکرد سویا	دکتر ایرج الله دادی، دکتر جعفر اصغری، مهندس رادمان رادمنش، مجتمع آموزش عالی ابوریحان، دانشگاه تهران	تهران، ۱۳۸۳
۱۷	ارزیابی نگهداشت عناصر غذایی در بسترهای هیدروپونیک با کاربرد مقادیر مختلف سوپر جاذب و کم آبیاری	مهندس عادل اسدزاده، دکتر محمودرضا بهبهانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران	تهران، ۱۳۸۳
۱۸	ارزیابی کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب بر کاهش تنش خشکی درختان میوه زیتون	مهندس عادل اسدزاده، دکتر علیرضا طلائی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران	تهران، ۱۳۸۳
۱۹	بررسی اثر پلیمر آبدوست بر دور آبیاری در کشت صیفی (خریزه)	مهندس نجاتعلی سالار، دکتر مهدی فرچوپر، مهندس فرزانه بهادری، تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، تهران	سمنان، ۱۳۸۲

ضمیمه ۲ - معرفی برخی از تحقیقات انجام شده در خصوص مواد فرا جاذب آب

- Airhart, D. L., N. J. Ntarella and F. A. Pokorny. "Influence of Initial Moisture Content on the Wettability of a Milled Pine Bark Medium" HortScience, 13(4):432-434. 1978.
- Amador, Adolfo Minero and Katrine A. Stewart. "Osmotic Potential and pH of Fluid Drilling Gels as Influenced by Moisture Loss and Incorporation of Growth Regulators" J. Amer. Soc. Horta. Sci., 112(1):26-28. 1987.
- Azzam, Reda A. I. "Agricultural Polymers. Polyacrylamide Preparation, Application and Prospects in Soil Conditioning" Comm. Soil Sci. Plant Anal., 11(8):767-834. 1980.
- Azzam, Reda A. I. "Polymeric Conditioners Gels for Desert Soils" Commun. Soil Sci. Plant Anal., 14(8):739-760. 1983.
- Azzam, Reda A. I. "Tailoring Polymeric Gels for Soil Reclamation and Hydroponics" Commun. Soil Sci. Plant Anal., 16(10):1123-1138. 1985.
- Banko, Thomas J. "Medium amendment plus watering system may improve rooting" Amer. Nurseryman, pp. 51-53. May 15, 1984.
- Baxter, Lawford and Luther Waters, Jr. "Effect of a Hydrophilic Polymer Seed Coating on the Field Performance of Sweet Corn and Cowpea" J. Amer. Soc. Horta. Sci., 111(1):31-34. 1986.
- Baxter, Lawford and Luther Waters, Jr. "Effect of a Hydrophilic Polymer Seed Coating on the Imbibition, Respiration, and Germination of Sweet Corn at Four Matrix Potentials" J. Amer. Soc. Horta. Sci., 111(4):517-520. 1986.
- Baxter, L. and L. Waters, Jr. "Field and Laboratory Response of Sweet Corn and Cowpea to a Hydrophilic Polymer Seed Coating" Acta Horta., Issue 198, pp. 31-35. June, 1987.
- Bearce, Bradford C. and Rebecca W. McCollum. "A comparison of peat-lite and non-composted hardwood-bark mixes for use in pot and bedding-plant production and the effects of a new hydrogel soil amendment on their performance" Florists' Review, 161(4169):21-23, 66-67. 1977.
- Berdahl, J. D. and R. E. Barker. "Germination and Emergence of Russian Wildrye Seeds Coated with Hydrophilic Materials" Agronomy J., 72:1006-1008. 1980.
- Bilderback, T. E., W. C. Fonteno and D. R. Johnson. "Physical Properties of Media Composed of Peanut Hulls, Pine Bark and Peatmoss and their Effects on Azalea Growth" J. Amer. Soc. Horta. Sci., 107(3):522-525. 1982.
- Bilderback, T. E. "Moisture Extender and Wetting Agent Effects on Two Drought-Sensitive Nursery Crops" HortScience, 22(5):1049. 1987.
- Bilderback, T. E. and W. C. Fonteno. "Effects of Container Geometry and Media Physical Properties on Air and Water Volumes in Containers" J. Environ. Horta., 5(4):180-182. 1987.
- Boaz, M. M. and J. L. Nus. "Effect of Cross-Linked Polyacrylamide and Starch Polymers on Rootzone Impact Absorption, Oxygen Diffusion Rate, Water Holding Capacity, and Rooting of Tall Fescue" Agron. Abst., p. 172. 1991.
- Bradford, Kent J. and Shang Fa Yang. "Physiological Responses of Plants to Waterlogging" HortScience, 16(1):25-30. 1981.
- Callaghan, T. V., H. Abdelnour and D. K. Lindley. "The environmental crisis in the Sudan: the effect of water-absorbing synthetic polymers on tree germination and early survival" J. Arid Environ., 14:301-317. 1988.
- Callaghan, T. V., D. K. Lindley, O. M. Ali, H. Abd El Nour and P. J. Bacon. "The Effect of Water-Absorbing Synthetic Polymers on the Stomatal Conductance, Growth and Survival of Transplanted Eucalyptus Microtheca Seedlings in the Sudan" J. Applied Ecol., 26:663-672. 1989.
- Carrow, R. N. "Influence of Soil Compaction on Three Turfgrass Species" Agronomy J., 72:1038-1042. 1980.
- Castillo, Evangeline T. "Testing for the effectiveness of alxosorb in promoting growth and survival of forest tree seedlings under Pinatubo volcanic ash media" Internal study, Grassland and Degraded Areas Ecosystems Research Division Ecosystems Research and Development Bureau College, Laguna, Philippines. 1991.
- Castle, Laurence, Maria-Jesus Campos and John Gilbert. "Determination of Acrylamide Monomer in Hydroponically Grown Tomato Fruits by Capillary Gas Chromatography-Mass Spectrometry" J. Sci. Food Agric., 54:549-555. 1991.
- Conover, Charles A. and Richard T. Poole. "Influence of pH on Activity of Viterra® 2 and Effects on Growth and Shelf Life of Maranta and Pilea" Proc. Fla. State Horta. Soc., 92:332-333. 1979.
- Costigan, P. A. and S. J. Locascio. "Fertilizer Additives within or around the Gel for Fluid-drilled Cabbage and Lettuce" HortScience, 17(5):746-748. 1982.
- Csizszsny, C. C., C. D. Stanley and G. A. Clark. "Polyacrylamide Gel as a Soil Amendment for Mulched, Microirrigated Bell-Pepper, Capsicum Annuum L., cv. Bell Captain" Proc. Fla. State Horta. Soc., 104:234-237. 1991.
- Davies, F. T., Jr., Y. Castro-Jimenez and S. A. Duray. "Mycorrhizae, Soil Amendments, Water Relations and Growth of Rosa multiflora under Reduced Irrigation Regimes" Scientia Horta., 33:261-267. 1987.
- Dexter, S. T. and Takao Miyamoto. "Acceleration of Water Uptake and Germination of Sugarbeet Seedballs by Surface Coatings of Hydrophilic Colloids" Agron. J., 51:388-389. 1959.
- Duhlin, Ronald Myles. "Kentucky Bluegrass and tall fescue grown in soil amended with cross-linked polyacrylamide polymer" Masters thesis, Colo. State Univ. 1992.
- El-Hady, O. A., M. Y. Tayel and A. A. Lofty. "Super Gel as a Soil Conditioner II - Its Effect on Plant Growth, Enzymes Activity, Water Use Efficiency and Nutrient Uptake" Acta Horta., 119:257-265. 1981.