Archive of SID

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 2, Vol. 3, fall 2009, p. 100-111

مجله آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۲، جلد۳، پاییز ۱۳۸۸، ص. ۱۱۱-۱۰۰

ارزیابی کاربرد پلیمرسوپرجاذب بر عملکرد، کارآیی مصرف آب و ذخیرهٔ عناصر غذایی در خیار گلخانه‌ای

جهانگیر عابدی کوپایی[۱*]، مهسا مسفروش[۲]

چکیده

امروزه کشت گلخانه‌ای به علت تولید محصولات مرغوب و درآمد اقتصادی مطلوب مورد توجه قرار گرفته است. در عین حال محققین به دنبال یافتن روشهای کارآمد و اقتصادی برای افزایش کارآیی صرف آب و کود در گلخانه‌ها می‌باشند. استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب می‌تواند به عنوان راهکاری در این زمینه مطرح شود. هیدروژل‌های سوپرجاذب با جذب آب و تا حدودی، املاح کودی و انقباض و انبساط متناوب باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند. در تحقیق حاضر اثر کاربرد پلیمر سوپرجاذب سوپرآب آ ۲۰۰ در چهار سطح (صفر، ۴، ۶ و ۸ گرم در کیلوگرم خاک)، در دو نوع بافت خاک (لوم‌رسی و شنی) و با سه رژیم آبیاری (۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه) به صورت یک طرح کاملاً تصادفی فاکتوریل با سه تکرار، بر میزان عملکرد، کارآیی مصرف آب و برخی شاخص‌های رشد رویشی خیار گلخانه‌ای (*Cucumis sativus* رقم *Gavrish*) و نیز، ذخیره ازت، پتاسیم، آهن و روی در میوهٔ آن، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از ۴ گرم هیدروژل در هر کیلوگرم خاک در یک بافت سبک و در شرایط بدون تنش (۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه) یا تنش ملایم (۷۵٪ نیاز آبی گیاه) ، بهترین عملکرد و کارآیی کاربرد آب، کود و کیفیت محصول را در پی دارد.

واژه های کلیدی: سوپر جاذب، هیدروژل، تنش آبی، کارایی مصرف آب، خیار گلخانه‌ای

مقدمه

خوشبختانه کشور ما از نظر داشتن اقلیم و خاکهای متنوع و بخصوص آفتاب کافی از جمله کشورهای منحصربفرد در دنیا می‌باشد. بنابراین توجه به توسعه بخش کشاورزی می‌تواند در حل بسیاری از مشکلات ما از جمله تأمین مواد غذایی و همچنین بحران بیکاری مؤثر باشد. از طرف دیگر کاربرد روشهای مدرن در تولید محصولات ارزشمند باغی و صادرات آن به سایر کشورها، سبب افزایش درآمد فعالان در این زمینه و تشویق جوانان به کار در این شاخه های جدید از تکنولوژی کشاورزی می شود. افزایش روزافزون جمعیت و محدودتر شدن تدریجی منابع طبیعی در اثر گسترش شهرها و مشکلات موجود در زمینهٔ افزایش تولید محصولات کشاورزی از طریق سطح زیر کشت، مساعی دانشمندان و متخصصین علوم کشاورزی را به افزایش تولید از طریق افزایش عملکرد در واحد سطح معطوف داشته است. گلخانه‌ها با داشتن قابلیت‌هایی نظیر امکان کنترل بهتر عوامل مؤثر در تولید و امکان استفاده از ارتفاع به جای سطح، شرایط مناسبی را برای افزایش تولید در واحد سطح فراهم آورده‌اند. کشت سبزیهای گلخانه‌ای نیز به دو منظور افزایش تولید در واحد سطح و تولید محصول خارج فصل، در بسیاری کشورها و از جمله کشور ما انجام می‌شود و روز به روز در حال گسترش است. برای مثال تحقیقات Dehghani et al., (2008) حاکی از آن است که شاخص کارآیی مصرف آب در ایران برای خیار گلخانه‌ای حدود ۳۳ kg/m^3 و برای کشت در فضای باز حدود ۱۱ kg/m^3 است.

یکی از مشکلات در کشاورزی، پایین بودن کارآیی مصرف آب و کود می باشد. بیشتر کودهای شیمیایی مصرفی از خارج وارد می شود که این مسئله باعث بالا رفتن هزینه تولید محصول و آلودگی محیط زیست مخصوصاً آبهای سطحی و زیرزمینی می‌شود. از مهمترین راهکارهای افزایش راندمان کاربرد آب و کود حل کردن کودها در آب آبیاری در روشهای آبیاری بارانی یا سطحی، رساندن مواد غذایی به گیاه بوسیله آبیاری قطره‌ای، کاربرد هیدروژلهای غنی شده با مواد غذایی مورد نیاز گیاه و انواع روشهای کشت بدون خاک است. هیدروژلهای سوپرجاذب یا ابرجاذب[۳] (SAP) یا ژلهای پلیمری آبدوست، هیدروژلهایی هستند که می توانند مقادیر فوق‌العاده زیادی

۱- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(* - نویسنده مسئول: (Email: koupai@cc.iut.ac.ir
۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی ، دانشگاه صنعتی اصفهان

3 - Super Absorbent Polymer

www.SID.ir

Archive of SID

آب را جذب کنند (Barvenik,1994). ذرات هیدروژل سوپرجاذب بدون حل شدن تا رسیدن به حجم تعادلی خود متورم می‌شوند. از ویژگی‌های سوپر جاذب‌ها می توان به توانایی جذب آب زیاد، سرعت زیاد جذب و استحکام ژل اشاره کرد. اصلاح محیط ریشه گیاه بوسیله پلیمرها نتایجی مانند افزایش نگهداشت آب در محیط رشد گیاه (Abedi-Koupai, 2006)، بهبود بافت خاک، افزایش دور آبیاری (موسوی نیا، ۱۳۸۴، Abedi-Koupai et al., 2008)، افزایش نفوذ آب و کاهش فرسایش و رواناب و افزایش جوانه زنی و رشد سریع‌تر گیاهان (Johnson and Leah, 1990) را در بر خواهد داشت. با توجه به pH سوپرجاذب که بین ۶ تا ۷ است، اثر سوء بر خاک نداشته و هیچگونه سمیّتی نیز ندارد. سوپرجاذب‌ها به علت تغییر حجم مداوم، میزان هوا را در خاک افزایش می‌دهند (کبیری، ۱۳۸۴). Abedi-Koupai and Asadkazemi, (2006) اثر پلیمر سوپرجاذب سوپرآب آ ۲۰۰ را بر شاخصهای رشد یک گونه درختچه‌ی زینتی در فضای سبز (سرو نقره‌ای) و همچنین روی منحنی رطوبتی خاک، مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که مخلوط کردن ۴ یا ۶ گرم پلیمر با یک کیلوگرم با خاک گیاهان، آب مورد نیاز برای گیاه را حداقل یک سوم، کاهش می‌دهد که علت آن به افزایش آب قابل استفاده گیاه (تفاوت رطوبت بین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم)، نسبت داده شده است. آنها اعلام کردند که استفاده از پلیمر سوپرجاذب سوپرآب ۲۰۰آ می‌تواند به طور معنی‌داری تعداد دفعات آبیاری را به خصوص در خاکهای سبک، کاهش دهد.

یزدانی و همکاران (۱۳۸۵) تأثیر چهار مقدار پلیمر سوپر جاذب (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) و سه فاصله آبیاری (۶، ۸ و ۱۰ روز یکبار) را روی رشد و عملکرد سویا رقمL11 را تحت شرایط مزرعه‌ای بررسی نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم پلیمر سوپر جاذب در هکتار بین مقادیری که در این آزمایش بررسی شدند، بهترین تأثیر را بر رشد وعملکرد سویا در تمامی شرایط آبیاری (آبیاری معمول و یا تحت شرایط تنش خشکی) از خود نشان داد.

