نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۶ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۹۸-۸۷، نیمهٔ دوم ۱۳۹۴

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 6, No. 2, 2015, p. 87-98

تعیین ضرایب گیاهی و نیاز آبی عدس به روش بیلان آبی (مطالعه موردی: خرم‌آباد)

مریم صارمی[1*]، بهمن فرهادی[2]، عباس ملکی[3] و معصومه فراستی[4]

۱- کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه
۲- استادیار آبیاری و زهکشی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه
۳- استادیار آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان
۴- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۲۰

چکیده

عدس یکی از حبوبات است که عمدتاً در استان لرستان کاشته می‌شود. علی‌رغم اینکه این محصول از نظر سطح کشت، مقام دوم را در بین حبوبات در کشور دارد ولی تاکنون نیاز آبی این محصول در استان لرستان اندازه‌گیری نشده است. هدف اصلی این مطالعه اندازه‌گیری نیاز آبی و تعیین ضرایب گیاهی برای عدس در خرم‌آباد می‌باشد. به همین منظور یک آزمایش لایسیمتری طی سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان واقع در خرم‌آباد انجام گردید. در این آزمایش عدس و چمن هرکدام در چهار میکرولایسیمتر زهکش‌دار به قطر ۴۸ و ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر کشت شدند. میزان تبخیر و تعرق عدس و چمن درون لایسیمترها با استفاده از روش بیلان آبی تعیین گردید. مقدار کل تبخیر و تعرق عدس و چمن در طول دوره رشد عدس به‌ترتیب برابر ۴۷۶ و ۵۶۸ میلی‌متر تعیین گردید. ضمناً مقدار ضریب گیاهی در طول دوره رشد براساس نسبت تبخیر و تعرق عدس به تبخیر و تعرق چمن محاسبه گردید. میانگین ضریب گیاهی عدس در چهار مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی به‌ترتیب ۰/۴۵، ۰/۸۹، ۱/۱۹ و ۰/۵۶ به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: رطوبت خاک، رقم گچساران، مدیریت آبیاری، مراحل رشد

مقدمه

در کشور ایران با متوسط ریزش‌های آسمانی ۲۵۲ میلی‌متر در سال و شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک، استفاده بهینه از منابع محدود آب، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نیاز آبی گیاهان یکی از بخش‌های مهم سیکل هیدرولوژی است که تخمین دقیق آن برای مطالعات بیلان آبی، تأسیسات آبی، مدیریت و طراحی سیستم‌های نوین آبیاری و مدیریت منابع آب مورد نیاز می‌باشد. بنابراین به‌دست آوردن میزان تبخیر- تعرق برای هر پوشش گیاهی امری بسیار ضروری است. شناخت رفتار و خصوصیات پوشش گیاهی غیرمرجع در مقایسه با پوشش گیاهی مرجع (چمن)، اولین قدم در برآورد تبخیر- تعرق گیاهان زراعی است. ضریب گیاهی بیان‌کننده اثرات پوشش گیاهی و رطوبت خاک گیاه غیرمرجع نسبت به گیاه مرجع است (Doorenbos & Prutt, 1977). به‌عبارتی ضریب گیاهی تفاوت تبخیر و تعرق گیاهان و سطح مرجع چمن را توصیف می‌کند. این تفاوت می‌تواند در یک ضریب یک جزئی تلفیق شده یا به‌صورت دو ضریب جداگانه که تفاوت دو جزء تبخیر و تعرق دو سطح را بیان کرده، نشان داده شود. انتخاب روش، به اهداف محاسباتی، دقت مورد نظر، داده‌های اقلیمی در دسترس و دوره زمانی مورد نظر بستگی دارد. در روش ضریب گیاهی یک جزئی، اثر تعرق گیاه و تبخیر از خاک سطحی به‌صورت یک ضریب گیاهی نشان داده می‌شود و در واقع میانگین تبخیر از خاک و تعرق گیاهان را نشان می‌دهد. این روش برای مدیریت آبیاری معمول معتبر است. در روش ضریب گیاهی دو جزئی، تعرق گیاهان و تبخیر از سطح خاک به‌طور جداگانه بررسی و تعیین می‌شوند. در این روش از ضریب گیاهی پایه برای توصیف فرآیند تعرق گیاه و از ضریب تبخیر برای توصیف فرآیند تبخیر از سطح خاک استفاده می‌شود (Allen *et al.,* 1998). ضریب گیاهی به‌طور عمده به ویژگی‌های گیاه و به‌طور محدودتر، به اقلیم بستگی دارد و همین ویژگی موجب به‌کارگیری ضرایب گیاهی استاندارد در مناطق و اقلیم‌های گوناگون و پذیرش آن به‌عنوان شاخصی

*نویسنده مسئول: کرمانشاه، بزرگراه امام خمینی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، گروه مهندسی آب
همراه: ۰۹۳۶۷۱۱۴۸۸۲؛ m.saremi2008@gmail.com

مهم در محاسبات مربوط به نیاز آبی گیاهان شده است (Grattan *et al.,* 1998).

تبخیر- تعرق واقعی گیاه را می‌توان با اندازه‌گیری پیوسته تغییرات آب خاک با استفاده از لایسیمتر و براساس بیلان آب در خاک اندازه‌گیری نمود. این پارامتر را می‌توان با ضرب تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع در ضریب گیاهی نیز برآورد کرد. علی‌رغم اینکه مطالعات متعددی در خصوص تعیین ضریب گیاهی براساس نتایج لایسیمتری انجام شده است اما در خصوص محصول عدس مطالعات انجام شده بسیار محدود بوده است. براساس بانک اطلاعاتی همراه نرم افزار Agwat طول مراحل چهارگانه رشد عدس در خرم‌آباد به‌ترتیب ۲۵، ۳۴، ۳۵ و ۱۷ روز و ضریب گیاهی در مراحل آغازین، میانی و پایانی به‌ترتیب ۰/۱۵، ۱/۰۵ و ۰/۲۰ در نظر گرفته شده است.

