

برآورد نیاز آبی و ضرایب گیاهی یک جزئی و دوجزئی نخود رقم بیونج (*Cicer arietinum* L.)

در شرایط لایسیمتری و مقایسه با مدل SIMDualKc

هوشنگ قمرنیا^{۱*}، بی نظیر نظری^۲ و محمد اقبال قبادی^۳

۱- استاد گروه مهندسی آب رشته مهندسی آب-آبیاری و زهکشی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی

۲- کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی

۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۰۴

چکیده

استفاده بهینه از منابع آب مستلزم محاسبه میزان آب مصرفی و تعیین ضرایب گیاهی متناسب با هر منطقه است. مطالعه حاضر در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ به منظور تعیین ضرایب گیاهی یک جزئی و دو جزئی گیاه نخود (رقم بیونج) در منطقه کرمان شاه با شرایط آب و هوایی نیمه خشک با استفاده از لایسیمتر زهکش دار انجام شده است. بدین منظور از پنج لایسیمتر زهکش دار استوانه‌های با قطر ۱/۲ متر و ارتفاع ۱/۴ متر و با سطح مقطع ۱/۱۳ متر مربع، در مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی آب در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه استفاده گردید. یک لایسیمتر به گیاه مرجع (چمن)، یک لایسیمتر به خاک (بدون پوشش گیاهی) و سه لایسیمتر دیگر آن به گیاه مورد مطالعه (نخود رقم بیونج) اختصاص داده شد. نیاز آبی نخود در دو سال به ترتیب ۳۷۹/۰۵ و ۴۸۰/۴۵ میلی‌متر محاسبه شد. متوسط ضرایب گیاهی منفرد و ضرایب گیاهی پایه در مراحل اولیه، توسعه، میانی و پایانی برای گیاه نخود در دو سال اجرای طرح، به ترتیب برابر (۰/۵۴، ۰/۸۲، ۱/۱۱ و ۰/۶۹) و (۰/۳۹، ۰/۷۱، ۱/۰۱ و ۰/۶۲) به دست آمد. همچنین با مقایسه نتایج به دست آمده از مدل SIMDualKc و روش لایسیمتری مشاهده گردید که نتایج مدل با نتایج محاسباتی همبستگی بالایی دارند، به طوری که در سال ۱۳۹۲، $R^2=0/85$ و در سال ۱۳۹۳، $R^2=0/86$ به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر-تعرق، شرایط آب و هوایی نیمه خشک، گیاه مرجع، لایسیمتر زهکش دار

مقدمه

در حال حاضر کشاورزی تکیه گاه مهم امنیت غذایی و حیات اقتصادی کشور می‌باشد. از طرف دیگر آب به عنوان مهم‌ترین و محدودکننده‌ترین عامل تولید در این خصوص است. امروزه کمبود آب مشکل اصلی اغلب کشورهای جهان است، زیرا منابع آب تجدیدشونده جهان محدود می‌باشد. همچنین مشکلات ناشی از کمبود آب برای آن دسته از کشورها نظیر ایران که اغلب نقاطش در شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک با بارش ناکافی قرار گرفته و فاقد منابع کافی آب شیرین هستند، بسیار بیشتر است. مدیریت آب، خاک و گیاه تأثیر زیادی بر شدت تبخیر تعرق دارد (Saxena & Singh, 1987). برای بهبود بهره‌وری مصرف آب در شبکه‌های آبیاری، تعیین دقیق نیاز آبی گیاهان و برآورد دقیق تبخیر-تعرق امری ضروری است. این ضریب به طور عمده به ویژگی‌های گیاه و به طور محدودتر، به اقلیم بستگی دارد و همین ویژگی موجب به کارگیری

ضرایب گیاهی^۲ (Kc) استاندارد در مناطق و اقلیم‌های گوناگون و پذیرش آن به عنوان پارامتری مهم در محاسبات مربوط به نیاز آبی گیاهان شده است (Grattan et al., 1998). ضریب گیاهی (Kc) بیان کننده اثرات پوشش گیاهی و رطوبت خاک گیاه غیرمرجع نسبت به گیاه مرجع است (Doorenbos & Pruitt, 1977). در پژوهشی که (Namdaryan et al., 2012) در منطقه خرم‌آباد بر روی نخود انجام دادند، مقادیر ضرایب گیاهی را در چهار مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی برای گیاه نخود به ترتیب ۰/۴۸۸، ۰/۹۵۵، ۱/۰۸۵ و ۰/۳۷ به دست آوردند. در پژوهشی طی دو سال زراعی در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ در منطقه‌ای نیمه خشک در شمال اتیوپی، تبخیر تعرق گیاه Teff (نوعی چمن) با استفاده از لایسیمتر، ۲۶۰ تا ۳۱۷ میلی‌متر به دست آمد و ضرایب گیاهی در مراحل اولیه، میانی و انتهایی رشد به ترتیب ۰/۸-۱، ۰/۸-۱/۱ و ۰/۵-۰/۴ محاسبه گردید (Araya et al., 2011).

^۲ Single crop coefficient

* نویسنده مسئول: تلفن همراه: ۰۹۱۸۱۳۲۳۹۵۶، razi.ac.ir@hghamarnia

ضرایب گیاهی در گیاه سیاه‌دانه با استفاده از لایسیمتر زهکش‌دار انجام دادند. در این تحقیق میزان نیاز آبی سیاه‌دانه با استفاده از معادله بیلان آبی محاسبه و تبخیر-تعرق گیاه مرجع از روش پنمن‌مانتیت به‌دست آمد. ضرایب گیاهی سیاه‌دانه در مراحل چهارگانه رشد به ترتیب ۰/۵۹، ۰/۹۱، ۱/۲۹ و ۰/۷۸ محاسبه گردید. نخود زراعی (*Cicer arietinum L.*) گیاهی یک‌ساله است که ارتفاع بوته آن ۲۰ تا ۶۰ سانتی‌متر است. ریشه نخود بسیار قوی بوده و به‌خوبی گسترش می‌یابد. نخود در نقاط گرم‌وخشک و همچنین سرد به‌خوبی محصول می‌دهد. در بین حبوبات، نخود دارای مواد پروتئینی باارزشی است و به‌عنوان مکمل غذایی در الگوی تغذیه‌ای انسان جایگاه ویژه‌ای دارد (Saxena & Singh, 1987). نخود از لحاظ سطح زیرکشت در ایران نسبت به سایر حبوبات مقام اول را دارا می‌باشد (Anonymous, 2011). از آنجایی که رقم نخود بیونج و به‌طور گسترده‌ای در استان‌های غربی کشور و به‌ویژه استان کرمانشاه کشت شده و همچنین تاکنون ضریب گیاهی آن در مراحل مختلف رشد توسط هیچ مرجعی گزارش نشده است، لذا به‌منظور تعیین ضرایب گیاهی یک‌جزئی و دو جزئی و برآورد نیاز آبی آن در شرایط اقلیمی نیمه‌خشک، آزمایشاتی با استفاده از روش بیلان آبی در شرایط لایسیمتری در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو سال زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳، در مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی آب واقع در پردیس دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه، با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۱۹ متری از سطح دریا اجرا گردید. در طی مدت انجام تحقیق داده‌های هواشناسی از ایستگاه هواشناسی تمام اتوماتیک که به‌فاصله ۱۰۰ متری از محل آزمایش قرار داشت، به‌صورت روزانه دریافت گردید. میانگین ماهانه پارامترهای هواشناسی مورد استفاده در طول دوره آزمایش در جدول ۱ ارائه گردیده است. برای اجرای این طرح از پنج عدد لایسیمتر زهکش‌دار به قطر ۱/۲ متر و عمق ۱/۴ متر استفاده شد که در سه عدد از لایسیمترها گیاه نخود (رقم بیونج)، در یک لایسیمتر گیاه مرجع (چمن) و در لایسیمتر دیگر تخمیر از خاک بدون پوشش برآورد گردید. بافت خاک به‌کاررفته در لایسیمترها، سیلنتی رسی و میزان رطوبت آن در محدوده ظرفیت زراعی خاک ۲۴ درصد وزنی و جرم مخصوص ظاهری آن ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک موجود در لایسیمترها در جداول ۲ و ۳ آمده است.