اله دادی و مؤذن قمصری (۱۳۸۴) اثر چهار مقدار پلیمر سوپرجاذب سوپرآب A200 (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سه فاصله آبیاری (۵، ۷ و ۹ روز یکبار) روی رشد و عملکرد ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ تحت شرایط مزرعه را بررسی کردند. آزمایش‌های آنها نشان داد که افزایش ارتفاع و عملکرد ذرت با استفاده از مقادیر بالای پلیمر سوپرجاذب به دست آید. آنها همچنین گزارش کردند که اختلاف معنی‌داری بین محصول دور آبیاری ۳ روز بدون مصرف پلیمر و دور آبیاری ۷ روز همراه با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم پلیمر در هکتار دیده نشده است.

یکی از مهمترین مزایای کاربرد هیدروژل، جلوگیری از نفوذ عمقی آب محیط ریشه و شستشوی املاح است. برای مثال بهبهانی و همکاران (۱۳۸۴) در آزمایش خود با کاربرد هیدروژل به نسبت‌های ۱۰ و۲۰ و۳۰ درصد حجمی از حجم محیط رشد خیار گلخانه ای که ترکیبی از کوکوبیت و پرلیت بود و اعمال کم‌آبیاری به صورت آبیاری با۷۰، ۸۰، ۹۰ و۱۰۰ درصد نیاز آبی، میزان عناصر غذایی روی، منگنز، آهن، نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیم، تبادل کاتیونی و pH را در بستر گیاهان، اندازه‌گیری کرده و به این نتیجه رسیدند که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال کمتر از ۱٪ در ذخیره عناصر غذایی در بسترهای مورد بررسی وجود دارد و همچنین سوپرجاذب در ذخیره‌سازی عناصرغذایی، بیشترین تأثیر را در ذخیره-سازی فسفر و نیتروژن و کمترین تأثیر را در نگهداری منگنز داشت. میزان تبادل کاتیونی در بستر تیمار شده با ۳۰٪ جایگزینی سوپرجاذب، ۹۴٪ بیشتر از شاهد بود. همچنین Bres and Weston, (1993)، اثر نگهداشت نیترات و آمونیوم روی ژل افزوده شده به محیط رشد بدون خاک را در گیاه گوجه‌فرنگی آزمایش کرده و به این نتیجه رسیدند که نگهداری آب بوسیله محیط رشد با به کار بردن ژل به صورت خطی، افزایش می‌یابد و همچنین بسته به نوع ژل، نگهداری N در آنها متفاوت است. Miller, (1979) اعلام کرد که کاربرد H-SPAN[1] روی نگهداشت آب در خاکهای با بافت متوسط، اثر قابل توجهی ندارد در حالی که نگهداشت آب را در شن بطور واضح افزایش می‌دهد به طوری که آب قابل دسترس در یک خاک شنی را به اندازه آب قابل دسترس در یک خاک لومی یا سیلتی لوم افزایش داد. همچنین H-SPAN سرعت نفود را در همه خاکها کاهش داد.

El-hady et al. (2006) در مصر، دو هیدروژل اکریل‌آمید آنیونی و کاتیونی به نسبت ۲ به ۳ را با هم مخلوط کرده و در سه سطح ۲، ۳ و ۴ گرم برای هر گلدان، آنها را در یک خاک شنی محلی به کار بردند و پس از کشت خیار، با ۴ رژیم آبیاری ۱۰۰٪ ، ۸۵٪ ، ۷۰٪ و ۵۰٪ آنها را آبیاری کردند. هدف آنها بررسی اثر کاربرد هیدروژل‌ها بر راندمان مصرف آب و کود بود. آنها مشاهده کردند که با کاهش میزان آبیاری از ۱۰۰٪ به ۸۵٪ با وجود هیدروژل مساوی، میزان تولید خیار افزایش یافته است.

قاسمی قهساره (۱۳۸۴) سوپرجاذب سوپرآب آ ۲۰۰ را برای پرورش گلهای داوودی و فیکوس بنجامین ابلق در ۶ سطح پلیمر با درصدهای وزنی (۰ ،۰/۲ ،۰/۴ ،۰/۶ ،۰/۸ و ۱٪) با ۴ دور آبیاری (۴، ۸ ، ۱۲و ۱۶ روز برای فیکوس بنجامین و ۲، ۳، ۴ و ۵ روز برای داوودی) به کار برد. در فیکوس بنجامین بیشترین میانگین در تمام معیارهای اندازه‌گیری شده مربوط به دور آبیاری ۴ روز بود و با افزایش فاصلهٔ آبیاری، میانگین‌ها کاهش یافت. بر اساس نتایج این پژوهش برای کاهش هزینهٔ آبیاری و نیز با در نظر گرفتن هزینهٔ پلیمر، کاربرد ۰/۸٪ پلیمر و دور آبیاری ۴ روز برای هر دو گیاه پیشنهاد شد. هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر سوپرجاذب بر رشد، میزان عملکرد خیار، کارآیی مصرف آب و ذخیرهٔ عناصرغذایی در بافت خیار گلخانه ای است.

1- Hydrolyzer Starch-PolyacryloNitrile

www.SID.ir

Archive of SID

(جدول ۱) – خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ها

بافت خاک	θ_{pwp} (٪)	θ_{fc} (٪)	منگنز (mg/kg)	آهن (mg/kg)	ازت کل (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	مادهٔ آلی (٪)	درصد آهک	درصد گچ	EC dS/m	pH
لومی رسی	۱۳/۵	۲۴	۹/۱۱	۷/۵	۰/۰۶	۲۳۵	۲۶	۰/۷۸	۲۴	ناچیز	۱/۸	۷/۴
شنی	۹/۸۵	۲۰/۵	۲/۴۵	۱/۶۳	۰/۰۲	۱۲۵	۱۱/۵	۰/۳۶	۱۸/۵	ناچیز	۳/۵	۷/۲

(جدول ۲)- مقادیر کودهای شیمیایی به کار رفته بر اساس نتایج آزمون خاک

بافت خاک	اوره (کیلوگرم درهکتار)	سولفات پتاسیم (کیلوگرم درهکتار)	سولفات آهن (کیلوگرم درهکتار)	سولفات روی (کیلوگرم درهکتار)
شنی	۳۰۰	۱۵۰	۸۰	۴۰
لوم رسی	۳۰۰	۱۰۰	۸۰	۴۰

(جدول ۳) – خصوصیات پلیمر Superab A200

محتوای رطوبت (٪)	چگالی (g/cm^3)	pH	اندازهٔ ذرات (mμ)	حداکثر طول عمر (سال)	ظرفیت جذب آب (gr/gr)		
					آب مقطر	آب معمولی	محلول ۰/۹٪ NaCl
۵–۷	۱/۴–۱/۵	۶–۷	۵۰–۱۵۰	۷	۲۲۰	۱۹۰	۴۵

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانهٔ آموزشی و پژوهشی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان و در قالب طرح کاملاً تصادفی فاکتوریل با سه فاکتور و سه تکرار انجام شد. این فاکتورها عبارتند بودند از، محیط کشت (خاک شنی و خاک لومرسی)، کاربرد هیدروژل (صفر، ۴، ۶ و ۸ گرم بر کیلوگرم خاک گلدان) و میزان آبیاری (۵۰٪، ۷۵٪ و۱۰۰٪ نیاز آبی). به این ترتیب ۷۲ گلدان برای این تحقیق تهیه گردید. لازم به ذکر است که برای نامگذاری تیمارها، محیط کشت با حرف L برای خاک لومرسی و با حرف S برای خاک شنی، میزان کاربرد هیدروژل برای هر کیلو خاک گلدان با اعداد 0، 4، 6 و 8 و میزان آبیاری با حروف A، B و C برای به ترتیب ۱۰۰٪، ۷۵٪ و ۵۰٪ نیاز آبی، معرفی شده‌اند. مثلاً در تیمارL6C خاک گلدان از نوع لومی‌رسی بوده و برای هر کیلوگرم خاک ۶ گرم هیدروژل با خاک مخلوط شده و به اندازهٔ ۵۰٪ نیاز آبی آن، آبیاری شد. در ابتدا به صورت ظاهری دو نوع خاک با بافت متوسط و سبک تهیه گردیده و سپس آزمایشهای خاکشناسی شامل تعیین بافت خاک و حاصلخیزی بر روی آنها انجام شد (برزگر، ۱۳۸۰) که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس این نتایج میزان کود مورد نیاز (جدول ۲) برای دو نوع خاک تعیین گردیده است تا شرایط یکسانی برای هر دو خاک فراهم شود (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹). در این آزمایش از گلدانهای پلاستیکی سیاه رنگ با ارتفاع ۱۷ cm، قطر پایینی ۱۴cm و قطر بالایی ۱۸ cm استفاده شد. جهت آماده‌سازی محیط کشت، سه کیلوگرم خاک با مقدار سوپرجاذب و کود شیمیایی لازم مخلوط شده و به داخل گلدانها ریخته شد. سوپرجاذب مورد استفاده از نوع Superab A200 و محصول پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران بود. برخی از خصوصیات این پلیمر در جدول ۳ آورده شده است.

