نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۷، ص. ۲۶۶-۲۵۳

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 2, May.-Jan. 2018, p. 253-266

تأثیر آبیاری قطره‌ای و کپسولی توأم با ابرجاذب بر گیاه اوستئوسپرموم (*Osteospermum ecklonis* (DC) Norl) در دیوار سبز

فاطمه فتحی خشویی[1*]- محمدرضا نوری امامزادئی[2]- احمدرضا قاسمی[3]- مسعود قاسمی قهساره[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۲۰

چکیده

پژوهش حاضر با هدف مقایسه تأثیر دو روش آبیاری قطره‌ای و کپسولی رسی همراه با چهار سطح صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ درصد وزنی پلیمر ابرجاذب بر شاخص‌های رشد و کارایی مصرف آب گیاه اوستئوسپرموم در دیوار سبز به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملا تصافی با چهار تکرار، انجام شد. محاسبه حجم آب مصرفی بر اساس روش سنجش رطوبت خاک و با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج تتاپروپ صورت گرفت. در طی آزمایش تعداد گل و در پایان آزمایش وزن تر و خشک اندام هوایی، سطح برگ، میانگین طول شاخه، طول ریشه، کلروفیل برگ، محتوای نسبی آب برگ و کارایی مصرف آب اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی، سطح برگ، میانگین طول شاخه و آماس نسبی مربوط به تیمار ۰/۶ درصد وزنی پلیمر و آبیاری قطره‌ای و بیشترین تعداد گل و کارایی مصرف آب مربوط به تیمار ۰/۶ درصد پلیمر و آبیاری کپسولی بود. تیمار ۰/۹ درصد پلیمر و آبیاری کپسولی بیشترین طول ریشه و محتوای کلروفیل را داشت. کارایی مصرف آب در آبیاری کپسولی (۲ کیلوگرم بر متر مکعب) بیشتر از آبیاری قطره‌ای (۱/۸ کیلوگرم بر متر مکعب) بود. نتایج این تحقیق نشان داد آبیاری کپسولی همراه با کاربرد ۰/۶ درصد وزنی پلیمر ابرجاذب می‌تواند بهترین تیمار برای گیاه اوستئوسپرموم در دیوار سبز باشد. این تیمار با بیشترین افزایش تعداد متوسط گل نسبت به شاهد، بالاترین کارایی مصرف آب را نیز ایجاد کرده است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، اوستئوسپرموم، پلیمر ابرجاذب، دیوار سبز، کارآیی مصرف آب

مقدمه

با وجود اعتقاد به ادواری بودن مسئله کمبود آب، برنامه ریزی های از هم پاشیده و نزدیک بینی‌های مدیریتی منجر به افزایش بحران کمبود آب شده است (۳۱). همچنین علاوه بر پدیده‌های محیطی و طبیعی همچون خشکسالی، تغییر الگوهای اقلیمی، افزایش دما و تبخیر و تعرق، بحران آب ایران؛ ریشه در رشد فزاینده و توزیع نامتعادل جمعیت، سوء مدیریت منابع آب، ناکارآمدی بخش کشاورزی، بخشی نگری مدیران، رشد شهر نشینی و نبود فرهنگ مناسب مصرف و ارزش واقعی آب را دارد (۳۸).

یکی از روش‌های افزایش کارایی مصرف آب استفاده از مواد جاذب رطوبت در خاک است. ابر جاذب یک کوپلیمر پلی اکریل آمید است که مقادیر زیادی آب یا محلول‌های آبدار جذب کرده و در خود نگه می‌دارد (۱).

ابرجاذب‌ها شبکه‌های سه بعدی از پلیمرهای آبدوست هستند که با اتصال عرضی شیمیایی و فیزیکی متصل (۲۹) و با مواد طبیعی مانند سلولز (۹) و کیتوزان (۴۸) ساخته شده‌اند و به دلیل هزینه تولید پایین و زیست تخریب‌پذیری مورد توجه قرار گرفته‌اند (۴۴). پلیمرهای ابرجاذب با جذب و انتشار مقدار زیادی آب و مواد غذایی مورد نیاز گیاه باعث صرفه‌جویی گسترده در مصرف آب کشاورزی و بهبود محیط زیست می‌شوند (۷). عابدی و مسفروش (۱) اثر پلیمر سوپر آب ۲۰۰ در چهار سطح و در دو نوع بافت خاک لوم‌رسی و شنی و سه رژیم آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) بر میزان عملکرد و کارایی مصرف آب و شاخص‌های رشد خیار گلخانه‌ای و نیز ذخیره ازت، پتاسیم، آهن خیار گلخانه‌ای را بررسی کردند. نتایج نشان داد که استفاده از ۴ گرم هیدروژل در هر کیلوگرم خاک در یک بافت سبک و شرایط بدون تنش یا تنش ملایم بهترین عملکرد و کارایی کاربرد آب، کود و کیفیت محصول را در پی دارد. خرمدل و همکاران (۲۸) در آزمایشی اثر بافت خاک و سطوح مختلف پلیمر ابرجاذب را بر

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
(*- نویسنده مسئول: Email: fateme.fathi1993@gmail.com)
۴- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
DOI: 10.22067/jsw.v32i2.65722

شاخص‌های رشد زعفران بررسی کردند. تیمارها شامل سه نوع بافت خاک لوم شنی، لوم و لوم رسی و سطوح مختلف پلیمر ابرجاذب بودند. نتایج نشان داد اثر بافت خاک و سطوح مختلف سوپرجاذب بر سرعت ظهور برگ، گلدهی و وزن خشک بنه، تعداد و وزن تر گل و وزن خشک کلاله زعفران معنی‌دار است و این امر منجر به سرعت در بهره برداری و عملکرد اقتصادی در کشت زعفران می‌شود. تأثیر پلیمر ابرجاذب بر دور آبیاری و رشد و نمو گیاه داودی توسط قاسمی و خوشخوی (۱۷) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد استفاده از پلیمر روی شاخص‌های تعداد گل، قطر گل، وزن تر و خشک گل، تعداد برگ‌ها، سطح برگ، وزن تر و خشک شاخساره، طول گیاه، وزن تر و خشک ریشه و نسبت ریشه به شاخساره در شرایط خشکی اثر معنی‌داری دارد. همچنین نشان دادند، در تمام شاخص‌ها بجز نسبت ریشه به شاخساره بیشترین میانگین‌ها مربوط به تیمار ۰/۸ درصد پلیمر در دور آبیاری ۲ روز بوده و تیمار ۰/۶ درصد تا ۱ درصد پلیمر در دور آبیاری ۴ روز با تیمار بدون پلیمر در دور آبیاری دو روز تفاوت معنی‌داری نداشت. قاسمی و همکاران (۱۸) همچنین با کاربرد پلیمر در فیکوس بنجامین نشان دادند که تیمار ۱ درصد پلیمر در دور آبیاری ۴ روز باعث بیشترین رشد را باعث شد.

با توسعه شهر نشینی توسعه فضاهای سبز تفرجگاهی اجتناب ناپذیر است. به دلیل افزایش تراکم ساخت و ساز در کشورهای درحال توسعه، فضای سبز شهری به صورت قابل توجهی رو به کاهش است. جایی که امکان توسعه افقی در فضاهای شهری محدود و یا ناممکن است، فضاهای سبز عمودی می‌توانند همان بازدهی اکولوژیکی را در محیط (۴۷) به ویژه در شهرهای متراکم (۲۴) به وجود آورند. از طرفی با توسعه‌ی گذرگاه‌های غیر هم‌سطح در معابر عمومی ایجاد دیوارهای سبز در بخش فضای سبز بسیار مرسوم است. دیوار سبز اصطلاح رایج برای تمام سطوح دیوارهای دارای پوشش گیاهی است، که به دو سیستم اصلی نمای سبز و دیوار زنده تقسیم می‌شود (۱۰). دیوارهای شیبدار زیگورات نانا، که ۲۱۰۰ سال قبل از میلاد مسیح ساخته شد، با درختان و بوته‌ها پوشیده شده بود. باغ‌های معلق افسانه‌ای بابل، شامل باغ بام‌های باشکوه و باغ‌های پلکانی بوده‌اند (۳۰). در واقع دیواره سبز می‌تواند نقش مؤثری در کاهش انرژی سرمایشی و گرمایشی ساختمان داشته باشد (۴۵) و منجر به بهبود عملکرد حرارتی ساختمان (۳۴) شود. باعث کمک به تنوع زیستی (۴۳)، حفاظت از آلودگی‌های صوتی (۳۹)، کمک به بهبود هوا از طریق جذب co_2، احتباس گرد و غبار و فلزات سنگین (۳۳) گردد.

