

ارزیابی مراحل مختلف رشد و تعیین ضریب گیاهی (*Kc*) سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)

عبدالرسول زارعی^{۱*}، صادق ظهراپی^۲ و فاطمه بومه^۲

*۱- نویسنده مسئول، استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا، فسا، ایران

پست الکترونیک: Ar_Zareiee@fasau.ac.ir؛ Ar_Zareiee@Yahoo.com

۲- دانشجوی کارشناسی مهندسی مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا، فسا، ایران

تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۶

تاریخ اصلاح نهایی: خرداد ۱۳۹۶

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۵

چکیده

میزان تبخیر و تعرق و یا میزان آب مصرفی توسط گیاه اساس یک برنامه‌ریزی آبیاری را تشکیل می‌دهد. انجام آبیاری بدون آگاهی از نیاز واقعی گیاه به آب، باعث می‌شود که آب در اختیار گیاه کمتر از حد لازم و یا بیش از حد نیاز باشد، که هر دو حالت سبب زیان اقتصادی و کاهش کارایی مصرف آب می‌شود. یکی از بهترین راهکارهای ارائه شده در رابطه با بررسی نیاز آبی گیاهان، تعیین میزان ضریب گیاهی با کمک لایسیمتر می‌باشد. هدف از این مطالعه که در دانشگاه فسا واقع در ۱۴۰ کیلومتری جنوب شرقی شیراز انجام شد، ارزیابی مراحل مختلف رشد و تعیین ضریب گیاهی گونه یک‌ساله سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) می‌باشد. در این مطالعه ضریب گیاهی گونه مورد نظر در شرایط رطوبتی سهل‌الوصول با استفاده از میکرو لایسیمتر وزنی با ابعاد (۳۰×۴۰ سانتی‌متر) و در سه تکرار تعیین شد. نتایج بدست آمده نشان داد که طول دوره هر یک از مراحل چهارگانه رشد (مرحله اولیه رشد، مرحله توسعه، مرحله میانی و مرحله پایانی) به ترتیب ۱۰، ۱۱، ۴۱ و ۲۳ روز می‌باشد. ضریب گیاهی سیاهدانه در هر یک از این مراحل به ترتیب ۰/۷۵، ۱/۰۲، ۱/۲۱ و ۰/۸ بود.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی آبیاری، ضریب گیاهی، مراحل رشد، نیاز آبی، سیاهدانه (*Nigella sativa* L.).

مقدمه

دارد و با کمبود منابع آب روبروست، از این‌رو استفاده بهینه از منابع آب می‌تواند خطر بحران کم آبی را کاهش دهد (Bakhtiyari et al., 2010). پیش‌بینی‌های انجام شده نشان می‌دهند که تغییرات اقلیمی در جهت گرم شدن هوا می‌باشد و در عرض‌های جغرافیایی میانی نیز در درازمدت خشکی افزایش می‌یابد، که در نتیجه آن نیاز آبی گیاهان افزایش یافته و استفاده از منابع آب با محدودیت زیادتری مواجه می‌گردد، به این ترتیب لزوم اعمال برنامه‌ریزی دقیق‌تر برای استفاده بهینه از منابع آب به‌ویژه در مناطق خشک و

سیاهدانه (*Nigella sativa*) گیاهی یک‌ساله، گل‌دار و بومی جنوب‌غربی آسیاست. این گونه که از خانواده Ranunculaceae می‌باشد عمدتاً در قسمت‌های مرکزی ایران به‌ویژه در اراک و اصفهان رشد می‌کند. از دانه این گیاه به‌عنوان دارو استفاده می‌شود. یکی از عوامل مهم و مؤثر در کشت و تکثیر این گونه و دیگر گونه‌های گیاهی دارویی تعیین نیاز آبی آنها می‌باشد. از سوی دیگر، با توجه به اینکه ایران کشوری است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار

کاج را در منطقه کاشان مورد بررسی قرار دادند. آنان با استفاده از عوامل جوی طولانی ۲۷ ساله، فرمول تجربی پنمن مونتیث و خصوصیات گیاه، نیاز آبی شش نوع پوشش گیاه فضای سبز کاشان را برای درختانی مثل زبان گنجشک، نارون (نسبتاً مقاوم به خشکی و خزان شونده)، سرو شیراز، کاج تهران، سرو نقره‌ای و خمره‌ای (همیشه سبز)، عرعر و بنه (بشدت مقاوم به خشکی و خزان شونده) را محاسبه و با کسر کردن میزان بارندگی مؤثر از نیاز آبی، نیاز آب آبیاری خالص را برای این شش نوع پوشش گیاهی با فواصل زمانی ده روزه مشخص و منحنی تغییرات آن را در طول فصل آبیاری تعیین کردند. نویسندگان مقاله روش مورد استفاده در بررسی انجام شده را به‌عنوان الگویی در تعیین نیاز آب آبیاری فضای سبز سایر مناطق خشک و بیابانی کشور پیشنهاد کرده‌اند. Khosroshahi (۲۰۱۳) به محاسبه نیاز آبی گونه سمر (*Prosopis juliflora*) در چند ناحیه رویشی خلیج‌عمانی ایران پرداخت. در این تحقیق نیاز آبی گونه سمر با استفاده از معادله تلفیقی پنمن مونتیث فائو و روش Water Use Classifications of WUCOLS III (Landscape Species) برای هشت ناحیه رویشی از اهواز تا چابهار تعیین گردید. نتایج بدست‌آمده نشان داد که دشت آزادگان با ۲۵۵ میلی‌متر در طول هفت ماه از سال، بیشترین و چابهار با ۱۷۴ میلی‌متر در طول نه ماه از سال، کمترین مقدار آب را برای آبیاری تکمیلی نیاز دارد. البته بیشترین و کمترین مقدار آب ماهانه مورد نیاز آبیاری تکمیلی در دشت آزادگان ۵۲ میلی‌متر برای تیرماه و ۹ میلی‌متر برای دی‌ماه است. همین مورد برای چابهار به ترتیب ۲۹ و ۵ میلی‌متر برای تیرماه و دی‌ماه برآورد شده‌است. در بندرعباس بیشترین و کمترین مقدار آب مورد نیاز به ترتیب ۳۳ و ۱۲ میلی‌متر برای ماه‌های خرداد و آبان است. این موضوع نشان می‌دهد که میزان آب مورد نیاز برای آبیاری گونه سمر در مناطق رویشی مشابه و ماه‌های مختلف سال متفاوت است، درحالی که در بخش‌های اجرایی تاکنون کمتر به آن توجه شده است. هدف از این مطالعه نیز بررسی و ارزیابی مراحل مختلف رشد در گونه سیاهدانه (*Nigella sativa*) و تعیین