(Simon et al, 1998) نیز مقادیر ضرایب گیاهی در مراحل مختلف رشد با لایسیمتر زهکش‌دار را تحت تغییرات زمانی آب‌وهوا (فصول خشک و مرطوب) بر روی Kc ذرت مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مقادیر Kc در فصول مرطوب (۱/۱۳ تا ۱/۴۱) بزرگتر از Kc در فصول خشک (۰/۹۴ تا ۰/۷۳) بوده است. Bossie et al, (2009) ضرایب گیاهی پیاز را در اتیوپی با استفاده از سه دستگاه لایسیمتر زهکش‌دار مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها مقادیر ETc^۱ در مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی رشد را به ترتیب برابر ۵/۱۳، ۱۴۰/۵، ۱۴۴/۸ و ۵۳/۹ میلی‌متر محاسبه و سپس با استفاده از ET₀^۲ مقادیر Kc را برای مراحل ابتدایی، میانی و پایانی ر شد به ترتیب ۰/۴۷، ۰/۹۹ و ۰/۴۶ گزارش نمودند. Rahimian & Kakhaki (2007) نیاز آبی و ضریب گیاهی پنبه را به‌روش لایسیمتری در منطقه کاشمر در سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷۹ مطالعه کردند. در این تحقیق از لایسیمتر زهکش‌دار استفاده شد. نتایج نشان داد که تبخیر-تعرق گیاه پنبه در سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۲ به ترتیب برابر ۸۳۸/۳، ۱۲۱۹/۶ و ۱۲۷۵/۵ و ۱۴۴۷/۹ میلی‌متر، متوسط تبخیر-تعرق ۱۱۸۳ میلی‌متر و مقدار ضرایب گیاهی پنبه در دوره‌های رشد اولیه، میانی و پایانی به ترتیب ۰/۴، ۱/۱۵ و ۰/۷ به‌دست آمد. در نهایت آن‌ها به این نتیجه رسیدند که در سال‌هایی که گرما و درجه‌حرارت بالا بوده است، می‌توان تبخیر-تعرق را تا ۲۰ درصد بیشتر از نتایج مندرج در کتاب نیاز آبی گیاهان در نظر گرفت. (Saremi (2013) پژوهشی را در منطقه خرم‌آباد بر روی گیاه عدس انجام داد. با بررسی نتایج لایسیمتری، مقدار تبخیر-تعرق گیاه عدس ۴۷۶/۳۳ میلی‌متر و طول دوره‌های مختلف رشد عدس و مقادیر ضریب گیاهی آن در چهار مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی به ترتیب ۱۹، ۲۰، ۳۳ و ۲۴ روز و ۰/۴۵، ۰/۸۹، ۱/۱۹ و ۰/۵۶ به‌دست آمد. (Ghamarnia et al, (2011) طی پژوهشی دوساله در منطقه کرمانشاه، ضریب گیاهی پایه و نیاز آبی گیاه گشنیز را با استفاده از لایسیمتر زهکش‌دار محاسبه کردند. بر همین اساس تبخیر تعرق واقعی گیاه گشنیز ۶۴۷ میلی‌متر برآورد گردید و همچنین ضرایب گیاهی پایه در مراحل چهارگانه رشد به ترتیب (۰/۲۱، ۰/۷۲، ۱/۱، ۰/۷۹) گزارش شد.

(Zare abyaneh et al, (2010) نیاز آبی و ضرایب گیاهی یک‌جزئی و دو جزئی گیاه سیر را با استفاده از لایسیمتر زهکش‌دار در آب‌وهوای نیمه‌خشک سرد اندازه‌گیری نمودند. نتایج نشان داد که ضریب گیاهی دو جزئی از ضریب گیاهی یک‌جزئی دقیق‌تر است، اما استفاده از ضریب گیاهی یک‌جزئی برای کاربران ساده‌تر می‌باشد. (Ghamarnia et al, (2011) مطالعه دوساله‌ای را به‌منظور تعیین

^۱ Reference evapotranspiration

^۲ Crop evapotranspiration

جدول ۱- میانگین پارامترهای هواشناسی در سال ۱۳۹۲-۹۳ و ۱۳۹۱-۹۲

Table 1. The average of climatic parameters in 2013 and 2014

سال Year	ماه Month	میانگین حداقل دما (درجه سانتی‌گراد) The average of minimum temperature (°C)	میانگین حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) The average of maximum temperature (°C)	میانگین سرعت باد (متر بر ثانیه) The average of wind speed (m/s)	میانگین رطوبت نسبی (درصد) The average of relative humidity(%)	میانگین ساعات آفتابی (ساعت) The average of sunshine hours (hr)	بارندگی ماهانه (میلی‌متر) Monthly rainfall (mm)	تبخیر ماهانه تشت تبخیر (میلی‌متر) Monthly evapotranspiration (mm)
1392-1393	2013	Esfand	2.3	16.1	3.84	52.37	5.83	0
		Farvardin	4.4	21.9	3.31	42.45	7.29	10.8
		Ordibehest	7.7	22.9	3.47	54.24	5.33	69.5
	2014	Khordad	12.4	32.3	3.54	27.35	9.24	0.2
		Esfand	2	16	2.64	55.39	6.09	47.4
		Farvardin	3.8	19.3	3.13	53.13	8.10	31.1
1392-1393	2014	Ordibehest	9.2	27.2	2.84	44.71	8.39	12.4
		Khordad	13	33	3.35	26.39	9.54	7.9

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی خاک لایسیمترها

Table 2. Physical properties soil in lysimetres

رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Bulk Density (g cm ⁻³)	بافت خاک Soil texture	عمق نمونه‌گیری (سانتی‌متر) Sampling Depth (cm)
45	42.3	3.7	1.3	(سیلتی رسی) Silt-Clay	0-30
45	42.3	3.7	1.3	(سیلتی رسی) Silt-Clay	30-60

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی خاک منطقه محل آزمایش

Table 3. Chemical properties of soil experimental area

مس (میلی‌گرم) CU (mg kg ⁻¹)	روی (میلی‌گرم) Zn (mg kg ⁻¹)	آهن (میلی‌گرم) Fe (mg kg ⁻¹)	منگنز (میلی‌گرم) Mn (mg kg ⁻¹)	کربن آلی (درصد) Organic Carbon (%)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم) بر کیلوگرم Absorbable Potassium (mg kg ⁻¹)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم) بر کیلوگرم) Absorbable Phosphorus (mg kg ⁻¹)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Ec (ds m ⁻¹)	قلیائیت pH
1.64	1.26	11.9	7.8	1.38	44	26	1.2	7.3