مهم‌ترین نهاده مورد نیاز در دیوار سبز آب می‌باشد. آب اختصاص یافته برای فضای سبز به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک دارای ارزش زیادی بوده و باید به طور بهینه و با راندمان بالا استفاده شود (۴۲). نیاز آبیاری در دیوار سبز به نوع سیستم، گیاهان مورد استفاده و شرایط آب و هوایی بستگی دارد، که به منظور بهبود توسعه پوشش گیاهی و نشاط می‌توان آبیاری را با مواد مغذی، مواد معدنی غنی شده، فسفات، اسیدهای آمینه یا مواد هیدروپونیک همراه کرد. لوله های آبیاری می‌تواند از جنس مواد گوناگونی همچون پلاستیک، لاستیک و شیلنگ آبیاری و حاوی خروجی‌های مختلفی چون آبیاری قطره‌ای، بارانی، روزنه‌ای و لوله‌ای باشد که شدت توزیع آب باید با نیاز آبی گیاهان سازگار باشد. سیستم می‌تواند شامل فیلتر برای جلوگیری از گرفتگی باشد، همچنین سطح آب درون مخزن به زمان آبیاری و شرایط آب و هوایی (مقدار بارش، رطوبت، دما و فشار اتمسفر) وابسته است (۳۷). سیستم نسبتا ساده آبیاری قطره‌ای برای دیوار سبز مناسب است. در سیستم‌های سبز مرتفع با نوار خاک گسترده می‌توان از آبیاری بارانی با فشار کم استفاده کرد. برای دیوارهای سبز کوچک آبیاری دستی کافی است و گاهی بارندگی به تنهایی برای پاسخگویی به نیازهای آبی گیاهان بالارونده کفایت می کند (۲۳). علاوه بر میزان آب، نوع سیستم آبیاری می‌تواند در انتخاب گونه‌های گیاهی مورد استفاده در دیوار سبز تأثیرگذار باشد. در دیوار سبز از گیاهان مختلف استفاده می‌شود که ویژگی همیشه سبز بودن و پتانسیل گیاه در طراحی مد نظر است. در این پژوهش از گیاه اوستئوسپرموم استفاده شد. گیاه اوستئوسپرموم بومی آفریقا بوده، گیاهی دائمی و همیشه سبز و مقاوم به سرما است، که در روزهای آفتابی در سراسر سال گل می‌دهد، اما گلدهی اصلی آن در مناطق سرد از اواخر بهار تا اواخر پاییز و در مناطق گرم در اوایل پاییز شروع شده و در طول زمستان ادامه دارد. ارتفاع گیاه تا ۳۰ سانتی‌متر می رسد. اوستئوسپرموم در خاک سبک و به نسبت حاصل‌خیز با زهکشی خوب، در محل گرم و آفتابی رشد می‌کند (۱۶). این گیاه دارای رنگ-های متنوع سفید، صورتی، بنفش (۲۲) در طیف‌های مختلف می‌باشد. با توجه به ویژگی‌های بیان شده کاربرد اوستوسپرموم در دیوار سبز می‌تواند مفید باشد.

از مزایای آبیاری کپسولی سفالی می‌توان به افزایش راندمان آبیاری، افزایش عملکرد و شاخص های کیفی محصولات (۱۹ و ۳۲)، فراوانی مواد اولیه جهت ساخت آن و عدم وابستگی به ارز جهت تولید سفال‌ها (۸) اشاره نمود. همچنین ساده و بومی بودن تکنولوژی، عدم نیاز به نیروی برق، کاهش مصرف انرژی و کاهش آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز و در نتیجه کاهش مصرف سموم شیمیایی حشره کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و علف‌کش‌ها و امکان تولید محصول سالم‌تر به خصوص در کشت محصولات گلخانه‌ای (۱۴)، حفظ ساختمان خاک و جلوگیری از سله و امکان بازسازی و احیای مناطق خشک و بیابانی (۲) از مزیت‌های دیگر این روش است.

تا کنون پژوهش‌های زیادی در رابطه با کاربرد پلیمر ابرجاذب جهت افزایش کارایی مصرف آب، دور آبیاری و عملکرد محصول صورت گرفته است، اما پژوهشی در زمینه کاربرد پلیمر ابرجاذب همراه با آبیاری قطره‌ای و کپسولی در دیوار سبز انجام نشده است. از دو

روش آبیاری قطره‌ای و کپسولی به دلیل کمبود و اهمیت آب و معرفی روش آبیاری کپسولی به عنوان روش جدید آبیاری در دیوار سبز برای سهولت در اجرای سیستم آبیاری نسبت به روش‌های آبیاری فعلی در دیوار سبز و پلیمر به منظور کم کردن تعداد مراحل آبیاری استفاده گردید. در واقع این تحقیق به منظور بررسی مقایسه آبیاری قطره‌ای و کپسولی توأم با سطوح مختلف پلیمر بر گیاه اوستئوسپرموم صورت گرفت.

جدول ۱- مشخصات تیمارهای آزمایش

Table 1- The Specifications experimental treatments

ردیف Row	علامت اختصاری Symbol	توضیحات Description
1	DIP1	آبیاری قطره‌ای سطحی بدون پلیمر Surface drip irrigation without polymer
2	DIP2	آبیاری قطره‌ای سطحی + ۰/۳ درصد وزنی پلیمر Surface drip irrigation + 0.3 % polymer
3	DIP3	آبیاری قطره‌ای سطحی + ۰/۶ درصد وزنی پلیمر Surface drip irrigation + 0.6 % polymer
4	DIP4	آبیاری قطره‌ای سطحی + ۰/۹ درصد وزنی پلیمر Surface drip irrigation + 0.9 % polymer
5	CIP1	آبیاری کپسولی رسی بدون پلیمر Clay capsule irrigation without polymer
6	CIP2	آبیاری کپسولی رسی + ۰/۳ درصد وزنی پلیمر Clay capsule irrigation + 0.3 % polymer
7	CIP3	آبیاری کپسولی رسی + ۰/۶ درصد وزنی پلیمر Clay capsule irrigation + 0.6 % polymer
8	CIP4	آبیاری کپسولی رسی + ۰/۹ درصد وزنی پلیمر Clay capsule irrigation + 0.9 % polymer

جدول ۲- نتایج تجزیه فیزیکی خاک

Table 2– Analysis of soil physical

بافت Texture	شن ٪ Sand	سیلت ٪ Silt	رس ٪ Clay	رطوبت ظرفیت زراعی (درصد وزنی) Θfc	رطوبت نقطه پژمردگی (درصد وزنی) Θpwp
لوم رسی شنی	51.5	21.5	27	22.1	9.7

جدول ۳- نتایج تجزیه شیمیایی خاک

Table 3- Analysis of soil chemical

هدایت الکتریکی	اسیدیته	کربن آلی	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	ازت کل	روی	منگنز	آهن	مس
EC (dS/m)	pH	OC %	P (ave) mg/kg	K (ave) mg/kg	N-total %	Zn mg/kg	Mn mg/kg	Fe mg/kg	Cu mg/kg
1.65	7.74	0.799	47.2	324	0.082	0.79	8.46	4.37	1.28

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در فضای آزاد گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد، انجام گردید. منطقه آزمایش دارای اقلیم نیمه خشک است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۸ تیمار و ۴ تکرار انجام گردید. تیمارها شامل دو نوع آبیاری کپسولی (CI) و قطره‌ای (DI) و چهار سطح صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ درصد وزنی پلیمر ابرجاذب[۱] (P) بود. جدول ۱ تیمارهای طرح و حروف اختصاری مربوط به هر تیمار را نشان می‌دهد.