نیمه‌خشک محسوس‌تر می‌شود. منظور از نیاز آبی، مقدار آبی است که باید به پوشش گیاهی داده شود تا در طول دوره رویش صرف تبخیر و تعرق کند، بدون آنکه با تنش آبی مواجه گردد (Khosroshahi, 2013; Zarei et al., 2015; Zarei et al., 2014; Al Jamal et al., 2002; Vaziri et al., 2008).

در رابطه با برآورد نیاز آبی، تحقیقات زیادی در رابطه با گیاهان زراعی و باغی انجام شده است اما در رابطه با گونه‌های دارویی و مرتعی تحقیقات بسیار اندکی انجام شده است، به طوری که در مورد گونه *Nigella sativa* برای اولین بار در استان فارس اقدام به برآورد ضریب گیاهی و تعیین مراحل مختلف رشد گیاه شد. در رابطه با مطالعات انجام شده در زمینه تعیین ضریب گیاهی با استفاده از لایسیمترها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

Bakhtiyari و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی تأثیر بازه زمانی اندازه‌گیری متغیرهای هواشناسی بر میزان تبخیر و تعرق از گیاه مرجع (چمن) در منطقه کرمان پرداخته‌اند، به طوری که نتایج بررسی آنان نشان داد که شدت تابش خورشید، سرعت باد، دمای هوا و رطوبت نسبی مهمترین فاکتورهای مؤثر بر تغییر تبخیر و تعرق از گیاه مرجع طی زمان‌های مختلف می‌باشند. آنان در بررسی‌های خود نشان داده‌اند که از میان فاکتورهای اقلیمی دو فاکتور سرعت باد و شدت تابش خورشید دارای تأثیر بیشتری نسبت به بقیه فاکتورها در تعیین میزان تبخیر و تعرق از گیاه مرجع می‌باشند. Gaihon و همکاران (۲۰۰۶) روش‌های مختلف برآورد نیاز آبی را که توسط فائو ارائه شده است با یکدیگر مقایسه کرده‌اند. در این بررسی نیاز آبی گیاهانی مثل گندم، جو، باقلا، گوجه‌فرنگی، خیار، هندوانه و ذرت مطالعه و از مقایسه نتایج بدست آمده با اعداد ارائه شده توسط فائو نتیجه گرفتند که از میان روش‌های مختلف، روش استفاده از لایسیمتر وزنی بهترین روش تعیین تبخیر و تعرق می‌باشد. Farshi و Zehtabian (۱۹۹۹) به بررسی نیاز آبی گیاهان فضای سبز در مناطق خشک پرداخته‌اند، آنان در این بررسی شش گونه سرو نقره‌ای، عرعر، زبان گنجشک، نارون، بنه و

به حالت فوق اشباع رسانیده تا خاک درون لایسیمترها به مرحله عدم نشست برسد، طبیعی است در این مرحله برای جلوگیری از خاکشویی و کاهش مواد آلی خاک، آب خارج شده از کف لایسیمترها دوباره به خاک درون لایسیمترها اضافه گردید. گیاه مورد نظر در تاریخ ۹۳/۱۲/۱ کاشته شد و داده برداری به صورت روزانه از تاریخ مذکور شروع شد و تا زمانی که گیاه پس از طی مراحل کامل رشد خشک شد (۹۴/۲/۲۵) ادامه پیدا کرد.

تعیین رطوبت ظرفیت زراعی (**Field Capacity**) و

رطوبت سهل الوصول (**Readily available water**)

به منظور تعیین رطوبت حد زراعی اقدام به نمونه برداری از خاک منطقه با سه تکرار در گلدان‌هایی به وزن کل ۵ کیلوگرم (وزن خاک نمونه برداری شده به علاوه گلدان) شد. پس از آن اقدام به اشباع کردن خاک درون گلدان‌ها شد و با پوشاندن سطح گلدان‌ها با سطح عایق از تبخیر آب از سطح خاک جلوگیری بعمل آمد. پس از ۴۸ ساعت اقدام به نمونه‌گیری از خاک گلدان‌ها و اندازه‌گیری رطوبت آنها به روش وزنی در راستای تعیین رطوبت حد زراعی شد. به منظور تعیین وزن مخصوص ظاهری خاک برای ایجاد امکان تبدیل رطوبت وزنی خاک به رطوبت حجمی از روش نمونه‌گیری و خشک کردن خاک در آون استفاده گردید. در این تحقیق پس از اندازه‌گیری و محاسبه، مقدار رطوبت ظرفیت زراعی برابر با ۲۲٪ رطوبت حجمی و مقدار رطوبت حد پژمردگی برابر با ۱۱٪ رطوبت حجمی (بر مبنای گراف مرجع ارائه شده توسط Alizadeh ۲۰۰۴) متناسب با بافت خاک تعیین شد. لازم به ذکر است که خاک منطقه مورد بررسی از نوع Sandy loamy می‌باشد. برای تعیین ضریب تخلیه مجاز مدیریتی (Management Allowed Depletion) اقدام به بررسی پتانسیل ماتریک خاک با استفاده از تانسومتر و تعیین ضریب pF در خاک مورد بررسی گردید.

$$pF = \text{Log} \phi_m \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن: ϕ_m پتانسیل ماتریک خاک بر حسب سانتی‌متر است.