برای تعیین عناصر غذایی در میوه‌ها، پس از شسته شدن با آب، میوه‌ها در آون با دمای ۷۵ درجهٔ سانتیگراد قرار گرفتند تا خشک شوند. سپس آسیاب گردیده و در پاکت پلاستیکی نگهداری شدند. میزان ازت کل در میوه‌ها با دستگاه تقطیر کلدال، پتاسیم با دستگاه شعله سنج و میزان آهن و روی آنها با دستگاه جذب اتمی تعیین گردید (سالاردینی، ۱۳۶۲).

رسم نمودارها و تحلیل نتایج به کمک نرم‌افزار Excel و نرم‌افزار آماری SAS انجام گرفت. بعد از آماده‌سازی گلدانها، بذور خیار گلخانه‌ای (*Cucumis sativus* رقم *Gavrish*) که به مدت ۲۴ ساعت در آب خیسانده شده بود، در خاک گلدانها کشت گردید. این آزمایش در مهرماه ۱۳۸۴ آغاز شد و دو ماه بعد از کاشت، تیمارهای آبی تعریف شده برای این آزمایش بر روی آنها اعمال گردید. میزان آبیاری با استفاده از منحنی رطوبتی بدست آمده از تانسیومتر در دو نوع خاک (شکل ۱) و بر اساس رساندن رطوبت خاک به حالت ظرفیت زراعی انجام شد. برای بدست آوردن منحنی رطوبتی تانسیومتر، ابتدا دو تانسیومتر با آب مقطر جوشیده و سرد شده پر شده و سپس کلاهک سرامیکی آنها داخل ظرف آب مقطر قرار داده شد. تانسیومترها چند روزی به این حالت باقی ماندند و هر روز به وسیله

www.SID.ir

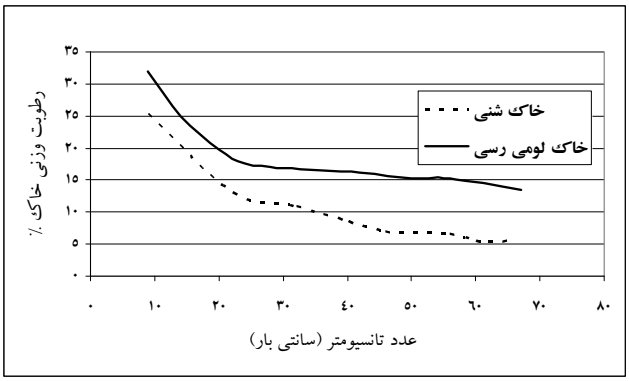
Archive of SID

پمپ مخصوص از سر آنها مکش انجام شد تا حباب‌های هوا کاملاً از کلاهک سرامیکی آنها خارج شود و کلاهک اشباع گردد. وقتی تانسیومترها آماده شدند داخل دو گلدان که یکی خاک لوم رسی و دیگری خاک شنی بود نصب شدند. این گلدانها بدون هیدروژل بوده و هم وزن گلدان‌های آزمایش آماده شدند. قبل از انتقال تانسیومتر به داخل گلدان‌ها، خاک آنها به وسیلهٔ قرار گرفتن در تشت آب و نفوذ آب از انتهای گلدان‌ها، اشباع شد. منحنی رطوبتی به وسیلهٔ نمونه-برداری از خاک گلدانها در مکش‌های مختلف و تعیین رطوبت آنها به روش وزنی، بدست آمد. دو ماه بعد از کاشت، تیمارهای آبی تعریف شده برای این آزمایش بر روی آنها اعمال گردید به این صورت که تانسیومترها به گلخانه منتقل شده و داخل گلدان شاهد (۱۰۰٪ آبیاری و بدون هیدروژل) نصب شدند. در زمان آبیاری عدد تانسیومتر قرائت شده و بر اساس آن حدود آب مورد نیاز تعیین شده و به گیاهان با رژیم ۱۰۰٪ نیاز آبی، داده می‌شد و رژیم‌های دیگر نیز با اعمال ضریب مربوطه در این میزان آب آبیاری می‌شدند. گلدان‌های دارای تانسیومتر به طور تصادفی و در میان سایر گلدانها قرار گرفته بودند تا حتی‌الامکان شرایط رطوبتی متعادلی را داشته باشند. برنامه و میزان آب مصرف شده در کل دوره برای تیمارهای آبی در جدول ۴ آورده شده است. در طول دورهٔ رشد مراقبتهای مورد نیاز مانند به قیم بستن بوته‌ها و مبارزه با آفات به خصوص کنهٔ دونقطه‌ای به وسیلهٔ سم‌پاشی با سم نئورون یک در هزار انجام گردید (نصوحی، ۱۳۸۳). میوه‌های با اندازهٔ مناسب پس از برداشت به دقت وزن شده و در کیسه‌های کاغذی در یخچال نگهداری شدند. همچنین، در زمان برداشت طول ساقه اصلی، وزن مرطوب و وزن خشک اندام هوایی (ساقه و برگها) اندازه‌گیری شدند. این آزمایش در بهمن ماه پایان یافت.

بررسی نتایج

- اثر بافت خاک، میزان آبیاری و میزان کاربرد هیدروژل بر عملکرد خیار

بر اساس جداول ۵، تیمارهای اعمال شده در شرایط این آزمایش اثرات معنی‌داری بر شاخص‌های مورد اندازه‌گیری، داشته‌اند. لازم به ذکر است که در اینجا منظور از عملکرد خیار، وزن مرطوب خیارهای برداشت شده از هر واحد آزمایشی می‌باشد. همان طور که در جدول ۶ دیده می‌شود، فاکتور بافت خاک روی عملکرد اثر معنی‌دار نداشته است. این مسئله ممکن است به این دلیل باشد که بافت لومی از نظر نگهداشت آب و مواد غذایی بهتر از خاک شنی است ولی در مقابل خاک شنی دارای تهویه مناسب‌تری نسبت به خاک لومی رسی می‌باشد. بررسی اثر متقابل بافت خاک و میزان آبیاری (جدول ۷) نشان می‌دهد که هم در خاک شنی و هم در خاک لوم‌رسی، با تقلیل آبیاری از میزان عملکرد خیار کاسته شده ولی میزان کاهش برای خاک لوم‌رسی شدیدتر بوده است.