در هر اندازه‌گیری مقادیر عمق آبیاری، بارندگی، زهکش و تغییرات ذخیره رطوبتی خاک ثبت و با استفاده از معادله بیلان آب، تبخیر و تعرق واقعی گیاه نخود و چمن و خاک بدون پوشش تعیین گردید. هدف از انجام این تحقیق، فراهم‌آوردن بهترین شرایط برای رشد گیاه بود. بنابراین دور آبیاری به‌گونه‌ای انتخاب گردید که تنش‌ی به گیاه وارد نگردد. برای اندازه‌گیری تبخیر-تعرق گیاهی توسط لایسیمتر زهکش‌دار برای دوره زمانی معین، از رابطه بیلان آبی خاک استفاده شد، Alizadeh, (2004; Vaziri et al., 2008):

$$ETC = I + P - D \pm \Delta S \quad \text{رابطه (۱)}$$

I: آبیاری عمق آب (mm)

کشت نخود در هفته آخر اسفند سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ انجام گرفت. با توجه به تعداد مطلوب بذر کشت شده در هکتار (۵۰ بذر در مترمربع) و انجام محاسبات بر اساس قطر لایسیمتر، برای لایسیمتر با قطر ۱/۲ متر تعداد ۵۰ بذر که با سم مانکوزب نیز آغشته شده بود، به صورت ردیفی کشت گردید و با شروع فصل رشد، نمونه‌برداری‌ها آغاز گردید. سعی شد که زمان و حجم آبیاری به‌گونه‌ای تنظیم شود که رطوبت از ۷۰ درصد ظرفیت زراعی کمتر نشود، تا گیاه دچار تنش رطوبتی قرار نگیرد. بر این اساس، رطوبت قبل از آبیاری تعیین شد و با محاسبه اختلاف این میزان و حد ظرفیت زراعی نیاز آبی تعیین شد و به‌طور متوسط دور آبیاری هر دو روز یکبار صورت گرفت.

روش ضریب گیاهی دو جزئی به مراتب پیچیده‌تر از روش یک‌جزئی است. هنگامی که برآورد دقیق ضریب گیاهی برای تعیین زمان واقعی آبیاری و توازن آب و خاک لازم باشد از ضریب گیاهی دوگانه استفاده می‌شود. در برنامه‌های مطالعاتی که تأثیرات روزانه و تغییرات رطوبت خاک را در نظر می‌گیرند، هم‌چنین برای آبیاری با راندمان‌های بالا در آبیاری قطره‌ای، آبیاری میکرو و سنترپیوت کاربرد آن توصیه شده است (Alizadeh & Kamali, 2007). ضریب گیاهی در روش دو جزئی، به دو ضریب جداگانه که یکی ضریب گیاهی پایه (K_{cb}) برای توصیف فرآیند تعرق گیاه و ضریب (K_{ce}) برای توصیف فرآیند تبخیر از خاک استفاده شد. در این روش، ضریب گیاهی (K_c) به صورت رابطه (۳) تعیین گردید (Alizadeh & Kamali, 2007; Vaziri, et al., 2008)

$$K_c = K_{cb} + K_s \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن: K_{cb} : ضریب گیاهی پایه و K_e : ضریب مربوط به تبخیر از سطح خاک می‌باشد.

بر اساس پژوهش‌های Allen & Pereira, (2009) انجام دادند. برای K_{cb} رابطه (۴) ارائه شده است:

$$K_{cb} = K_{c,min} + K_d(K_{cb,full} - K_{c,min}) \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن: K_{cb} : ضریب گیاهی پایه، $K_{c,min}$: حداقل ضریب گیاهی برای خاک خشک بدون پوشش (۰/۱۵-۰/۲) که در این مقاله ۰/۱۶ را استفاده کردیم، K_d : ضریب تراکم و $K_{cb,full}$: مقدار K_{cb} در دوره پیک رشد گیاه (هنگامی که پوشش گیاه کامل باشد) محاسبه گردید.

$$K_d = (1 - e^{(-0.7LAI)}) \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$K_d = \min(1, M_L f_{c,eff}, f_{c,eff} \frac{1}{1+h}) \quad \text{رابطه (۶)}$$

که در آن: LAI: شاخص سطح برگ ($m^2 m^{-2}$), $f_{c,eff}$: کسر مؤثر پوشش زمین توسط گیاه یا سطح سایه‌انداز گیاه که بین (۰/۱-۰/۱) M_L : تراکم پوشش گیاه یا سایه‌اندازی که بین (۰/۲-۰/۵) که در این پژوهش عدد ۰/۷ در نظر گرفته شد و h : متوسط ارتفاع گیاه در طول دوره رشد (m) که برای هر مرحله ارتفاع گیاه در آن مرحله در روابط قرار داده می‌شود می‌باشند

$$K_{cb,full} = F_r(\min(1 + 0.1h, 1.2) + [0.04(U_2 - 2) - 0.004(RH_{min} - 45)]((h/3)^{0.3})) \quad \text{رابطه (۷)}$$

که در آن: F_r : فاکتور اصلاحی برای کنترل روزنه گیاه که مقدار آن بین (۰-۱) متغیر است.

P: بارندگی ارتفاع (mm)

D: عمق آب زهکشی (mm)

ΔS : تغییرات رطوبت خاک در دوره معین (mm)

زمان آبیاری با اندازه‌گیری رطوبت و با استفاده از دستگاه TDR (Time Domain Reflectometry) به گونه‌ای تعیین شد که رطوبت خاک در حد رطوبت سهل الوصول باشد. در هر دور آبیاری، آب اضافی خارج شده از لایسیمترها نیز با استفاده از لوله‌های زیرزمینی جمع‌آوری و به داخل مخازن موجود در اتاقک دسترس‌پذیر مجاور لایسیمترها تخلیه و سپس توسط ظرف مدرج اندازه‌گیری گردید و بدین ترتیب نفوذ عمقی تعیین شد.

ضریب گیاهی منفرد

ضریب گیاهی منفرد اثر متفاوت بودن ویژگی‌های یک محصول و سطح چمن با ظاهر ثابت و پوشش گیاهی کامل را در یک ضریب می‌گنجاند. بنابراین، انواع محصولات دارای ضرایب گیاهی متفاوتی هستند. تغییرات ویژگی‌های گیاه در طول دوره رشد نیز بر ضریب گیاهی مؤثر است. هم‌چنین، شرایط مؤثر بر تبخیر بر ضریب گیاهی نیز تأثیرگذار است (Bossio et al., 2009). ضریب گیاهی منفرد برای لایسیمتر مورد آزمایش از رابطه (۲) به‌دست آمد (Alizadeh, 2002; Alizadeh, 2004; Vaziri et al., 2008).

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این آزمایش مقادیر ET_c از معادله بیلان آبی خاک برای گیاه به‌دست آمد و پارامترهای موردنیاز با اندازه‌گیری مستقیم از لایسیمتر، برای گیاه مرجع اندازه‌گیری و مقدار ET_0 محاسبه شد. ضریب گیاهی یک مقدار ثابت نبوده و مقدار آن در طول دوره رویش تغییر می‌کند (Alizadeh, 2004). در این تحقیق، تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه چمن بطور مستقیم از لایسیمتر و روش بیلان آبی محاسبه شد.

ضریب گیاهی دو جزئی

$$f_c = \left(\frac{K_{cb} - K_{cmin}}{K_{cmax} - K_{cmin}} \right)^{(1+0.5h)} \quad \text{رابطه (۸)}$$

$$K_{cmax} = \left\{ \left[1.2 + [0.04(U_2 - 2) - 0.004(RH_{min} - 45)] \frac{h^{0.3}}{3} \right] (K_{cb} + 0.05) \right\} \quad \text{رابطه (۹)}$$

H: حداکثر ارتفاع گیاه در دوره مورد نظر و U_2 : سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (ms^{-1}) RH_{min} : میانگین روزانه حداقل رطوبت نسبی (درصد) می‌باشد.

