

تعیین نیاز آبی گیاه سیاه دانه (*Nigella sativa* L.) به روش لایسیمتری در اقلیم خشک و نیمه خشک

هوشنگ قمرنیا^{۱*}، الهام میری^۲، مریم جعفری زاده^۳، مختار قبادی^۴

- *- نویسنده مسئول، دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه.
- ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه.
- ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه.
- ۴- استادیار گروه مهندسی زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه.

تاریخ دریافت: ۹۰/۹/۸

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۲۸

چکیده

تعیین نیاز آبی گیاهان با هدف مدیریت منابع آب، برنامه ریزی آبیاری، بهینه سازی مصرف آب و دستیابی به حداکثر عملکرد امری ضروری می باشد. استفاده بی رویه و خشکسالی های اخیر باعث مشکلات زیادی در مدیریت منابع آب شده است. به منظور تعیین نیاز آبی گیاه سیاه دانه، آزمایشی به مدت دو سال (۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹) در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه اجرا گردید. در این تحقیق نیاز آبی در شرایط عدم محدودیت آب و مواد غذایی با لایسیمتر به روش بیان آبی اندازه گیری شد. زمان آبیاری با اندازه گیری رطوبت با استفاده از دستگاه دیتا لگر IDRG SMS-T1 به گونه ای تعیین شد که رطوبت خاک در حد رطوبت سهل الوصول باشد. میزان نیاز آبی سیاه دانه در سال های ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ به ترتیب برابر ۷۰۲/۱۲ و ۷۴۶/۱۱ میلی متر اندازه گیری شد و میانگین دو سال برابر ۷۲۴/۱۱ میلی متر به دست آمد.

کلید واژه ها: نیاز آبی، سیاه دانه، لایسیمتر، پنمن - مانیت - فائو.

مقدمه

امروزه در سطح جهان مدیریت منابع آب بر اساس توسعه پایدار مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به میزان اندک نزولات جوی و محدودیت منابع آب در ایران مدیریت صحیح منابع آب از اهمیت زیادی برخوردار بوده و لازم است که در استفاده از آب دقت لازم به عمل آید. در مورد مسائلی که به نحوی به مدیریت منابع آب مرتبط می شود، موضوع استفاده بهینه مطرح می شود. در این راستا تعیین نیاز آبی گیاهان قدم اساسی در برنامه ریزی آبیاری می باشد و لازم آن محاسبه تبخیر - تعرق پتانسیل سطوح گیاهی مرجع برای منطقه طرح می باشد (نادری و علیزاده، ۱۳۸۶).

شهابی فر و رحیمیان (۱۳۸۶) به منظور تعیین نیاز آبی گیاه چغندر قند آزمایشی را به مدت سه سال انجام دادند. در این تحقیق میزان نیاز آبی در شرایط عدم محدودیت آب و مواد غذایی با لایسیمتر زهکش دار و به روش بیان آبی اندازه گیری نمودند. برای این منظور از لایسیمتر زهکش دار به حجم چهار متر مکعب (۱*۲*۲) استفاده شد. میزان نیاز آبی چغندر قند در سال های ۱۳۷۶، ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ به ترتیب برابر ۱۱۸۸، ۱۳۸۴ و ۱۰۹۲ میلی متر اندازه گیری و میانگین سه سال برابر ۱۲۲۱ میلی متر به دست آمده است. نیازی و همکاران (۱۳۸۴) پژوهشی را به منظور تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی گندم در سال های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۱ در منطقه زرقان فارس به وسیله لایسیمتر انجام دادند. بر اساس

نتایج به دست آمده نیاز آبی گندم به ترتیب برابر ۷۲۰، ۷۱۲ و ۶۷۴ میلی متر محاسبه گردید.

زارع ایبانه و همکاران (۱۳۸۹) تحقیقی را به منظور تعیین نیاز آبی و ضرائب گیاهی منفرد و دوگانه سیر در همدان انجام دادند. بر اساس نتایج آزمایش، محدوده تغییرات تبخیر - تعرق گیاه سیر (ET_c) در طول فصل رشد بین ۰/۱ تا ۱۱/۲۲ میلی متر در روز به وسیله لایسیمتر زهکش دار اندازه گیری شد. نیاز آبی سیر طی فصل رشد در شرایط فراهمی کامل آب، معادل ۵۴۶/۵ میلی متر و کارایی مصرف آب (WUE) ۲/۸۵ گرم به ازای هر کیلوگرم تبخیر - تعرق تعیین گردید. همچنین نتایج نشان داد ET_c برآوردی با اعمال ضریب گیاهی دوگانه اختلاف کمتری با مقدار تبخیر و تعرق لایسیمتری گیاه سیر داشت اما ضریب گیاهی منفرد از نظر سهولت و حجم محاسباتی نسبت به ضریب دوگانه بسیار ساده تر بود.