با در نظر گرفتن اطلاعات هواشناسی ناحیه تحت آبیاری سیکتا در هند، ضرایب گیاهی عدس برای مراحل آغازین، میانی و پایانی به‌ترتیب ۰/۴، ۱/۰ و ۰/۲۳ برآورد شد (Paudel & Pandey, 2013). اگرچه در خصوص نیاز آبی عدس در ایران مطالعه‌ای صورت نگرفته است اما در مورد تعیین نیاز آبی برخی از گیاهان مطالعات زیادی وجود دارد، لذا در ادامه به برخی از مقالات ارائه شده در خصوص برآورد نیاز آبی سایر محصولات پرداخته می‌شود. در تحقیقی در سال‌های ۸۷-۱۳۸۶ در مجتمع تحقیقاتی البرز، واقع در جنوب شهرستان البرز کرج ضرایب گیاهی چهارگانه رشد شامل مرحله اولیه، توسعه، میانی و انتهایی به‌ترتیب برابر با ۰/۱۶، ۰/۴۵، ۱/۰۵ و ۰/۸۱ و مقدار خالص آب آبیاری مورد نیاز گیاه بومادران معادل ۱۴۹/۷۲ میلی‌متر برآورد گردید (Sharifi Ashoorabadi *et al.,* 2012). در سال‌های ۹۰-۱۳۸۹ در پژوهشی در مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان کرمانشاه واقع در دشت ماهیدشت به روش لایسیمتری، مقدار متوسط تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع و تبخیر و تعرق ذرت در طول فصول رشد به‌ترتیب برابر با ۹۱۳ و ۷۴۳ میلی‌متر اندازه‌گیری و میزان متوسط ضریب گیاهی ذرت برای مراحل ابتدایی، میانی و نهایی به‌ترتیب برابر با ۰/۵، ۱/۲۲ و ۰/۸۹ به‌دست آمد (Bafkar *et al.,* 2013). به منظور ارزیابی ضریب گیاهی دو جزئی در تعیین مقدار تبخیر- تعرق واقعی آزمایشی بر روی گندم پاییزه و ذرت در شمال چین با استفاده از لایسیمترهای وزنی صورت گرفت، در نهایت با استفاده از داده‌های لایسیمتری ضریب گیاهی در مراحل مختلف رشد برای گندم به‌ترتیب ۰/۸، ۱/۱۵، ۱/۲۵ و ۰/۹۵ و برای ذرت ۰/۹، ۰/۹۵، ۱/۲۵ و ۱ تخمین زده شد (Liu & Luo, 2010). طی دو سال ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ با هدف تعیین تبخیر- تعرق و ضریب گیاهی پنبه آزمایشی در اراضی نیمه خشک برزیل انجام شد. در این تحقیق محصول پنبه با استفاده از یک سیستم آبیاری بارانی با ضریب یکنواختی ۸۴/۷ درصد، سه تا چهار بار در هفته آبیاری شد. تبخیر و تعرق روزانه پنبه با اندازه‌گیری درجه حرارت هوا، شیب فشار بخار آب، تابش خالص و شار حرارتی خاک در لایه‌های نزدیک سطح بالاتر از سطح تبخیر و با استفاده از روش توازن انرژی (BREB) و تبخیر و تعرق روزانه گیاه مرجع براساس داده‌های هواشناسی جمع‌آوری شده از ایستگاه هواشناسی با روش فائو ۵۶ به‌دست آمد. در نهایت مقدار متوسط تبخیر- تعرق پنبه ۷۳۵ میلی‌متر اندازه‌گیری و مقدار متوسط ضریب گیاهی برای مراحل اولیه، میانی و پایانی به‌ترتیب برابر با ۰/۷۵، ۱/۰۹ و ۰/۸ به‌دست آمد (Bezerra *et al.,* 2012).

در منطقه نیمه خشک ایران (مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی شهرستان کرمانشاه)، تحقیقی به منظور تعیین ضریب گیاهی گشنیز صورت گرفت. در این تحقیق برای محاسبه تبخیر- تعرق پتانسیل از معادله پنمن- مانتیث و برای اندازه‌گیری تبخیر-تعرق واقعی از معادله بیلان آبی استفاده گردید. در نهایت طی دو سال آزمایش مقادیر ضرایب گیاهی در چهار مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی به‌ترتیب ۰/۶۶، ۱/۱۹، ۱/۳۶ و ۰/۹۸ به‌دست آمد (Ghamarnia *et al.,* 2013).

در بین حبوبات، عدس دارای مواد پروتئینی با ارزشی است که به‌عنوان مکمل غذایی در الگوی تغذیه‌ای انسان جایگاه ویژه‌ای دارد (Anjam *et al.,* 2005; Rubeena *et al.,* 2003). سطح زیر کشت عدس در سال ۱۳۹۲ در ایران ۱۵۵۷۰۰ هکتار و تولید آن ۸۰۰۰۰ تن می‌باشد و پس از نخود و لوبیا رتبه سوم را در بین حبوبات دارا می‌باشد. آذربایجان شرقی، اردبیل، فارس، لرستان و زنجان مهم‌ترین مراکز تولید عدس در ایران می‌باشند (Ministry of Agricultural, 2013). با توجه به ارزش غذایی عدس و اهمیت کشت آن در استان لرستان و نیز با توجه به اینکه در مورد نیاز آبی این گیاه و به‌ویژه ضرایب گیاهی آن در مراحل مختلف رشد در منطقه مورد بررسی، تحقیقی صورت نگرفته است، این آزمایش با هدف تعیین ضرایب گیاهی عدس در خرم‌آباد با استفاده از روش بیلان آبی در میکرولایسیمترهای زهکش‌دار طی سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان واقع در خرم‌آباد به مختصات جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه طول