نرم افزار SIMDualKc

نرم افزار کاربردی SIMDualKc با هدف برآورد ضریب گیاهی دوجزئی به منظور استفاده در برنامه ریزی و زمان بندی آبیاری توسط (Allen et al., 2005) تهیه شده است. این نرم افزار با دریافت اطلاعاتی از قبیل شرایط خاک، گیاه، اقلیم و آبیاری ضریب گیاهی دو جزئی را برآورد می کند. روابط به کار رفته در این نرم افزار همانند روابط گفته شده در بخش ضریب گیاهی دوجزئی می باشد. در این مطالعه نتایج به دست آمده از لایسیمتر با نتایج به دست آمده از مدل مقایسه شده اند.

شاخص های ارزیابی

در این تحقیق برای ارزیابی دقت مدل و مقایسه نسبی نتایج ضریب گیاهی دوجزئی با مقادیر اندازه گیری شده توسط لایسیمترها از شاخص های آماری مختلفی استفاده شده است. این شاخص ها عبارتند از: ضریب رگرسیون (r)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، خطای اریبی (MBE) و معیار جاکوویدز (t).

معادلات مورد استفاده جهت محاسبه شاخص های عنوان شده در روابط زیر ارائه شده اند:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x-\bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y-\bar{y})^2}} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n}} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

$$MBE = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

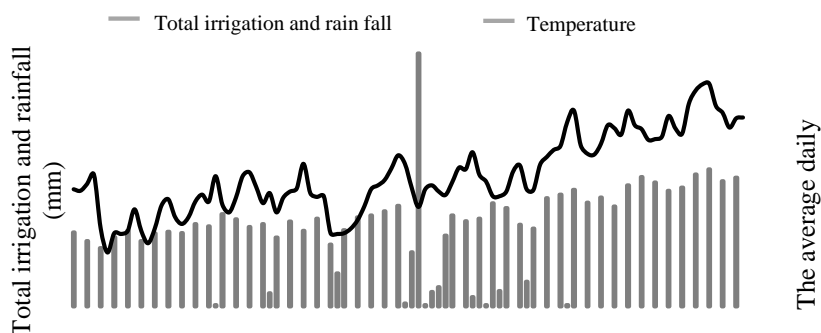
$$t = \sqrt{\frac{(n-1)MBE^2}{RMSE^2 - MBE^2}} \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

که در آن ها: x: مقادیر اندازه گیری شده ضریب گیاهی دوجزئی، \bar{x} : میانگین مقادیر اندازه گیری شده، y: مقادیر برآورد شده توسط مدل، \bar{y} : میانگین مقادیر برآورد شده، d_i : اختلاف بین مقادیر برآورد شده با مقادیر اندازه گیری شده، n: تعداد مشاهدات، می باشند.

نتایج و بحث

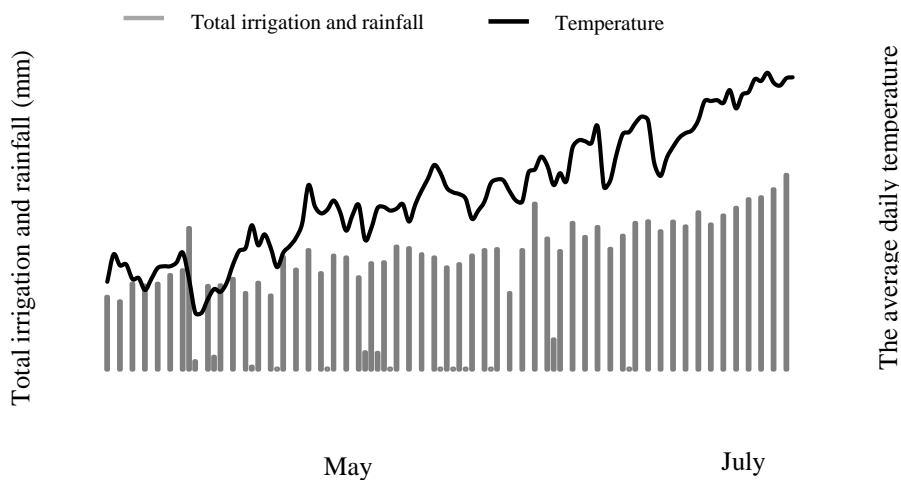
تبخیر-تعرق و نیاز آبی

نمودار مقدار آبیاری و بارندگی و تغییرات متوسط دما در لایسیمترها در دو سال انجام آزمایش در شکل های ۱ و ۲ نشان داده شده اند. در تاریخ هایی که در منطقه مورد مطالعه، بارندگی رخ داده نیازی به آبیاری نبوده و هم چنین در ماه های گرم که نیاز آبی گیاه بیشتر می باشد، میزان آبیاری نیز بیشتر بوده است. ضمناً اشکال ۳ و ۴ نیز تبخیر-تعرق گیاه مرجع را نشان می دهند. همان طور که ملاحظه می شود، در طول دوره رشد با گرم تر شدن هوا و نزدیک شدن به فصل تابستان، تبخیر-تعرق مرجع (ETO)، روندی صعودی داشته است. این روند صعودی به دلیل بلند بودن طول روز، افزایش دمای هوا و کاهش رطوبت نسبی هوا می باشد. به طور کلی روند تغییرات نیاز آبی گیاه مرجع در طی این پژوهش با نتایج تحقیقات Ghamarnia et al. (2013) که در این منطقه انجام گرفته هم خوانی دارد.

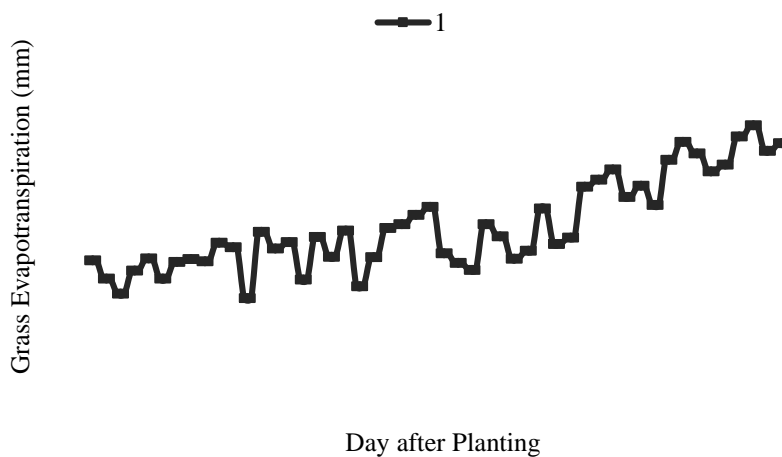


شکل ۱- زمان و مقدار آبیاری و بارندگی و تغییرات متوسط دما (سال ۱۳۹۱-۱۳۹۲)

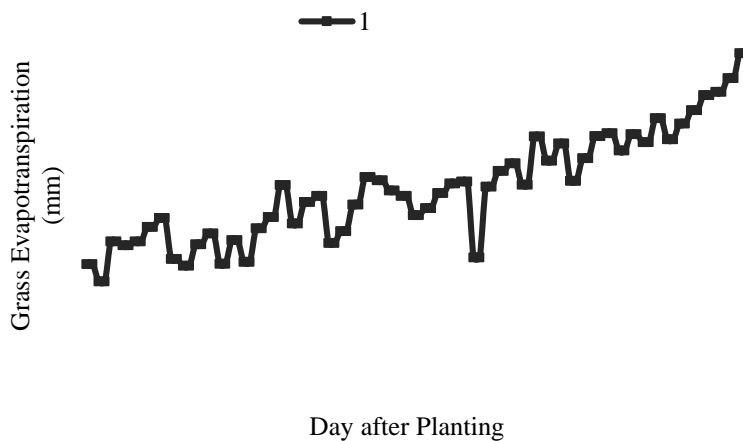
Fig. 1. Time, irrigation, rainfall and average temperature changes values in 2013