برای انجام آزمایش ابتدا تعداد ۳۲ گلدان از جنس پلاستیک، با ارتفاع حدود ۳۰ و عرض دهانه ۲۵ سانتی‌متر تهیه شد. بستر کشت شامل خاک، کود برگ و ماسه با نسبت‌های به ترتیب ۲، ۱/۵ و ۱ آماده گردید. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۲ و ۳ ارائه شده است.

ابرجاذب با درصد وزنی معلوم، به خوبی با آن آمیخته شد، مخلوط حاصل را در گلدان‌ها ریخته و گل‌های اوستئوسپرموم به بستر، انتقال داده شد. در این مرحله کپسول‌های سفالی (با ارتفاع ۲۰ و قطر ۳/۵

۱- آکوآزورب ساخت شرکت SNF فرانسه

سانتی‌متر) هم‌زمان با کاشت گل‌ها، در خاک گلدان‌ها قرار گرفت. پس از استقرار گل‌ها برای جلوگیری از آلودگی گل‌ها، به بیماری‌های قارچی با اولین آبیاری که به صورت دستی انجام گرفت، از سم بنومیل به نسبت ۲ در هزار استفاده شد. برای شبیه‌سازی شرایط محیط کشت با دیوار سبز، قفسه‌ای با دهانه ی متحرک در چهار طبقه با گنجایش قرارگیری ۸ گلدان در هر طبقه از جنس آهن ساخته شد. طبقات قفسه طوری تعبیه شد که گل‌ها شرایط مناسب و یکسانی از لحاظ رشد و دریافت نور داشتند (شکل ۱). آبیاری هر طبقه در روش قطره‌ای با تنظیم قطره چکان‌های تنظیم کننده با دبی ۴ لیتر در ساعت و در آبیاری کپسولی با تنظیم شیر تهیه شده برای هر طبقه در پایین قفسه و با زمان‌های جداگانه صورت گرفت. در واقع سیستم توزیع آب به نحوی بود که آب در هر طبقه و برای هر گلدان به یک میزان توزیع شد. از یک مخزن که برای تأمین فشار لازم در ارتفاع دو متری قرار داشت، استفاده گردید.

DIP4	DIP1	DIP2	DIP3	CIP4	CIP1	CIP2	CIP3
DIP3	DIP4	DIP1	DIP2	CIP3	CIP4	CIP1	CIP2
DIP2	DIP3	DIP4	DIP1	CIP2	CIP3	CIP4	CIP1
DIP1	DIP2	DIP3	DIP4	CIP1	CIP2	CIP3	CIP4

شکل ۱- جانمایی تیمارهای طرح آزمایشی

Figure 1- Locating the experimental treatments

برای تعیین مقدار آب مصرفی و زمان آبیاری از روش سنجش رطوبت خاک استفاده شد. میزان رطوبت بحرانی با استفاده از رابطه ۱ و مقادیر رطوبت حجمی ظرفیت زراعی و رطوبت حجمی نقطه پژمردگی با در نظر گرفتن حداکثر ضریب تخلیه مجاز رطوبتی (MAD=۰/۵) تعیین شد (۳، ۴ و ۲۷). در هر نوبت آبیاری میزان رطوبت گلدان‌های بدون پلیمر ابرجاذب در آبیاری قطره‌ای و کپسولی اندازه‌گیری شد، بین رطوبت مربوط به تکرارهای تیمار بدون پلیمر ابرجاذب میانگین گرفته شد و حجم آب مورد نیاز برای هر گلدان از رابطه ۲ محاسبه و آبیاری اعمال گردید (۱۲):

$$\Theta C=\Theta FC-(\Theta FC-\Theta PWP)*MAD \quad (۱)$$

$$V=(\Theta FC-\Theta Soil)*Vpot \quad (۲)$$

که در آن: V حجم آب مصرفی (متر مکعب)، V_{pot} حجم گلدان (متر مکعب)، Θ_{FC} رطوبت حجمی ظرفیت زراعی (٪)، Θ_{Soil} رطوبت حجمی اندازه گیری خاک (٪)، Θ_{PWP} رطوبت حجمی نقطه پژمردگی (٪)، Θ_C رطوبت حجمی بحرانی(٪)، MAD ضریب تخلیه مجاز رطوبتی است. تعداد دفعات آبیاری در طول فصل رشد ۳۹ مرتبه بود. پارامترهای مورد بررسی در این تحقیق شامل محاسبه کارایی مصرف آب و محتوای نسبی آب برگ و غلظت کلروفیل به صورت زیر محاسبه گردید:

به منظور تعیین کارایی مصرف آب و محتوای نسبی آب برگ از روابط ۳ و ۴ استفاده شد (۴):

$$WUE=D/W \quad (۳)$$

در این فرمول WUE کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)، D وزن ماده خشک کل اندام هوایی (کیلوگرم) و W حجم آب مصرفی (متر مکعب) در نظر گرفته شد.

$$RWC= ((FW-DW))/((TW-DW)) \quad (۴)$$

RWC، TW، DW، FW، به ترتیب نشانگر محتوای نسبی آب برگ، وزن تر، خشک و آماس نمونه‌های برگی است.

اندازه‌گیری کلروفیل:

غلظت کلروفیل مطابق روش آرنون و با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (نام و مدل دستگاه) اندازه‌گیری شد و برای محاسبه میزان کلروفیل (میلی‌گرم بر گرم برگ) از روابط ۵، ۶ و ۷ استفاده شد (۶):

$$\text{Chlorophyll a} = (12.7 * D663 – 2.69 * D645) V/1000W \quad (۵)$$

$$\text{Chlorophyll b} = (22.9 * D645 – 4.68 * D663) V/1000W \quad (۶)$$

$$\text{Total chlorophyll} = \text{Chlorophyll a} + \text{Chlorophyll b} \quad (۷)$$

D: اپتیکال دانسیته عصاره کلروفیل در طول موج معین، V: حجم نهایی عصاره کلروفیل و W: وزن تازه نمونه برگ (گرم) می باشد.

تحلیل و بررسی آماری داده‌های به دست آمده در این پژوهش با نرم افزار آماری SAS صورت گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد اعمال آبیاری کپسولی رسی و قطره‌ای توام با سطوح مختلف پلیمر ابرجاذب بر کارایی

مصرف آب، آماس نسبی، کلروفیل کل و شاخص‌های رشد گیاه اوستئوسپرموم تأثیر مثبت و معنی‌داری داشته است. خلاصه نتایج تجزیه واریانس در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ٤- تجزیه واریانس اجزای عملکرد تیمارهای مختلف

Table 4- Analysis of variance components of the different treatments

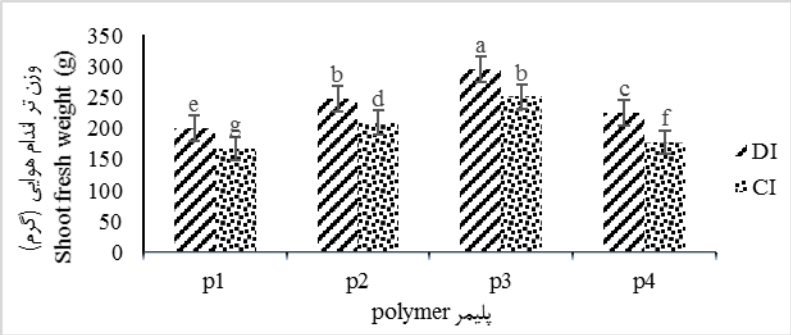
منابع تغییر Sources Change	درجه آزادی Freedom degree	وزن تر اندام هوایی (گرم) Shoot fresh weight (g)	وزن خشک اندام هوایی (گرم) Shoot dry weight (g)	میانگین طول شاخه (سانتی متر) Average branch length (cm)	سطح برگ (سانتی متر مربع) Leaf area (cm^2)	تعداد گل Flower number	طول ریشه (سانتی متر) Root lengh (cm)	آماس نسبی RWC	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم برگ) Total chlorophyll (mg/g)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب) WUE
تیمار Treatment	7	7158.67**	430.62**	16.13**	6.15**	156.71**	44.58**	0.003**	0/282**	0.372**
پلیمر Polymer	3	12184.94**	568.78**	27.86**	10.35**	153.25**	40.94**	0.003**	0.346**	0.753**
آبیاری Irrigation	1	13280.22**	1201.60**	14.52*	5.88**	66.12**	30.40**	0.009**	0.850**	0.295**
پلیمر*آبیاری Polymer * Irrigation	3	91.88ns	35.47ns	4.94*	2.04**	190.37**	52.94**	0.001**	0.029**	0.017ns
خطا Error	24	41.62	30.92	1.26	0.06	3.46	2.46	0.0001	0.0001	0.029
ضریب تغییرات CV		2.91	11.51	10.64	3.09	8.55	4.22	1.440	1.193	8.911