(شکل ۱) - منحنی رطوبتی تانسیومتر

(جدول ٤) – برنامه و میزان آبیاری در تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار آبیاری	آبیاری به میزان ۱۰۰٪ نیاز آبی			آبیاری به میزان ۷۵٪ نیاز آبی			آبیاری به میزان ۵۰٪ نیاز آبی		
تاریخ	دور آبیاری (روز)	حجم آبیاری (cm^3)	حجم کل (cm^3)	دور آبیاری (روز)	حجم آبیاری (cm^3)	حجم کل (cm^3)	دور آبیاری (روز)	حجم آبیاری (cm^3)	حجم کل (cm^3)
۱۹ مهر الی ۳ آبان	۳	۲۵۰	۱۲۵۰	۳	۲۵۰	۱۲۵۰	۳	۲۵۰	۱۲۵۰
۳ آبان الی ۱۹ آذر	۲	۳۰۰	۶۰۰۰	۲	۳۰۰	۶۰۰۰	۳	۳۰۰	۶۰۰۰
۱۹ آذر الی ۱۹ دی	۲	۴۰۰	۶۰۰۰	۲	۳۰۰	۴۵۰۰	۲	۲۰۰	۳۰۰۰
۱۹ دی الی ۱اسفند	۳	۵۰۰	۱۰۵۰۰	۳	۳۷۵	۷۸۷۵	۳	۲۵۰	۵۲۵۰
حجم کل آبیاری (cm^3)		۲۳۷۵۰			۱۹۶۲۵			۱۵۵۰۰	

www.SID.ir

Archive of SID

(جدول ۵) – تجزیه واریانس مربوط به شاخص‌های مورد اندازه‌گیری

منابع تغییر	درجهٔ‌آزادی	شاخص F وزن مرطوب خیار	کارآیی مصرف آب	ارتفاع ساقهٔ اصلی
تیمار	۲۳	۹/۹۹ **	۴/۲۳ **	۴/۶۷ **
نوع خاک	۱	۳/۲۷ NS	۴/۹۳ *	۴/۶۷ *
مقدار هیدروژل	۳	۵/۲۷ *	۴/۰۲ *	۴/۵۰ *
میزان آبیاری	۲	۷۷/۱۳ **	۱۵/۱۱ **	۱۰/۳۵ *
نوع خاک × میزان هیدروژل	۳	۳/۵۷ *	۳/۶۳ *	۴/۱۴ *
نوع خاک × میزان آبیاری	۲	۳/۵۵ *	۴/۰۱ *	۲/۲۳ NS
میزان هیدروژل × میزان آبیاری	۶	۴/۱۲ **	۳/۱۰ *	۳/۳۷ *
نوع خاک × میزان هیدروژل × میزان آبیاری	۶	۲/۳۱ *	۲/۱۰ NS[۲]	۵/۲۶ *
خطا	۴۸			
کل	۷۱			

NS : از نظر آماری معنی‌دار نیست. ** : در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار است. * : در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار است.

بر اساس جدول ۸، در هر سطح کاربرد هیدروژل، به جز ۸ گرم پلیمر در کیلوگرم خاک، عملکرد در خاک شنی بالاتر از خاک لوم‌رسی است. اما در هر بافت خاک حداکثر عملکرد در تیمار ۴ گرم پلیمر دیده می‌شود ولی با افزایش هیدروژل، عملکرد کاهش می یابد. بر اساس جدول تجزیه واریانس ۵، تیمار آبیاری در سطح ۱ درصد بر میزان عملکرد تأثیر داشته است. البته از آنجایی که خیار یک گیاه نسبتاً حساس به تنش آبی می‌باشد (Peyvast, 2006)، این نتیجه دور از انتظار نبوده است. همچنین بر اساس جدول ۵ و ۶، تیمار هیدروژل سوپرجاذب اثر معنی‌دار بر میزان عملکرد داشته است. در میان سطوح هیدروژل، بالاترین عملکرد مربوط به تیمار ۴ گرم هیدروژل بر کیلوگرم خاک است. یعنی افزودن هیدروژل باعث افزایش معنی‌دار عملکرد نسبت به حالت بدون آن است ولی افزایش آن به ۶ گرم در کیلوگرم، اثر معنی‌داری نداشته و حتی تا حدودی با کاهش عملکرد همراه بوده است. به طوری که با کاربرد ۸ گرم هیدروژل در کیلوگرم خاک، عملکرد حتی از حالت بدون هیدروژل نیز کمتر شده است. این مسئله احتمالاً به علت کاهش تهویه در داخل گلدان بوده است. جدول اثر متقابل تیمار آبیاری و تیمار هیدروژل (جدول ۹) نیز نشان می‌دهد که در آبیاری به میزان ۱۰۰٪ نیاز آبی، کاربرد هیدروژل تأثیر بیشتری بر عملکرد داشته است به طوری که تمام تیمارهای هیدروژل‌دار، عملکرد بهتری نسبت به شاهد دارند. این ممکن است به علت بهبود ساختمان خاک و کاهش مدت زمان اشباع بودن خاک بلافاصله بعد از آبیاری و کاهش شستشوی املاح به خاطر کم شدن حجم آب خروجی از زهکش گلدان‌ها باشد. اما با اعمال کم‌آبیاری، اختلاف معنی‌داری در عملکرد تیمارها با مقادیر مختلف هیدروژل وتیمار بدون هیدروژل مشاهده نمی‌شود. یعنی در سایر سطوح آبیاری، کاربرد هیدروژل تأثیر مثبت معنی‌دار بر عملکرد نداشته و حتی تا حدودی منفی نیز بوده است. این پدیده ممکن است به علت ایجاد رقابت بین هیدروژل و ریشه گیاه برای جذب آب در رطوبت‌های پایین باشد و همین مسئله باعث کاهش عملکرد شده است.

تحقیقات انجام شده در مصر با هدف بررسی اثر کاربرد هیدروژل‌ها بر راندمان مصرف آب و کود نشان می دهد که با کاهش میزان آبیاری از ۱۰۰٪ به ۸۵٪ با وجود هیدروژل مساوی، میزان تولید خیار افزایش یافته است (El-hady et al., 2006). آنها این مسئله را به این صورت توجیه کردند که در ۱۰۰٪ آبیاری، نگهداشت آب بیش از نیاز گیاه اثر معکوس بر تنفس ریشهٔ گیاهان داشته است و به این ترتیب با کاهش آبیاری به ۸۵٪، میزان محصول افزایش یافته است. با کاهش آبیاری به ۷۰٪ و ۵۰٪ نیاز آبی، میزان تولید کاهش یافت ولی همچنان از تیمار شاهد (۱۰۰٪ آبیاری و بدون هیدروژل) بیشتر بود.

(جدول ٦)- بررسی اثر فاکتورهای مختلف با مقایسهٔ میانگین عملکرد محصول بوسیلهٔ آزمون LSD

فاکتور مؤثر	بافت خاک		میزان هیدروژل سوپرجاذب(گرم بر کیلوگرم خاک)				میزان آبیاری (٪)		
سطوح فاکتور	شنی	لوم‌رسی	صفر	۴	۶	۸	۱۰۰	۷۵	۵۰
وزن مرطوب خیار (gr)	۱۳۶/۴ a	۱۲۵/۸ a	۱۲۶/۶ bc	۱۴۷ a	۱۳۵/۴ ab	۱۲۵/۴ c	۱۷۰/۴ a	۱۴۰ b	۸۲ c

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری (آزمون LSD) با احتمال ۹۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

(جدول ۷)- اثر متقابل محیط کشت و میزان آبیاری بر عملکرد محصول (گرم)

بافت خاک	میزان آبیاری ۱۰۰٪ نیاز آبی	۷۵٪ نیاز آبی	۵۰٪ نیاز آبی
شنی	۱۶۵/۱ ab	۱۴۸/۱ bc	۹۶/۰ d
لوم‌رسی	۱۷۵/۷ a	۱۳۲/۰ c	۶۹/۷ e

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری (آزمون LSD) با احتمال ۹۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

(جدول ۸)- اثر متقابل تیمار بافت خاک و تیمار هیدروژل بر عملکرد (گرم)

بافت خاک	میزان هیدروژل سوپرجاذب(گرم بر کیلوگرم خاک) صفر	٤	٦	٨
شنی	۱۳۷/۰ abc	۱۵۵/۲ a	۱۴۹/۰ab	۱۰۴/۴ d
لومی رسی	۱۱۶/۲ cd	۱۳۸/۸ abc	۱۲۱/۹ cd	۱۲۶/۳ bc

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری (آزمونLSD)با احتمال ۹۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

