

اثر عمق و فاصله نصب لوله‌های آبدۀ آبیاری زیرسطحی روی رشد چمن در شرایط استفاده از پساب شهری

سید محمد موسوی^۱، سید مجید میرلطیفی^{۱*} و سید حسن طباطبائی^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۳/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۲۴)

چکیده

اثر کیفیت آب آبیاری، عمق و فاصله نصب لوله‌های آبدۀ آبیاری زیرسطحی بر شاخص‌های عملکرد گیاه چمن، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد به صورت کرت‌های دوبار خرد شده (Split Split Plot) در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای تحقیق شامل دو نوع کیفیت آب آبیاری: آب چاه (W) و پساب (WW)، دو فاصله نصب لوله‌های آبدۀ آبیاری (۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر) و چهار عمق کارگذاری لوله‌های آبدۀ آبیاری (۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ سانتی‌متر) بودند. یادداشت برداری از صفات ارتفاع، ماده خشک، رنگ، تراکم و یکنواختی رشد چمن در طول فصل زراعی انجام گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل کیفیت آب آبیاری، فاصله و عمق نصب لوله‌های آبدۀ آبیاری زیرسطحی بر صفات ارتفاع، ماده خشک و یکنواختی رشد چمن معنی‌دار است. آبیاری با پساب در مقایسه با آب چاه منجر به حصول عملکرد بالاتری بر صفات ارتفاع و ماده خشک و ایجاد تفاوت معنی‌دار شد. تیمارهای آبیاری شده با آب چاه در مقایسه با تیمارهای آبیاری شده با پساب یکنواختی رشد بیشتری نشان داد. نتایج نشان داد فاکتورهای آزمایش اثر معنی‌داری بر رنگ چمن ندارد. اثر متقابل فاصله و عمق نصب لوله‌های آبدۀ بر تراکم چمن معنی‌دار بود. همچنین افزایش عمق و فاصله نصب لوله‌های آبدۀ موجب کاهش کیفیت بصری و عملکرد چمن شد.

کلمات کلیدی: آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، پساب، چمن، کیفیت بصری، عملکرد

۱. گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۲. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: mirlat_m@modares.ac.ir

مقدمه

امروزه مفهوم شهرها بدون فضای سبز در اشکال گوناگون آن، غیر قابل تصور است و با افزایش جمعیت و گسترش شهرها نیاز به گسترش فضای سبز نیز افزایش می‌یابد. از قسمت‌های اصلی تشکیل دهنده فضای سبز چمن می‌باشد. این گیاه نیاز به آبیاری مداوم داشته و بزرگ‌ترین گیاه غیر زراعی آبی می‌باشد (۱۱). از آنجایی که توسعه فضای سبز مستلزم تأمین آب کافیست و با توجه به شرایط آب و هوایی کشور ما، پیدا کردن روش‌ها و منابع جایگزین در جهت آبیاری مؤثر و بهره‌گیری از تمام ظرفیت‌های موجود، از اهداف اصلی شهرداری‌ها و سازمان‌های آب می‌باشد (۸). هرگاه آب با کیفیت خوب کمیاب باشد، آب با کیفیت پایین مورد توجه قرار می‌گیرد. بنابراین یکی از مشکلات کنونی و آینده چمن‌کاری، چگونگی کشت آن با استفاده از آب‌های شور و بازیافتی برای آبیاری می‌باشد (۱).

به لحاظ آبیاری بهره‌برداری از منابع آب با کیفیت پایین پیچیده‌تر و مشکل‌تر از آب با کیفیت خوب بوده و نیازمند مدیریت اجرایی و روش‌های کنترلی و نظارتی دقیق‌تر است (۳). پسکاد (۱۵) با مقایسه مزایا و معایب سیستم‌های مختلف آبیاری هنگام استفاده از پساب به این نتیجه رسید که روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی تنها روشی است که می‌تواند مشکلات خاص استفاده از آب‌های نامتعارف را حل نماید.

در طراحی آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ابعاد جبهه رطوبتی و چگونگی توزیع رطوبت در آن، دو فاکتور اصلی در تعیین عمق و فاصله مناسب جهت حصول به توزیع بهینه آب در ناحیه توسعه ریشه می‌باشد. بنابراین تعیین عمق و فاصله نصب لوله‌های آبدی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تأمین نیاز آبی گیاه و موفقیت یک طرح آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌باشد (۱۰).

در تحقیقی که روی بررسی استفاده از پساب تصفیه شده بر عملکرد محصول سیب‌زمینی (ارقام مارفونا و نویتا) صورت گرفت نتایج حاصل از انجام آزمایش نشان داد که نصب لوله‌های آبدی در عمق ۱۵ سانتی‌متر در مقایسه با تیمارهای آبیاری قطره‌ای سطحی، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۳۰