شهابی فر و همکاران (۱۳۸۳) با جمع آوری داده هواشناسی ۳۸ ایستگاه هواشناسی موجود در استان تهران با روش هارگریوز - سامانی، تبخیر - تعرق مرجع را در ایستگاه های مذکور محاسبه و سپس با استفاده از ضرائب گیاهی ارائه شده توسط فائو، نیاز آبی چغندر قند را محاسبه کردند و سپس با سه روش درون یابی زمین آمار تبخیر - تعرق پتانسیل چغندر قند را برای ۳۰۴۵ نقطه که از ایستگاه فاصله

با توجه به اینکه در مناطق مختلف، گیاه سیاه دانه کشت می‌شود اما نیاز آبی آن تعیین نگردیده و مطالعه ای در این خصوص انجام نشده است، این آزمایش با هدف تعیین نیاز آبی سیاه دانه در شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک با استفاده از روش بیلان آبی در لایسیمترهای زهکش دار طی سال‌های ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل آزمایش و لایسیمترها

این تحقیق در سال‌های ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ با استفاده از سه دستگاه لایسیمتر زهکش دار موجود در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی استان کرمانشاه با مشخصات ۴۷ درجه ۹ دقیقه عرض شمالی و ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی و ۱۳۱۹ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. بارش میانگین سالانه ۴۴۴/۷ میلی‌متر و متوسط بیشینه و کمینه دما به ترتیب $+4^{\circ}\text{C}$ و -8°C می‌باشد. پارامترهای هواشناسی مورد استفاده در طی دوره آزمایش در جدول (۱) ارائه شده است. لایسیمترها به صورت استوانه‌ای با قطر ۱/۲ متر و ارتفاع ۱/۴ متر به مساحت ۱/۱۳ مترمربع می‌باشند. لایسیمترها از جنس آهن گالوانیزه ساخته شده بودند. برای جلوگیری از نشت آب به خارج، بدنه بیرونی لایسیمترها با لایه‌ای از ایزوگام پوشیده شد. برای جلوگیری از جذب نور و بالارفتن دمای داخلی لایسیمترها با رنگ سفید پوشیده شدند.

جهت نصب لایسیمترها گودالهایی بزرگتر از ابعاد لایسیمترها حفر گردید و لایسیمترها در داخل آنها قرار داده شدند. کف لایسیمترها به صورت شیب‌دار بود و در انتها به وسیله لوله‌ای به خارج متصل گردید تا زه آب‌ها به محل اندازه گیری هدایت شوند. در کف لایسیمترها به اندازه ۱۵ سانتی‌متر شن و سپس لایسیمتر با خاک محل حفر گودال با در نظر گرفتن ترتیب لایه‌های پروفیل خاک پر و در چندین نوبت فشرده گردیده است. جهت تحکیم خاک قبل از انجام عملیات کشت بر روی لایسیمتر در چند نوبت به خاک داخل لایسیمتر آب داده شد و پس از نشست کامل مجدداً لایسیمتر تا سطح مورد نظر با خاک پر گردید. خواص فیزیکی و شیمیایی آب و خاک در منطقه مورد مطالعه در جدولهای (۲)، (۳) و (۴) ارائه شده است. بافت خاک داخل لایسیمترها سیلتی رسی و جرم مخصوص ظاهری خاک ۱/۳ گرم بر سانتی متر مکعب بود. برای تعیین رطوبت، خاک داخل لایسیمتر اشباع گردید و سپس بعد از ۲۴ ساعت با نمونه برداری از خاک رطوبت ظرفیت زراعی تعیین گردید. میزان رطوبت در محدوده ظرفیت زراعی خاک ۲۴ درصد وزنی بود.

جهت اندازه گیری رطوبت و دمای خاک از دستگاه دیتالاگر IDR۱ (IDRG) SMS-TI استفاده گردید.

دیتالاگر دارای هسته کنترلی، حافظه غیرفرار (E2PROM) است. این دستگاه توانایی ذخیره ۲۰۰۰۰ داده دما و رطوبت را در حافظه غیرفرار خود داشته و به صورت مستقل از کامپیوتر و یا متصل به آن توانایی پایش و ثبت داده ها را دارد.

داشتند برآورد کرده و بر اساس آنها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نقشه توزیع مکانی تبخیر- تعرق پتانسیل چغندر قند را در سطح استان تهران تهیه نمودند.

لوپز اورا و همکاران^۱ (۲۰۰۹) با استفاده از لایسیمترهای وزنی و سیستم آبیاری بارانی که معمولترین روش آبیاری در اسپانیا می‌باشد نیاز آبی پیاز را برآورد نمودند. مقدار نیاز آبی فصلی برای پیاز با استفاده از لایسیمتر و سیستم آبیاری بارانی برابر ۸۹۳/۳۴ میلی‌متر بدست آمد و سپس ضرائب گیاهی منفرد و دو گانه را برای پیاز محاسبه نمودند.

لی و همکاران^۲ (۲۰۰۸) با استفاده از میکرو لایسیمترهای وزنی و تحت شرایط استفاده از پوشش مالچ و بدون پوشش مالچ نیاز آبی و ضرائب گیاهی ذرت بهاره را در جنوب شرقی چین محاسبه نمودند. در این آزمایش مقدار نیاز آبی ذرت بهاره را برابر ۴۷۶ میلی‌متر با مقدار متوسط روزانه ۲/۹۶ میلی‌متر در روز و کارایی مصرف آب (WUE) ۲۵/۲ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر تبخیر- تعرق تعیین گردید.

بوسی و همکاران^۳ (۲۰۰۹) ضریب‌گیاهی پیاز را در اتیوپی با استفاده از سه دستگاه لایسیمتر زهکش‌دار به دست آوردند. مقادیر ET_C در مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهای رشد به ترتیب برابر ۵۱/۳، ۱۴۰/۵، ۱۴۴/۸ و ۵۳/۹ میلی‌متر محاسبه و سپس با استفاده از ET_0 مقادیر KC را برای مراحل مختلف رشد برآورد نمودند.