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪، ۱٪ و غیر معنی‌دار

*, ** and ns means significant at 1%, 5% and non-significant respectively

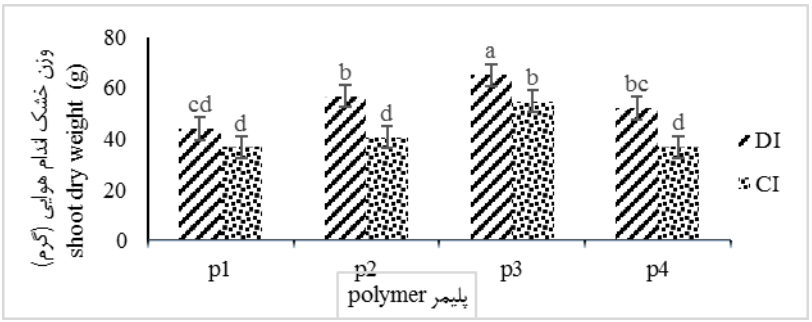
وزن تر و خشک اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس وزن تر و خشک اندام هوایی نشان داد تیمارها در سطح آماری یک درصد تفاوت معنی‌دار داشتند. تأثیر سطوح مختلف پلیمر و روش آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل آن‌ها تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۴). بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی (۲۹۵/۸۱۱ و ۶۴/۹۸۸ گرم) مربوط به تیمار ۰/۶ درصد وزنی پلیمر و آبیاری قطره‌ای است و تیمار بدون پلیمر در آبیاری کپسولی کمترین وزن تر و خشک اندام هوایی (۱۶۷/۷۱۵ و ۳۶/۶۵۵ گرم) را داشت. نتایج بدست آمده با نتایج ارائه شده توسط زنگویی نسب و همکاران (۴۶) مبنی بر تأثیر مثبت و معنی‌داری کاربرد هیدروژل بر شاخص‌های رشدی نهال تاغ مطابقت دارد. افزایش میزان پلیمر در تیمار ۰/۹ درصد وزنی پلیمر نتوانست باعث افزایش وزن تر و خشک شاخساره شود (شکل ۲ و ۳). با توجه به این‌که یکی از مهم‌ترین ویژگی پلیمرهای ابر جاذب بهبود خصوصیات فیزیکی خاک می‌باشد (۳۵) و از طرفی میزان حجم آب مصرفی برای همه‌ی گلدان‌ها در هر یک از روش‌های آبیاری یکسان بوده است، احتمالا کاهش وزن تر و خشک شاخساره در تیمار ۰/۹ درصد وزنی ناشی از صرف انرژی گیاه برای رشد ریشه بوده است که منجر به کاهش وزن شاخساره شده است. بدین صورت که با افزایش میزان پلیمر در تیمار ۰/۹ درصد وزنی و با توجه به رطوبت‌های اندازه‌گیری شده تیمارها در هر نوبت آبیاری احتمال داده می‌شود پلیمرها در سطوح بالا باعث عدم در اختیار قرار دادن رطوبت مورد نیاز گیاه می شوند و رطوبت را در خود حبس می‌کنند. در واقع محیط کشتی مناسب است که دارای توازنی بین منفذهای مویین و غیر مویین باشد تا موجب رشد بهینه شود (۱۷). نتایج عربی و همکاران (۵) مبنی بر اثر سطوح مختلف آبیاری و هیدروژل سوپرجاذب بر خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و اسانس گیاه آنیسون نشان داد با اضافه کردن ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب، تمامی صفات مورد ارزیابی افزایش معنی‌دار دارند. اما با افزایش مقدار سوپرجاذب از ۱۰۰ به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، کاهش معنی‌دار در تمامی صفات مشاهده شد.



شکل ۲- بر همکنش روش آبیاری و میزان پلیمر روی وزن تر اندام هوایی

Figure 2- Effect of Irrigation method and polymer content interaction on shoot fresh weight

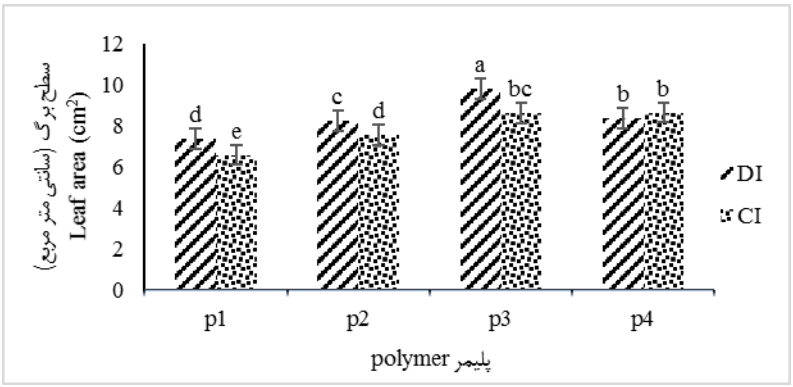


شکل ۳- بر همکنش آبیاری و پلیمر در وزن خشک اندام هوایی

Figure 3- Effect of Irrigation method and polymer content interaction on shoot dry weight

سطح برگ

اثر سطوح مختلف پلیمر و روش آبیاری و تـأثیر متقابـل آن‌هـا در سطح برگ از لحاظ آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بـود (جـدول ۴). تیمار ۰/۶ درصد وزنی پلیمر و آبیاری قطـره‌ای بیشـترین (۹/۷۸۳ سانتی‌متر مربع) و تیمار بدون پلیمر آبیاری کپسولی کمتـرین (۶/۵۷۹ سانتی‌متر مربع) سطح برگ را باعث شد. سطح برگ با افزایش سطوح پلیمر در همه‌ی تیمارها به جز تیمار ۰/۹ درصد وزنـی پلیمـر افـزایش یافت (شکل ۴)، مقایسه بین محتوای نسبی آب بـرگ و سـطح بـرگ نشان می‌دهد (شکل ۴ و ۹)، افزایش محتوای نسبی آب بـرگ باعـث گسترش و توسعه مناسب سطح برگ شد که با نتایج فاضلی رستم پور و همکاران (۱۳) در راستای بررسی تأثیر تنش خشـکی و سـوپرجاذب بر محتوای نسبی آب برگ همسو است. این افزایش رشد بـه احتمـال ناشی از افزایش فشار آماس و در نتیجه افزایش تقسیم و اندازه یاختـه است.