(جدول ۹)- اثر متقابل میزان آبیاری و کاربرد هیدروژل بر عملکرد (گرم)

میزان آبیاری	میزان کاربرد هیدروژل (گرم بر کیلوگرم خاک) صفر	٤	٦	٨
۱۰۰٪ نیاز آبی	۱۴۰ c	۲۱۱/۷ a	۱۷۰/۳ b	۱۵۹/۵ bc
۷۵٪ نیاز آبی	۱۵۲/۳ bc	۱۵۳/۳ bc	۱۴۳/۳ bc	۱۱۱/۱ d
۵۰٪ نیازآبی	۸۷/۴ de	۷۵/۹ de	۹۲/۷ de	۷۵/۴ e

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری (آزمون LSD) با احتمال ۹۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

- اثر بافت خاک، میزان آبیاری و میزان کاربرد هیدروژل بر طول ساقهٔ اصلی

بر اساس جدول ۵، تیمار بافت خاک، هیدروژل سوپرجاذب و تیمار آبیاری، اثر معنی‌داری بر ارتفاع ساقهٔ اصلی داشته‌اند. لازم به ذکر است که رشد طولی ساقه می‌تواند یک شاخص خوب برای توصیف کیفیت رشد رویشی باشد. زیرا خیار یک گیاه با ساقهٔ علفی و بالارونده است و ضمناً این شاخص کمتر تحت تأثیر خسارت آفات گیاهی قرار می‌گیرد. بر اساس جدول ۱۰، متوسط طول ساقهٔ اصلی در خاک شنی به طور معنی‌داری بیش از خاک لوم‌رسی بوده است و می‌توان نتیجه گرفت که رشد رویشی خیار در خاک‌های سبک بیش از خاک متوسط یا سنگین است. همچنین تیمار آبیاری بر ارتفاع ساقهٔ اصلی تأثیر داشته و کاهش آبیاری باعث کاهش طول ساقه شده است. اما بین تیمار ۷۵٪ آبیاری و ۵۰٪ آبیاری اختلاف معنی‌دار دیده نمی‌شود. زیرا بروز تنش آبی عموماً با پژمردگی وخشکی برگها همراه بوده و طول ساقه را کمتر تحت تأثیر قرار می‌دهد. کاربرد هیدروژل در سطح ۴ گرم اثر معنی‌داری در افزایش رشد ساقهٔ اصلی نداشته است ولی کاربرد مقادیر زیاد آن (سطوح ۶ و ۸ گرم) به وضوح اثر منفی بر رشد گیاه داشته که این مسئله با کاهش عملکرد در اثر افزایش هیدروژل هماهنگی دارد. جدول اثر متقابل میزان آبیاری و کاربرد هیدروژل بر طول ساقهٔ اصلی (جدول ۱۱) نشان می‌دهد که درتیمار بدون کم‌آبیاری، کاربرد ۴ گرم هیدروژل باعث افزایش معنی‌دار طول ساقه نسبت به حالت بدون هیدروژل و در نتیجه معنی‌دار شدن اثر متقابل گردیده است. اما با اعمال کم‌آبیاری، کاربرد هیدروژل باعث کاهش طول ساقهٔ اصلی شده است ولی این کاهش از لحاظ آماری معنی دار نیست.

(جدول ۱۰)- بررسی اثر فاکتورهای مختلف با مقایسهٔ میانگین ارتفاع ساقهٔ اصلی بوسیلهٔ آزمون LSD

فاکتور مؤثر	بافت خاک		میزان هیدروژل سوپرجاذب (گرم بر کیلوگرم خاک)				میزان آبیاری (٪)		
سطوح فاکتور	شنی	لوم‌رسی	صفر	۴	۶	۸	۱۰۰	۷۵	۵۰
ارتفاع ساقهٔ اصلی(m)	۵۴/۷ a	۴۸/۲ b	۵۷ a	۵۶/۵ a	۴۸/۱ b	۴۴/۶ b	۶۰/۲ a	۵۰/۳ b	۴۴/۱ b

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری (آزمون LSD) با احتمال ۹۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

(جدول ۱۱)- اثر متقابل میزان آبیاری و کاربرد هیدروژل بر طول ساقهٔ اصلی (سانتی‌متر)

میزان آبیاری	میزان کاربرد هیدروژل (گرم بر کیلوگرم خاک)			
	صفر	٤	٦	٨
۱۰۰٪ نیاز آبی	۵۵/۳ bc	۷۳/۰ a	۶۰/۳ ab	۵۲/۲ bcd
۷۵٪ نیاز آبی	۵۷/۷ bc	۴۶/۰ bcd	۴۴/۸ cd	۳۹/۳ de
۵۰٪ نیازآبی	۵۸/۰ bc	۵۰/۵ bcd	۲۸/۵ e	۳۹/۳ de

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری (آزمون LSD) با احتمال ۹۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

- اثر بافت خاک، میزان آبیاری و میزان کاربرد هیدروژل بر کارآیی مصرف آب

کارآیی مصرف آب به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

$$\text{کارایی مصرف آب} = \frac{\text{وزن کل خیار مرطوب تولید شده (کیلوگرم)}}{\text{حجم کل آب مصرفی (متر مکعب)}}$$

بر این اساس، همان‌طور که جدول تجزیه واریانس ۵ نشان می‌دهد، تمامی تیمارها بر کارآیی مصرف اثر معنی‌دار داشته‌اند. مقایسه میانگین‌ها درجدول ۱۲ نشان می‌دهد که کارآیی مصرف آب در بافت شنی از بافت لوم‌رسی بالاتر است. علت بالاتر بودن کارآیی مصرف آب در خاک شنی، بالا بودن عملکرد خیار در این خاک است. زیرا میزان آبیاری هر دو خاک یکسان بوده است. بر اساس این جدول، بالاترین کارآیی مربوط به تیمار ۱۰۰٪ آبیاری است که البته با تیمار ۷۵٪ آبیاری تفاوت معنی‌دار ندارد. ولی کاهش آبیاری به میزان ۵۰٪، کارآیی را تحت تأثیر قرار داده و سبب کاهش قابل توجه آن شده است. همچنین، کارآیی مصرف آب نیز مانند عملکرد، در تیمار ۴ گرم هیدروژل بر کیلوگرم خاک، بالاترین مقدار را دارد که البته با تیمار بدون هیدروژل و تیمار ۶ گرم هیدروژل تفاوت معنی‌دار ندارد. بر اساس جدول ۱۳ در هر دو نوع خاک، افزایش هیدروژل باعث افزایش کارآیی مصرف آب شده ولی این اثر چندان چشم‌گیر نمی‌باشد. ولی کاربرد بیش از حد آن اثر منفی قابل توجه دارد که احتمالاً به علت کاهش تهویه خاک است. جدول ۱۴ نشان می‌دهد که با تأمین ۱۰۰٪ یا ۷۵٪ نیاز آبی، تغییر کارآیی تحت تأثیر بافت خاک، معنی دار نیست. ولی با کاهش آبیاری به میزان ۵۰٪، کارآیی در خاک شنی بالاتر از خاک لوم‌رسی می‌باشد. پس باکاهش آبیاری، تنش ایجاد شده در خاک لوم‌رسی بیش از خاک شنی می‌باشد. به طور کلی کم‌آبیاری یک استراتژی بهینه برای به عمل آوردن محصولات، تحت شرایط کمبود آب است که همواره با کاهش محصول مواجه می‌باشد و هدف اصلی آن افزایش کارآیی مصرف آب است. در اینجا نیز همان‌طور که در جدول ۱۵ دیده می‌شود، اعمال کم‌آبیاری، باعث افزایش کارآیی مصرف آب، نسبت به شاهد (عدم مصرف هیدروژل) شده است ولی افزایش هیدروژل نتوانسته باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش آبی و در نتیجه بهبود عملکرد و بالا رفتن کارآیی مصرف آب شود. لازم به ذکر است که مرحله‌ای که گیاه در آن دچار تنش می‌شود، بسیار اهمیت دارد. (موسوی فضل و محمدی، ۱۳۸۴)، حساسیت گیاه گوجه‌فرنگی نسبت به کم‌آبیاری را در مراحل مختلف رشد مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تنش ملایم (۷۵ درصد نیاز آبی) و شدید (۵۰ درصد نیاز آبی) در مرحله گل‌دهی تا میوه‌دهی، عملکرد محصول را به میزان ۱۳ تن در هکتارکاهش می‌دهد. اما تنش آبی در سایر مراحل رشد تأثیری معنی‌دار بر عملکرد محصول نداشت. به این ترتیب به غیر از مرحلهٔ گل‌دهی تا میوه‌دهی، می‌توان میزان آب مصرفی را تا ۵۰ درصد بدون کاهش قابل توجه در عملکرد، تقلیل داد. در مورد خیار، مرحله بحرانی برای گیاه، دورهٔ گلدهی و بزرگ شدن میوه است. در این آزمایش نیز اعمال تیمارهای آبیاری از شروع گلدهی آغاز شد و تا انتهای دورهٔ رشد ادامه داشت. بنابراین این امکان وجود دارد که با تغییر دورهٔ تنش، عملکرد و در نتیجه کارآیی را افزایش داد. همچنین در رابطه با اثر کاربرد هیدروژل در شرایط کم‌آبیاری نیاز به تحقیق و بررسی بیشتری می‌باشد.