سانتی‌متر و آبیاری جوی و پشته‌ای، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد محصول می‌گردد (۶). در پژوهشی دیگر بر روی عملکرد محصول سیب‌زمینی (رقم آگریا) با نصب لوله‌های آبدی در سطح خاک و اعماق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری مشاهده گردید تیمار لوله‌های نصب شده در سطح خاک عملکرد بیشتری نسبت به دو تیمار آبیاری قطره‌ای زیرسطحی داشته و اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال کمتر از ۵ درصد وجود دارد (۲). پاتل و راجپوت (۱۴) با هدف بررسی عمق نصب لوله‌های آبدی (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر) و میزان آبیاری (سه سطح ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد تبخیر-تغرق گیاه مرجع) روی محصول پیاز، طی پژوهشی سه ساله دریافتند مقدار محصول پیاز با موقعیت‌های مختلف لوله آبدی اختلاف معنی‌داری دارد و حداکثر عملکرد محصول با عمق لوله آبدی ۱۰ سانتی‌متر و مقدار آب آبیاری ۶۰/۷ سانتی‌متر به دست آمد. سوارز و همکاران (۱۸) طی آزمایشی روش‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای زیرسطحی را برای آبیاری برموداگراس (Bermudagrass) با آب‌های بازیافتی مقایسه کردند و تفاوت معنی‌داری بین روش‌های آبیاری، رشد و کیفیت ظاهری برموداگراس مشاهده نکردند.

دبلز و سولدات (۹) با بررسی اثر عمق و فاصله نصب لوله‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی روی کیفیت بصری چمن (Turfgrass) در خاک سیلتی لوم نتیجه‌گیری نمودند دو تیمار عمق ۱۳ و ۲۵ و فاصله ۴۵ سانتی‌متر حداکثر کیفیت چمن را ایجاد نموده درحالی‌که تیمار عمق ۱۳ و فاصله ۳۰ سانتی‌متر کمترین کیفیت را داشت. پژوهش یان و همکاران (۲۱) در رابطه با اثر عمق نصب قطره‌چکان‌های زیرسطحی بر روی رشد چمن و توزیع آب در خاک لوم سیلتی نشان داد عمق نصب ۲۰ سانتی‌متر دارای بالاترین میزان عملکرد می‌باشد و با سایر تیمارهای آزمایش اختلاف معنی‌داری دارد. عمق نصب قطره‌چکان‌ها اثر معنی‌داری بر میزان رشد چمن داشت درحالی‌که تفاوت معنی‌داری در تراکم چمن بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد. استون و همکاران (۱۷) در بررسی استفاده مجدد از پساب دامداری‌ها برای آبیاری برموداگراس دو

سیستم آبیاری زیرسطحی مطابق با تیمارها و طرح آزمایشی در محل اجرا گردید. به منظور عدم تأثیر کرت‌های آزمایشی بر یکدیگر، فاصله بین آنها ۱ متر و ابعاد هر کرت آزمایشی ۱/۸ در ۳ متر تعیین شد. دو خط لوله مجزا برای انتقال آب و پساب از منبع تا لوله‌ی آبدۀ در نظر گرفته شد. آب و پساب توسط خط انتقال با لوله‌ی پلی‌اتیلن ۴۰ میلی‌متری به مزرعه منتقل شده و توسط لوله‌های نیمه‌اصلی پلی‌اتیلن ۲۵ میلی‌متری در مزرعه توزیع شد. لوله‌های آبدۀ از لوله ۱۶ میلی‌متری قطره چکان‌دار زیرسطحی مدل XFS-06-12-500 ساخت شرکت رین برد (Rainbird) انتخاب شد. از جمله خصوصیات این لوله‌ها می‌توان به تکنولوژی Copper Shield برای محافظت قطره‌چکان در برابر ورود ریشه اشاره نمود. همچنین قطره‌چکان‌های درون این لوله‌ها در خود سیستم توزیع کننده‌ای دارد که تنظیم کننده فشار نیز هست و قابلیت تنظیم فشار از ۰/۵۷ تا ۴/۱۴ اتمسفر را دارد که باعث بهبود عملکرد قطره چکان می‌شود. قطره چکان‌های لوله‌های آبدۀ به کار رفته از نوع داخل خط با آبدۀی ۳/۴۱ لیتر بر ساعت و فاصله نصب ۴۵ سانتی‌متر بود.

پساب مورد استفاده از طریق فاضلاب تأمین شده در شبکه فاضلاب دانشگاه جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گرفت. برداشت پساب از منهول موجود در محل به وسیله پمپ کف‌کش صورت می‌گرفت. به منظور تصفیه مقدماتی دهانه مکش پمپ به وسیله یک توری فلزی با سوراخ‌هایی به اندازه سه میلی‌متر پوشش داده شد. پساب برداشت شده از منهول به سپتیک تانک موجود در محل پمپاژ و برای ته‌نشینی ذرات معلق موجود در آن زمان ماند یک روز برای آن در نظر گرفته شد.

پساب ذخیره شده در سپتیک تانک بوسیله کف‌کشی مجزا پمپاژ و پس از گذر از سیستم فیلتراسیون وارد شبکه آبیاری گردید. معمول‌ترین روش فیلتراسیون در آبیاری قطره‌ای تانک شن (فیلتر اولیه) به همراه فیلتر دیسکی و یا توری (فیلتر ثانویه) می‌باشد. در این پژوهش از ترکیب تانک شن و فیلتر دیسکی استفاده شد. تانک شن مورد استفاده حاوی دو لایه به ضخامت