در منطقه شمال شرقی برزیل میراندا و همکاران^۴ (۲۰۰۶) مقدار ET_C روزانه و ضرائب گیاهی را برای فلفل با استفاده از لایسیمترهای وزنی بدست آوردند. در این مطالعه مقدار ET_0 را از معادله پنمن- مانتیث- فائو به دست آوردند. مقدار ET_C در طول مدت ۳۰۰ روز رشد گیاه برابر ۸۸۸ میلی‌متر با حداکثر مقدار روزانه ۵/۶ میلی‌متر در روز به دست آمد. همچنین مقدار KC را در دو مرحله گل‌دهی و میوه‌دهی برآورد نمودند. مقادیر ضریب‌گیاهی در دوره برداشت گل در مراحل ابتدایی، میانی و نهایی رشد به ترتیب برابر ۰/۳، ۱/۲۲ و ۰/۶۵ و در دوره برداشت میوه در مراحل میانی و نهایی رشد به ترتیب برابر ۱/۰۸ و ۰/۶ بود.

سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) گیاهی از تیره آلاله و بومی غرب آسیا است این گیاه هم به صورت وحشی می‌روید و هم به صورت زراعی در کشورهایی مانند هند، مصر و خاورمیانه کشت می‌گردد. در ایران این گیاه بیشتر در اراک و در مناطقی از کرمانشاه به طور خودرو می‌روید. در اصفهان و در نواحی مختلفی از ایران نیز کشت می‌گردد (مودی و راشد محصل، ۱۳۷۶). این گیاه یک‌ساله با دوره زندگی کوتاه مدت، مخصوص نواحی نیمه خشک است. سیاه‌دانه گیاهی با ارتفاع تقریبی ۶۰ سانتی‌متر، با برگ‌های سبز خاکستری و نخی شکل است. در حالت طبیعی گل‌ها به رنگ آبی و دارای پنج گلبرگ به عرض ۲/۵ سانتی متر به رنگ سفید شیری با کناره مایل به آبی است. میوه کپسول (فولیکول) پنج قسمتی است. دانه‌ها معمولاً کوچک خاکستری تیره یا سیاه هستند.

1- Lopez Urra et al.

2- Li et al.

3- Bossie et al.

4- Miranda et al.

جدول ۱- پارامترهای هواشناسی در ماه‌های فروردین، اردیبهشت، خرداد و تیر در سال‌های ۱۳۸۸-۸۹ و ۱۳۸۹-۹۰ جهت نصب لایسیمترها گودال‌هایی بزرگ‌تر از ابعاد

سال	ماه	بارندگی ماهیانه (mm)	متوسط ساعت آفتابی (hr)	متوسط سرعت باد (m/s)	متوسط رطوبت نسبی (%)	متوسط درجه حرارت (°C)
۱۳۸۸-۸۹	فروردین	۶۰/۹	۶/۷	۲/۵	۶۲/۸	۱۲/۵
	اردیبهشت	۷۹/۷	۶/۴	۲/۴	۶۰/۵	۱۶/۹
	خرداد	۲/۷	۱۰/۸	۲/۳	۳۰/۲	۲۳/۸
	تیر	۰	۱۱/۹	۲/۳	۲۰/۴	۲۷/۷
۱۳۸۹-۹۰	فروردین	۴۶/۹	۶/۲	۲/۲	۵۱/۳	۱۲/۴
	اردیبهشت	۱۲/۲	۵/۸	۲/۴	۶۱/۷	۱۶/۵
	خرداد	۰	۱۰/۱	۲/۴	۳۰/۲	۲۳/۴
	تیر	۰	۱۰/۱	۲/۳	۱۹/۵	۲۷/۹

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب منطقه مورد مطالعه، کرمانشاه

TDS mg/L	pH	EC (µmhos/cm)	SAR	کاتیونها Meq/L			آنیونها Meq/L				
				مجموع کاتیونها	Na	Mg +Ca	مجموع آنیونها	SO ₄ ⁻²	CL ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻²
۶۴۰	۷/۱	۱۰۰۰	۰/۵۴	۹/۲۳	۱/۰۸	۸/۱۵	۹/۲۳	۱/۱۸	۱/۹	۶/۱۵	۰/۰

جدول ۳- مشخصات فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه، کرمانشاه

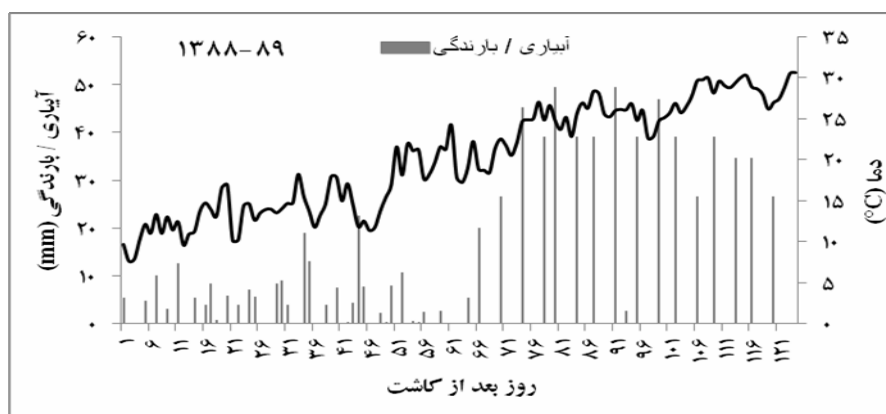
عمق نمونه گیری (cm)	جرم مخصوص ظاهری (g/cm ⁻³)	بافت خاک	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس
۰-۳۰	۱/۳	سیلتی رسی	۳/۷	۴۲/۳	۵۴
۳۰-۶۰					