ضریب گیاهی آن در مراحل چهارگانه رشد با استفاده از آزمایش لایسیمتری به منظور استفاده، برای برنامه‌ریزی مناسب آبیاری در گونه مذکور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه اجرای مطالعه

طرح در محدوده دانشگاه فسا (واقع در ۱۴۰ کیلومتری جنوب شرقی شیراز) که در طول شرقی ۳۶' ۵۳° و عرض شمالی ۵۵' ۲۸° واقع شده است با استفاده از میکرو لایسیمترهای وزنی با سه تکرار اجرا شد. این منطقه دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. باران در این منطقه معمولاً از اواسط پاییز تا اوایل بهار به شکل بسیار متغیر می‌بارد. براساس آمارهای ایستگاه هواشناسی فسا (۱۳۵۴ تا ۱۳۹۳) و براساس شاخص دومارتن این منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد که نرمال بارندگی سالانه آن ۳۰۲/۲ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه آن ۱۹/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. متوسط تبخیر پتانسیل سالانه در این منطقه بیشتر از ۲۵۱۴ میلی‌متر گزارش شده است. این منطقه دارای ارتفاع متوسط ۱۱۸۰/۲۵ متر از سطح دریا می‌باشد (Zarei et al., 2016).

طراحی و ساخت لایسیمتر

برای تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل در گیاهان مورد بررسی در شرایط اقلیمی فسا به وسیله میکرو لایسیمتر زهکش‌دار، اقدام به ساخت سه دستگاه لایسیمتر زهکش‌دار شد. برای این منظور از سطوح پلاستیکی با ابعاد ۴۰×۳۰ سانتی‌متر استفاده گردید (ابعاد لایسیمترها با توجه به بزرگترین ابعاد ریشه گونه مورد بررسی در شرایط پیشینه رشد از طریق بررسی میدانی تعیین شد). طی عملیات پر کردن لایسیمترها سعی گردید نمایه طبیعی خاک حتی‌الامکان حفظ شود، به طوری که خاک به صورت لایه‌هایی به ضخامت ۵ سانتی‌متر برداشت و هر لایه به صورت جداگانه نگهداری و در پر کردن لایسیمترها ترتیب قرارگیری لایه‌های خاک حفظ شد. پس از پر کردن لایسیمترها، به دفعات کل خاک داخل لایسیمتر را

ادامه می‌یابد و مرحله پایانی از شروع رسیدن محصول (محصول انتهایی مرحله میانی) تا برداشت آن یا پلاسیدگی کامل گیاه ادامه دارد (Allen et al., 1998).

تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_0)

در این مطالعه از روش پنمن-مونیتث فائو برای تعیین تبخیر و تعرق گیاه مرجع استفاده شد، در این راستا از نرم‌افزار Crop wat و برنامه‌نویسی در محیط Excel استفاده گردید. کمسیون بین‌المللی زهکشی در سازمان خواربار کشاورزی استفاده از روش پنمن-مونیتث را به‌عنوان روش استاندارد برای برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع توسط داده‌های اقلیمی پیشنهاد کرده است (Alizadeh, 2004; Bakhtiyari et al., 2010; Hanson & May, 2006; Ghamarnia et al., 2010; Rad et al., 2010; Songhao, 2012; Steve et al., 1984; Zehtabian & Farshi, 1999).

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن:

ET_0 : تبخیر و تعرق مرجع (میلی‌متر بر روز)، : شیب منحنی فشار بخار در دمای T (کیلوپاسکال بر درجه سانتی‌گراد)، R_n : تابش خالص در سطح گیاه (مگاژول بر مترمربع در روز)، G: شارگرمای خاک (مگاژول بر مترمربع در روز)، T: دمای هوا در ارتفاع ۲ متری (سلسیوس)، u_2 : سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (متر بر ثانیه)، $e^0(T) = e_s$: فشار بخار اشباع (کیلوپاسکال)، $e_a = e^0(T_{dew})$: فشار بخار واقعی (کیلوپاسکال)، $(e_s - e_a)$: کمبود فشار بخار اشباع (کیلوپاسکال)، : ضریب ثابت سایکرومتری (کیلوپاسکال بر درجه سانتی‌گراد) می‌باشد.

تبخیر و تعرق از گیاهان کاشته شده (ET_c)

در این مطالعه از طریق کنترل بیلان آبی در لایسیمترها، نسبت به تعیین میزان تبخیر و تعرق از گیاه کاشته شده اقدام گردید. به طوری که:

مقدار این ضریب در رطوبت حد مزرعه و نقطه پژمردگی به ترتیب ۲/۴ و ۴/۱۷ می‌باشد. بر این اساس، برای جلوگیری از بروز هر گونه تنش به گیاه در جذب آب از خاک این ضریب باید کوچکتر یا مساوی ۳ باشد، به عبارت دیگر پتانسیل ماتریک خاک نباید از ۱۰۰۰ سانتی‌متر بیشتر باشد، یعنی خاک با فشاری حداکثر برابر با ۱ اتمسفر رطوبت را نگه دارد تا گیاه در جذب آب از خاک با تنش خشکی روبرو نشود. برای دستیابی به این هدف اقدام به تعیین دامنه رطوبت سهل‌الوصول در خاک گردید، به طوری که پس از محاسبه رطوبت حدزراعی با ضریب pF برابر با ۲/۴ اقدام به اندازه‌گیری پتانسیل ماتریک خاک به کمک تانسیمتر گردید و رطوبت خاک زمانی که پتانسیل به کمتر از ۱۰۰۰ سانتی‌متر (پتانسیل ماتریک ۸۹۵ سانتی‌متر یا ضریب pF برابر با ۲/۹۵) رسید اندازه‌گیری شد، در این حالت رطوبت خاک ۱۵٪ محاسبه شد. به این ترتیب با کمی افزایش در ضریب اطمینان دامنه رطوبت سهل‌الوصول بین ۱۶/۵٪ تا ۲۲٪ رطوبت حجمی تعیین شد. برای جلوگیری از بروز تنش خشکی به گیاه در طول دوره رشد، رطوبت خاک درون لایسیمترها همیشه در حد آب سهل‌الوصول نگه داشته شد (Allen et al., 1998).