فاصله نصب ۶۰ و ۱۲۰ و عمق ۳۰ سانتی‌متر را برای کارگذاری لوله‌های آبدۀ آبیاری زیرسطحی در خاک لوم-شنی انتخاب نموده و دو سطح آبیاری ۷۵ و ۱۰۰ درصد تبخیر-تعرق گیاه مرجع به‌عنوان تیمارهای آبیاری در نظر گرفتند. براساس نتایج این پژوهش سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای آبیاری برموداگراس در شرایط استفاده از پساب مناسب بوده و اختلاف معنی‌داری بین دو فاصله نصب لوله‌ها گزارش نشد. با توجه به اینکه اطلاعات اندکی درباره عمق و فاصله مناسب برای نصب لوله‌های آبدۀ آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای آبیاری چمن موجود است (۹)، این پژوهش با هدف بررسی اثر کیفیت آب آبیاری، عمق و فاصله نصب لوله‌های آبدۀ بر شاخص‌های کیفیت و عملکرد چمن صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر به منظور بررسی تأثیر عمق و فاصله نصب لوله‌های آبدۀ آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با استفاده از آب و پساب روی خصوصیات کمی و کیفی رشد چمن در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد صورت گرفت. منطقه آزمایش دارای اقلیم نیمه خشک به‌روش دومارتن با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و عرض ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۲۰۶۱/۵ متر از سطح دریا در بخش مرکزی زاگرس واقع است.

آزمایش به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده (Split Split Plot) در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و در سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل کیفیت آب آبیاری به‌عنوان عامل اصلی در دو سطح (آب چاه (W) و پساب (WW)) و فاصله نصب لوله‌های فرعی در دو سطح (۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. عمق نصب لوله‌های آبدۀ زیر سطح خاک نیز به‌عنوان فاکتور فرعی با چهار سطح (۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ سانتی‌متر) اعمال گردید. مشخصات تیمارهای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. مشخصات تیمارها و علائم اختصاری

| نام تیمار | آب آبیاری | فاصله بین لوله‌های آبد | عمق نصب لوله‌های آبد |
|-----------|------------------|------------------------|----------------------|
| | | (سانتی‌متر) | (سانتی‌متر) |
| W۴۵-۱۵ | آب معمولی | ۴۵ | ۱۵ |
| W۴۵-۲۰ | آب معمولی | ۴۵ | ۲۰ |
| W۴۵-۲۵ | آب معمولی | ۴۵ | ۲۵ |
| W۴۵-۳۰ | آب معمولی | ۴۵ | ۳۰ |
| WW۴۵-۱۵ | پساب تصفیه اولیه | ۴۵ | ۱۵ |
| WW۴۵-۲۰ | پساب تصفیه اولیه | ۴۵ | ۲۰ |
| WW۴۵-۲۵ | پساب تصفیه اولیه | ۴۵ | ۲۵ |
| WW۴۵-۳۰ | پساب تصفیه اولیه | ۴۵ | ۳۰ |
| W۶۰-۱۵ | آب معمولی | ۶۰ | ۱۵ |
| W۶۰-۲۰ | آب معمولی | ۶۰ | ۲۰ |
| W۶۰-۲۵ | آب معمولی | ۶۰ | ۲۵ |
| W۶۰-۳۰ | آب معمولی | ۶۰ | ۳۰ |
| WW۶۰-۱۵ | پساب تصفیه اولیه | ۶۰ | ۱۵ |
| WW۶۰-۲۰ | پساب تصفیه اولیه | ۶۰ | ۲۰ |
| WW۶۰-۲۵ | پساب تصفیه اولیه | ۶۰ | ۲۵ |
| WW۶۰-۳۰ | پساب تصفیه اولیه | ۶۰ | ۳۰ |

تخلیه مجاز رطوبتی (MAD) با توجه به منابع (۷) برای چمن ۵۰ درصد و عمق توسعه ریشه چمن نیز حداکثر ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (۲۰). تیمار عمق ۱۵ و فاصله ۴۵ سانتی‌متر به‌عنوان تیمار شاهد برای تعیین عمق آب آبیاری در نظر گرفته شد. میزان کمبود رطوبت خاک به‌صورت روزانه در سه نقطه از تیمار و در عمق ۱۵ سانتی‌متری (با توجه به طول میله‌های تتاپروب رطوبت خاک در استوانه‌ای از خاک به عمق ۱۸-۱۲ سانتی‌متری اندازه‌گیری شده است) خاک اندازه‌گیری و متوسط به‌دست آمده به‌عنوان کمبود رطوبت خاک در نظر گرفته شد. تاریخ آبیاری با توجه به ضریب تخلیه مجاز رطوبتی، ظرفیت نگهداری آب در خاک و مقادیر اندازه‌گیری شده کمبود رطوبت خاک تعیین می‌شد. سپس با در نظر گرفتن مساحت هر تیمار حجم آب آبیاری محاسبه و با استفاده از شدت پخش آب توسط لوله آبد، زمان آبیاری تعیین می‌گردید. شکل ۱ مقادیر

۳۰ سانتی‌متر از شن سیلیس بود. شن شماره ۲۰ در لایه اول و شن شماره ۱۶ در زیر آن قرار داشت. آب از بالا وارد تانک شن شده و پس از عبور از میان فیلتر شنی از قسمت پایین تانک شن خارج و با گذر از فیلتر دیسکی ۱۳۰ مش AZUD وارد شبکه آبیاری زیرسطحی می‌شد. در ابتدای آزمایش از خاک محل اجرای طرح در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری به‌عمل آمد و پارامترهای مهم اندازه‌گیری شد که برخی از مشخصات آن در جدول ۲ ارائه شده است. مشخصات کیفی آب و پساب در جدول ۳ ارائه شده است.