شرقی با ارتفاع ۱۱۴۸ متر از سطح دریا انجام گردید. این منطقه براساس طبقه‌بندی آمبروژه دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد است (Lashnizand *et al.*, 2011). جهت به‌دست آوردن تبخیر- تعرق واقعی عدس و تبخیر- تعرق مرجع چمن و در نهایت محاسبه ضریب گیاهی عدس، هشت دستگاه میکرولایسیمتر زهکش‌دار در منطقه مورد مطالعه قرار داده شد. عدس و چمن هرکدام در چهار میکرولایسیمتر (به‌عنوان چهار تکرار) کشت گردیدند. میکرولایسیمترها به شکل استوانه و از جنس پلی‌اتیلن ضخیم بودند که طول و قطر آن‌ها به‌ترتیب برابر ۸۰ و ۴۸ سانتی‌متر بود. اولین و ضروری‌ترین مورد قابل پیش‌بینی در هر میکرولایسیمتر، تهیه و نصب لوله زهکش در بخش تحتانی آن جهت خروج آب‌های اضافی و تداعی شرایط نفوذ عمقی در حین عملیات آبیاری می‌باشد. بدین منظور از لوله پلاستیکی با قطر پنج سانتی‌متر استفاده گردید که در مرکز و کف میکرولایسیمترها ایجاد شده و به ظرف جمع‌آوری آب هدایت می‌شد. میکرولایسیمترها در دو ردیف، به فاصله یک‌متر از یکدیگر قرار داده شدند. به منظور جلوگیری از ورود ذرات خاک و شستشوی آن توسط جریان آب به درون لوله‌های زهکش استفاده از صافی یا فیلتر مناسب در کف میکرولایسیمتر امری ضروری است؛ به همین دلیل در کف میکرولایسیمترها به ضخامت حدود ۱۵ سانتی‌متر شن ریخته شد، سپس میکرولایسیمترها با خاک زراعی از همان مزرعه و با در نظر گرفتن ترتیب لایه‌های پروفیل خاک همراه با کود حیوانی پر و در چندین نوبت فشرده شدند. جهت تحکیم خاک قبل از کشت، چندین نوبت خاک داخل میکرولایسیمترها آبیاری شده و پس از نشست کامل مجدداً تا سطح مورد نظر با خاک پر شدند. جهت جلوگیری از تابش مستقیم خورشید و برقراری شرایطی مشابه شرایط مزرعه از لحاظ گرمایی، از عایق پشم شیشه با روکش آلومینیوم مسلح پلی‌اتیلن‌دار به ضخامت ۲۵ میلی‌متر و دانسیته ۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب به‌عنوان پوشش میکرولایسیمترها استفاده گردید. قبل از کاشت به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی از خاک درون لایسیمترها نمونه‌برداری شد. نتایج مربوط به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک داخل لایسیمترها تا عمق ۶۰ سانتی‌متری در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک درون لایسیمترها

Table 1. Physical properties of the soil in the lysimeters

جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Bulk density ($gr.cm^{-3}$)	نقطه پژمردگی (درصد وزنی) Wilting point (% Weight)	ظرفیت زراعی (درصد وزنی) Field capacity (% Weight)	عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)
1.29	17.70	29.00	0 - 20
1.29	20.22	28.18	20 - 40
1.29	19.80	22.79	40 - 60
1.29	19.24	26.66	میانگین Average

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی خاک درون لایسیمترها

Table 2. Chemical properties of soil in the lysimeters

پتاسیم قابل جذب (یک قسمت در میلیون) Absorbable potassium (ppm)	فسفر قابل جذب (یک قسمت در میلیون) Absorbable phosphorus (ppm)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (٪)	آهک (درصد) Lime (٪)	قلیائیت (-) pH (-)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Electrical conductivity ($ds.m^{-1}$)	عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)
330	3.3	0.53	37.1	7.5	0.95	0 - 60

بذر گیاه عدس از نوع رقم گچساران پس از کنترل از نظر صحت و سلامت و سم‌زدایی شدن، در ۲۶ اسفند در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ درون چهار دستگاه میکرولایسیمتر به‌صورت دستی کاشته شد. فواصل ردیف‌های کاشت پنج سانتی‌متر، فاصله بوته‌ها در هر ردیف دو سانتی‌متر و عمق کاشت پنج سانتی‌متر بود، در نتیجه تراکم کشت حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ بوته در هر متر مربع می‌باشد. به‌منظور اندازه‌گیری تبخیر و تعرق گیاه مرجع بذر چمن رقم اسپرت هلندی[1] نیز با کود حیوانی مخلوط و در سطح چهار دستگاه میکرولایسیمتر پاشیده شد.

[1] Barenbrug

اولین آبیاری در هنگام کاشت بذرهای عدس و چمن صورت گرفت. آبیاری‌های بعدی زمانی اعمال می‌شدند که گیاهان دچار تنش رطوبتی نشوند. به همین منظور حداکثر کمبود رطوبتی مجاز خاک ۳۰ درصد در نظر گرفته شد. بدین منظور رطوبت قبل از آبیاری تعیین شده و با محاسبه اختلاف این میزان و حد ظرفیت زراعی، نیاز آبیاری تعیین می‌شد. البته از آنجا که میکرولایسیمتر یک محیط کنترل شده و به سادگی قابل زهکشی بود همواره سعی می‌شد حجمی بیش از این میزان برای آبیاری در نظر گرفته شود به‌طوری‌که حداکثر ۱۰ درصد زه آب ایجاد شود. در نهایت عمق آب آبیاری (I) با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید.

$$I = (\theta_{fc} - \theta_m) \times D \qquad (۱)$$

که در آن، θ_{fc}: رطوبت حجمی ظرفیت زراعی خاک (درصد)، θ_m: رطوبت حجمی اندازه‌گیری شده خاک قبل از آبیاری (درصد)، I: عمق آب آبیاری (میلی‌متر)، D: عمق توسعه ریشه (میلی‌متر) می‌باشد.

زه آب خروجی نیز قبل از هر آبیاری توسط ظروفی که در محل خروجی لوله زهکش نصب شده بود اندازه‌گیری و حجم آن با استفاده از استوانه مدرج تعیین می‌شد.

برای اندازه‌گیری رطوبت خاک از حسگرهای اندازه‌گیری رطوبت خاک که توسط گروه پژوهشی آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران تحت عنوان تجاری IDRG[1] ساخته شده است استفاده گردید. بدین منظور در ابتدا دستگاه برای خاک مزرعه کالیبره شد سپس سنسورهای رطوبت‌سنج داخل میکرولایسیمترها قرار داده شده و اطراف سنسورها به‌طور کامل از خاک پوشیده شد. کابل سنسورها از میکرولایسیمترها بیرون قرار داده شده و با وصل کردن سنسور به دستگاه، رطوبت خاک قرائت و یادداشت می‌شد. قرائت دستگاه قبل از آبیاری انجام می‌گرفت.

برای تأمین کامل نیازهای غذایی گیاه و افزایش حاصلخیزی خاک کود ازت، فسفات و پتاس و همچنین کود حیوانی در طول فصل رشد مصرف شد. همچنین برای کنترل علف‌های هرز در طی فصل رشد به دفعات لازم وجین دستی انجام گرفت. برای هریک از میکرولایسیمترها میزان تبخیر- تعرق عدس و چمن بین هر دو نوبت آبیاری متوالی در طول فصل زراعی با استفاده از رابطه بیلان آب خاک به‌صورت زیر محاسبه شد.

$$ET = I + R - d \pm \Delta w \qquad (۲)$$

که در آن، ET: تبخیر- تعرق واقعی یا مرجع در فاصله اندازه‌گیری رطوبت خاک در میکرولایسیمتر (میلی‌متر)، I: مقدار آب آبیاری (میلی‌متر)، R: ارتفاع بارندگی (میلی‌متر)، d: مقدار آب زهکشی (میلی‌متر)، Δw: تغییرات رطوبت خاک در فاصله اندازه‌گیری رطوبت خاک (میلی‌متر) می‌باشد.