(جدول ۱۲)- بررسی اثر فاکتورهای مختلف با مقایسهٔ میانگین‌کارآیی مصرف آب بوسیلهٔ آزمون LSD

فاکتور مؤثر	بافت خاک		میزان هیدروژل سوپرجاذب (گرم بر کیلوگرم خاک)				میزان آبیاری (٪)		
سطوح فاکتور	شنی	لوم‌رسی	صفر	۴	۶	۸	۱۰۰	۷۵	۵۰
کارآیی مصرف آب(kg/m3)	۶/۹ a	۶/۲ b	۶/۴ ab	۷/۲ a	۶/۸ a	۵/۷ b	۷/۲ a	۷/۱ a	۵/۳ b

www.SID.ir

Archive of SID

(جدول ۱۳)- اثر متقابل بافت خاک و تیمار هیدروژل بر کارآیی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)

بافت خاک	میزان کاربرد هیدروژل (گرم بر کیلوگرم خاک)			
	صفر	٤	٦	٨
شنی	۷/۰ ab	۷/۷ a	۷/۶ a	۵/۲ d
لومی رسی	۵/۸ cd	۶/۷ abc	۶/۰ bcd	۶/۳ bcd

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری (آزمون LSD) با احتمال ۹۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

(جدول ١٤)- اثر متقابل محیط کشت و میزان آبیاری بر کارآیی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)

بافت خاک	میزان آبیاری		
	۱۰۰٪ نیاز آبی	۷۵٪ نیاز آبی	۵۰٪ نیاز آبی
شنی	۶/۹ ab	۷/۵ a	۶/۲ ab
لومی رسی	۷/۴ a	۶/۷ ab	۴/۵ c

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری (آزمون LSD) با احتمال ۹۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند

(جدول ۱۵)- اثر متقابل میزان آبیاری و کاربرد هیدروژل بر کارآیی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)

میزان آبیاری	میزان کاربرد هیدروژل (گرم بر کیلوگرم خاک)			
	صفر	٤	٦	٨
۱۰۰٪ نیاز آبی	۵/۹ def	۸/۹ a	۷/۲ bcd	۶/۷ bcde
۷۵٪ نیاز آبی	۷/۸ ab	۷/۸ ab	۷/۳ bc	۵/۷ ef
۵۰٪ نیازآبی	۵/۶ ef	۴/۹ f	۶/۰ cde	۴/۹ f

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری (آزمون LSD) با احتمال ۹۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

- اثر بافت خاک، میزان آبیاری و میزان هیدروژل بر غلظت پتاسیم و نیتروژن در میوه

نتایج اثر بافت خاک بر غلظت عناصر در میوه (جدول ۱۶) نشان داد که وجود شرایط تهویه مطلوب‌تر در خاک شنی نسبت به خاک لوم‌رسی، باعث جذب و ذخیره بهتر نیتروژن شده است. همان‌طور که در قسمت مواد و روش‌ها ذکر شد، کود نیتروژن مورد استفاده در این آزمایش از نوع اوره می‌باشد. اوره به آسانی در آب حل گشته و به کربنات آمونیوم، که نمکی ناپایدار است تبدیل می‌گردد. قسمتی از آمونیوم موجود در کربنات آمونیوم مورد استفاده گیاه قرار گرفته، قسمتی از آن به وسیلهٔ رس‌ها تثبیت و قسمتی به کمک ریز جانداران به نیترات تبدیل می‌شود به این صورت که در خاکهای تهویه شده که دارای pH برابر ۶ یا بیشتر می‌باشند، NH_4^+ به سرعت به وسیلهٔ گروه ویژه‌ای از باکتریها اکسید شده و به نیترات تبدیل می‌گردد. این فرآیند نیترات‌سازی[1] نامیده می‌شود. بنابراین نیترات‌سازی به ساختمان خاک و مقدار آب حساس است (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹). پس می‌توان نتیجه گرفت که وجود رطوبت مناسب و هوای کافی باعث افزایش جذب بیشتر نیتروژن در خاک شنی شده است. همچنین مشاهده می‌شود با کاهش آبیاری و افزایش مقدار هیدروژل در خاک، ذخیرهٔ نیتروژن در میوه افزایش یافته است. افزایش میزان نیتروژن در خاک با افزایش مقدار هیدروژل، به علت عدم آبشویی نیتروژن است. Ruiz and Romero (1998) در آزمایشی اثر میزان کاربرد مقادیر مختلف کود نیترات پتاسیم (۲/۵، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ گرم بر متر مربع) را بر عملکرد و کیفیت خیار تولیدی مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که با افزایش کود تا حد ۲۰ گرم بر متر مربع، عملکرد افزایش یافت ولی پس از آن عملکرد کاهش یافت.

Ruiz and Romero (1998) گزارش دادند که با افزایش میزان کود در خاک، میزان ترکیبات نیتروژن‌دار درمیوه مانند آمینواسیدها، پروتئین‌ها، نیترات و نیتروژن آلی، افزایش می‌یابد که این به معنی افزایش تولید ماده خشک بیشتر است. این مسئله منجر به بدشکلی و کاهش آب موجود در میوه می‌شود. زمردی و همکاران (۱۳۸۵) نیز مشاهده کردند که کاهش آبیاری باعث کاهش محصول گوجه‌فرنگی، ولی افزایش مواد جامد انحلال‌پذیر در آن شده است. دلیل تجمع مواد جامد انحلال‌پذیر در سلول در اثر کمبود آب آبیاری، غلبه بر کاهش پتانسیل اسمزی است. همچنین با کاهش آبیاری، آب میوه کاهش و در عوض عمر انبارداری آن افزایش یافت. در آزمایش حاضر نیز میوه‌های تحت تیمار ۵۰٪ کم‌آبیاری و ۸ گرم هیدروژل دچار بدشکلی شده بودند.