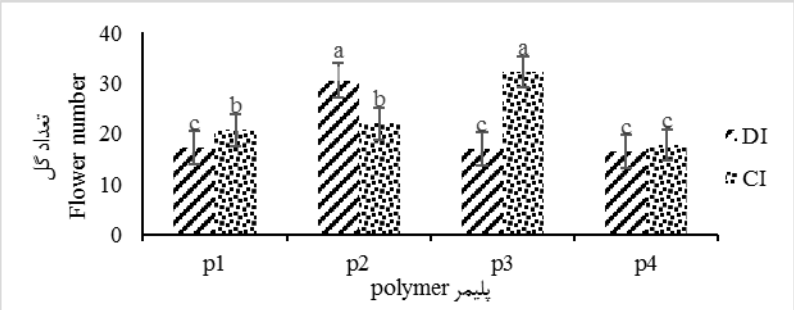


شکل ٤- بر همکنش آبیاری و پلیمر در سطح برگ

Figure 4- Effect of Irrigation method and polymer content interaction on leaf area

تعداد گل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۴) تیمارها در سطح آماری یک درصد تفاوت معنی‌دار داشتند و کاربرد پلیمر و روش آبیاری و اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد روی تعداد گل در گیاهان اثر معنی‌دار داشت. بیشترین تعداد گل مربوط به تیمار ۰/۶ درصد وزنی پلیمر در آبیاری کپسولی و ۰/۳ درصد وزنی پلیمر در آبیاری قطره‌ای است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد گل در آبیاری کپسولی حاصل شد (شکل ۵) و افزایش پلیمر باعث افزایش تعداد گل گردید. نتایج این پژوهش با نتایج خرمدل و همکاران (۲۸) در بررسی اثر بافت خاک و سطوح پلیمر سوپر جاذب بر خصوصیات زراعی و عملکرد زعفران همسو است. آن‌ها گزارش کردند کاربرد پلیمر سوپر جاذب باعث افزایش تعداد، وزن تر گل و وزن خشک کلاله گردید. نتایج بررسی اثر پلیمر ابرجاذب بر دور آبیاری و رشد و نمو گیاه داودی نشان داد پلیمر بر شاخص‌های رشد گیاه نظیر تعداد گل تأثیر مثبت و معنی‌دار دارد (۱۷). همچنین نتایج تحقیق حاضر با نتایج هاروی (۲۱) مبنی بر افزایش وزن دانه‌ها در مقادیر بالای پلیمر در لوبیا قرمز مطابقت دارد.

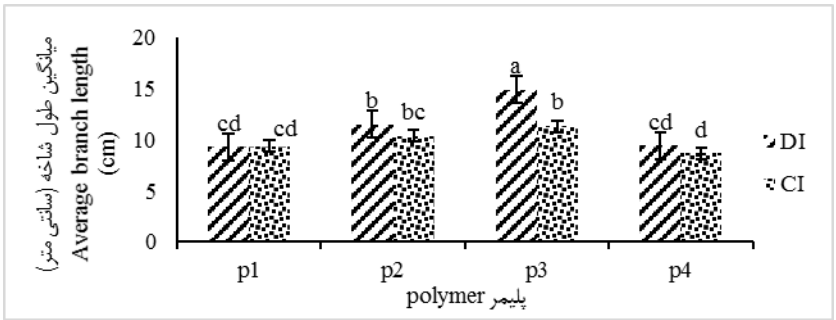


شکل ۵- بر همکنش آبیاری و پلیمر در تعداد گل

Figure 5- Effect of Irrigation method and polymer content interaction on flower number

میانگین طول شاخه

نتایج تجزیه واریانس میانگین طول شاخه نشان داد اثر پلیمر در سطح یک درصد و تأثیر آبیاری و اثر متقابل آبیاری و پلیمر در سطح ۵ درصد باعث تفاوت معنی‌دار در طول شاخه شد. تیمار ۰/۶ درصد وزنی پلیمر آبیاری قطره‌ای دارای بیشترین مقدار میانگین طول شاخه (۱۴/۸۶ سانتی‌متر) و کمترین مقدار مربوط به تیمار ۰/۹ درصد وزنی پلیمر آبیاری کپسولی بود، به طوری‌که میانگین طول شاخه این تیمار ۴۲ درصد از تیمار ۰/۶ درصد وزنی قطره‌ای کمتر بود (شکل ۶).



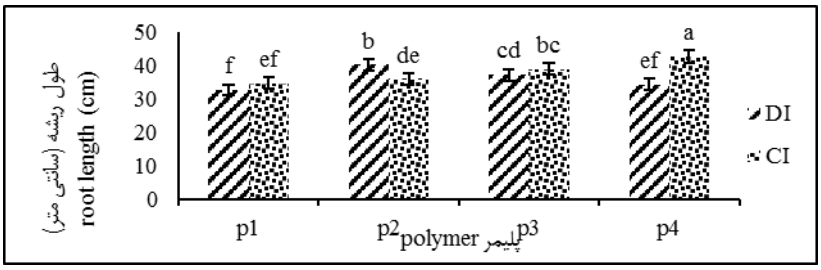
شکل ٦- بر همکنش آبیاری و پلیمر در طول ساقه

Figure 6- Effect of Irrigation method and polymer content interaction on average branch length

طول ریشه

سطوح مختلف پلیمر و روش آبیاری تأثیر مثبت و معنی‌داری بر طول ریشه داشت (جدول ۴)، به طوری‌که بیشترین طول ریشه (۴۲/۷۲۵ سانتی‌متر) مربوط به تیمار ۰/۹ درصد وزنی پلیمر در آبیاری کپسولی و کمترین طول ریشه (۳۲/۸۰۳ سانتی‌متر) مربوط به تیمار بدون پلیمر در آبیاری قطره‌ای بود. در آبیاری کپسولی با این که مقدار کمتری آب مصرف شد اما به دلیل عدم وجود تبخیر سطحی آب

بیشتری در اختیار ریشه گیاه قرار داشته است. بنابراین رشد ریشه‌ها در آبیاری کپسولی با افزایش پلیمر افزایش یافت (شکل ۷). اثر سطوح مختلف پلیمر و روش آبیاری قطره‌ای بر طول ریشه در ابتدا روند افزایشی داشته اما این روند از تیمارهای ۰/۶ درصد وزنی پلیمر به بعد کاهش یافته است. در آبیاری کپسولی با افزایش سطوح پلیمر طول ریشه افزایش یافت. نتایج حاصل با یافته‌های شیخ مرادی (۴۱) که ثابت کرد با افزایش میزان ابرجاذب، احتباس آب در خاک بیشتر شده است و در نتیجه طول ریشه افزایش می‌یابد، مطابقت دارد.

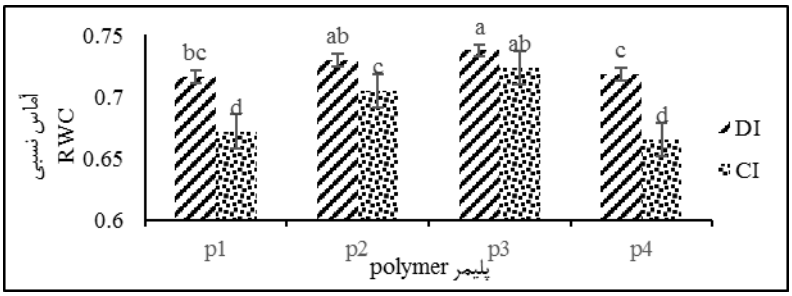


شکل ۷- بر همکنش آبیاری و پلیمر در طول ریشه

Figure 7- Effect of Irrigation method and polymer content interaction on root length

محتوای نسبی آب برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد محتوای نسبی آب برگ در تیمارها در سطح یک درصد تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول ۴). همچنین اثر متقابل میزان پلیمر و روش آبیاری نیز دارای تفاوت معنی‌دار بود. میزان محتوای نسبی آب برگ در آبیاری قطره‌ای بیشتر و تیمار ۰/۶ درصد وزنی پلیمر آبیاری قطره‌ای دارای بیشترین مقدار (۰/۷۳۷) محتوای نسبی آب برگ بود (شکل ۸). رشد و نمو گیاهان بستگی به سرعت تولید سلول‌های جدید و سرعت بزرگ شدن آن‌ها دارد. برای انجام این دو فرآیند سلول‌ها باید در شرایط آماس مناسبی قرار گیرد. همچنین پتانسیل فشار توسط میزان آب نسبی و تنظیم اسمزی سلول‌ها مشخص می‌شود، در واقع گیاهانی که پتانسیل اسمزی خود را منفی نگه داشته و هم‌زمان بتوانند آب بیشتری در بافت خود حفظ کنند قادر به حفظ فشار آماس خواهند بود (۳۷). به نظر می‌رسد پلیمر این امکان را برای گیاه فراهم ساخته است، به طوری‌که با افزایش سطح پلیمر میزان آماس نسبی برگ افزایش یافته است. در بررسی تأثیر پلیمر سوپرجاذب و سطوح مختلف کم آبیاری بر رشد و خصوصیات کمی و کیفی میوه گوجه فرنگی، حقیقی و همکاران (۲۰) نشان دادند، کاربرد پلیمر باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ نسبت به شرایط بدون کاربرد پلیمر می‌شود. کاربرد سوپر جاذب باعث جذب بیشتر آب توسط گیاه می‌شود که افزایش محتوای نسبی آب برگ را به همراه دارد که با نتایج حاصل از پژوهش مرتضوی و همکاران بر تاثیر سوپر جاذب بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد گندم همسو است (۳۶).