مقدار آب آبیاری و زهکشی با تقسیم حجم آب آبیاری و زهکشی بر مساحت میکرولایسیمترها به‌دست آمد. مقدار بارندگی روزانه در طول فصل رشد از ایستگاه هواشناسی واقع در مجاورت دانشکده کشاورزی اخذ گردید و تغییرات رطوبت خاک در فواصل بین دو آبیاری با دستگاه رطوبت‌سنج IDRG اندازه‌گیری شد. در نهایت مقادیر تبخیر- تعرق به‌دست آمده را بر فاصله‌ی بین دو آبیاری متوالی (دور آبیاری) تقسیم کرده و به این ترتیب مقدار تبخیر- تعرق روزانه‌ی گیاه عدس و چمن محاسبه شد.

برداشت عدس نیز قبل از خشک شدن کامل در تاریخ اول تیرماه ۱۳۹۲ به‌صورت دستی انجام گرفت. در طول دوره رشد با بازدیدهای منظم و یادداشت‌برداری‌های مستمر صفاتی از قبیل درصد سبز شدن و تفکیک مراحل چهارگانه رشد (ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی) اندازه‌گیری شد. مراحل چهارگانه رشد گیاه با توجه به تعریف این مراحل در نشریه شماره ۵۶ سازمان خواروبار و کشاورزی سازمان ملل متحد (Allen *et al.*, 1998) تعیین گردید. مرحله ابتدایی از تاریخ کاشت بذر شروع و تا زمان وقوع پوشش گیاهی ۱۰ درصدی در مزرعه که معمولاً با ۲ تا ۳ برگی شدن گیاه همراه است ادامه دارد. مرحله توسعه از زمان پوشش ۱۰ درصدی مزرعه تا شروع گل‌دهی در نظر گرفته شد. مرحله میانی از آغاز گل‌دهی تا آغاز رسیدن محصول که با پلاسیدن و ریزش برگ همراه است و مرحله پایانی از انتهای مرحله میانی تا زمان رسیدن فیزیولوژیکی کامل در نظر گرفته شد. ضریب گیاهی منفرد عدس برای هرکدام از میکرولایسیمترها در هریک از مراحل رشد از تقسیم تبخیر- تعرق گیاه عدس بر متوسط تبخیر- تعرق چمن حاصل از چهار لایسیمتر، در هر روز با استفاده از رابطه (۳) به‌دست آمد (Allen *et al.*, 1998).

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \qquad (۳)$$

در رابطه فوق ET_C و ET_O به‌ترتیب تبخیر- تعرق گیاه عدس و گیاه چمن (میلی‌متر) می‌باشند و K_C نیز ضریب گیاهی عدس (بدون واحد) می‌باشد. با توجه به اینکه یکی از اهداف این مطالعه استفاده از ضرایب به‌دست آمده در نرم‌افزارهایی از قبیل CROPWAT و AGWAT می‌باشد، منحنی ضریب گیاهی عدس مطابق با روش ارائه شده در نشریه

[1] Irrigation & Drainage Research Group

فائو ۵۶ (Allen *et al.,* 1998) تهیه گردید. تبخیر و تعرق مرجع در طی پژوهش توسط نرم‌افزارهای REF-ET، CROPWAT و AGWAT با مشخص بودن موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) و با استفاده از پارامترهای هواشناسی شامل دمای ماکزیمم و مینیمم، رطوبت نسبی ماکزیمم و مینیمم، سرعت باد و ساعات آفتابی که همزمان با اندازه‌گیری تبخیر و تعرق چمن با استفاده از لایسیمترها، از ایستگاه سینوپتیک واقع در فرودگاه خرم‌آباد اخذ شده بود، محاسبه گردید. در نهایت مقادیر ضریب گیاهی و تبخیر- تعرق به‌دست آمده از لایسیمترها در مراحل چهارگانه رشد برای چهار تکرار با استفاده از نرم افزار MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تبخیر- تعرق گیاه به‌دست آمده از لایسیمترها و متوسط تبخیر- تعرق چمن اندازه‌گیری شده از چهار لایسیمتر و ضرایب گیاهی محاسبه شده در دوره‌های ۱۰ روزه طی دوره رشد گیاه عدس در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به این جدول، مقدار نیاز آبی عدس در مرحله ابتدایی به دلیل رشد کم و کوچک بودن گیاه، پایین بوده و سپس در مرحله توسعه افزایش یافته است. در مرحله میانی به دلیل توسعه اندام هوایی گیاه و پر شدن دانه‌ها نیاز آبی به حداکثر مقدار خود رسیده و به‌تدریج در مرحله پایانی روندی کاهشی داشته است که این روند با نتایج تحقیقات قبلی در مورد سایر محصولات همسو است. در تحقیقات Sharifi Ashoorabadi *et al*, (2012) نیز روندی مشابه طی شده به‌طوری‌که نیاز آبی در مرحله‌ی میانی بیشترین مقدار را داشته است.

متوسط مقادیر حداقل و حداکثر نیاز آبی ۱۰ روزه گیاه به‌ترتیب ۱۷/۰۲ و ۸۸/۴۶ میلی‌متر در ۱۰ روز بود (جدول ۳). براساس نتایج بیلان آب خاک به‌دست آمده در این دوره، مقدار تبخیر- تعرق واقعی گیاه عدس ۴۷۶/۳۳ میلی‌متر برآورد گردید. از طرف دیگر میزان تبخیر- تعرق مرجع محاسبه شده در این مدت ۵۶۷/۷۳ میلی‌متر به‌دست آمد. چنانچه در جدول ۳ دیده می‌شود به‌طور کلی در طول دوره رشد با گرم‌تر شدن هوا و نزدیک شدن به فصل تابستان، تبخیر- تعرق مرجع مطابق انتظار روندی صعودی دارد. این روند صعودی به دلیل بلندبودن طول روز، افزایش دمای هوا و کاهش رطوبت نسبی می‌باشد. به‌طور کلی روند تغییرات نیاز آبی گیاه مرجع در طی پژوهش با نتایج تحقیقات Bafkar *et al*, (2013) و Ghamarnia *et al*, (2013) همخوانی دارد.