1- Nitrification

www.SID.ir

Archive of SID

(جدول ١٦)- اثر عوامل مختلف بر غلظت عناصر پر مصرف پتاسیم و نیتروژن در میوهٔ خیار

عامل مؤثر	غلظت پتاسیم (میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوهٔ تازه)	غلظت نیتروژن (میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوهٔ تازه)
بافت خاک		
شنی	۱۶۵ a	۱۳۲ a
لوم‌رسی	۱۷۷a	۱۲۴ a
سطوح هیدروژل سوپرجاذب		
صفر گرم در کیلوگرم خاک	۱۶۱ b	۱۱۵ b
۴ گرم در کیلوگرم خاک	۱۶۴ab	۱۲۸a
۶ گرم در کیلوگرم خاک	۱۸۱ a	۱۳۲a
۸ گرم در کیلوگرم خاک	۱۷۸ ab	۱۳۹ a
میزان آبیاری		
۱۰۰٪ نیاز آبی	۱۶۴ a	۱۱۷ b
۷۵٪ نیاز آبی	۱۸۰a	۱۳۰ a
۵۰٪ نیاز آبی	۱۶۹ a	۱۳۸ a

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری (آزمون t جفت شده) با احتمال ۹۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

(جدول ۱۷)- اثر عوامل مختلف بر غلظت عناصر کم مصرف آهن و روی در میوهٔ خیار

عوامل مؤثر	غلظت آهن (میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوهٔ تازه)	غلظت روی (میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوهٔ تازه)
بافت خاک		
شنی	۰/۲۷ a	۰/۲۹ a
لوم‌رسی	۰/۲۴ a	۰/۲۴ b
میزان آبیاری		
۱۰۰٪ نیاز آبی	۰/۲۰ a	۰/۲۴ b
۷۵٪ نیاز آبی	۰/۲۴ a	۰/۲۷ ab
۵۰٪ نیاز آبی	۰/۳۲ a	۰/۲۸ a
سطوح هیدروژل سوپرجاذب		
صفر گرم در کیلوگرم خاک	۰/۲۴ a	۰/۲۸ a
۴ گرم در کیلوگرم خاک	۰/۳۴ a	۰/۲۵ a
۶ گرم در کیلوگرم خاک	۰/۲۲ a	۰/۲۷ a
۸ گرم در کیلوگرم خاک	۰/۲۱ a	۰/۲۶ a

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری (آزمون t جفت شده) با احتمال ۹۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

این میوه‌ها کوتاه قد بوده و رنگ پوستهٔ آنها سبز تیره بود که نشانهٔ تجمع بیش از حد نیتروژن در میوه است. میزان پتاسیم خاک لوم‌رسی پیش از کود دهی، بیش از خاک شنی بود و به نظر می‌رسد با وجود مقدار متفاوت کود پتاسه داده شده به هر دو خاک، در نهایت پتاسیم قابل جذب در خاک لوم‌رسی بیش از خاک شنی بوده است زیرا خاک‌های لوم‌رسی منطقه اصفهان معمولاً دارای پتاسیم در لایه‌های رسی خود هستند که این پتاسیم به تدریج از حالت تثبیت خارج شده و گیاه آن را به صورت جذب سطحی و یا از محلول خاک جذب می‌کند. تیمار آبیاری و تیمار کاربرد هیدروژل نیز بر میزان پتاسیم ذخیره شده در میوه‌های خیار تأثیر داشته‌اند. از آنجایی که یون K^+ اغلب جذب ذرات باردار منفی خاک می‌شود، کمتر در اثر آبشویی خارج می‌گردد و چون گیاه برای جذب احتیاج به تهویه مناسب دارد به نظر می‌رسد که ۷۵٪ آبیاری بهترین شرایط را برای گیاه فراهم کرده است. در خلال فصل رشد، محدودکننده‌ترین مرحله در جذب پتاسیم، پخشیدگی پتاسیم در محلول خاک به طرف ریشه می‌باشد. با خشک شدن خاک، آب کمتری جهت پخشیدگی پتاسیم موجود است و مسیرهای پخشیدگی، پیچیدگی بیشتری خواهند داشت (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹). به همین علت تنش آبی شدیدتر باعث کاهش جذب پتاسیم شده است. با افزایش میزان هیدروژل تا حد ۶ گرم در کیلوگرم، غلظت پتاسیم میوه‌ها نیز افزایش یافته زیرا شرایط لازم برای جذب یعنی هوا

www.SID.ir

Archive of SID

و رطوبت به میزان کافی در خاک وجود داشته است. ولی افزایش بیش از حد هیدروژل سبب کاهش تعادل آب و هوا در خاک شده است. همچنین ممکن است مقداری از پتاسیم موجود در فرمولاسیون هیدروژل‌ها وارد خاک و جذب گیاه شده باشد (El-hady et al., 2006) که این مسئله در غلظت زیاد پتاسیم در میوه‌های تولید شده تحت تیمار ۶ و ۸ گرم هیدروژل دیده می‌شود. با وجود میزان بالای پتاسیم در میوه، کیفیت ظاهری میوه‌ها به خصوص در تیمار ۸ گرم هیدروژل نامناسب بود.

- اثر بافت خاک، میزان آبیاری و میزان هیدروژل بر غلظت آهن و روی در میوه

همان‌طور که در جدول ۱۷ دیده می‌شود، میزان غلظت آهن و روی در میوه، در خاک شنی بالاتر از خاک لوم‌رسی می‌باشد. همچنین با کاهش میزان آبیاری، غلظت این عناصر در میوه افزایش یافته است. به طور کلی افزایش مقدار هیدروژل در خاک، اثری معنی‌دار بر میزان غلظت آهن و روی میوه نداشته است. البته غلظت آهن با استفاده از ۴ گرم هیدروژل در هر کیلوگرم خاک، از حالت بدون هیدروژل بیشتر است. به طور کلی آبیاری سنگین، فشردگی و یا هر عامل دیگری که تهویه خاک را کاهش دهد، به افزایش غلظت دی اکسیدکربن در خاک منجر می‌شود و در حضور آهک، واکنش زیر انجام می‌گیرد:

$$CaCO_3+H_2O+CO_2 \leftrightarrow Ca^{+2}+2HCO_3^-$$

بی‌کربنات تولید شده، خاصیت بافری دارد. بدین معنی که از کاهش pH در اطراف ریشه تا حدی جلوگیری می‌کند و در نتیجه از حلالیت بیشتر ترکیبات آهن‌دار و قابلیت جذب آهن کاسته می‌شود(ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹). به این علت با کاهش آبیاری و افزایش هیدروژل به میزان ۴ گرم بر کیلوگرم، که هر دو باعث بهبود تهویه در خاک هستند، جذب آهن بهتر صورت گرفته است. جذب روی توسط گیاه با دو سازوکار فعال و غیرفعال صورت می‌گیرد. دما و تهویهٔ محیط ریشه از عواملی هستند که بر جذب فعال روی تأثیر دارند. بنابراین به نظر می‌رسد سازوکار جذب فعال روی، تأمین‌کنندهٔ بخش عمدهٔ روی مورد احتیاج گیاه باشد (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹). چنین نتیجه‌ای تا حدودی در این آزمایش بدست آمده است. البته به نظر می‌رسد که افزایش هیدروژل اثر قابل ملاحظه‌ای بر غلظت روی میوه نداشته است.

نتیجه‌گیری نهایی

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از پلیمر سوپرجاذب سوپرآب آ۲۰۰ به علت بهبود تهویه ریشه، از طریق جذب آب ثقلی در مدتی نسبتاً کوتاه پس از آبیاری و نیز جلوگیری از تراکم خاک، باعث ایجاد یک محیط بسیار مناسب برای گیاه می‌گردد و گیاه در این شرایط آب و املاح را بهتر جذب می‌کند. در مورد اثرات تغذیه‌ای این پلیمر می‌توان اظهار داشت که این ترکیبات با افزایش هوا در خاک باعث کارآیی بهتر بعضی از انواع کود شیمیایی و نیز فعالیت بهتر ریزجانداران خاک می‌شوند و یا به علت داشتن بار منفی در حالت هیدراته، امکان جذب بعضی یونهای مثبت در خاک را دارند. بر اساس نتایج این طرح، کاربرد این پلیمر به میزان ۴ گرم در کیلوگرم خاک بهترین شرایط را برای رشد خیار فراهم می‌کند. همچنین در صورت اعمال تنش ملایم (کم‌آبیاری به میزان حدود ۲۵٪ نیازآبی) استفاده از این پلیمر می‌تواند باعث افزایش راندمان مصرف آب شود. همچنین میزان مصرف هیدروژل بسیار اهمیت دارد و نباید بی‌رویه به کار گرفته شود.