جدول ۴- مشخصات شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه، کرمانشاه

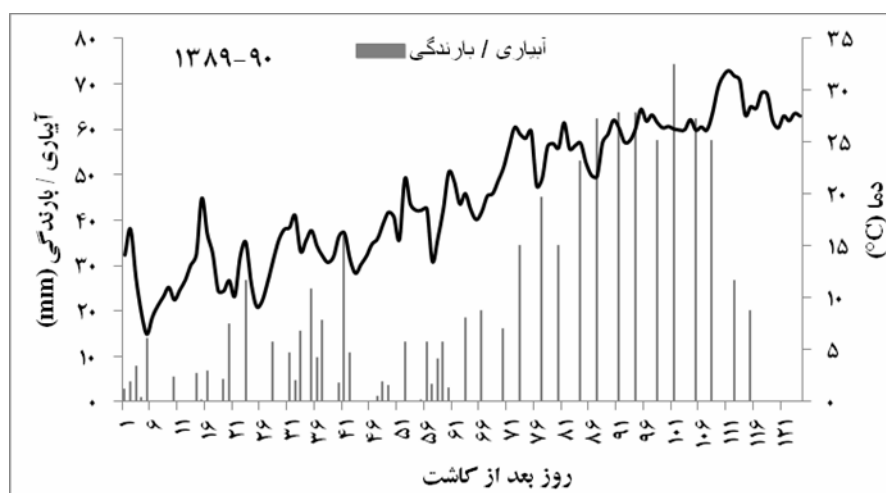
Cu (Meq/L)	Zn (Meq/L)	Fe (Meq/L)	Mn (Meq/L)	درصد کربن آلی	پتاسیم قابل جذب (Meq/L)	فسفر قابل جذب (Meq/L)	EC (µmhos/cm)	pH
۱/۶۴	۱/۳۶	۱۱/۹	۷/۸	۱/۳۸	۴۴۰	۲۶	۱/۲	۷/۳

از دستگاه IDRG و بلوک گچی از داده‌های به دست آمده از دستگاه IDRG استفاده شد. رطوبت خاک از اعماق ۲۰-۴۰، ۴۰-۶۰ و ۶۰-۸۰ با استفاده از دستگاه IDRG قرائت و یادداشت می‌شد. بر اساس آزمایش‌های انجام شده برای رشد بهتر گیاه نوع و مقدار کودی که به هر لایسیمتر اضافه شد شامل ۱۵۲/۶ کیلوگرم در هکتار اوره، ۷۶/۳ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و ۷۶/۳ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاس بود که روی سطح لایسیمترها پخش و با خاک مخلوط گردید. کود حیوانی نیز قبل از پر کردن لایسیمترها به خاک اضافه و مخلوط شد. سیاه‌دانه پس از کنترل از نظر صحت و سلامت و سم

سنسور رطوبت سنج و دماسنج در اعماق ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متری خاک داخل لایسیمتر قرار داده شد و اطراف آن به طور کامل از خاک پوشیده شد. کابل سنسورها از لایسیمتر بیرون قرار داده شد و با وصل کردن سنسور به دستگاه دیتالاگر، دما و رطوبت خاک قرائت و یادداشت می‌شد. قرائت دستگاه قبل از آبیاری انجام می‌گرفت. همچنین جهت اطمینان به منظور اندازه‌گیری رطوبت از بلوک‌های گچی نیز استفاده شد. بلوک‌های گچی در اعماق ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متری خاک و با فاصله مناسب از سنسورهای IDRG کار گذاشته شدند. در نهایت پس از مقایسه و بررسی نتایج به دست آمده



شکل ۱- زمان، مقدار آبیاری، بارندگی و تغییرات متوسط دما در سال ۱۳۸۸-۸۹



شکل ۲- زمان، مقدار آبیاری، بارندگی و تغییرات متوسط دما در سال ۱۳۸۹-۹۰

متوالی تعیین شد (آلن و همکاران،^۵ ۱۹۸۸؛ دورنبوس و پروت،^۶ ۱۹۷۷):