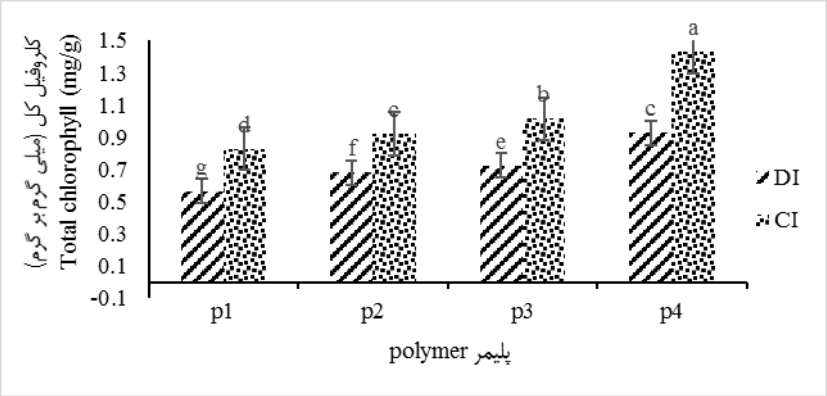
شکل ۸- بر همکنش آبیاری و پلیمر در محتوای نسبی آب برگ

Figure 8- Effect of Irrigation method and polymer content interaction on relative water content

کلروفیل کل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۴)، بین تیمارهای مختلف از نظر غلظت کلروفیل کل در سطح یک درصد تفاوت معنی‌دار وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمار ۰/۹ درصد وزنی پلیمر در آبیاری کپسولی بیشترین غلظت کلروفیل (۱/۴۳۳ میلی‌گرم بر گرم بافت برگ) را داشت. کمترین مقدار کلروفیل

کل (۰/۵۶۴ میلی‌گرم برگرم) مربوط به تیمار بدون پلیمر در آبیاری قطره‌ای بود. با افزایش میزان پلیمر، کلروفیل کل افزایش یافت (شکل ۹). گاهی میزان کلروفیل در شرایط تنش خشکی بر خلاف انتظار افزایش می‌یابد. در شرایط تنش ملایم غلظت کلروفیل در واحد سطح افزایش می‌یابد (۴۹). احتمالا در تیمار ۰/۹ درصد وزنی کاهش محتوای نسبی آب برگ و به دنبال آن کاهش سطح برگ موجب افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح شده است. اما تنش شدید باعث توقف ساخت کلروفیل می‌شود. تأثیر تنش خشکی بر کلروفیل بسیار متنوع و متغیر است و بستگی به شرایط محیطی و ژنوتیپ گیاه دارد. در برخی گونه‌ها باعث افزایش و در برخی دیگر باعث کاهش می‌شود (۲۶). میزان کلروفیل منعکس کننده میزان آسیب‌های غیر روزنه‌ای به فتوسنتز بوده و می‌تواند معیار سطح تحمل متابولیک باشد (۱۵). کلروفیل شاخصی برای ارزیابی شدت تنش است. شدت‌های تنش به وسیله‌ی تغییر میزان کلروفیل، تأثیر بر ترکیبت کلروفیل و تخریب اجزای فتوسنتزی مانع فتوسنتز می‌شود (۴۰). با کاهش کلروفیل گیرنده‌های نوری کاهش و در نتیجه نور کمتری جذب گیاه می‌شود. در نهایت فتوسنتز کاهش می‌یابد و عملکرد گیاه کم می‌شود (۱۱).

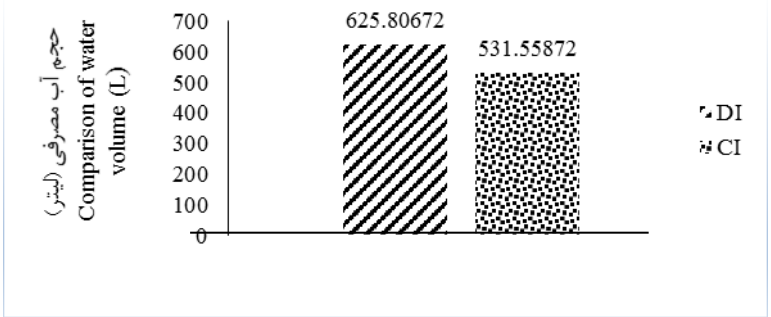


شکل ۹- بر همکنش آبیاری و پلیمر در کلروفیل کل

Figure 9- Effect of Irrigation method and polymer content interaction on total chlorophyll

حجم آب مصرفی

نتایج پژوهش نشان داد مقدار آب مصرف شده برای گیاه اوستئوسپرموم به روش آبیاری کپسولی ۱۵ درصد کمتر از روش آبیاری قطره‌ای است. حجم آب مصرفی در روش آبیاری قطره‌ای ۶۲۵/۸ لیتر و در آبیاری کپسولی ۵۳۱/۵۵ لیتر می‌باشد (شکل ۱۰). نتایج قربانی واقعی و همکاران (۱۹) نشان داد مقدار مصرف آب در روش آبیاری کپسولی رسی زیر سطحی و آبیاری قطره‌ای زیر سطحی به ترتیب ۴۰۵۰ و ۶۶۶۸ متر مکعب در هکتار است. شاخص بهره‌وری آب در روش آبیاری کپسولی رسی بهتر از روش آبیاری سطحی بود.



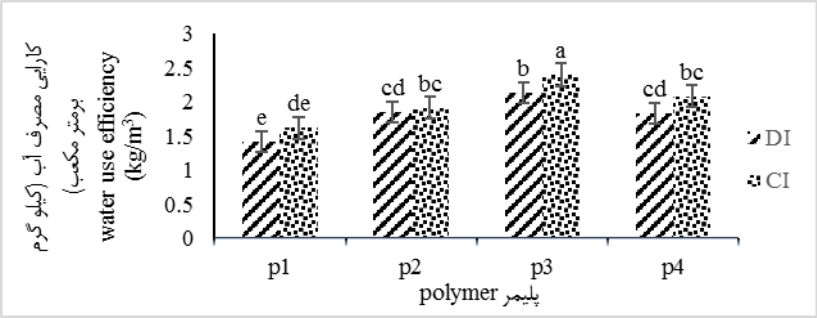
شکل ۱۰- مقایسه حجم آب مصرفی در کل دوره

Figure 10- Comparison of water volume in the whole period

کارایی مصرف آب

نتایج تجزیه آماری کارایی مصرف آب نشان داد تیمارها در سطح آماری یک درصد تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول ۴). کاربرد پلیمر و روش آبیاری کپسولی تأثیر مثبت بر کارایی مصرف آب داشت، اما اثر

متقابل پلیمر و روش آبیاری تفاوت معنی‌داری را در این شاخص ایجاد نکرد. بیشترین مقدار کارایی مصرف آب گیاه اوستئوسپرموم (۲/۴ کیلوگرم بر متر مکعب) مربوط به تیمار ۰/۶ درصد وزنی پلیمر و آبیاری کپسولی و کمترین مقدار مربوط به تیمار بدون پلیمر در آبیاری قطره‌ای (۱/۴ کیلوگرم بر متر مکعب) بود. وجود قطره چکان‌ها در سطح خاک باعث تبخیر بیشتر آب در سطح خاک شد در صورتی که در آبیاری کپسولی تبخیر بسیار ناچیز است. بنابراین در آبیاری قطره‌ای در مقایسه با آبیاری کپسولی مقدار آب کمتری در اختیار قرار می‌گیرد. در آبیاری کپسولی آب در منطقه توسعه ریشه قرار داشته و امکان جذب رطوبت توسط ریشه بیشتر است. بنابراین کارایی مصرف آب در این روش آبیاری نسبت به آبیاری قطره‌ای بیشتر بود. نتایج حاصل با نتایج کریمی و نادری (۲۵) مبنی بر افزایش کارایی مصرف آب با افزایش سوپرجاذب مطابقت داشت.