کاشت گیاه و بررسی مراحل مختلف رشد

در این مطالعه، بذر گونه گیاهی مورد بررسی را در سه تکرار (سه میکرو لایسیمتر وزنی) با پوشش ۱۰٪ از تاریخ ۱۰ اسفندماه ۱۳۹۳ کاشته و تا تاریخ ۲۶ اردیبهشت‌ماه ۹۴ به مدت ۸۵ روز داده‌برداری انجام شد. در این مدت متناسب با میزان تبخیر و تعرق (تغییرات ضریب گیاهی) و همچنین میزان تاج پوشش گیاه مراحل مختلف رشد اعم از مرحله اولیه رشد، مرحله توسعه، مرحله میانی و مرحله پایانی مورد بررسی قرار گرفت. مرحله اولیه رشد، از تاریخ کشت شروع و نزدیک به زمان برقراری پوشش گیاهی ۱۰٪ پایان می‌یابد، مرحله توسعه گیاه، از زمان پوشش گیاهی ۱۰٪ شروع می‌شود و تا زمان پوشش مؤثر کامل ادامه می‌یابد. مرحله میانی رشد، از زمان برقراری پوشش کامل مؤثر شروع شده و تا رسیدن محصول

تبخیر و تعرق گیاه کاشته شده در لایسیمترها، طی دوره‌های زمانی ۲۴ ساعته (اندازه‌گیری رطوبت خاک درون لایسیمترها هر ۲۴ ساعت یک‌بار انجام شد) با استفاده از رابطه شماره ۳ اقدام به تعیین ضریب گیاهی برای این دوره شد.

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن:

ET_c : تبخیر و تعرق از گیاه کاشته شده در لایسیمتر طی دوره زمانی مورد نظر، ET_0 : متوسط تبخیر و تعرق از گیاه مرجع طی دوره زمانی مورد نظر، K_c : ضریب گیاهی است. لازم به ذکر است که پس از تعیین ضریب گیاهی در هر دوره، با توجه به متوسط سرعت باد در ارتفاع ۲ متری، متوسط روزانه حداقل رطوبت نسبی هوا (در این راستا از داده‌های اقلیمی ایستگاه سینوپتیک فسا استفاده شد) و همچنین متوسط ارتفاع گیاه در دوره زمانی مورد بررسی، اقدام به تصحیح ضریب گیاهی محاسبه شده گردید (Allen *et al.*, 1998).

$$\text{رابطه (۳)} \quad ET_c = I_w + R_w + M_{si} - O_w - M_{se}$$

که در آن:

I_w : آب آبیاری، R_w : آب باران، R_w : آب خروجی از کف لایسیمتر، M_{si} : رطوبت خاک در ابتدای دوره اندازه‌گیری، M_{se} : رطوبت خاک در انتهای دوره اندازه‌گیری، ET_c : تبخیر و تعرق از گیاه کاشته شده می‌باشد.

لازم به ذکر است با توجه به اینکه گونه مورد بررسی گونه‌ای یک‌ساله با پوشش ۱۰۰٪ در عرصه کاشت می‌باشد، بنابراین در این تحقیق به بررسی و تعیین ضریب گیاهی تک‌جزئی در گونه مورد مطالعه پرداخته شد و بحث تبخیر از سطح خاک و مطالعه ضریب گیاهی دو جزئی در سیاهدانه به مطالعات تکمیلی در آینده موکول گردید. به عبارت دیگر، در این مطالعه تأکید بر اندازه‌گیری تبخیر و تعرق (تبخیر از خاک و تعرق از گیاه) به صورت یک‌جا قرار داده شد.

تعیین ضریب گیاهی

پس از تعیین تبخیر و تعرق گیاه مرجع و همچنین محاسبه

$$\text{رابطه (۵)} \quad K_{c_{adj}} = K_c + [0.04(u_2 - 2) - 0.004(RH_{min} - 45)] \left[\frac{h}{3} \right]^{0.3}$$

که در آن:

میانگین ضریب گیاهی محاسبه شده در تکرارهای مختلف از آزمون مقایسه میانگین استفاده شد. به طوری که ابتدا به کمک آزمون ANOVA وجود یا عدم وجود اختلاف در میانگین ضرایب محاسبه شده بررسی گردید، سپس به منظور مقایسه دو به دو مجموعه داده‌ها در تکرارهای مختلف از آزمون LSD (Soltani, 2006) استفاده شد.

$K_{c_{adj}}$: ضریب گیاهی اصلاح شده، K_c : ضریب گیاهی محاسبه شده، u_2 : سرعت باد در ارتفاع ۲ متری در زمان اندازه‌گیری (متر بر ثانیه)، RH_{min} : رطوبت نسبی حداقل در محیط در زمان اندازه‌گیری، h (%): ارتفاع گیاه در هر بار اندازه‌گیری (متر) است.