تشکر و قدردانی

به این وسیله از دبیرخانه ستاد راهبردی فناوریهای استان اصفهان که حمایت مالی این تحقیق را بر عهده داشتند و همچنین از آقایان مهندس حسن عرب‌زادگان و مهندس باغبانها و کلیه کارکنان گلخانه آموزشی و پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

مراجع

الـه دادی, ا., و ب. مـؤذن قمـصری, (۱۳۸۴)، بررسـی تـأثیر مقـادیر مختلف پلیمر سوپرآب آ–۲۰۰ و سطوح مختلف آبیاری بر رشـد و عملکرد ذرت علوفه‌ای (Zea may)، مجموعـه مقـالات سـومین دوره تخصصی–آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژل‌های سوپرجاذب، تهران، ایران.

برزگر، ع. ا.، (۱۳۸۰)، مبانی فیزیک خـاک. انتـشارات دانـشگاه شـهید چمران اهواز.

بهبهـــانی، م.، ع. اســـدزاده و ج. جبلـــی، (۱۳۸۴)، ارزیـــابی تـــأثیر هیـدروژلهای سـوپرجاذب و تیمارهـای کـم‌آبیـاری در نگهـداری عناصر غذایی در بسترهای هیدروپونیک، سومین دورهٔ آموزشـی و سمینار تخصصی کاربرد هیدروژلهای سوپرجاذب، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، ۱۶ آبان، تهران.

پیوست، غ.، (۱۳۸۴)، سبزیکاری، چـاپ سـوم، انتـشارات دانـش‌پـذیر، رشت.

دهقانی سانیج، ح.، ق. زارعی و ن. حیدری، (۱۳۸۶)، بررسی مـدیریت آبیاری و کارآیی مـصرف آب در گلخانـه‌هـا و مـسائل و چالـشها، مجموعه مقالات اولین کارگاه فنی ارتقاء کـارآیی مـصرف آب بـا کشت گلخانه‌ای، ۲۶ مهر، کرج.

زمردی، ش.، نورجو ا. و امامیه، ع. (۱۳۸۵)، بررسی اثر کـم‌آبیـاری در کمیت، کیفیت و قابلیت نگهداری گوجه‌فرنگـی، مجلـهٔ تحقیقـات

www.SID.ir

Archive of SID

مهندسی کشاورزی، جلد ۷، شمارهٔ ۲۷، تابستان.

سالاردینی، ا. ک.، (۱۳۶۲). حاصلخیزی خاک، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ایران.

عابدی کوپایی، ج.، (۱۳۸۴). تأثیر افزودن پلیمر استاکوزرب بر آب قابل استفادهٔ خاک‌های مختلف، مجموعه مقالات دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، ۳ و ۴ اسفند، کرمان.

قاسمی قهساره، م.، (۱۳۸۵)، بررسی اثر پلیمر ابرجاذب بر رشد و نمو داوودی و فیکوس بنجامین ابلق، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

کبیری، ک.، (۱۳۸۴)، هیدروژلهای سوپرجاذب (معرفی و کاربردها)، سومین دورهٔ آموزشی و سمینار تخصصی کاربرد هیدروژلهای سوپرجاذب، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، ۱۶ آبان، تهران.

ملکوتی، م. ج.، (۱۳۷۳)، حاصلخیزی مناطق خشک (مشکلات و راه-حل ها)، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.

ملکوتی، م. ج. و غیبی. م. ن.، (۱۳۷۹)، تعیین حد بحرانی عناصر غذایی مؤثر در خاک، گیاه و میوه، مرکز نشر آموزش کشاورزی کرج، ایران.

موسوی فضل، س. ح. و ع. محمدی، (۱۳۸۴)، اثر تنش‌های آبی در مراحل مختلف رشد بر کمیت و کیفیت دو رقم گوجه‌فرنگی (کال‌جی و موبیل)، مجلهٔ تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۶، شمارهٔ ۲۲.

موسوی نیا، س. م.، (۱۳۸۴) ، بررسی اثر مادهٔ سوپراب آ۲۰۰ روی کاهش دور آبیاری و برخی صفات چمن اسپورت سردسیری، سومین دورهٔ آموزشی و سمینار تخصصی کاربرد هیدروژلهای سوپرجاذب، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، ۱۶ آبان، تهران.

نصوحی، غ. ح.، (۱۳۸۳)، خیار داربستی، انتشارت نصوح، چاپ چهارم.

یزدانی, ف. ،اله دادی, ا., اکبری، غ.ع. و بهبهانی، م.، (۱۳۸۶)، تأثیر مقادیر پلیمر سوپرجاذب a (Taravat A۲۰۰) و سطوح تنش خشکی برعملکرد و اجزای عملکرد سویا (Glycine max L.). پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۷۵.

Abedi-Koupai, J., F. Sohrab and G. Swarbrick. (2008), Evaluation of hydrogel application on soil water retention characteristics. J. Plant Nutr. 31: 317-331.

Abedi-Koupai, J. and J. Asadkazemi. (2006), Effects of hydrophilic polymer on the field performance of an ornamental plant (*Cupressus arizonica*) under reduced irrigation regimes. Iran. Polym. J. 15: 715-725.

Barvenik, F. W. (1994), Polyacrylamide characteristics related to soil applications. Soil Sci. 158: 235-243.

Bres, W. and L.A. Weston. (1993), Influence of gel additives on nitrate, ammonium, water retention and tomato growth in a soilless medium. HortScience. 26:1005-1007

El-Hady, O. A., Sh. A. Wanas. (2006), Water and fertilizer use efficiency by cucumber grown under stress on sandy soil treated with acrylamide hydrogels. J. Appl. Sci. Res. 2: 1293-1297.

Johnson, M. S., R. T. Leah. (1990), Effects of superabsorbent polyacrylamides on efficiency of water use by crop seedlings. J. Sci. Food Agr. 52: 431-434.

Miller, D. E. (1979), Effect of H-SPAN on water retention by soil after irrigation. Soil Sci. Soc. Am. J. 43: 628-629.

Ruiz, J. M. and L. Romero. (1998), Commercial yield and quality of fruits of cucumber plants cultivated under greenhouse conditions: response to increase in nitrogen fertilization. J. Agr. Food. Chem. 46: 4171-4173.

تاریخ دریافت: ۸۸/۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۸۸/۷/۲۷

www.SID.ir

Archive of SID
Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 2, Vol. 3, fall 2009, p. 100-111

مجله آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۲، جلد۳، پاییز ۱۳۸۸، ص. ۱۱۱-۱۰۰

Evaluation of Superabsorbent Polymer Application on Yield, Water and Fertilizer Use Efficiency in Cucumber (*Cucumis sativus*)

J. Abedi Koupai[1]*, M. Mesforoush[2]

Abstract

The use of new technologies for enhancing water and nutrient use efficiency will become more important over time, especially in arid regions with limiting water availability. Application of superabsorbent polymers is a proper method to enhance water and nutrient use efficiencies, Superabsorbent hydrogels absorb and store water hundreds times of their weight and improve some soil physical properties. In this research, the effect of superabsorbent polymer on the yield performance, growth indices (length of shoot) ,water use efficiency and N, K, Fe and Zn uptake of a nursery plant (*Cucumis sativus* var. Gavrish), was evaluated. The greenhouse trial was conducted using factorial experiment with a completely randomized design layout in which the treatments were two soil textures (sandy and clay loam), three irrigation regimes consisting 50%, 75% and 100% ETc and the hydrogel treatments were soil containing 0, 4, 6 and 8 g/kg hydrogel. The results show that use of 4 g/kg superabsorbent polymer Superab A200 in a light texture soil and without stress or 25% deficit irrigation is recommended to achieve the best marketable yield and desired water use efficiency.

Keywords: superabsorbent, Hydrogel, Water Stress, Water use efficiency, Cucumber

1- Associate Professor, Dept. of Water Eng., College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
(* - Corresponding author Email: koupai@cc.iut.ac.ir)
2- Former M.Sc. Student, Dept. of Water Eng., College of Agriculture, Isfahan University of Technology

www.SID.ir