شکل۱۱- بر همکنش آبیاری و پلیمر در کارایی مصرف آب

Figure 11- Effect of Irrigation method and polymer content interaction on water use efficiency

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد سیستم آبیاری کپسولی در دیوار سبز قابل استفاده است و با وجود محدودیت‌هایی که در اجرا دارد، می‌تواند به عنوان یکی از روش‌های آبیاری دیوار سبز مطرح شود. کارایی مصرف آب و تعداد گل در این روش نسبت به آبیاری قطره‌ای بیشتر بود که این امر اهمیت روش را بیشتر می‌کند. همراه کردن این روش با پلیمر ابرجاذب با بهبود تهویه، افزایش تخلخل، حفظ عناصر غذایی، افزایش نفوذپذیری، تعدیل دمای خاک (۳۰) باعث بهبود رشد و افزایش کارایی مصرف آب شد. آبیاری قطره‌ای که یکی از روش‌های آبیاری دیوار سبز محسوب می‌شود در مقایسه با تحقیقات صورت گرفته کارایی مصرف آب قابل قبولی داشت و وجود پلیمر در این روش نیز تأثیر مثبتی در روند رشد گیاه اوستئوسپرموم داشت. بررسی نتایج نشان می‌دهد کاربرد پلیمر ۰/۶ درصد وزنی همراه با آبیاری کپسولی می‌تواند بهترین سطح پلیمر برای کاربرد اوستئوسپرموم در دیوار سبز باشد.

منابع

1- Abedi Koupai J., and Mesforoush M. 2009. Evaluation of superabsorbent polymer application on yield, water and fertilizer use efficiency in cucumber (*Cucumis sativus*). Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 2(3): 100-111. (In Persian with English abstract)

2- Akbari Z., Matinkhah S. H., and Akbari Z. 2012. Effect of underground irrigation on growth and development of *Haloxylon ammodendron* in Isfahan Sejzi area by using clay pots. P. 279-284. The 3th National Conference on Combating Desertification and Sustainable Development of Desert Wetland Iran, September 2012. Arak, Iran.

3- Alizade A. 1995. Water and soil and plant relationships. Astan Ghods Razavi, Iran.

4- Alizade A. 2011. Water and soil and plant relationships. Astan Ghods Razavi, Iran.

5- Arabi Z., Kabousi K., Rezvantalab N., and Tork- Lalehbagh. 2015. Effect of different irrigation levels and superabsorbent hydrogel on morphological characteristics of yield and essential oil of Anisum (*Pimpinella anisum* L.). Journal of Crop Production, 8(4): 51-66. (In Persian)

6- Arnon D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoxidase in *Baba vulgaris* L. Plant Physiol, 45: 1-15.

7- Bai W., Zhang H., Liu B., Wu Y., and Song J. 2010. Effects of super-absorbent polymers on the physical and chemical properties of soil following different wetting and drying cycles. Soil Use Manage, 26: 253–260.

8- Bastani S.H. 1994. Underground irrigation project clay pipes. P. 1-22. The 7th Seminar of the National Committee on Irrigation and Drainage, Tehran, Iran.

9- Chang C. Y., Duan B., Cai J., and Zhang L. N. 2010. Superabsorbent hydrogels based on cellulose for smart swelling and controllable delivery. European Polymer Journal, 46: 92–100.
10- Djedjig R., Bozonnet E., and Belarbi R. 2016. Modeling green wall interactions with street canyons for building energy simulation in urban context. Urban Climate, 16: 75-85.
11- Efazati M., Irandoust M., and Rezaie Estakhrouie. 2015. Effect of superabsorbent polymer on growth and yield of greenhouse cucumber under irrigated conditions. Water and Irrigation Management, 5(2): 203-214. (In Persian)
12- Farshi A. A., Siadat H., Darbandi S., Entesari M., Kheyrabi j., Mirlotfi M., Salamat A., and Sadat- Mireie M. H. 2003. Publications of the National Committee on Iran Irrigation and Drainage. Irrigation water management at the farm.
13- Fazeli-Rostampour M., Seghatoleslami M.J., and Mousavi S. Gh. 2010. The effect of drought stress and superabsorbent on relative water content and chlorophyll content and relationship yield in corn. Journal of Crop Physiology, 2(1): 19-31. (In Persian)
14- Ghaeminia A.M., and Rahimian M.H. 2015. Irrigation pot ability under salinity and drought conditions in arid areas. P.1-6. The 1th National Conference of Water Use Optimization, 5-6 March. 2015. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.
15- Ghafari M., Tourchi M., ValizadeM., and Shakiba M. 2015. Sunflower seed physiological characteristics stabilizer function in limited irrigation. Journal of Agricultural Knowledge and constant development, 24(4): 97-108. (In Persian)
16- Ghasemi M., and Kaufi M. 2015. Scientific and Practical Floriculture. Iran.
17- Ghasemi M., and Khoshkhoui M. 2007. Effect of superabsorbent polymer on irrigation interval and growth and development of Chrysanthemum. Journal of Horticultural Science and Technology of Iran, 8(2): 65-82. (In Persian)
18- Ghasemi M., and Khoshkhoui M., Abedi-Koupai J. 2010. Effect of superabsorbent polymer on water requirement and growth indices of *Ficus benjamina* L. 'Starlight'. Journal of Plant Nutrition, 33(6) 785-795.
19- Ghorbani Vaghei., H., Bahrami H., and Heshmatpour A. 2015. Effect of subsurface irrigation with porous clay capsules on quantitative and qualitative characteristics of the grape plant. Journal of Soil and Water, 29(1): 58-66. (In Persian)
20- Haghighi M., Mozafarian M., and Afifipour Z. 2014. The effect of super absorbent polymer and different levels of deficit irrigation on growth and yield and quality of tomato fruit. Journal of Horticultural Science, 28 (1): 125-133. (In Persian)
21- Harvy J. 2000. Use of hydrogels to reduce leaf loos hasterroot. Establishment Forest Research, 45: 220-228.
22- James L., and Gibson and Brian E. Whipker. 2000. Success with vegetative Osteospermum. Commercial Floriculture Extension and Research. NC State University.
23- Jim C. Y. 2015. Greenwall classification and critical design-management assessments. Ecological Engineering, 77: 348-362.
24- Jim C. Y., and He H. 2011. Estimating heat flux transmission of vertical greenery ecosystem. Ecological Engineering, 37(8): 1112-1122.
25- Karimi A., and Naderi M. 2007. Yield and water use efficiency of forage corn as influenced by superabsorbent polymer application in soils with different textures. Agricultural Research: Water, soil and plants in agriculture, 7(3): 187-198. (In Persian with English abstract)
26- Kaufi M., Zand A., Kamkar B., Sharifi H., and Goldani M. 2002. Plant Physiology. Publications University of Mashhad.
27- Keikhosravi H. R. 2009. Green space irrigation systems and principles Their design. Organization of Municipalities and Villages, Tehran.
28- Khorramdel S., Gheshm R., Aminghafouri A., and Esmaeilpour B. 2013. Evaluation of soil and superabsorbent polymer on agronomic characteristics and yield of Saffron. Journal of Saffron Research,2: 120-135. (In Persian with English abstract)
29- Kuang J., Yuk K. Y., and Huh K. M. 2011. Polysaccharide-based superporous hydrogels with fast swelling and superabsorbent properties. Carbohydrate Polymers, 83(1): 284-290.
30- Landschaftsentwicklung F. 2008. Guidelines for the planning, construction and maintenance of green roofing: Green roofing guideline. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwickung Landschaftsbau.
31- Madani K. 2014. Water management in Iran: what is causing the looming crisis? Journal of Environmental Etudies and Sciences, 4(4): 315-328.
32- Majdzadeh B., and Rahnama M. B. 2009. Clay pitcher irrigation system for cucumber in green house. P. 1-5. International Conference on Water Resources. 26–27 May. 2009. Bayview Hotel, Langkawi, Kedah, Malaysia.
33- Manso M. and Castro-Gomes J.P. 2016. Thermal analysis of a new modular system for green walls. Journal of Building Engineering, 7: 53-62.
34- Manso M., and Castro-Gomes J. 2015. Green wall systems: A review of their characteristics. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 41: 863-871.