جدول ۳- متوسط تبخیر و تعرق چمن (ETo) و عدس (ETc) بر حسب میلی‌متر و ضرایب گیاهی (Kc) ۱۰ روزه عدس

Table 3. Average of grass (ETo) and lentil evapotranspiration (ETc) in millimeters and 10-days lentil crop coefficient

متوسط (عدس) Average (Lentil)		لایسیمتر ۴ (عدس) Lysimeter 4 (Lentil)		لایسیمتر ۳ (عدس) Lysimeter 3 (Lentil)		لایسیمتر ۲ (عدس) Lysimeter 2 (Lentil)		لایسیمتر ۱ (عدس) Lysimeter 1 (Lentil)		متوسط (چمن) Average (Grass)	تاریخ Date		
Kc	ETc	Kc	ETc	Kc	ETc	Kc	ETc	Kc	ETc	ETo	پایان End	شروع Start	دهه Decade
0.47	17.02	0.53	19.24	0.55	20.19	0.36	13.19	0.42	15.47	36.83	92/1/6 2013/3/26	91/12/27 2013/3/17	1
0.47	21.53	0.48	22.07	0.38	17.35	0.53	24.39	0.48	22.30	46.52	92/1/16 2013/4/5	92/1/7 2013/3/27	2
0.85	39.25	0.81	37.70	0.86	39.88	0.93	42.67	0.79	36.76	47.17	92/1/26 2013/4/15	92/1/17 2013/4/6	3
0.91	42.50	0.92	43.25	0.94	44.10	0.86	40.26	0.90	42.39	46.65	92/2/5 2013/4/25	92/1/27 2013/4/16	4
1.15	58.69	1.14	58.08	1.14	58.21	1.17	60.83	1.13	57.64	51.64	92/2/15 2013/5/5	92/2/6 2013/4/26	5
1.31	79.58	1.41	85.15	1.35	81.44	1.24	76.83	1.23	74.88	61.18	92/2/25 2013/5/15	92/2/16 2013/5/6	6
1.18	88.46	1.17	87.04	1.16	86.86	1.21	90.76	1.20	89.17	74.15	92/3/4 2013/5/25	92/2/26 2013/5/16	7
0.78	56.32	0.75	54.33	0.87	62.06	0.76	55.11	0.74	53.78	73.32	92/3/14 2013/6/4	92/3/5 2013/5/26	8
0.55	43.68	0.53	42.05	0.52	41.10	0.58	45.76	0.58	45.80	78.77	92/3/24 2013/6/14	92/3/15 2013/6/5	9

0.57	29.31	0.57	29.61	0.58	29.68	0.57	29.12	0.56	28.80	51.49	92/3/30 2013/6/20	92/3/25 2013/6/15	*10
	476.33		478.52		480.87		478.93		467	567.73			جمع Total

*۶ روز

در جدول ۴ تاریخ و طول مراحل رشد در طی انجام پژوهش و همچنین ضرایب گیاهی چهار مرحله رشد برای چهار میکرو لایسیمتر و میانگین آن‌ها ارائه شده است. چنانچه در جداول ۳ و ۴ مشاهده می‌شود، در دوره اولیه رشد (دو دهه اول) به دلیل کوچک بودن گیاه و نیاز کم آن به آب، میزان ضریب گیاهی پایین می‌باشد. مقدار ضریب گیاهی در این مرحله بیشتر تحت تأثیر توان تبخیرکنندگی اتمسفر (کمبود فشار بخار در دمای واقعی هوا و در نتیجه ETo) است (Allen *et al.,* 1998) که با توجه به پایین بودن میزان تبخیر- تعرق، کوچک است. در دوره میانی رشد (دهه‌های پنجم، ششم و هفتم)، ضریب گیاهی نه تنها تابع شرایط اقلیمی است، بلکه ارتفاع گیاه نیز در آن تأثیر دارد (Allen *et al.,* 1998) و لذا با رشد گیاه و افزایش ارتفاع آن میزان تبخیر- تعرق و در نتیجه ضریب گیاهی در این دوره هم بالا رفت، اما در خصوص ضریب گیاهی دوره انتهایی رشد (سه دهه‌ی آخر) باید گفت که اثر مدیریت آبیاری و عملیات زراعی در این مقدار، گنجانده شده است (Allen *et al.,* 1998). از آنجا که گیاه تا زمانی نزدیک به برداشت آبیاری شد، لایه خاک سطحی مرطوب بوده و علاوه بر تعرق، تبخیر هم در تعیین نیاز آبی مؤثر بود و به دلیل بالابودن تبخیر- تعرق برای مقدار ضریب گیاهی مرحله پایانی، عدد بالایی حاصل شد. در تحقیقات Paudel & Pandey (2013); Bafkar *et al*, (2013) Liu & Luo (2010); Bezerra *et al*, (2012); و Sharifi Ashoorabadi *et al*, (2012) نیز مقدار این ضریب در مرحله ابتدایی پایین بوده، سپس به‌تدریج افزایش یافته و در مرحله میانی به حداکثر خود رسیده و در مرحله پایانی روندی کاهشی داشته است.