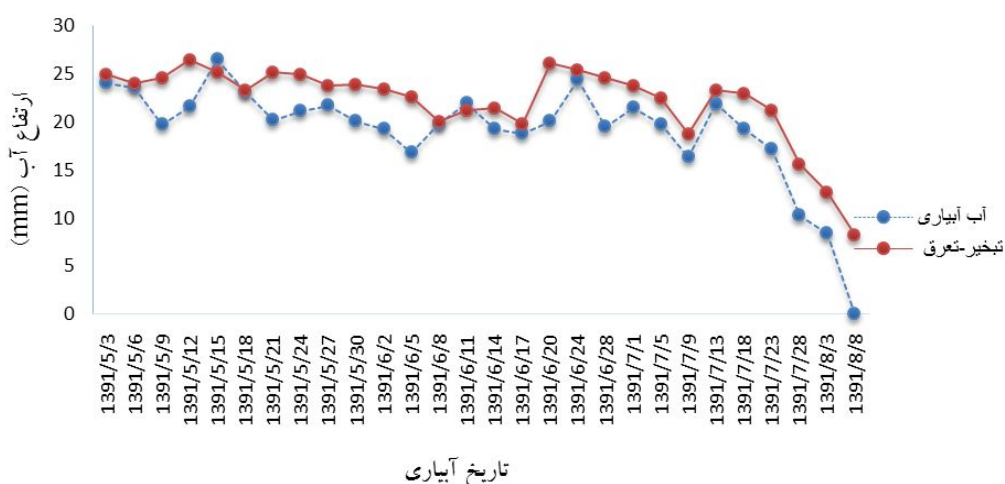
نیاز آبی چمن بر پایه اندازه‌گیری تغییرات رطوبت خاک با استفاده از دستگاه تتاپروب مدل ML2 ساخت شرکت Delta-T Devices تعیین شد. برای تعیین عمق آبیاری با استفاده از دستگاه صفحات فشاری میزان رطوبت خاک در نقطه ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم اندازه‌گیری به‌عمل آمد. مقدار ضریب

جدول ۲. برخی از ویژگی‌های خاک قبل از اعمال تیمارها

| ویژگی | واحد | ۰-۳۰ سانتی‌متر | ۳۰-۶۰ سانتی‌متر |
|------------------------------|---|----------------|-----------------|
| بافت | - | لوم-سیلتی | لوم-شنی |
| EC _e | (dS/m) | ۲/۸۵ | ۲/۴۵ |
| pH | - | ۷/۷۲ | ۷/۸۱ |
| NO ₃ ⁻ | (meq/lit) | ۰/۱۱ | ۰/۱۸ |
| رطوبت FC | درصد حجمی | ۲۸/۵ | ۱۷/۸ |
| رطوبت PWP | درصد حجمی | ۱۰ | ۶/۵ |
| SAR | $\left(\frac{\text{mmol}}{\text{L}}\right)^{\frac{1}{2}}$ | ۰/۱۵۴ | ۰/۲۵۱ |

جدول ۳. برخی خصوصیات شیمیایی آب و پساب

| آب | EC (dS/m) | pH | NO ₃ ⁻ (meq/lit) | SAR |
|------|-----------|------|--|------|
| آب | ۰/۳۸ | ۷/۶۸ | ۰/۵۱ | ۰/۲۵ |
| پساب | ۲/۳۵ | ۷/۸ | ۳/۱۶ | ۱/۳۳ |



شکل ۱. تغییرات مقدار تجمعی تبخیر- تعرق گیاه مرجع (FAO Penman-Monteith)

و عمق آب آبیاری در فاصله آبیاری‌ها

اندازه‌گیری شده عمق آب آبیاری و مقدار تجمعی تبخیر تعرق گیاه مرجع (FAO Penman-Monteith) را در فاصله آبیاری‌ها طی دوره آزمایش نشان می‌دهد. ارزیابی عملکرد چمن به مانند گیاهان زراعی تنها وابسته به پارامترهای کمی و ارزش مواد غذایی تولید شده نمی‌باشد، بلکه با توجه به هدف از کاشت چمن که ایجاد زمینه‌ای زیبا می‌باشد، ارزیابی کیفیت بصری چمن از مقوله زیبایی‌شناسی نیز باید در کنار ارزیابی خصوصیات کمی صورت گیرد. متداول‌ترین راه ارزیابی کیفیت بصری چمن روش رتبه‌دهی می‌باشد. پارامترهای معمول برای ارزیابی اثرات آزمایش بر کیفیت بصری چمن شامل رنگ، تراکم و یکنواختی می‌باشد (۱۲ و ۱۹). در روش رتبه‌دهی، مقیاس رتبه‌دهی بین یک تا نه می‌باشد

ارزیابی کیفیت بصری چمن از مقوله زیبایی‌شناسی نیز باید در کنار ارزیابی خصوصیات کمی صورت گیرد. متداول‌ترین راه ارزیابی کیفیت بصری چمن روش رتبه‌دهی می‌باشد. پارامترهای معمول برای ارزیابی اثرات آزمایش بر کیفیت بصری چمن شامل رنگ، تراکم و یکنواختی می‌باشد (۱۲ و ۱۹). در روش رتبه‌دهی، مقیاس رتبه‌دهی بین یک تا نه می‌باشد

که رتبه نه به تیماری اختصاص می‌یابد که در آن چمن به رنگ سبز تیره (Dark Green) و شاداب بوده و رتبه یک اختصاص به تیماری پیدا می‌کند که به رنگ زرد بوده و علائم پژمردگی در آن نمایان است. منظور از تراکم چمن تعداد گیاهان زنده در واحد سطح می‌باشد. همانند رنگ، مقیاس رتبه‌بندی بین یک تا نه بوده که یک تراکم ناچیز و نه تراکم عالی را نشان می‌دهد. یکنواختی به رشد یکسان ارتفاع چمن در تمام سطح تیمار مورد بررسی اطلاق می‌گردد و همانند دو پارامتر قبل در مقیاس یک تا نه رتبه‌دهی می‌شود (۱۲ و ۱۹).