شکل ۲- زمان و مقدار آبیاری و بارندگی و تغییرات متوسط دما (سال ۱۳۹۲-۱۳۹۳)
Fig. 2. Time, irrigation, rainfall and average temperature changes values in 2014



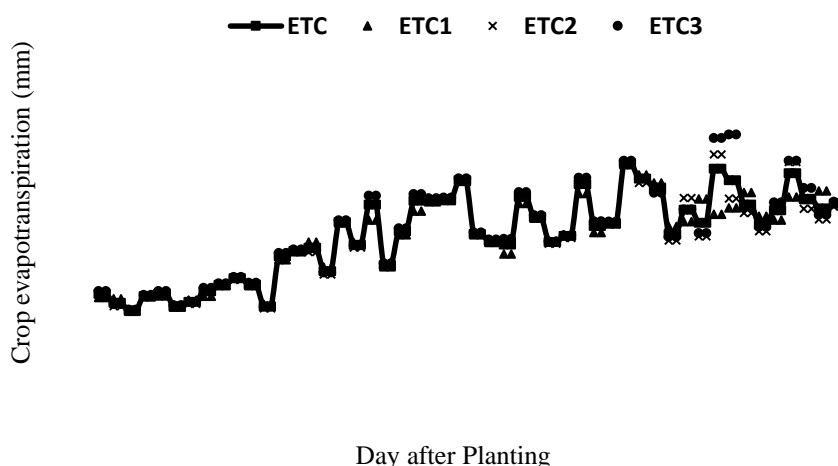
شکل ۳- تبخیر تعرق گیاه مرجع (چمن) در سال ۱۳۹۱-۱۳۹۲
Fig. 3. Reference evapotranspiration (Grass) in 2013



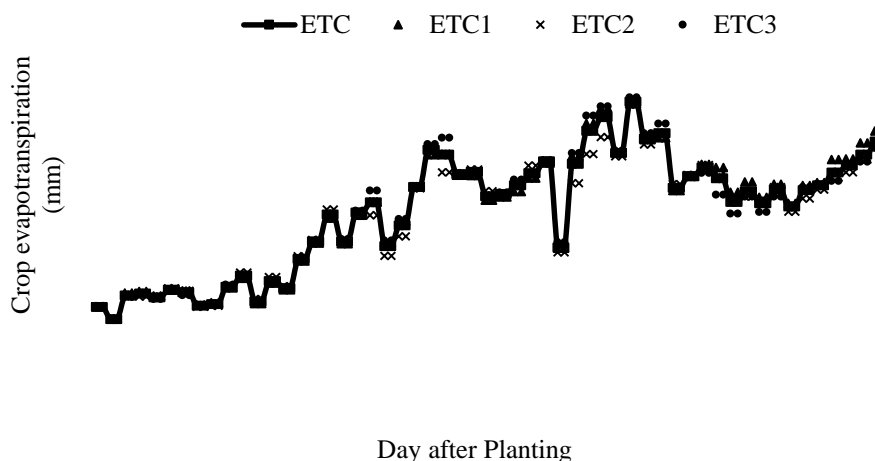
شکل ۴- تبخیر تعرق گیاه مرجع (چمن) در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۳
Fig. 4. Reference evapotranspiration (Grass) in 2014

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 تاریخ‌هایی که در منطقه مورد مطالعه بارندگی بوده با در نظر گرفتن میزان آب زهکشی نیازی به آبیاری نبوده و در ماه‌های گرم که نیاز آبی گیاه بیشتر می‌باشد، میزان آبیاری نیز بیشتر بوده است.

تبخیر-تعرق نخود با استفاده از معادله بیلان آب محاسبه شد. پارامترهای معادله بیلان در دور آبیاری اندازه‌گیری می‌شدند و مقدار تبخیر-تعرق نیز در دور آبیاری محاسبه شد. و در نهایت با تقسیم آن بر تعداد روزهای موجود در دور تبخیر-تعرق گیاه به صورت روزانه به دست آمد. شکل‌های ۵ و ۶ نیز تبخیر-تعرق گیاه نخود را به خوبی نشان می‌دهند. در ماه اول



شکل ۵ - تغییرات تبخیر تعرق گیاه نخود در سه لایسیمتر و متوسط آن‌ها در سال ۱۳۹۱-۱۳۹۲
 Fig. 5. Chickpea plant evapotranspiration in three lysimeter and their average during growing season in 2013



شکل ۶ - تغییرات تبخیر و تعرق گیاه نخود در سه لایسیمتر و متوسط آن‌ها در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۳
 Fig. 6. Chickpea plant evapotranspiration in three lysimeter and their average during growing season in 2014

۳۷۹/۰۵ میلی‌متر بوده که در طی دوره رشد ۱۰۰ روزه و در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ برابر ۴۸۰/۴۵ میلی‌متر در طی دوره رشد ۱۱۰ روزه بوده است.

مقادیر تبخیر-تعرق نخود ETC در مراحل مختلف رشد در جدول ۴ آورده شده است. بررسی نتایج این جدول نشانگر آن است که در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ مقدار ETC لایسیمتر برابر

جدول ۴- تبخیر-تعرق نخود در مراحل مختلف رشد (میلی‌متر)

Table 4. Chickpea evapotranspiration values In different growth stages (mm)

سال Year	مرحله اولیه Initial	مرحله توسعه Development	مرحله میانی Medial	مرحله پایانی End	جمع Sum
1391-1392 2013	24.33	67.42	171.2	116.1	379.05
1392-1393 2014	27.83	75.1	232.51	145.02	480.45
میانگین Average	26.08	71.26	201.86	130.65	429.85

مرحله پایانی از انتهای مرحله میانی تا برداشت محصول ادامه داشت. در جدول 5 طول مراحل مختلف رشد نخود در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ و جداول ۶ و ۷ مقادیر ضرایب گیاهی برای دوره‌های مختلف رشد در دو سال و همچنین در شکل‌های ۷ و ۸ ضرایب گیاهی منفرد نخود در طی دوره رشد برای دو سال مورد آزمایش نشان داده شده است.