جدول ۴- طول مراحل رشد و متوسط ضرایب گیاهی (K_C) در هر مرحله

Table 4. Stage length and average of crop coefficient (Kc) in each growth stage

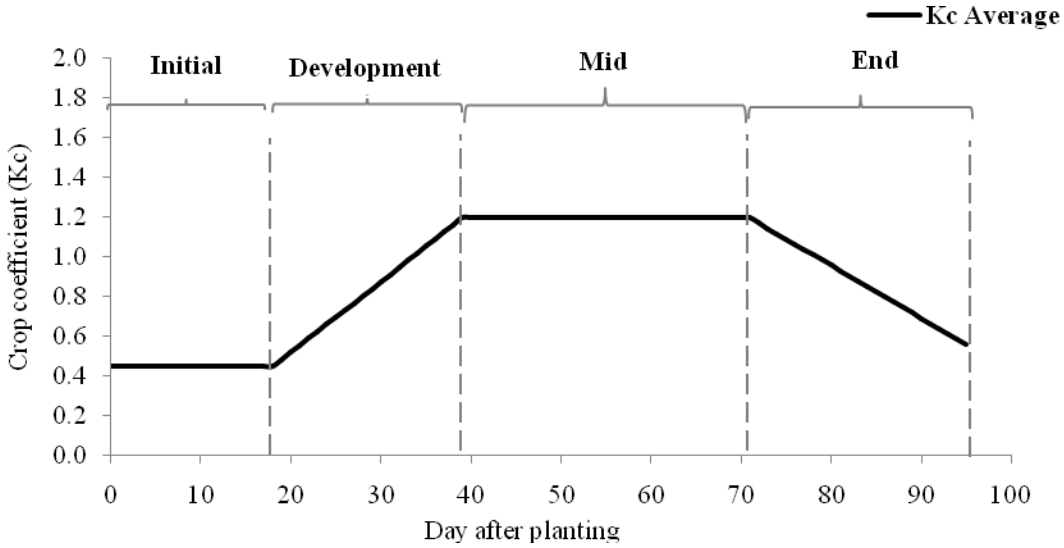
مراحل رشد Growth stages	تاریخ Date		طول دوره (روز) Stage length (Day)	(K_C)				
	شروع Start	پایان End		لایسیمتر ۱ Lysimeter 1	لایسیمتر ۲ Lysimeter 2	لایسیمتر ۳ Lysimeter 3	لایسیمتر ۴ Lysimeter 4	متوسط Average
اولیه Initial	91/12/27 2013/3/17	92/1/15 2013/4/4	19	0.43	0.41	0.46	0.49	0.45
توسعه Development	92/1/16 2013/4/5	92/2/4 2013/4/24	20	0.88	0.94	0.82	0.91	0.89
میانی Mid	92/2/5 2013/4/25	92/3/6 2013/5/27	33	1.17	1.18	1.20	1.22	1.19
پایانی End	92/3/7 2013/5/28	92/3/30 2013/6/20	24	0.62	0.58	0.61	0.65	0.61

برای تعیین ضریب گیاهی و استفاده از آن جهت تبدیل تبخیر- تعرق گیاه مرجع به تبخیر- تعرق گیاه مورد نظر براساس روش پیشنهادی FAO برای دوره رویش گیاه منحنی تغییرات ضریب گیاهی رسم می‌شود تا در هر مرحله از رشد ضریبی متناسب با همان مرحله اعمال شود. برای رسم این منحنی در مراحل اولیه و میانی از روش میانگین‌گیری استفاده می‌شود، به گونه‌ای که برای این دو مرحله از رشد میانگین ضرایب گیاهی در نظر گرفته می‌شود. تغییرات ضریب گیاهی در مراحل توسعه و پایانی با توجه به مقدار ضریب گیاهی به‌دست آمده در ابتدا و انتهای هر مرحله از رشد و در نهایت با به‌دست آوردن معادله خط قابل ترسیم است. ضریب گیاهی ارائه شده در نشریه فائو ۵۶ در مرحله پایانی نیز مربوط به آخرین روز از دوره رشد می‌باشد.

منحنی ضریب گیاهی عدس مطابق با روش ارائه شده در نشریه فائو ۵۶ در شکل ۱ آورده شده است.

سازمان فائو با تقسیم دوره رشد این گیاه به سه مرحله ابتدایی، میانی و انتهایی مقادیر ضرایب گیاهی را برای اقلیم نیمه مرطوب (میانگین روزانه حداقل رطوبت نسبی ۴۵ درصد و

باد آرام تا ملایم با میانگین ۲ متر بر ثانیه)، به‌ترتیب ۰/۴، ۱/۱ و ۰/۳ ارائه کرده است. میانگین ضریب گیاهی به‌دست آمده از این پژوهش برای مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی در جدول ۵ آورده شده است. این مقادیر در مراحل اولیه و میانی با مقادیر پیشنهادی فائو و تحقیقات (Paudel & Pandey, 2013) در هند تقریباً مطابقت دارد، اما در مرحله پایانی این اختلاف زیاد است. علت بزرگ بودن ضریب گیاهی در این دوره را می‌توان آبیاری تا زمان نزدیک به برداشت محصول و برداشت زود هنگام گیاه قبل از خشک شدن کامل بیان نمود.



شکل ۱- منحنی ضریب گیاهی عدس تعیین شده در مطالعه کنونی
Fig. 1. Lentil crop coefficient curve determined in the current study

Ghamarnia *et al*, (2013) نیز دلیل بالابودن ضریب گیاهی گشنیز در مرحله پایانی رشد را برداشت زود هنگام گیاه قبل از خشک شدن برای جلوگیری از هدر رفتن میزان روغن و اسانس دانه‌ها عنوان کردند. به‌طور کلی بیشتر بودن ضرایب گیاهی به‌دست آمده در مقایسه با مقادیر فائو با توجه به اینکه خرم‌آباد دارای اقلیم نیمه خشک سرد است و لذا تبخیر و تعرق در این منطقه زیاد است، منطقی به نظر می‌رسد و می‌توان از نتایج آن برای برنامه‌ریزی‌های آبیاری و نیاز آبی گیاه استفاده نمود. همچنین با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۵ مقدار ضریب گیاهی پیشنهادی براساس بانک اطلاعاتی موجود در نرم افزار AGWAT در مرحله ابتدایی و پایانی کمتر از نتایج به‌دست آمده از این پژوهش است، اما مقدار این ضریب در مرحله میانی با نتایج به‌دست آمده از پژوهش همخوانی دارد. در جدول ۶ تبخیر و تعرق چمن (ETo) به‌دست آمده از لایسیمترها در طی این پژوهش با نرم افزارهای REF-ET، CROPWAT و AGWAT مقایسه شده است. براساس این جدول، تبخیر و تعرق گیاه مرجع توسط نرم‌افزارهای REF-ET و CROPWAT با نتایج ETo به‌دست آمده از لایسیمترها تقریباً همخوانی دارد. از طرفی مقدار تبخیر و تعرق مرجع محاسبه شده توسط نرم افزار AGWAT از مقادیر به‌دست آمده توسط لایسیمترها کمتر است و لذا می‌توان گفت به‌طورکلی مقادیر نیاز آبی و ضریب گیاهی عدس برآورد شده توسط این نرم افزار نیز کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده توسط لایسیمتر است (نیاز آبی برآورد شده عدس توسط AGWAT، ۳۰۱ میلی‌متر). لازم به ذکر است که طول دوره رشد در این پژوهش با طول دوره رشد در نرم افزار AGWAT کاملاً متفاوت است. همچنین ضریب گیاهی به‌کار برده شده در این نرم افزار با توجه به اینکه این ضریب تابع اقلیم است و تاکنون هیچ مطالعه میدانی در خصوص برآورد ضریب گیاهی عدس در ایران انجام نشده جای تأمل دارد. به‌طور کلی اطلاعات موجود در نرم‌افزار AGWAT براساس یک سری فرضیات است که به‌طور میانگین برای کل دنیا به‌دست آمده و با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، اطلاعات به‌دست آمده از این نرم‌افزار با منطقه لرستان (شهرستان خرم‌آباد) هم‌خوانی ندارد و این عوامل می‌توانند دلیلی بر متفاوت بودن نتایج تحقیق حاضر با نرم افزار ذکر شده باشند.