35- Moghadam H. R. T. 2017. Super absorbent polymer mitigates deleterious effects of arsenic in wheat. Rhizosphere, 3: 40-43.
36- Mortezavi S. M., Tavakoli A., Mohammadi M. H., and Afsahi K. 2012. Effect of superabsorbent on physiological traits and yield of wheat Azar2 cultivar under dry farming condition. Agronomy Journal (Pajouhesh Sazandegi), 106: 188-125. (In Persian)
37- Mosleh-Arani A., Ehghaghi R., Azimzade H., and Zargaran M. 2013. The comparison of some drought resistance parameters in two Calligonum species (*Calligonum persicum*, *C. stenopterum*) in natural conditions. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 21(1): 33-44. (In Persian with English abstract)
38- Nasr Abadi A. 2015. Evidence of environmental water crisis and some of the solutions. Journal of Social and Cultural Strategy, 4(15): 65-89. (In Persian)
39- Renterghem T., Hornikx M., Forssen J., and Botteldooren D. 2013. The potential of building envelope greening to achieve quietness. Build Environ, 61:34–44.
40- Schlemmer M. R., Francis D. D., Shanahan J. F., and Schepers J. S. 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. Agronomy Journal, 97: 106-112.
41- Sheikh Moradi F., Arji E., Esmaili A., and Abdosi V. 2011. Effect of irrigation and super absorbent polymers on some qualitative features of sports grass. Journal of Horticultural Science, 25(2): 170-177. (In Persian)
42- Taghvaei M., and Shahordian M. 2003. Plannig and design of landscape and the interaction of man and nature. Sepehr Journal, 12: 46-55. (In Persian).
43- Virtudes A., and Manso M. Green façades: as a feature in urban design. ICEUBI 2011. In: International Conference on Engineering. University of Beira Interior, Covilhã, Portugal.
44- Yang F., Li G., He Y. G., Ren F. X., and Wang G. X. 2009. Synthesis, characterization, and applied properties of carboxymethyl cellulose and polyacrylamidegraft copolymer. Carbohydrate Polymers, 78: 95–99.
45- Yoshimi J., and Altan H. 2011. Thermal simulations on the effects of vegetated walls on indoor building environments. In: Proceedings of Building Simulation 2011, 12th Conference of International Building Performance Simulation Association, Sydney.
46- Zangooei Nasab Sh., Emami H., Astaraei A.R., and Yari A.R. 2013. Effects of stockosorb hydrogel and irrigation intervals on some soil physical properties and growth of haloxylon seedling. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 3(1): 167-182. (In Persian with English abstract)
47- Zarabi M., Iliati Z., Khamseh Ashari A., and Aminoeslami Oskouie S. 2015. Study of the role of vertical gardens in urban spaces with sustainable development approach. Second National Conference on Architecture and Sustainable Urban Landscape. 29 May. International Institute of Architecture, Mehazshahr Urban Planning. (In Persian)
48- Zheng Y., Hua S., and Wang A. 2010. Adsorption behavior of Cu 2+ from aqueous solutions onto starch-g-poly (acrylic acid)/sodium humate hydrogels, 263(1): 170-175.
49- Ziaie A., Moghadam M., and Kashefi B. 2016. Effect of superabsorbent polymers on morphological characteristics of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) plants under drought stress conditions. Greenhouse Crop Science and Technology, 26: 99-110. (In Persian)

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 2, May.-Jan. 2018, p. 253-266

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۷، ص. ۲۶۶-۲۵۳

Effect of Drip and Capsule Irrigation along with Super Absorbent Polymer on *Osteospermum* Plant in Green Wall

F. Fathi Khoshouie[1*]- M. R. Nouri[2]– A. R. Ghasemi[3]- M. Ghasemi Ghehsareh[4]

Received: 30-07-2017
Accepted: 09-04-2018

Introduction: One of the methods of increasing the water use efficiency is the application of water absorbent materials in Soil. Super absorbent polymer increases the water saving in soil and decreases the amount of water used for irrigation. By developing paths in public places creating green wall is very common. Green wall may have an efficient role in reducing cooling and heating energy of building and improving the thermal performance also it leads to biodiversity, reducing noise pollution and air pollution by absorbing CO2, dust and heavy metals. Irrigation requirement in green wall depends on the type of system, plant and climate condition. The plant used in this research was Osteospermum. The benefits of irrigation of capsule clay can be attributed to increase irrigation efficiency, yield and quality indices of products, the abundance of raw materials to make it and the lack of dependence on the currency for the pottery production Also simple and native technology doesn't need power, reduced energy consumption and pests, diseases and weeds, thereby reducing the consumption of chemical pesticides insecticides, fungicides and herbicides, and the possibility of producing a healthier product, especially in cultivation. The other advantages of the greenhouse products are maintaining soil, preventing traps and the possibility of deploying in arid and semi-arid areas.

So far, many researches about application of superabsorbent polymer have been done increasing the water use efficiency, irrigation interval and production yield but there has been no research conducted on drip and capsule irrigation in green wall. Two methods of drip and capsule irrigation compared with current irrigation methods in the green wall and polymer to reduce the number of irrigation steps was used due to lack and importance of water and introduction of capsule irrigation method as a new method of irrigation in the green wall in order to facilitate the implementation of irrigation system.

This study was conducted in order to compare capsule and drip irrigation along with different levels of polymer on Osteospermum plant.

Materials and Methods: This research was done in Shahrekord University. The experiment region has a semi-arid climate. The study was carried out as a factorial experiment in the form of completely randomized design with 8 treatments and 4 replications. Treatments were consisting of two types of drip and capsule irrigation and four levels of super absorbent polymer consist of zero, 0.3%, 0.6%, 0.9%. The experiment was done in pots. In order to simulate planting conditions circumstance with green wall, a shelf with four floors and 8 pot capacity in each floor was made from iron. The shelves were embedded so that the plant had a proper and identical condition in terms of growths, receiving light and irrigation. In this study the analysis of obtained data was accomplished with SAS software and for average comparison the LSD test at 5 percent level was used.

Results and Discussion: The results of analysis of variance showed that clay capsule and drip irrigation with different levels of superabsorbent polymer have a positive and significant effect on water use efficiency, relative water content, total chlorophyll and growth indices of Osteospermum. The results also showed that fresh and dry shoot weight, leaf area, mean shoot length and relative water content are related to the treatment of 0.6% polymer in drip irrigation and maximum flowering therewith water use efficiency is related to 0.6% polymer in capsule irrigation. The treatment of 0.9% polymer in capsule irrigation had the highest root length and chlorophyll content. Water use efficiency in capsule irrigation (2 kg/m3) was higher than drip irrigation (1.8 kg/m3).

Conclusions: The results showed that using capsule irrigation in green wall is applicable, despite its limitations and it can be used an irrigation method in green wall. Water use efficiency and number of flowers in this method were more than the drip irrigation method which enhanced the importance of this method. Accompanying this method with super absorbent polymer, improve the growth and water use efficiency by increasing the air conditioning, porosity and maintaining nutrients in soil. In compare with conducted researches, drip irrigation which is considered as one of the green wall irrigation methods has acceptable water use

1, 2 and 3- Graduate Student, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Shahrekord, Respectively
4- Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Shahrekord
(*- Corresponding Author Email: fateme.fathi1993@gmail.com)

efficiency; also the existence of polymer had a positive effect on the growth of Osteospermum plant. The results showed the application of 0.6% polymer along with capsule irrigation could be a proper method for Osteospermum in green wall.

Keywords: Green wall, Irrigation, Osteospermum, Super absorbent polymer, Water usage efficiency