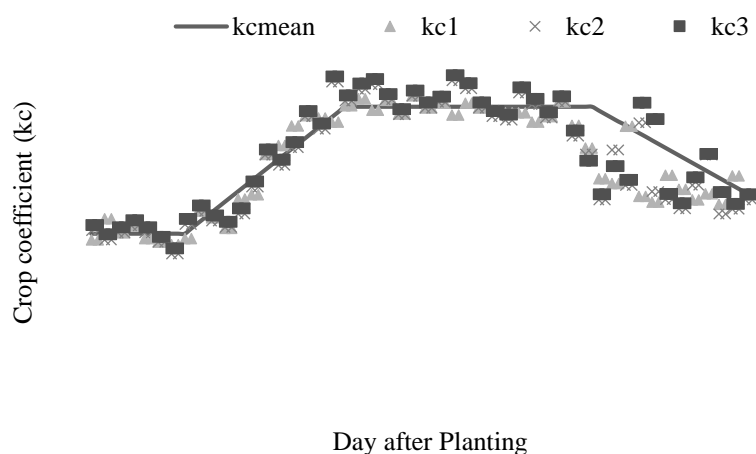
ضریب گیاهی منفرد

در طول این تحقیق، دوره رشد نخود با بازدیدهای منظم و یادداشت برداری‌های مستمر، به چهار مرحله (ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی) تقسیم شد. مرحله اولیه از تاریخ کاشت بذر تا ۱۰ درصد رشد گیاه، مرحله توسعه از ۱۰ درصد رشد تا شروع گل‌دهی، مرحله میانی از آغاز گل‌دهی تا رسیدن محصول و

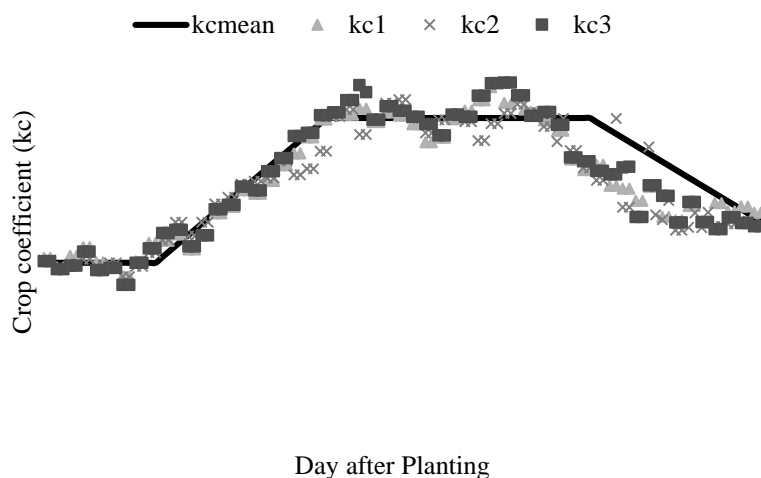
جدول ۵- طول مراحل مختلف رشد نخود در سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳

Table 5. Length of different growth stages of chickpea in 1392 and 1393

مراحل رشد Growth Stages	1391-1392 (2013)			1392-1393 (2014)			میانگین Average
	شروع Start	پایان End	طول دوره رشد Length The Period (Day)	شروع Start	پایان End	طول دوره رشد Length The Period (Day)	
اولیه Initial	91/12/24	92/1/8	15 day	92/12/26	93/1/14	18 day	16 day
توسعه Development	92/1/9	92/1/31	23 day	93/1/15	93/2/8	25 day	24 day
میانی Medial	92/2/1	92/3/7	38 day	93/2/9	93/3/17	41 day	39 day
پایانی End	92/3/8	92/3/31	24 day	93/3/18	93/4/12	26 day	25 day



شکل ۷- منحنی میانگین ضرایب گیاهی مراحل چهارگانه رشد نخود در سال ۱۳۹۱-۱۳۹۲
Fig. 7. The average crop coefficient curve of four Chickpea growth stages in 2013



شکل ۸- منحنی میانگین ضرایب گیاهی مراحل چهارگانه رشد نخود در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۳
Fig. 8. The average crop coefficient curve of four Chickpea stages in 2014

جدول ۶- میانگین ضرایب گیاهی منفرد نخود در مراحل رشد در سال ۱۳۹۱-۱۳۹۲

Table 6. The average of single crop coefficients of Chickpea in growth stages in 2013

مراحل رشد	لاسیمتر ۱	لاسیمتر ۲	لاسیمتر ۳	میانگین
Growth Stages	Lysimete 1	Lysimete 2	Lysimete 3	Average
مرحله ابتدایی	0.541	0.536	0.56	0.546
Initial Stage				
مرحله توسعه	0.818	0.812	0.835	0.822
Medial Stage				
مرحله میانی	1.066	1.088	1.108	1.087
Development Stage				
مرحله پایانی	0.72	0.69	0.713	0.704
End Stage				

جدول ۷- میانگین ضرایب گیاهی منفرد نخود در مراحل رشد در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۳

Table 7. The Average of single crop coefficients of Chickpea in growth stages in 2014

مراحل رشد	لاسیمتر ۱	لاسیمتر ۲	لاسیمتر ۳	میانگین
Growth Stages	Lysimete 1	Lysimete 2	Lysimete 3	Average
مرحله ابتدایی	0.54	0.522	0.519	0.527
Initial Stage				
مرحله توسعه	0.85	0.811	0.828	0.815
Medial Stage				
مرحله میانی	1.135	1.112	1.166	1.138
Development Stage				
مرحله پایانی	0.67	0.678	0.676	0.675
End Stage				

نمودار K_C میانگین دو سال به دلیل یکسان نبودن طول دوره رشد، ارائه نشد و فقط میانگین آن‌ها آمده است، به نظر می‌رسد علت این ۱۰ روز تفاوت، را می‌توان اختلاف بین آب‌وهوا در طول دو سال دانست. مقادیر K_C در سال ۹۲-۱۳۹۱ در مراحل رشد ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی به ترتیب برابر ۰/۵۴۶، ۰/۸۲۲، ۱/۰۸۷ و ۰/۷۰۴ و در سال ۹۳-۱۳۹۲ در مراحل رشد به ترتیب برابر ۰/۵۲۷، ۰/۸۱۵، ۱/۱۳۸ و ۰/۶۷۵ و

میانگین ضرایب گیاهی منفرد در مراحل رشد در دو سال آزمایش به ترتیب برابر ۰/۵۴، ۰/۸۲، ۱/۱۱ و ۰/۶۹ به دست آمدند. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت، که در مرحله ابتدایی که رشد گیاه کم و اندازه گیاه کوچک است، سهم تبخیر بیشتر از تعرق بوده بنابراین، مقدار ضریب گیاهی در این مرحله بیشتر تحت تأثیر توان تبخیرکنندگی اتمسفر (کمبود فشار بخار در دمای واقعی هوا و در نتیجه ET_0) است

به‌دست آمد. مقادیر ضریب‌گیاهی پایه (K_{cb}) در مراحل اولیه، توسعه، میانی و پایانی در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ و میانگین دو سال در جدول ۸ ارائه شده است. شکل‌های ۹ و ۱۰ نیز ضریب‌گیاهی دو جزئی را برای گیاه نخود در دو سال آزمایش، نشان می‌دهند. هم‌چنان که مشاهده می‌شود، مقدار ضریب‌گیاهی پایه (جزء تعرق) با گذر از مرحله اولیه به تدریج زیاد شده و در مرحله میانی به حداکثر مقدار می‌رسد. مقدار ضریب تبخیر از سطح خاک (K_e) پس از خیس شدن لایه خاک سطحی با بارندگی یا آبیاری، بیشترین مقدار است. با خشک شدن این لایه، ضریب تبخیر کاهش می‌یابد. در شرایطی که آب در لایه خاک سطحی باقی نمانده باشد، ضریب تبخیر به صفر می‌رسد. با در نظر گرفتن نمودارهای ارائه شده، در مرحله اولیه که پوشش سبز گیاه کم می‌باشد، مقدار تبخیر از خاک حداکثر است و این ضریب به تدریج کاهش می‌یابد تا این که در مرحله میانی به حداقل مقدار می‌رسد. ضریب‌گیاهی دوگانه که مجموع جزء تعرق و تبخیر می‌باشد نیز به تدریج کاهش می‌یابد. نوساناتی که در نمودارها مشاهده می‌شود به دلیل کوتاه بودن دور آبیاری می‌باشد.