$$ET_C = I + R - d \pm \Delta S \quad (1)$$

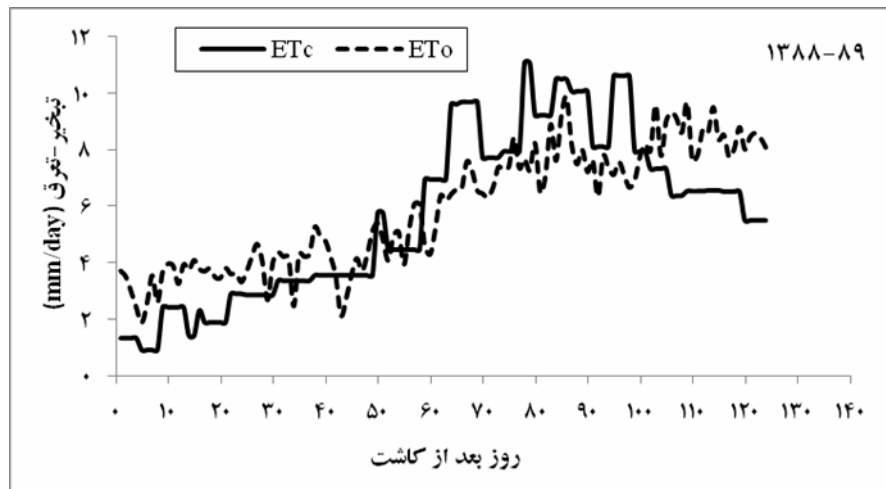
در معادله (۱)، ET_C : تبخیر-تعرق واقعی گیاه در فاصله اندازه گیری رطوبت خاک در لایسیمتر (میلی متر)، I : مقدار آب آبیاری (میلی متر)، R : ارتفاع بارندگی (میلی متر)، d : مقدار آب زهکشی (میلی متر) و ΔS : تغییرات رطوبت خاک در فاصله اندازه گیری رطوبت خاک (میلی متر) می باشد که با توجه به قرائت IDRG اندازه گیری شده است. ارتفاع آب موجود در خاک از رابطه زیر محاسبه شد:

$$d = \rho b \times \theta_m \times D \quad (2)$$

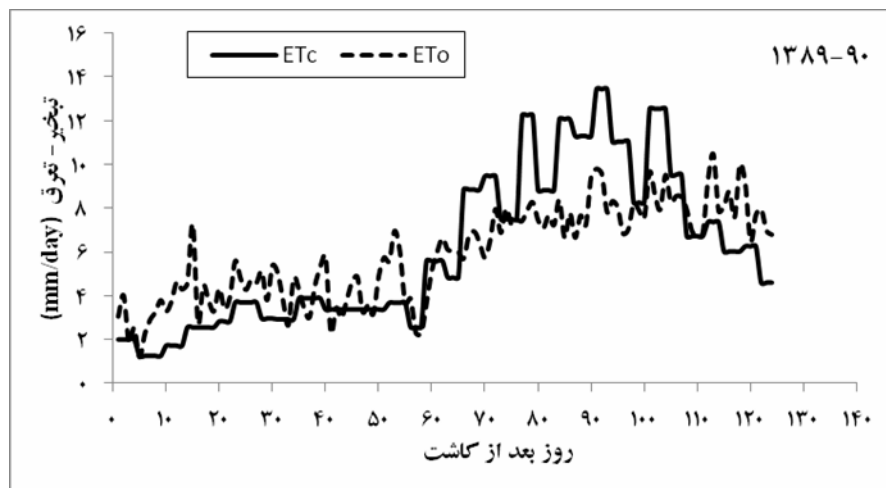
زدایی شدن، در ۲۳ اسفند ماه و ۲۵ اسفند ماه به ترتیب در سال های ۱۳۸۸-۸۹ و ۱۳۸۹-۹۰ بر روی ردیف هایی به فواصل ۱۰ سانتی متر و فاصله بوته ها بر روی ردیف سه سانتی متر در عمق دو سانتی متری به صورت دستی کاشته شدند. در نتیجه تراکم کشت حدود ۳۰۰ هزار بوته در هکتار بود. برای کنترل علف های هرز در طی فصل رشد به دفعات لازم وجین دستی انجام گرفت. اولین آب در طی دو آزمایش در هنگام کاشت بذر داده شد و آبیاری های بعدی زمانی انجام می شد که رطوبت خاک داخل لایسیمتر در حد رطوبت سهل الوصول باشد. برای این منظور در طی فصل رشد بر اساس قرائت رطوبت توسط دستگاه دیتالاگر IDRG آبیاری انجام می شد. عمق آب زهکشی قبل از هر آبیاری توسط ظروف مدرجی که در محل خروجی لوله های زهکشی نصب شده بود به صورت حجمی اندازه گیری و با تقسیم آن بر مساحت لایسیمترها (۱/۱۳ متر مربع) به دست آمد.

تبخیر-تعرق گیاه سیاه دانه

در طول فصل زراعی با استفاده از رابطه (۱) که بیان آب در خاک را بیان می کند، میزان نیاز آبی سیاه دانه بین هر دو نوبت آبیاری



شکل ۳- میانگین تغییرات تبخیر-تعرق گیاه سیاه‌دانه (ET_c) و تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_o) در سال ۱۳۸۸-۸۹



شکل ۴- میانگین تغییرات تبخیر-تعرق گیاه سیاه‌دانه (ET_c) و تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_o) در سال ۱۳۸۹-۹۰

ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کرمانشاه به صورت روزانه دریافت سپس تبخیر-تعرق گیاه مرجع با استفاده از روش پنمن-مانتیث-فانو محاسبه گردید. سپس از تقسیم تبخیر-تعرق به دست آمده برای سیاه‌دانه (ET_c) در منطقه مورد مطالعه بر تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_o)، مقادیر ضریب گیاهی در طی فصل رشد این گیاه محاسبه شد.