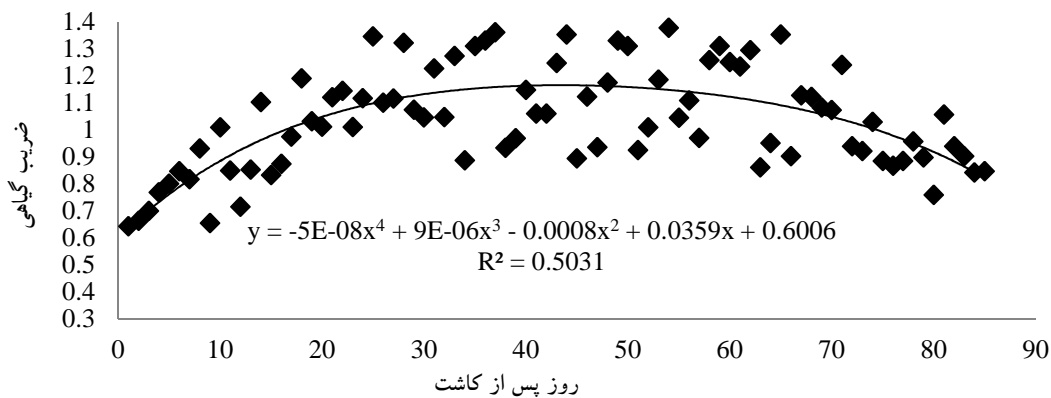
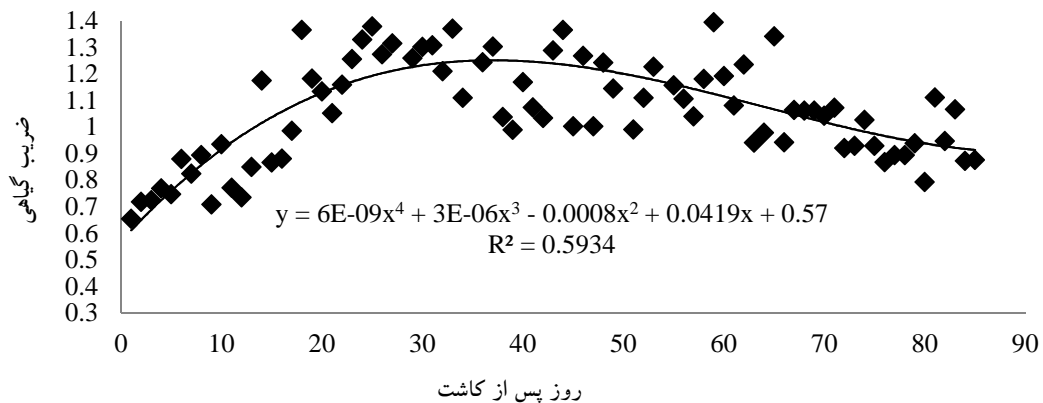
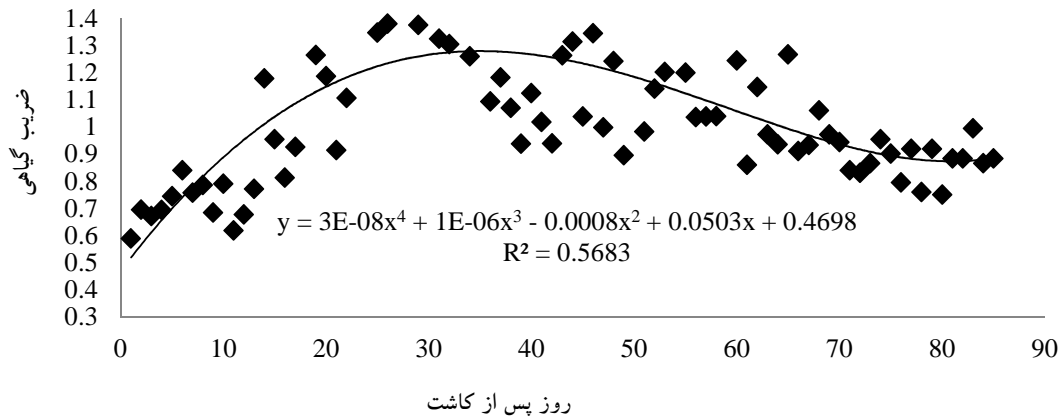
نتایج

بر اساس نتایج بدست آمده در این بررسی، ضریب گیاهی در گونه *Nigella sativa* به ترتیب در تکرارهای اول، دوم و سوم در هر سه میکرو لایسیمتر مورد بررسی به ترتیب با مقادیر ۰/۵۸، ۰/۶۵ و ۰/۶۴ در مرحله اولیه رشد در ۱۰ اسفند ماه ۱۳۹۳ شروع شد (با توجه به اینکه در اولین روز

بررسی و مقایسه ضرایب گیاهی محاسبه شده در این مطالعه به منظور بررسی و تجزیه و تحلیل آماری ضرایب گیاهی محاسبه شده در تکرارهای مختلف (ضرایب محاسبه شده در لایسیمترهای مختلف) اقدام به بررسی همگنی واریانس در سری ضرایب گیاهی محاسبه شده در تکرارهای مختلف شد. در مرحله بعد، برای بررسی و مقایسه

مقادیر ۱/۲۷، ۱/۲۵ و ۱/۱۷ در تکرارهای مختلف، درون هر سه میکرولاسیسمتر رسید. این ضریب در پایان دوره رشد گیاهان در میکرولاسیسمترها (۲۹ اردیبهشت ۹۵) در تکرارهای مختلف، به ترتیب به مقادیر ۰/۸۸، ۰/۸۷ و ۰/۸۴ رسید (شکل ۱).