چمن کرت‌های آزمایشی در اوایل آبان ۱۳۹۱ از محل طوقه برداشت و نمایه‌های عملکرد چمن شامل ارتفاع و ماده خشک اندازه‌گیری شد. همچنین مشاهده و اندازه‌گیری خصوصیات ظاهری چمن در طول ماه‌های مرداد تا آبان صورت گرفت و رتبه‌دهی شد (۱۲ و ۱۹). برای نمونه‌گیری از چمن قابی به شعاع پنج سانتی‌متر تهیه و سپس در هر تیمار سه نمونه از محل یکی از لوله‌های آبدۀ تا وسط فاصله دو لوله آبدۀ به فواصل منظم گرفته شد. تجزیه واریانس داده‌ها براساس طرح کرت‌های دوبار خرد شده و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام گرفت.

نتایج و بحث

در بخش نتایج و بحث، نتایج حاصل از تحقیق در پنج بخش ارتفاع، ماده خشک، رنگ، تراکم و یکنواختی رشد چمن ارائه شده که در زیر آمده است.

ارتفاع چمن

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان می‌دهد اثر متقابل کیفیت آب آبیاری، فاصله نصب لوله‌های آبدۀ و عمق نصب لوله‌های آبدۀ بر ارتفاع گیاه در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) نشان می‌دهد در تیمار WW۴۵-۱۵ به دلیل نزدیک‌تر بودن لوله‌های آبدۀ و مواد غذایی به محیط توسعه ریشه و تشکیل پیاز رطوبتی با توسعه مناسب و همچنین

عناصر غذایی بالاتر پساب در مقایسه با آب چاه ارتفاع بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها داشته است. در مقابل در تیمار ۳۰-۶۰ W به دلیل عمیق‌تر بودن عمق نصب لوله‌های آبدۀ و دور بودن مواد غذایی از محیط ریشه، جذب کمتر آب و مواد غذایی موجب کاهش ارتفاع شده است. بررسی اثر متقابل فاکتورهای آزمایش نشان می‌دهد افزایش عمق و فاصله نصب لوله‌های آبدۀ سبب بروز تنش آبی در چمن شده و کاهش ارتفاع چمن را به دنبال داشته است. از مهم‌ترین عواملی که می‌تواند ساختار و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد مقدار آب قابل دسترس در گیاه است. در شرایط تنش آبی، اندام‌های هوایی گیاه، سریع‌تر و بیشتر از سایر اندام‌های گیاهی دچار کاهش رشد می‌شود (۱۶). ارتفاع چمن در تیمارهای پساب در مقایسه با آب چاه بزرگ‌تر می‌باشد که به دلیل عناصر غذایی موجود در پساب می‌باشد. ملکیان و همکاران (۵) نیز نتیجه‌گیری نمودند آبیاری زیرسطحی با پساب در مقایسه با آب چاه سبب بروز اختلاف معنی‌دار در ارتفاع چمن می‌شود.

ماده خشک چمن

نتایج تجزیه واریانس ماده خشک اندام هوایی (جدول ۴)، نشان دهنده معنی‌دار بودن اثر متقابل فاکتورهای آزمایش (کیفیت آب آبیاری، عمق و فاصله نصب لوله‌های آبدۀ) در سطح احتمال ۱ درصد بر این پارامتر می‌باشد. مقایسه میانگین‌های ماده خشک اندام هوایی در جدول ۵ بیانگر آن است که تیمارهای آبیاری WW۴۵-۱۵ و ۳۰-۶۰ W به ترتیب با میانگین ۰/۹۶ و ۰/۴۸ کیلوگرم بر متر مربع بیشترین و کمترین ماده خشک را دارا هستند. وضعیت بهتر عناصر غذایی پساب موجب شده تا ماده خشک تولیدی در تیمارهای پساب افزایش یابد و افزایش عمق و فاصله نصب لوله‌های آبدۀ موجب شده است با دور شدن منبع آب و مواد غذایی از محیط توسعه ریشه، چمن در معرض تنش آبی قرار گیرد. در بین همه تنش‌های محیطی، تنش خشکی بیش از هر عامل دیگری رشد گیاه را محدود می‌نماید. کاهش رشد اندام‌های هوایی از استراتژی‌های اولیه