نتایج و بحث

تبخیر-تعرق گیاهان زراعی (ET_c) از اطلاعات پایه‌ای مورد نیاز برای برنامه ریزی آبیاری است. در این تحقیق نیاز آبی سیاه‌دانه با اندازه‌گیری میزان آب آبیاری و بارندگی در بین دو نوبت آبیاری و اندازه‌گیری زه آب لایسیمتر قبل از آبیاری با استفاده از رابطه بیلان آبی (معادله ۱) محاسبه گردید. میانگین نیاز آبی ماهیانه سیاه‌دانه (ET_c) از نتایج نیاز آبی اندازه‌گیری شده توسط لایسیمتر طی دو سال آزمایش برای ماه‌های مختلف رشد محاسبه شده که در جدول (۵) ارائه

در معادله (۲)، d : ارتفاع آب موجود در خاک (m)، ρ_b : جرم مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3)، θ_m : نسبت جرمی رطوبت و D : عمق خاک (m) می‌باشد.

قابل ذکر است که با توجه به مساحت معین لایسیمترها آب آبیاری محاسبه و به صورت حجمی به لایسیمتر داده شد. مقدار بارندگی از آمار بارندگی ایستگاه هواشناسی کرمانشاه که در مجاورت محل تحقیق واقع شده، استخراج گردید. عمق آب زهکشی قبل از هر آبیاری توسط ظروف مدرجی که در محل خروجی لوله‌های زهکش نصب شده بودند به صورت حجمی اندازه‌گیری و با تقسیم آن بر مساحت لایسیمترها (۱/۱۳ متر مربع) به دست آمد. در شکل‌های (۱) و (۲) زمان و مقدار آب آبیاری، میزان بارندگی ثبت شده از ایستگاه هواشناسی و تغییرات متوسط دما در طی دوره رشد گیاه در سال‌های ۱۳۸۸-۸۹ و ۱۳۸۹-۹۰ نشان داده شده است. میزان بارندگی در دوره رشد گیاه سیاه‌دانه طی دو سال آزمایش به ترتیب برابر ۱۳۹ و ۱۷۰ میلی‌متر بود. در طی مدت انجام تحقیق داده‌های هواشناسی از

اختلاف بین مقادیر تبخیر- تعرق گیاه سیاه دانه و تبخیر- تعرق گیاه مرجع در طی دوره رشد نشان از افزایش نیاز آبی سیاه‌دانه در دوره را دارد.

منحنی تغییرات ده‌های ضرایب گیاهی برای دو سال آزمایش و میانگین آن در شکل‌های (۶)، (۷) و (۸) ارائه شده است. با توجه به نتایج به دست آمده برای ضریب گیاهی می‌توان نتیجه گرفت که در مرحله ابتدایی که رشد گیاه کم و اندازه گیاه کوچک است سهم تبخیر بیشتر از تعرق بوده و لذا مقدار K_C پایین است. در مرحله توسعه و میانی با توسعه اندام هوایی گیاه میزان تعرق افزایش یافته که به دنبال آن K_C افزایش می‌یابد، در مرحله پایانی با کاهش فعالیت برگ‌ها (پیر شدن برگ‌ها) مجدداً تعرق و در پی آن K_C کاهش می‌یابد. همانطور که در شکل (۸) مشاهده می‌شود میانگین ضرایب گیاهی چهار مرحله رشد در دو سال آزمایش به ترتیب برابر ۰/۵۹، ۰/۹۱، ۱/۲۹ و ۰/۷۸ می‌باشد.

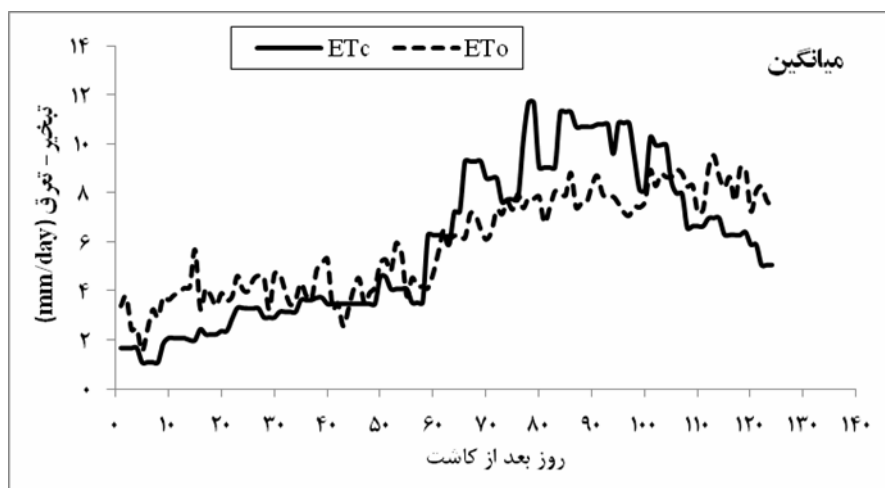
شده است. بررسی نتایج جدول (۵) نشان می‌دهد که در سال ۸۹-۱۳۸۸ مقدار ET_C برابر ۷۰۲/۱۲ میلی‌متر بوده که حدود سه درصد کمتر از میانگین دو سال است. حداکثر و حداقل نیاز آبی به ترتیب در ماه‌های خرداد و فروردین بوده که برابر با ۲۸۲/۲۳ و ۶۴/۸۲ میلی‌متر می‌باشد.