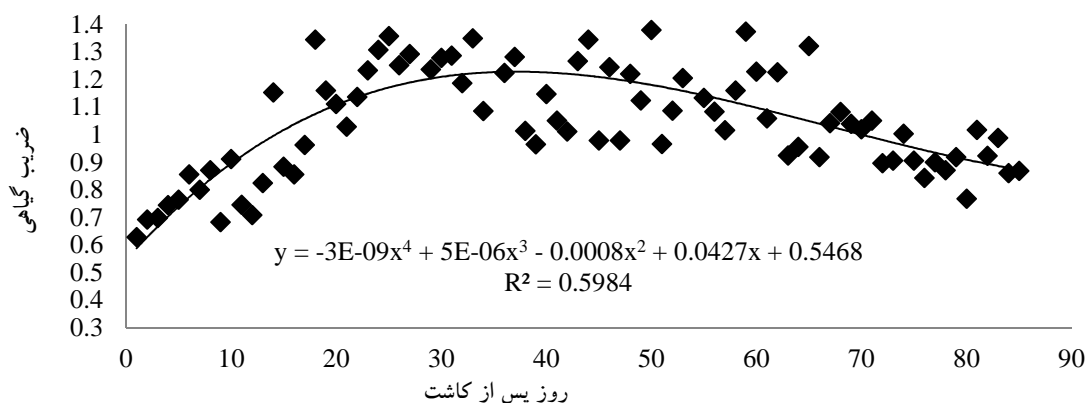
کاشت گونه‌ها پوششی وجود نداشت، طبیعی است که مقدار تبخیر و تعرق برآورد شده در روز اول مربوط به تبخیر از سطح خاک می‌باشد و تعرق در آن صفر است) و در زمان به حداکثر رسیدن نیاز آبی گیاه (مرحله میانی رشد گیاه از تاریخ ۲ فروردین ۹۴ لغایت ۷ اردیبهشت ۹۴) به ترتیب به



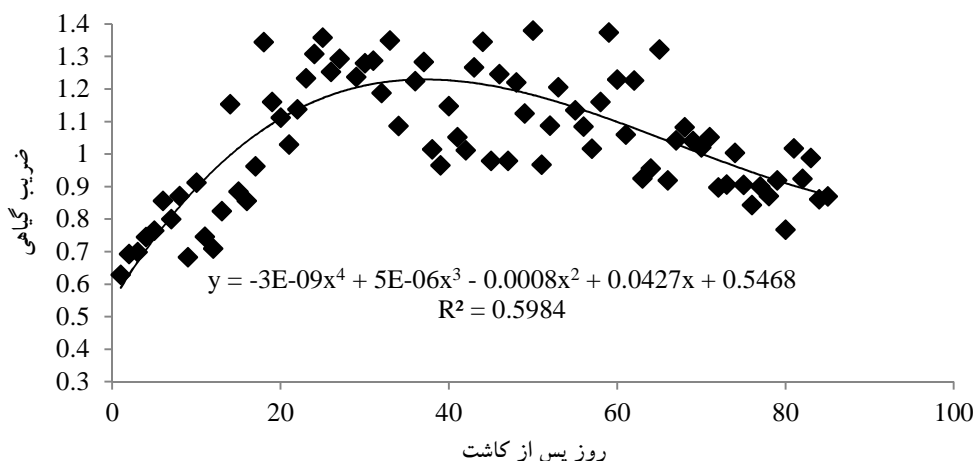
شکل ۱- ضریب گیاهی در تکرارهای مختلف در گونه مورد بررسی

محصول ادامه می‌یابد و مرحله پایانی، از شروع رسیدن (محصول انتهای مرحله میانی) تا برداشت آن یا پلاسیدگی کامل گیاه) و به دنبال آن تعیین ضریب گیاهی در هر یک از این مراحل، اقدام به برازش دادن معادله غیرخطی (معادله درجه ۴) بر منحنی ضریب گیاهی تهیه شده گردید (Ghamarnia et al., 2010; Hanson & May, 2006; Songhao, 2012; Rad et al., 2010). این منحنی در شکل ۳ ارائه شده است.

در مرحله بعد با میانگین‌گیری از ضرایب گیاهی تعیین شده در تکرارهای مختلف کاشته شده در هر سه میکرو لایسیمتر اقدام به تهیه منحنی ضریب گیاهی متوسط شد (شکل ۲). لازم به ذکر است برای تعیین مراحل مختلف رشد گیاه (مرحله اولیه رشد، از تاریخ کشت شروع و نزدیک به زمان برقراری پوشش گیاهی ۱۰٪ پایان می‌یابد. مرحله توسعه گیاه، از زمان پوشش گیاهی ۱۰٪ شروع می‌شود و تا زمان پوشش مؤثر کامل ادامه می‌یابد. مرحله میانی رشد، از زمان برقراری پوشش کامل مؤثر شروع شده و تا رسیدن



شکل ۲- متوسط ضریب گیاهی در گونه *Nigella sativa*



شکل ۳- مراحل مختلف رشد در گونه *Nigella sativa*

در گونه مورد بررسی به ترتیب در مرحله اولیه رشد ۱۰ روز (از ۱۰ اسفندماه ۹۳ لغایت ۲۰ اسفندماه ۹۳)، در مرحله

براساس نتایج بدست‌آمده از شکل‌های ۲ و ۳، مشاهده شد که متوسط طول دوره هر یک از مراحل چهارگانه رشد

تبخیر از سطح خاک و استفاده از میکرو لایسیمتر شاهد بدون پوشش در این مطالعه چندان مورد توجه قرار نگرفت. به منظور مقایسه میانگین ضریب گیاهی تعیین شده در تکرارهای مختلف، ابتدا اقدام به بررسی همگنی واریانس داده‌های ضریب گیاهی در تکرارهای مختلف گردید که نتیجه این آزمون نشان داد که مجموعه داده‌های مورد بررسی در سطح ۵٪ دارای همگنی واریانس می‌باشند. بنابراین برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون ANOVA استفاده شد (جدول ۱). بر این اساس مشاهده شد که ضریب گیاهی تعیین شده برای این گونه در تکرارهای مختلف در سطح ۵٪ دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