جدول ۴. تجزیه واریانس مرکب داده‌های ارتفاع، وزن خشک، رنگ، تراکم و یکنواختی رشد چمن

| منبع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | |
|--------------------|------------|---------------------|---------------------|-------|---------------------|
| | | ارتفاع چمن | وزن خشک | رنگ | تراکم |
| کیفیت آب آبریز (A) | ۱ | ۲۱/۲۰۰** | ۰/۱۱۶** | ۰/۰۰۵ | ۱/۰۲۱ ^{ns} |
| خطا | ۲ | ۰/۰۷۶ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۵ | ۰/۱۴۶ |
| فاصله نصب (B) | ۱ | ۸/۰۸۵** | ۰/۰۸۵** | ۰/۰۰۵ | ۹/۱۸۸** |
| اثر متقابل AB | ۱ | ۰/۱۱۰ ^{ns} | ۰/۰۰۱ ^{ns} | ۰/۰۴۷ | ۰/۰۲۱ ^{ns} |
| خطا | ۴ | ۰/۰۷۸ | ۰/۰۰۰ | ۰/۱۹۸ | ۰/۱۰۴ |
| عمق نصب (C) | ۳ | ۳۲/۵۵۲** | ۰/۱۵۶** | ۰/۲۹۷ | ۹/۴۱۰** |
| اثر متقابل AC | ۳ | ۲/۷۱۲** | ۰/۰۱۱** | ۰/۰۰۵ | ۰/۳۵۴ ^{ns} |
| اثر متقابل BC | ۳ | ۰/۴۵۴** | ۰/۰۰۴** | ۰/۰۰۵ | ۱/۱۸۸** |
| اثر متقابل ABC | ۳ | ۰/۳۹۲* | ۰/۰۰۴** | ۰/۰۱۹ | ۰/۱۳۲ ^{ns} |
| خطا | ۲۴ | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۴۰ | ۰/۲۰۱ | ۰/۱۴۶ |
| کل | ۴۷ | | | | |

** و * : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪، ns غیر معنی دار در سطح احتمال ۵٪

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل کیفیت آب آبریز، عمق و فاصله نصب روی ارتفاع، ماده خشک، رنگ و یکنواختی چمن

| تیمار | ارتفاع (cm) | ماده خشک (kg/m ³) | رنگ | یکنواختی |
|---------|---------------------|-------------------------------|------------------|--------------------|
| WW۴۵-۱۵ | ۱۲/۹۰ ^a | ۰/۴۸ ^a | ۸/۳ ^a | ۷/۵ ^{bcd} |
| WW۴۵-۲۰ | ۱۰/۶۰ ^c | ۰/۴۱ ^b | ۸/۲ ^a | ۷/۳ ^{cd} |
| WW۴۵-۲۵ | ۸/۴۶ ^{efg} | ۰/۳۲ ^{ef} | ۸ ^a | ۶/۶ ^e |
| WW۴۵-۳۰ | ۷/۶۳ ^{ij} | ۰/۲۹ ^{gh} | ۸ ^a | ۶ ^g |
| WW۶۰-۱۵ | ۱۱/۶۷ ^b | ۰/۴۱ ^b | ۸/۳ ^a | ۷/۵ ^{bcd} |
| WW۶۰-۲۰ | ۸/۸۷ ^e | ۰/۳۲ ^e | ۸/۳ ^a | ۶/۵ ^{ef} |
| WW۶۰-۲۵ | ۸/۲۰ ^{fgh} | ۰/۳۰ ^{fg} | ۸/۱ ^a | ۵/۳ ^h |
| WW۶۰-۳۰ | ۷/۲۰ ^{jk} | ۰/۲۷ ^{ij} | ۸ ^a | ۴/۶ ⁱ |
| W۴۵-۱۵ | ۹/۹۷ ^d | ۰/۳۷ ^c | ۸/۳ ^a | ۸/۵ ^a |
| W۴۵-۲۰ | ۸/۶۷ ^{ef} | ۰/۳۳ ^{de} | ۸/۳ ^a | ۷/۷ ^{bc} |
| W۴۵-۲۵ | ۷/۹۷ ^{ghi} | ۰/۳۰ ^{fg} | ۸/۱ ^a | ۷/۱ ^d |
| W۴۵-۳۰ | ۷/۳۰ ^{jk} | ۰/۲۷ ^{hij} | ۸/۱ ^a | ۶/۳ ^{efg} |
| W۶۰-۱۵ | ۹/۵۰ ^d | ۰/۳۵ ^d | ۸/۳ ^a | ۷/۸ ^b |
| W۶۰-۲۰ | ۷/۷۰ ^{hij} | ۰/۲۸ ^{hj} | ۸/۳ ^a | ۷/۱ ^d |
| W۶۰-۲۵ | ۶/۹۷ ^k | ۰/۲۶ ^j | ۸ ^a | ۶/۱ ^{fg} |
| W۶۰-۳۰ | ۶/۸۳ ^k | ۰/۲۴ ^k | ۸ ^a | ۵ ^{hi} |

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد براساس آزمون چند دامنه دانکن فاقد تفاوت معنی دار می‌باشد.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثرات متقابل عمق و فاصله نصب روی تراکم چمن

| تراکم | تیمار |
|--------------------|-------|
| ^a ۸/۰۰ | ۴۵-۱۵ |
| ^{ab} ۷/۶۷ | ۴۵-۲۰ |
| ^c ۷/۱۷ | ۴۵-۲۵ |
| ^d ۶/۶۷ | ۴۵-۳۰ |
| ^{ab} ۷/۶۷ | ۶۰-۱۵ |
| ^{bc} ۷/۳۴ | ۶۰-۲۰ |
| ^c ۵/۸۳ | ۶۰-۲۵ |
| ^f ۵/۱۷ | ۶۰-۳۰ |

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد براساس آزمون چند دامنه دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

آبی وارده به چمن بین لوله‌های آبدۀ موجب اختلال در استقرار و تندش چمن در مراحل اولیه رشد شده و در طول دوره رشد باعث کاهش پنجه‌زنی گیاه گردیده است. تراکم چمن وابسته به عوامل مختلفی است که از جمله می‌توان به پنجه‌زنی و استقرار مناسب گیاه اشاره نمود. مقدار آب در دسترس از عوامل اصلی استقرار گیاه، تندش بذر و پنجه زنی می‌باشد (۴).