در سال ۹۰-۱۳۸۹ مقدار ET_C برابر ۷۴۶/۱۱ میلی‌متر بوده که حدود سه درصد بیشتر از میانگین دو سال است. حداکثر و حداقل نیاز آبی به ترتیب در ماه‌های خرداد و فروردین بوده که برابر با ۳۰۲/۴۸ و ۷۵/۷۹ میلی‌متر می‌باشد.

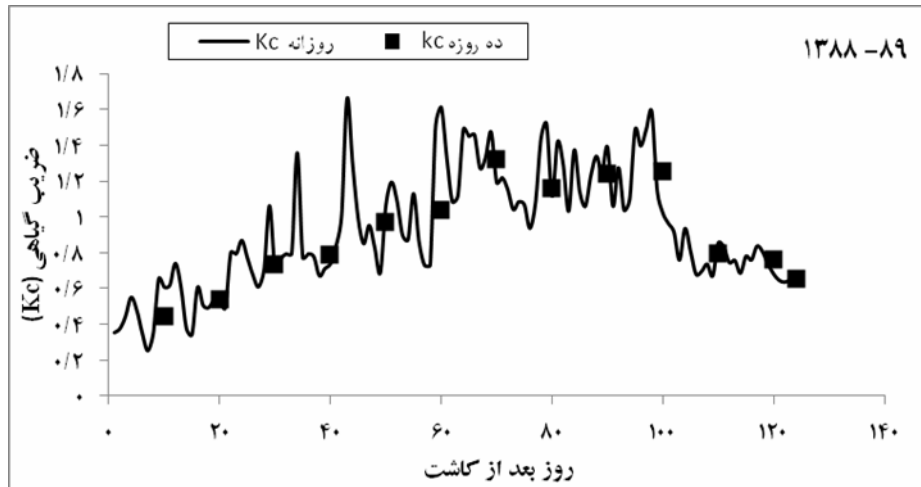
میانگین مقدار ET_C طی دو سال آزمایش ۷۲۴/۱۱ میلی‌متر به دست آمد. در ماه اول کشت به دلیل رشد کم گیاه و کوچک بودن آن سهم تبخیر بیشتر از تعرق بوده و لذا در این ماه نیاز آبی از ماه‌های دیگر کمتر است. در ماه‌های اردیبهشت و خرداد با توسعه اندام هوایی گیاه تعرق افزایش یافته و سپس در ماه آخر با کاهش فعالیت برگ‌ها (پیر شدن برگ‌ها) مجدداً تعرق و در پی آن نیاز آبی کم می‌گردد. شکل‌های (۳)، (۴) و (۵) تغییرات تبخیر- تعرق گیاه سیاه‌دانه را در طول دوره رشد به ترتیب برای سال‌های ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ و میانگین تغییرات تبخیر- تعرق در دو سال آزمایش را نشان می‌دهد.

جدول ۵- نیاز آبی ماهانه سیاه دانه (میلی متر)

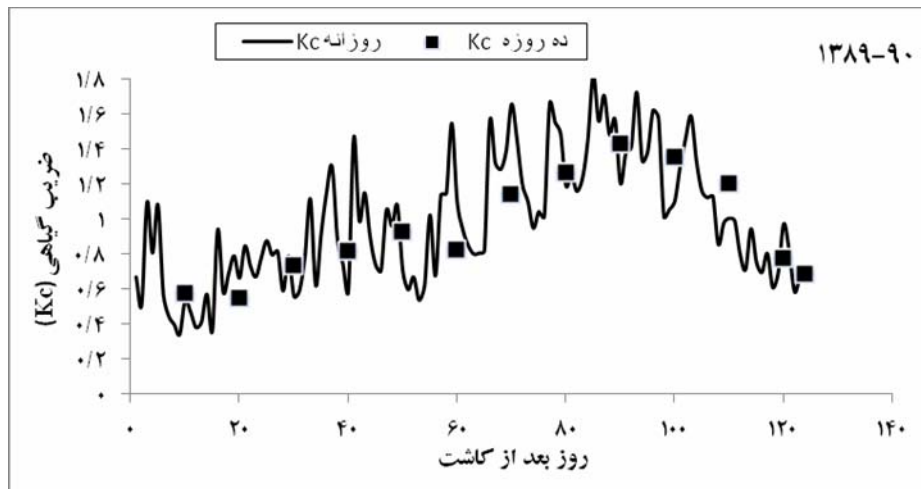
سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	جمع
۷۰۲/۱۲	۲۲۱/۸۶	۲۸۲/۲۳	۱۳۳/۲۲	۶۴/۸۲	۱۳۸۸-۸۹
۷۴۶/۱۱	۲۵۳/۸۶	۳۰۲/۴۸	۱۱۳/۹۹	۷۵/۷۹	۱۳۸۹-۹۰
۷۲۴/۱۱	۲۳۷/۸۶	۲۹۲/۳۵	۱۲۳/۶۰	۷۰/۳۰	میانگین