(Vaziri et al., 2008). لذا مقدار تبخیر تعرق گیاه (ET_c) و در نتیجه مقادیر K_c پایین تر است. در مرحله توسعه، که گیاه در حال رشد است. در واقع تبخیر از سطح خاک با افزایش سایه‌اندازی گیاه کاهش می‌یابد و به تدریج تعرق جزء اصلی تلفات آب محسوب می‌شود. و ضریب گیاهی منفرد متناسب با رشد گیاه و پوشش زمین متغیر و در حال زیاد شدن است و مرحله میانی با توسعه اندام‌های هوایی گیاه میزان تعرق افزایش یافته و ضریب‌گیاهی به بیشترین مقدار خود می‌رسد. اما در خصوص ضریب‌گیاهی دوره انتهایی رشد 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 به همین دلیل برای مقدار ضریب گیاهی مرحله پایانی، عدد بالایی حاصل شد. تحقیقات (Ghamarnia et al., 2011)، نیز، مقدار این ضریب در مرحله ابتدایی پایین بوده، سپس به تدریج افزایش یافته و در مرحله میانی به حداکثر خود رسیده و در مرحله پایانی روندی کاهشی داشته است.

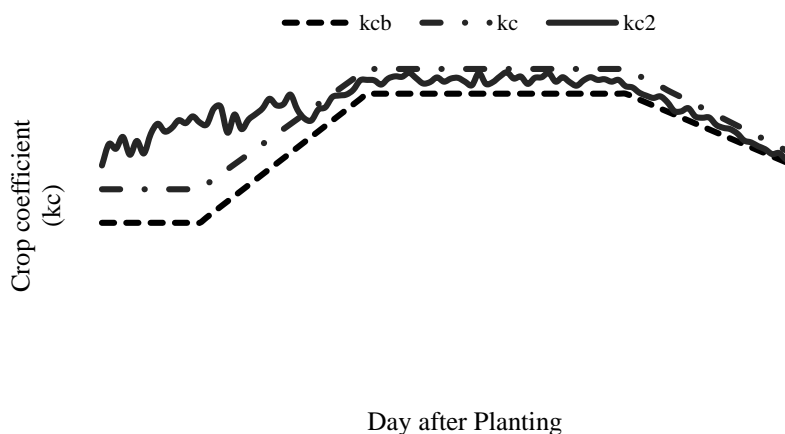
ضریب‌گیاهی دو جزئی

در این تحقیق در هر دو سال آزمایش مقادیر ضریب‌گیاهی پایه (K_{cb}) و ضریب‌گیاهی دو جزئی برای لایسیمترها در هر روز

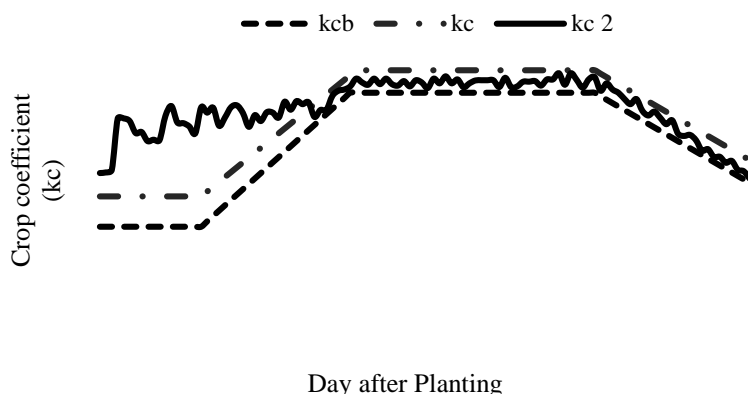
جدول ۸- میانگین ضرایب گیاهی پایه نخود در مراحل رشد طی دو سال

Table 8. Basal crop coefficient of chickpea in different growth stages in two years

سال	مرحله اولیه	مرحله توسعه	مرحله میانی	مرحله پایانی
Year	Initial	Development	Medial	End
1391-1392 2013	0.4	0.69	0.98	0.65
1392-1393 2014	0.38	0.72	1.03	0.59
میانگین دو سال average	0.39	0.71	1.01	0.62



شکل ۹- ضرایب گیاهی دو گانه نخود در مراحل رشد در سال ۱۳۹۱-۱۳۹۲
Fig. 9. A dual crop coefficients of Chickpea during growth stages in 1391-1392

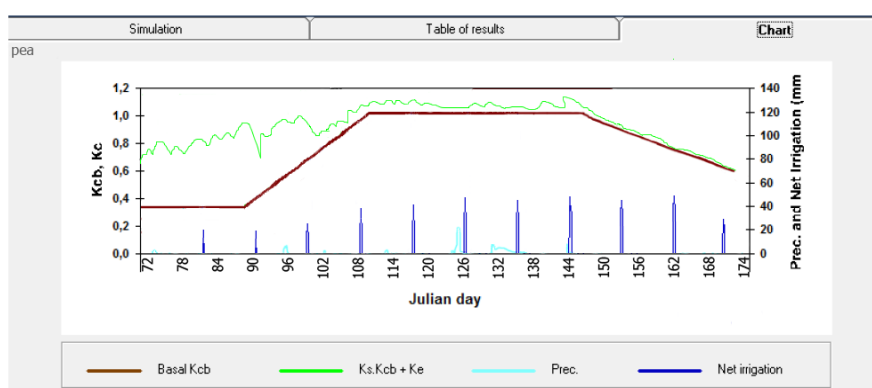


شکل ۱۰ - ضرایب گیاهی دوگانه نخود در مراحل رشد در سال ۱۳۹۱-۱۳۹۲
 Fig. 10. A dual crop coefficients of Chickpea during growth stages in 1392-1393

ضریب گیاهی دو جزئی نخود مشاهده می‌شود. در این شکل ضریب گیاهی پایه (Basal Kcb)، بارندگی (Prec.)، آبیاری (Net Irrigation) و ضریب گیاهی دو جزئی ($K_s K_{cb} + K_e$) ارائه شده است. ضریب گیاهی دو جزئی حاصل جمع ضریب گیاهی پایه و ضریب تبخیر از خاک می‌باشد.

مدل SIMDUALKc

در این تحقیق پس از ورود داده های مورد نیاز نرم افزار و اطلاعات گیاه نخود، ضریب گیاهی دو جزئی توسط نرم افزار شبیه سازی شد. در شکل های ۱۱ و ۱۲ مدل شبیه سازی شده



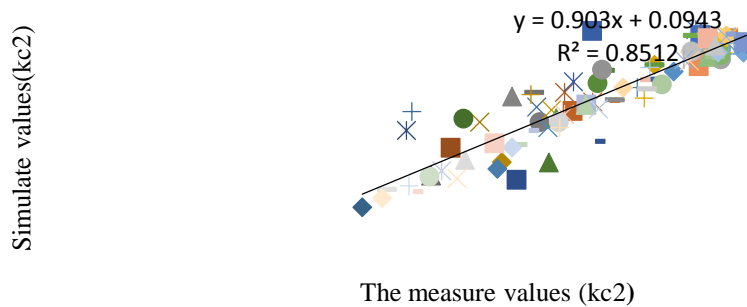
شکل ۱۱ - مدل شبیه سازی شده ضریب گیاهی دو جزئی نخود توسط نرم افزار SIMDUALKc در سال ۱۳۹۲
 Fig. 11. Dual chickpea crop coefficients simulated by SIMDUALKc model in 2013



شکل ۱۲ - مدل شبیه سازی شده ضریب گیاهی دو جزئی نخود توسط نرم افزار SIMDUALKc در سال ۱۳۹۲
 Fig. 12. Dual chickpea crop coefficients simulated by SIMDUALKc model in 2013

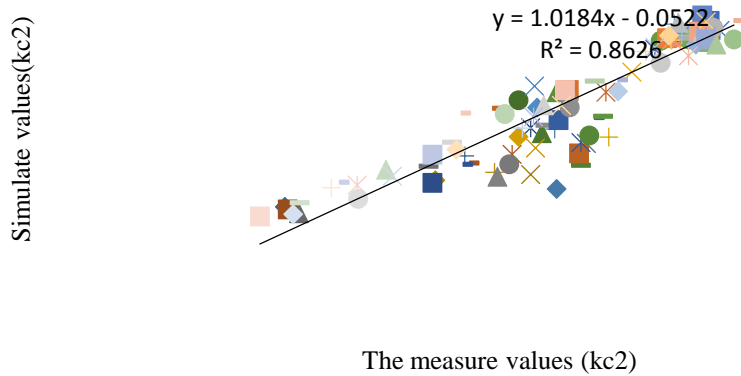
به ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۸۶ به دست آمدند که در اشکال ۱۳ و ۱۴ نمودار مقایسه نتایج لایسیمتری با مدل و همچنین سایر اطلاعات آماری در جدول ۱۰ ارائه شده است.