اثر تکرار و تیمارهای مختلف (مراحل مختلف رشد) بر تبخیر و تعرق و ضرایب گیاهی به‌دست آمده از لایسیمترها در

جدول ۷ آورده شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف (مراحل چهارگانه رشد) از نظر نیاز آبی عدس، ضریب گیاهی و تبخیر و تعرق چمن اختلاف معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) وجود دارد، از طرفی نیاز آبی عدس، ضریب گیاهی و تبخیر و تعرق چمن تحت تأثیر تکرارهای مختلف اختلاف معنی‌داری از خود نشان نداد.

جدول ۵- مقایسه ضرایب گیاهی عدس به‌دست آمده در مطالعه کنونی با مقادیر FAO 56 و نرم افزار AGWAT

Table 5. Comparison of determined lentil crop coefficients in the current study with FAO 56 and AGWAT software

	مرحله رشد Growth stage			
	اولیه Initial	توسعه Development	میانی Mid	پایانی End
مطالعه کنونی Current study	0.45	0.89	1.19	0.56
فائو 56 FAO 56	0.4	-	1.1	0.3
نرم افزار AGWAT AGWAT package	0.15	-	1.05	0.2

جدول ۶- مقایسه تبخیر و تعرق چمن (ETo) به‌دست آمده از لایسیمترها با نرم افزارهای REF-ET، CROPWAT و AGWAT بر حسب میلی‌متر

Table 6. Comparison of determined grass (ETo) evapotranspiration using lysimeter with REF-ET, CROPWAT and AGWAT softwares in millimeters

روش	لایسیمتر	نرم افزار Software		
Method	Lysimeter	REF-ET	CROPWAT	AGWAT
ETo	567.73	565.93	550.79	340

جدول ۷- تجزیه واریانس تبخیر و تعرق چمن (ETo) و عدس (ETc) و ضرایب گیاهی (Kc) عدس

Table 7. Analysis of variance for grass evapotranspiration (ETo) and lentil (ETc) and the lentil crop coefficients

		میانگین مربعات Mean squares		
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	ETo	ETc	Kc
تکرار Replication	3	24.318^{ns}	9.939^{ns}	0.002^{ns}
تیمار Treatment	3	16971.950**	32876.084**	0.426**
خطا Error	9	34.798	6.297	0.001
ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)		4.16	2.11	4.25

ns، * و **: به‌ترتیب عدم معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, * and **: Not significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این تحقیق مقدار نیاز آبی گیاه عدس طی پژوهش معادل ۴۷۶/۳۳ میلی‌متر و مقدار نیاز آبی گیاه مرجع معادل ۵۶۷/۷۳ میلی‌متر برآورد گردید. همچنین با بررسی نتایج لایسیمتری (بیلان آبی) به‌دست آمده، طول دوره‌های مختلف رشد (با توجه به تعریف این مراحل در نشریه شماره ۵۶ سازمان فائو)، برابر با ۱۹، ۲۰، ۳۳ و ۲۴ روز و مقادیر ضریب گیاهی عدس در چهار مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی

(با استفاده از مقادیر تبخیر و تعرق عدس و چمن روزانه به‌دست آمده از لایسیمترها)، به‌ترتیب برابر با ۰/۴۵، ۰/۸۷، ۱/۱۹ و ۰/۵۶ به‌دست آمد. با استفاده از این ضرایب که تاکنون به‌صورت تجربی برای منطقه خرم‌آباد ارائه نشده است و محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع توسط نرم‌افزارهایی مانند REF-ET، CROPWAT، AGWAT و غیره، برآورد نیاز آبی و مدیریت آبیاری گیاه عدس امکان‌پذیر خواهد بود. در این پژوهش بین مراحل چهارگانه رشد از نظر نیاز آبی عدس، ضریب گیاهی و تبخیر و تعرق چمن اختلاف معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) وجود داشت، از طرفی نیاز آبی عدس، ضریب گیاهی و تبخیر و تعرق چمن تحت تأثیر تکرارهای مختلف اختلاف معنی‌داری از خود نشان نداد.

منابع

1. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, 300, 6541.
2. Anjam, M.S., Ali, A., Iqbal, S.H.M., and Haqqani, A.M. 2005. Evaluation and correlation of economically importanttraistin exotic germplasms of lentil. International Journal of Agriculture and Biology 7(6): 959-961.
3. Bafkar, A., Farhadi, B., and Karimi, A.R. 2013. Estimation of crop coefficients (Kc) of grain corn S.C. 704 using the physiological properties (case study: Kermanshah- Mahidasht). Journal of Water and Soil 27(4): 832-838. (In Persian with English Summary).
4. Bezerra, B.G., Silva, B.B., Bezerra, J.R.C., Sofiatti, V., and Santos, C.A.C. 2012. Evapotranspiration and crop coefficient for sprinkler- irrigated cotton crop in Apodi Plateau semiarid lands of Brazil. Agricultural Water Management 107: 86-93.
5. Bossie, M., Tilahum, K., and Hordofa, T. 2009. Crop coefficient and evapotranspiration of onion at Awash Melkassa. Central Rift Valley of Ethiopia. Journal Irrigation and Drainage 23(1): 1-10.
6. Doorenbos, J., and Pruitt, W.O. 1977. Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper No 24, FAO, 144 p, Rome Italy.
7. Ghamarnia, H., Jafarizade, M., Meri, E., and Gobadei, M.A. 2013. Lysimetric determination of *Coriandrum sativum* L. water requirement and single and dual crop coefficients in a semiarid climate. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 139(6): 447-455.
8. Grattan, S.R., Boewrs, W., Dong, A., Snyder, R.L., Carroll, J.J., and George, W. 1998. New crop coefficients estimate water use of vegetables, row crops. California Agricultural 52(1): 16-21.
9. Lashnizand, M., Parvaneh, B., and Beiranvand, F. 2011. Climate zoning of Lorestan province using geostatistical methods and determine the most appropriate experimental method. Journal of Natural Geography 4(11): 89-106. (In Persian).
10. Liu, Y., and Luo, Y. 2010. A consolidated evaluation of the FAO-56 dual crop coefficient approach using the lysimeter data in the North China Plain. Agricultural Water Management 97(1): 31-40.
11. Ministry of Agricultural Jahad. 2013. Agricultural Products Statistics.156 pages. (In Persian).
12. Paudel, H.D., and Pandey, A. 2013. Comparative study of ETo estimation methods for the water balance estimation–A case study of Sikta irrigation project, Nepal. Journal of Indian Water Resources Society 33(4): 42-50.