توسعه گیاه ۱۱ روز (از تاریخ ۲۱ اسفندماه ۹۳ لغایت ۲ فروردین ۹۴)، مرحله میانی رشد ۴۱ روز (از تاریخ ۲ فروردین‌ماه ۹۴ لغایت ۱۲ اردیبهشت‌ماه ۹۴) و مرحله پایانی رشد گیاه ۲۳ روز (از تاریخ ۱۳ اردیبهشت ۹۴ لغایت ۲۶ اردیبهشت ۹۶) می‌باشد. متوسط ضریب گیاهی گونه مورد بررسی (در هر سه میکرو لایسیمتر مورد بررسی) در هر یک از مراحل مختلف رشد، به ترتیب ۰/۷۵، ۰/۰۲، ۱/۲۱ و ۰/۸ تعیین شد. با توجه به اینکه گونه مورد بررسی گونه‌ای یک‌ساله با پوشش صددرصدی در عرصه کاشت می‌باشد، بنابراین در این تحقیق به بررسی و تعیین ضریب گیاهی یک جزئی در گونه مورد بررسی پرداخته شد و بحث

جدول ۱- مقایسه میانگین ضریب گیاهی در تکرارهای مختلف گونه *Nigella sativa*

ضریب گیاهی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره فیشر	سطح معنی‌داری
بین گروه‌ها	۰/۰۹۲	۲	۰/۰۱۵	۰/۵۲۰	۰/۶۶۹ns
درون گروه‌ها	۵/۰۴۶	۲۵۲	۰/۰۲۸		
کل	۵/۱۳۸	۲۵۴			

ns: عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین داده‌ها در سطح ۵٪

جدول ۲- مقایسه دو به دو ضریب گیاهی در تکرارهای مختلف گونه *Nigella sativa*

تکرار مورد نظر	مقایسه با	تفاوت میانگین	سطح معنی‌داری
تکرار اول	تکرار دوم	-۰/۰۲۰	۰/۴۲
	تکرار سوم	۰/۰۱۱	۰/۶۶
	میانگین سه تکرار	-۰/۰۰۳	۰/۹۰
تکرار دوم	تکرار اول	۰/۰۲۰	۰/۴۲
	تکرار سوم	۰/۰۳۱	۰/۲۱
	میانگین سه تکرار	۰/۰۱۷	۰/۵۰
تکرار سوم	تکرار اول	-۰/۰۱۱	۰/۶۶
	تکرار دوم	-۰/۰۳۱	۰/۲۱
	میانگین سه تکرار	-۰/۰۱۴	۰/۵۷
میانگین سه تکرار	تکرار اول	۰/۰۰۳	۰/۹۰
	تکرار دوم	-۰/۰۱۷	۰/۵۰
	تکرار سوم	۰/۰۱۴	۰/۵۷

بخش تعرق از یکدیگر جدا نیستند و مصرف آب توسط گیاه به صورت یک جا و در قالب تبخیر و تعرق دیده شده است). در این مطالعه با توجه به اینکه حد تخلیه مجاز مدیریتی (درصدی از آب در دسترس گیاه که می تواند از خاک خارج شود بدون اینکه گیاه در جذب آب با تنش روبرو باشد) برای گونه مورد بررسی از قبل تعیین نشده بود، ضریب معادل ۵۰٪ آب قابل دسترس در نظر گرفته شد. براساس نتایج کل، آب مصرفی این گونه در طول یک دوره کامل رشد در تکرارهای مختلف معادل ۵۳۴/۴۶، ۵۳۰/۴ و ۵۲۵/۱ میلی متر برآورد شد. در مجموع کل آب مصرفی این گونه به طور میانگین در طول یک دوره کامل رشد معادل ۵۳۰/۰۸ میلی متر برآورد گردید. ضریب گیاهی بدست آمده در این مطالعه می تواند در برنامه ریزی آبیاری گونه مورد بررسی توسط نرم افزار Cropwat و مدیریت مصرف آب به منظور کاهش هدررفت آب و افزایش بازدهی مصرف آن مؤثر و کاربردی باشد.

منابع مورد استفاده

- Alizadeh, A., 2004. Plant, Soil and Water Relationship. Firdausi University, Mashhad, 348p.
- Allen, R., Raes, G.L.S. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage, Rome, Italy, 301P.
- Al Jamal, M.S., Sammis, T.W., Mexal, J.G., Picchioni, G.A. and Zachrits, W.H., 2002. A growth irrigation scheduling model for waste water use in forest production. Agricultural Water Management, 56(1): 27-79.
- Bakhtiyari, B., Liaghat, A. and Khalili, A., 2010. Effect of measurements time scales of meteorological variables on the estimation of crop reference water requirement in Kerman region. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 4(1): 83-89.
- Hanson, B.R. and May, D.M., 2006. New crop coefficients developed for high-yield processing tomatoes. Department of Land, Air and Water Resources, UC Davis, 11(2): 95-99.
- Gaihon, N., Mostafavizadeh, N. and Salakhpor, M., 2006. Compare of different methods to evaluation of water requirement with FAO. Proceedings of the 1th Annual of Irrigation and Drainage Network

براساس مقایسه دو به دو میانگین تکرارهای مختلف به روش LSD حفاظت شده، مشخص گردید که تکرار اول دارای بیشترین شباهت به میانگین ضریب گیاهی می باشد، در حالی که کمتر شباهت ضریب گیاهی به میانگین را می توان در تکرار دوم مشاهده کرد. قابل توجه اینکه تفاوت ضریب گیاهی بین هیچ یک از تکرارها و همچنین میانگین در سطح ۵٪ معنی دار نبود. براساس نتایج این آزمون مشخص گردید که تکرار اول و سوم در مقایسه با تکرار اول و دوم از شباهت بیشتری نسبت به یکدیگر برخوردارند. ضمن اینکه تکرار دوم نیز دارای شباهت بیشتری نسبت به تکرار سوم در مقایسه با تکرار دوم داشت (جدول ۲).