یکنواختی رشد چمن

نتایج تجزیه واریانس داده‌های یکنواختی رشد چمن (جدول ۴) نشان می‌دهد اثر متقابل کیفیت آب آبیاری، عمق و فاصله نصب لوله‌های آبدۀ روی تیمارهای مختلف، در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. همچنین آزمون مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) نشان می‌دهد بیشترین یکنواختی رشد چمن با میانگین رتبه ۸/۵ متعلق به تیمار ۱۵-۴۵ W و کمترین میزان یکنواختی رشد چمن با میانگین رتبه ۴/۶۷ متعلق به تیمار ۳۰-۶۰ WW می‌باشد. طبق یافته‌های پالاسیوس دیاز و همکاران (۱۷) بیشینه شوری در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی وسط دو لوله آبدۀ اتفاق می‌افتد و تنش شوری در این ناحیه کاهش عملکرد را موجب می‌شود. آزمون مقایسه میانگین‌ها نشان داد یکنواختی تیمارهای آبیاری شده با آب چاه در مقایسه با تیمارهای آبیاری شده با پساب

گیاهان در مقابله با تنش خشکی است زیرا کاهش سطح برگ‌ها به کاهش تعرق می‌انجامد (۲۲).

رنگ چمن

نتایج تجزیه واریانس داده‌های رنگ چمن (جدول ۵) نشان می‌دهد فاکتورهای آزمایش و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌داری بر رنگ چمن ندارد. ملکیان و همکاران (۵) نیز نتایج مشابهی در رابطه با اثر روش و کیفیت آب آبیاری بر رنگ چمن گزارش نمودند.

تراکم چمن

نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده‌ی معنی‌دار بودن اثر متقابل عامل‌های عمق و فاصله نصب لوله‌های آبدۀ در سطح احتمال ۱ درصد بر این خصوصیت ظاهری چمن می‌باشد. آزمون مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶) نشان داد بیشترین تراکم با میانگین رتبه هشت متعلق به تیمار ۱۵-۴۵ و کمترین میزان تراکم با میانگین رتبه ۵/۱۷ متعلق به تیمار ۳۰-۶۰ می‌باشد.

افزایش عمق و فاصله نصب لوله‌های آبدۀ موجب تشدید تنش خشکی و شوری بین لوله‌های آبدۀ می‌شود (۱۳) و کاهش تراکم چمن عموماً بین لوله‌های آبدۀ مشاهده شد، زیرا تنش‌های

نصب لوله‌های آبرده قرار گرفت و با افزایش عمق و فاصله نصب لوله‌های آبرده کاهش یافت. رنگ چمن مستقل از عوامل آزمایش بود و هیچ‌یک از عوامل آزمایش یا اثرات متقابل آنها تأثیر معنی‌داری روی آن نداشت.

نتایج به‌دست آمده از ارزیابی عملکرد و کیفیت بصری چمن نشان می‌دهد در تیمارهای آبیاری شده با آب معمولی دو تیمار ۱۵-۴۵ W و ۱۵-۶۰ W و تیمارهای پساب دو تیمار ۱۵-۴۵ WW و ۱۵-۶۰ WW بهترین عملکرد را داشته‌اند. تیمار ۱۵-۶۰ علاوه بر کاهش هزینه‌های اولیه سیستم از نظر عملکرد و کیفیت بصری نیز در سطح خوبی قرار دارد و با توجه به یافته‌های آزمایش در شرایط مشابه با تحقیق حاضر پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت‌های مالی و فنی معاونت پژوهشی و مدیریت فضای سبز دانشگاه شهرکرد انجام گردیده که نویسندگان بدین‌وسیله از حمایت‌های انجام شده تشکر می‌نمایند.

به‌دلیل شوری کمتر آب چاه نسبت به پساب، بیشتر می‌باشد که موجب می‌شود مقدار شوری بین لوله‌های آبرده در تیمارهای آبیاری شده با آب در مقایسه با پساب کمتر باشد. علاوه بر این افزایش عمق و فاصله نصب موجب می‌شود با پایین‌تر رفتن جبهه رطوبتی تنش خشکی وسط فاصله دو لوله آبرده تشدید شود و گیاه همزمان با دو مسئله تنش خشکی و شوری مواجه شود. در شرایط تنش شوری، گیاهان به طور عمده با دو مشکل تنش اسمزی و سمیت یونی مواجه‌اند که عوارضی از جمله کاهش رشد ریشه و شاخساره را به دنبال دارد (۱). بنابراین تنش‌های آبی وارد شده در حد واصل لوله‌های آبرده به چمن باعث می‌شوند از ارتفاع چمن در این بخش از تیمار کاسته شده و یکنواختی رشد چمن کاهش یابد.