13. Rubeena, R., Ford, P., and Taylor, W.J. 2003. Construaction of an intraspecific linkage map of lentil (*Lens alinaris* ssp. Culinaris), Threor. Theoretucal and Appllied Genetics 107(5): 910-916.
14. Sharifi Ashoorabadi, E., Rouhipour, H., Assareh, M.H., Lebaschy, M.H., Abaszadeh, B., Naderi, B., and Rezaei Sarkhosh, M. 2012. Determination of crop water requirement of yarrow (*Achillea millefolium*) using lysimetry. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28(3): 484-492. (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 6, No. 2, 2015, p. 87-98

Determination the crop coefficient and water requirement of lentil, using water balance method (Case study: Khorram Abad)

Saremi[1*], M., Farhadi[2], B., Maleki[3], A. & Farasati[4], M.

1- MSc Graduate Student, Agriculture Engineering (Irrigation and Drainage), Water Engineering Department, Campous of Agriculture and Natural resources, Razi University
2- Assistant Professor, Phd of Agriculture Engineering (Irrigation and Drainage), Water Engineering Department, Campous of Agriculture and Natural resources, Razi University
3- Assistant Professor, Phd of Agriculture Engineering (Irrigation and Drainage), Water Engineering Department, Agriculture Faculty, Lorestan University
4- Assistant Professor, Agricultural Faculty, Razi University, Kermanshah

Received: 11 August 2014
Accepted: 10 May 2015

Introduction

Evapotranspiration is one of the most important elements of hydrological cycle which is required for water resource management and design of irrigation systems. Crop evapotranspiration (ETc) can be measured by the Lysimeter using water balance equation. It also can be estimated by multiplying reference evapotranspiration (ETo) and crop coefficient (Kc). Considering the importance of this parameter, numerous studies have been performed to determine the Kc of major crops in each region. Lentil is one of the legumes which is cultivated mainly in Lorestan province. Although this crop is the second in terms of the area under cultivation among the legumes in the country, the water requirement and crop coefficients of this crop is not determined in Lorestan province yet. The main purpose of the current study is to determinate lentil water requirement and its Kc in Khorram Abad.

Materials and Methods

A lysimetric experiment was conducted during the lentil growth season in 2013 at the research farm of agricultural faculty, Khorram Abad, Lorestan University. The farm is located in a cold semi-arid climate. Physical and chemical properties of the soil in the lysimeters were determined in the laboratory. The average of soil moisture content in the lysimeter at the field capacity and permanent wilting point was determined as 34.4 and 24.8 volumetric percentage respectively. In this study, lentil (Gachsaran cultivar) and grass were cultivated each on four micro drainable lysimeter with the diameter of 48 cm and height of 80 cm. Maximum allowable depletion (MAD) of soil moisture was considered as 30% to ensure that crops are not faced with water stress. Length of the crop growth stages (initial, development, mid-season and late-season) was determined by daily observation of the field and measuring crop canopy. Lentil and grass evapotranspiration was determined using water balance method. The evapotranspiration from grass was considered as reference evapotranspiration (ETo). The measured values of ETo and lentil evapotranspiration was compared with the calculated values by CROPWAT, REF-ET and AGWAT (Basis of national document of water) packages. Crop coefficient (Kc) was calculated as the ratio of lentil evapotranspiration over ETo. Average of Kc for each stage was also calculated and compared with literature.

Results and Discussion

The average of reference crop evapotranspiration (ETo) was increasing thorough the growth period of lentil from 3.7 to 8.6 $mm.day^{-1}$. This was due to increasing of sunshine hours and air temperature during that period. Total amount of lentil and grass evapotranspiration during the growing period of lentil was determined as 476 and 568 mm respectively. Total amount of calculated ETo in this period by CROPWAT, REF-ET and AGWAT packages was 551, 566 and 340 mm respectively. Results indicated that calculated values of ETo by CROPWAT and REF-ET is almost equals to measured ETo. However, AGWAT also uses Penman-Monteith equation but its results were far from the measured values of ETo because of differences

* **Corresponding Author:** m.saremi2008@gmail.com, Mobile: 09198879433

in weather data. Results also indicated that lentil evapotranspiration was low at the initial stage, increased during the development stage and decreased during the late season. The maximum crop evapotranspiration of 88.46 mm per decade was measured at the period of 16-25 May 2013. Measured lentil evapotranspiration in the current study was higher than values calculated by AGWAT software package for this region. Lengths of initial, development, mid-season and late-season stages were determined as 19, 20, 33 and 24 days respectively. The average of lentil crop coefficient for initial, development, mid-season and late-season stages was calculated as 0.45, 0.89, 1.19 and 0.56 respectively. Calculated Kc values in this study were compared with the values of Kc in FAO 56 report and AGWAT. Calculated Kc at initial and mid stages (0.45 and 1.19 respectively) were close to values reported in FAO 56 (0.4 and 1.1 respectively) but far from AGWAT (0.15 and 1.05 respectively). In general, calculated crop coefficients in the current study were higher than the values presented in FAO 56 and AGWAT package software. Measured values of lentil evapotranspiration were higher than values reported in AGWAT. The reason was underestimation of ETO by AGWAT and lower values of Kc for lentil.

Conclusions

As there was no measurement of lentil evapotranspiration and crop coefficient, the results of current study can be used as a base for further studies about this issue in the region. Comparison of measured values of ETo and lentil crop evapotranspiration with the values calculated by AGWAT package indicated the under estimation of both parameters by AGWAT. However, it is recommended to do more studies on this subject but the results of current study can be used to determine lentil evapotranspiration instead of values reported in AGWAT and national documents of water for Lorestan province.

Key words: Gachsaran variety, Growth stages, Irrigation management, Soil moisture