بحث

اطلاع از میزان تبخیر و تعرق و یا میزان آب مصرفی گیاه اساس یک برنامه ریزی آبیاری را تشکیل می دهد. بدون اطلاع از این موضوع آب در اختیار گیاه یا کمتر از حد لازم بوده و عملکرد گیاه را تحت الشعاع قرار می دهد و یا زیاده تر از حد لازم بوده و تلفات آب را به دنبال دارد. یکی از بهترین راهکارهای ارائه شده در رابطه با بررسی نیاز آبی گیاهان، تعیین میزان ضریب گیاهی آنهاست. در این مطالعه به کمک میکرولاسیمتر وزنی زهکش دار اقدام به تعیین ضریب گیاهی در گونه *Nigella sativa* شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که ضریب گیاهی در این گونه در مراحل چهارگانه رشد به ترتیب ۰/۷۵، ۱/۰۲، ۱/۲۱ و ۰/۸ می باشد. در این رابطه Ghamarnia و همکاران (۲۰۱۰) اقدام به تعیین ضریب گیاهی مراحل چهارگانه رشد و همچنین مقدار آب مصرفی این گونه طی یک دوره ۱۲۴ روزه کرده اند. نتایج بررسی آنان نشان داد که متوسط میزان نیاز آبی سیاهدانه برابر ۷۲۴ میلی متر در یک دوره رشد می باشد و میانگین ضرایب گیاهی منفرد چهار مرحله رشد ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی در طول آزمایش به مدت ۱۲۴ روز به ترتیب ۰/۵۹، ۰/۹۱، ۱/۲۹ و ۰/۷۸ است.

در این بررسی از روش ضریب گیاهی یک جزئی استفاده شده است (در تعیین آب مصرفی گیاه بخش تبخیر و

- of Nebraska, 401p.
- Vaziri, Z., Salamat, A.R., Entezari, M.R., Maschi, M., Heidari, N. and Dehghani, H., 2008. Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID).
 - Zarei, A.R., Amiri, M.J., Zohrabi, S. and Bomeh, F., 2016. Determination of crop coefficient (Kc) in *Medicago polymorpha* species, using weighing micro lysimeter. Journal of Rangeland, 10(2): 204-212.
 - Zarei, A.R., Jafari, M., Tavili, A., Azarnevand, H. and Zehtabian, G.R., 2014. Determination of crop coefficient (Kc) and evaluation of effect of aridity and salinity stresses in species of *Atriplex lentiformis*, *Tamarix aphylla*, *Acacia victoria* and *Zizyphus spina-christi* in order to select of suitable plant for reclamation of arid regions (Case study: Garebayegan, Fasa), PhD Thesis, Tehran university.
 - Zarei, A.R., Jafari, M., Tavili, A., Azarnivand, H. and Zehtabian, G.R., 2015. Calculation of the Crop Coefficient (Kc) in *Atriplex Lentiformis*. Ecology, Environment and Conservation, 21(1): 25-28.
 - Zehtabian, G.R. and Farshi, A.A., 1999. An estimat of water requirement of green areas plants in arid zones (case study: Kashan). Iranian Journal of Natural Resources, 52(2): 62-75.
 - Management Conference, Shahid Chamran University, Ahvaz, 12–13 May.
 - Ghamarnia, H., Meri, E., Jafari Zadeh, M. and Ghobadi, M., 2010. Determination of *Nigella sativa* L. water requirement by lysimetric method in an arid and semi-arid climate. Journal of Irrigation Engineering and Agricultural Science, 35(4): 75-82.
 - Khosroshahi, M., 2013. Estimating water requirement of *Prosopis juliflora* at different habitats of Persian Gulf-Aman Sea region of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 2(1): 300-315.
 - Rad, M.H., Assare, M.H., Meshkat, M.A. and Soltani, M., 2010. Effects of drought stress on biomass, several growth parameters and water use efficiency of eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) in response to drought stress. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 19(1): 12-27.
 - Soltani, A., 2006. Reconsideration of Application of Statistical Method in Agricultural research. Jahad Daneshgahi Publication, Mashhad, 23p.
 - Songhao, S., 2012. Temporal downscaling of crop coefficient and crop water requirement from growing stage to sub stage scales. The Scientific World Journal, 10(5): 1-6.
 - Steve, E., James, R. and Darrel, G., 1984. Improved crop coefficient for irrigation scheduling. University

Evaluation of different growth stages of *Nigella sativa* L. and assessment of crop coefficient (Kc)

A.R. Zarei^{1*}, S. Zohrabi² and F. Boomeh²

1*- Corresponding author, Department of Rang and Watershed Management, Faculty of Agricultural Science, Fasa University, Fasa, Iran, E-mail: Ar_zareiee@Fasau.ac.ir; Ar_zareiee@Yahoo.com

2- B.Sc. student of Range and Watershed Management Engineering, Department of Rang and Watershed Management, Faculty of Agricultural Science, Fasa University, Fasa, Iran

Received: October 2016

Revised: June 2017

Accepted: June 2017

Abstract

The amount of evapotranspiration or amount of water consumed by plant is the basis of irrigation planning. Irrigation without awareness of the actual plant requirement for water causes economic losses and reduced water use efficiency. One of the best approaches to assess plant water requirement is determination of crop coefficient using lysimeters. The aim of this study, which was conducted at Fasa University, located 140 kilometers south-east of Shiraz, was to evaluate the different growth stages of *Nigella sativa* L. and determine the crop coefficient of this annual species. In this study, the crop coefficient of the study species was determined by using a weighing microlysimeter (40×30 cm) and three replications in a good moisture condition. The results showed that the length of each growth stage (initial, developmental, middle and final growth stage) was calculated to be 10, 11, 41 and 23 days, respectively. The crop coefficient (Kc) of *Nigella sativa* in each stage was calculated to be 0.75, 1.02, 1.21 and 0.8, respectively.

Keywords: Irrigation scheduling, crop coefficient, growth stages, water requirement, *Nigella sativa* L.