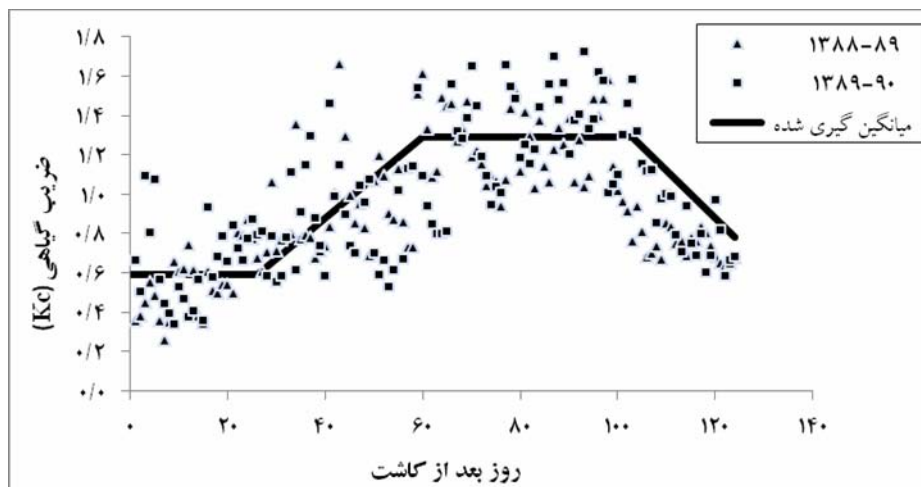
شکل ۵- میانگین تغییرات تبخیر- تعرق گیاه سیاه‌دانه (ET_C) و تبخیر- تعرق گیاه مرجع (ET_0) در طی دو سال آزمایش



شکل ۶- ضرایب گیاهی روزانه و ده روزه سیاهدانه در مراحل رشد در سال ۱۳۸۸-۸۹



شکل ۷- ضرایب گیاهی روزانه و ده روزه سیاهدانه در مراحل رشد در سال ۱۳۸۹-۹۰



شکل ۸ - ضرایب گیاهی سیاهدانه در مراحل رشد در سال‌های ۱۳۸۸-۸۹ و ۱۳۸۹-۹۰ و منحنی میانگین گیری شده

۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ به ترتیب برابر ۷۰۲/۱۲ و ۷۴۶/۱۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد و میانگین دو سال برابر ۷۲۴/۱۱ میلی‌متر به دست آمد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق مقادیر تبخیر- تعرق گیاه سیاه‌دانه (ET_C) با استفاده از نتایج لایسیمتر در سال‌های ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ و با روش بیلان آب تعیین گردید. میزان نیاز آبی سیاه‌دانه در سال های

منابع

- ۱- زارع ایبانه، ح.، قاسمی، ع.، معروفی، ص. و م. بیات ورکشی. ۱۳۸۹. تعیین نیاز آبی و ضرائب گیاهی منفرد و دوگانه سیر در اقلیم نیمه خشک سرد. مجله دانش آب و خاک، جلد ۱، شماره ۱، صفحات ۱۲۲-۱۱۱.
- ۲- شهابی فر، م.، کوچک زاده، م.، محمد زاده، م. و س. م. میرلطیفی. ۱۳۸۳. استفاده از روش های زمین آماری در تعیین نیاز آبی مجله چغندر قند، جلد ۲۰، شماره ۲، صفحات ۱۴۷-۱۳۳.
- ۳- شهابی فر، م. و م. ح. رحیمیان. ۱۳۸۶. تعیین نیاز آبی چغندر قند به روش لایسیمتری در مشهد. مجله چغندر قند، جلد ۲۳، شماره ۲، صفحات ۱۸۴-۱۷۷.
- ۴- مودی، ح. و م. راشد محصل. ۱۳۷۶. اثر تراکم گیاهی و نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد سیاه دانه. چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات.
- ۵- نادری، ن. و ا. علیزاده. ۱۳۸۶. مقایسه و اصلاح روشهای تعیین نیاز آبی. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر.
- ۶- نیازی، ج. ا.، فولادوند، ح. ر.، احمدی، س. ح. و ژ. وزیری. ۱۳۸۴. نیاز آبی و ضریب گیاهی گندم در منطقه زرقان استان فارس. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد نهم، شماره یک، صفحات ۷-۱.
- 7- Lo pez-Urrea, R. Martin de Santa Olalla, F. Montoro, A. and P. Lo pez-Fuster. 2009. Single and dual crop coefficients and water requirements for onion (*Allium cepa* L.) under semiarid conditions. *J Agricultural Water Management*. 96: 1031-1036.
- 8- Bossie, M. Tailahum, K. and T. Hordofa. 2009. Crop coefficient and evaptranspiration of onion at Awash Melkassa, Central Rift Valley of Ethiopia. *Irrig Drainage Syst.*, 23:1-10.
- 9- Doorenbos, J. and D. Pruitt .1977. Crop water requirement. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, No.24, Rome.
- 10- Li, S., Kang, S., Li, F. and L. Zhang. 2008. Evapotranspiration and crop coefficient of spring maize with plastic mulch using eddy covariance in northwest China. *Agricultural Water Management*, 95: 1214-1222.
- 11- Lo pez-Urrea, R., Martin de Santa Olalla, F., Montoro, A. and P. Lo pez-Fuster. 2009. Single and dual crop coefficients and water requirements for onion (*Allium cepa* L.) under semiarid conditions. *Agricultural Water Management*.
- 12- Miranda, F. R., Gondim, R. S. and C. A. G. Costa. 2006. Evapotranspiration and crop coefficients for tabasco pepper (*Capsicum frutescens* L.). *Agricultural Water Management*, 82: 237-246.