نتیجه‌گیری

استفاده از پساب برای آبیاری چمن منجر به افزایش عملکرد چمن شده و تأثیر معنی‌داری بر پارامترهای ارتفاع و ماده خشک چمن می‌گذارد. پارامتر یکنواختی در تیمارهای آبیاری شده با پساب در مقایسه با آب معمولی کاهش مؤثری یافته است درحالی‌که کیفیت آب آبیاری تأثیر معنی‌داری روی تراکم چمن نداشت. تراکم و یکنواختی چمن تحت تأثیر عمق و فاصله

منابع مورد استفاده

۱. ارغوانی، م.، کافی، م.، بابالار و ر. ا. نادری. ۱۳۸۸. اثر نسبت آمونیم به نترات بر تحمل شوری در دو جنس چمن. مجله علوم و فنون باغبانی ایران ۱۰(۱): ۲۸-۱۱.
۲. باغبانی، ج. ا.، علیزاده و ع. فرید حسینی. ۱۳۹۱. اثر آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر عملکرد کمی و کیفی در زراعت سیب زمینی. مجله آبیاری و زهکشی ایران ۳: ۲۳۸-۲۴۴.
۳. عابدی، م. ج.، و پ. نجفی. ۱۳۸۰. استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
۴. کافی، م.، ارغوانی، ا.، خلیقی و ر. ا. نادری. ۱۳۸۳. اثر نوع بستر و شبکه‌های کاشت روی سرعت تندش بذر، تراکم چمن و میزان علف‌های هرز در تولید چمن فرش. مجله علوم و فنون باغبانی ایران ۱: ۵۸-۴۷.
۵. ملکیان، ر. م.، حیدرپور، ب.، مصطفی‌زاده فرد و ج. عابدی‌کوپایی. ۱۳۸۷. تأثیر آبیاری سطحی و زیرسطحی با پساب تصفیه شده بر خصوصیات چمن برموداگراس. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۵(۴).

۶. نجفی، پ.، س. ف. موسوی و م. فیضی. ۱۳۸۴. بررسی اثرات کاربرد پساب فاضلاب تصفیه شده شهری در روش‌های مختلف آبیاری سیب‌زمینی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱: ۷۰-۶۱.

7. Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage paper, No. 56.
8. Beard, J. B. and M. P. Kenna. 2006. Water Quality and Quantity Issues for Turfgrasses in Urban Landscapes. CAST Special Publication 27. Ames, Iowa: Council for Agricultural Science and Technology.
9. Debels, B. T. and D. J. Soldat. 2009. Evaluation of Depth and Spacing of Subsurface Drip Irrigation Emitters for Turfgrass Irrigation in a Silt Loam Soil. International Annual Meetings, 1-5 November.
10. Elmaloglou, S. and E. Diamantopoulos. 2009. Simulation of soil water dynamics under subsurface drip irrigation from line sources. *J. Agric. Water Management* 96(11): 1587-1595.
11. Hoffman, G. J., R. G. Evans, M. E. Jensen, D. L. Martin and R. L. Elliot. 2007. Design and operation of farm irrigation systems, 2nd edition. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers.
12. Morris, K. N. and R. C. Shearman. 2002. A Guide to NTEP Turfgrass Ratings. The National Turfgrass Evaluation Program (NTEP).
13. Palacios-Diaz, M. P., V. Mendoza-Grimon, J. R. Fernandez-Vera, F. Rodriguez-Rodriguez, M. T. Tejedor-Junco and J. M. Hernandez-Moreno. 2009. Subsurface drip irrigation and reclaimed water quality effects on phosphorus and salinity distribution and forage production. *J. Agric. Water Management* 96: 1659-1666.
14. Patel, N. and T. B. S. Rajput. 2009. Effect of subsurface drip irrigation on onion yield. *J. Irrigation Sci.* 27:97-108.
15. Pescod, M. B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture, FAO, Irrigation and Drainage Paper. No. 47.
16. Sawain, M. Omaina, U. A. EL-Behary and A. F. Abd Hadid. 2002. Effect of irrigation level and N source on green bean productivity. *J. Egypt App Sci.* 47(10): 326-347.
17. Stone, K. C., P. G. Hunt, J. A. Millen, M. H. Johnson, T. A. Matheny, M. B. Vanotti and J. C. Burns. 2008. Forage subsurface drip irrigation using treated swine. *Transactions of the ASABE* 51(2): 433-440.
18. Suarez-Rey, E., C. Y. Choi, P. M. Waller and D. M. Kopec. 2000. Comparison of subsurface drip irrigation and sprinkler irrigation for bermuda grass turf in Arizona. *Transactions of the ASABE* 43(3): 631-640.
19. Waddington, D. V., R. N. Carrow, and R. C. Shearman. 1992. Turfgrass; Agronomy Series 32; American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America: Madison, WI. PP:129-147.
20. Wu, L. 1985. Matching Irrigation to Turfgrass Root Depth. *J. California Turfgrass Culture.* 35(1/4): 1-8.
21. Yan, Z., DeRong, S., Xue Feng, S., YiShan, L., JingYun., Z. 2010. Effect of emitter depth of underground drip irrigation system on soil water transportation and turfgrass growth. *Acta Agrestia Sinica* 18(3): 435-440.
22. Zhu, J. K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual Review of Plant Biology* 53: 247-273.