با مقایسه نتایج به دست آمده از مدل و روش لایسیمتری مشاهده می‌شود، که نتایج مدل با نتایج اندازه‌گیری شده، همبستگی بالایی دارند. ضمناً میزان R^2 برای سال اول و دوم



شکل ۱۳- نمودار مقایسه‌ی بین نتایج اندازه‌گیری شده و نتایج مدل SIMDUALKc در سال ۱۳۹۲

Fig. 13. Chart comparing the measured and SIMDUALKc model results in 2013



شکل ۱۴- نمودار مقایسه‌ی بین نتایج اندازه‌گیری شده و نتایج مدل SIMDUALKc در سال ۱۳۹۳

Fig. 14. Chart comparing the measured and SIMDUALKc model results in 2014

جدول ۱۰- نتایج شاخص‌های آماری و مقایسه ضریب گیاهی دوجزئی مدل SIMDualKc و روش لایسیمتری

Table 10. Statistical indicators comparison of model and lysimetric data results

سال year	RMSE	MBE	R ²	R/t
1391-1392(2013)	0.044	0.004	0.85	1.1
1392-1393(2014)	0.064	-0.035	0.86	6.685

میانگین نیاز آبی نخود در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب برابر با ۳۷۹/۰۵ و ۴۸۰/۴۵ و میانگین دو سال برابر با ۴۲۹/۷۵ میلی‌متر برآورد شد. میانگین ضرایب گیاهی منفرد در دو سال برابر با (۰/۵۴، ۰/۸۲، ۱/۱۱ و ۰/۶۹) و میانگین ضرایب گیاهی پایه در دو سال آزمایش برابر با (۰/۳۹، ۰/۷۱، ۱/۰۱ و ۰/۶۲) به ترتیب در مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی محاسبه شد. با مقایسه نتایج به دست آمده از محاسبات ضریب گیاهی دو جزئی با نتایج به دست آمده از مدل SIMDualKc همبستگی بالایی (به طور متوسط مقدار R^2 در هر دو سال برابر با ۰/۸۵۵) به دست آمد. ارزیابی‌ها نشان داد که مدل دقت مناسبی در برآورد ضریب گیاهی دو جزئی دارد. بنابراین به نظر می‌رسد که مقادیر مورد نظر جهت مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب گیاه نخود در مناطقی که با اقلیم نیمه‌خشک کشت می‌شود کاربرد داشته و می‌تواند مورد استفاده محققان، طراحان و مهندسين مشاور قرار گیرد.

هر چقدر مقدار RMSE و قدرمطلق MBE کوچکتر باشد، دقت مدل بالاتر است. مقادیر مثبت نشان‌دهنده آن است، که مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل بیشتر از مقادیر واقعی و مقادیر منفی نشان‌دهنده آن است، که مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل از مقادیر واقعی کمتر است. همچنین عملکرد هر یک از این روش‌ها، براساس مقدار R سنجیده می‌شود. هر چقدر که مقدار R کمتر باشد، به معنی کم‌بودن اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده است و در نسبت R/t، هر چه مقادیر R/t بالاتر، بیانگر سازگاری بهتر مدل با واقعیت می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق مقادیر تبخیر-تعرق گیاه نخود با استفاده از روش‌های لایسیمتری و با روش بیلان آب تعیین گردید.

منابع

1. Alizadeh, A. 2002. Designing of irrigation systems. Publications University of Imam Reza. (In Persian).
2. Alizadeh, A. 2004. The relationship between water, soil and plan. Publications University of Imam Reza. (In Persian).
3. Alizadeh, A., and Kamali, Gh. 2007. Water need plants in Iran. University of Imam Reza, 227. (In Persian)
4. Allen, R.G., Pereira, L.S., Smith, M., Raes, D., and Wright, J.L. 2005. FAO-56 dual crop coefficient method for estimating evaporation from soil and application extensions. J. Irrigation. Drain. Eng., 131: 2-13.
5. Allen, R. G., and Pereira, L.S. 2009. Estimating crop coefficients from fraction of ground cover and height. Irrigation Science 28: 17-34.
6. Anonymous. 2011. Agricultural Statistics. Ministry of Agriculture, Deputy for Planning and Economic, Technology Center of Information and Communication. The first volume of crops. (In Persian)
7. Araya, A., Stroosnijder, L., Girmay, G., and Keesstra, S.D. 2011. Crop coefficient, yield response to water stress and water productivity of Teff *Eragrostis tef* (Zucc.). Agricultural Water Management 98: 775-783.
8. Bossie, M., Tilahun, K. and Hordofa, T. 2009. Crop coefficient and evapotranspiration of onion at Awash Melkassa, Central Rift Valley of Ethiopia. Irrigation Drainage System 23: 1-10.
9. Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. 1977. Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, NO. 24, Rome.
10. Ghamarnia, H., Jafarizade, M., Meri, E., and Gobadi, M.A. 2011. 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.
11. Ghamarnia, H., Meri, E., Jafarizade, M., and Gobadi, M.A. 2011. Determination of crop coefficient *Nigella* (*Nigella sativa* L) in the different stages of growth using lysimetry. Journal of Water Research in Agricultural 25(2): 133-146. (In Persian).
12. Ghamarnia, H., Jafarizade, M., Meri, E., and Gobadei, M. 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. (ASCE) IR.1943-4774.0000561.
13. Grattan, S.R., Bowers, W., Dong, A., Snyder, R.L., Carroll, J., and George, W. 1998. New crop coefficients estimate water use of vegetables, row crop. California Agriculture 52(1): 16-21.
14. Namdaryan, C., Nasser, A.A., Izadpanah, Z., Maleki, A. 2012. The estimated of plant coefficient of peas with lysimeters in the area Khorramabad. The first National Conference on Sustainable Agriculture and Medicinal Plants. Community Environmental Assessment of Hegmataneh. (In Persian)

15. Rahimiyan, M.H., and Kakhaki, A. 2007. Cotton water requirement and crop coefficient KC Related to Lysimeter method in the area of Kashmar. Ninth Seminar irrigation and evaporation reduce, Kerman. (In Persian)
16. Saremi, M. 2013, Estimated using micro-lysimeter water lentil in Khorramabad. M.Sc.Thesis. University of Khorramabad.
17. Saxena, M.C., and Sing, K. 1987. The chickpea: 417 p.p.
18. Simon, C.M., Ekwue, E.I., Gumbs, F.A. and Narayan, C.V. 1998. Evapotranspiration and crop coefficients of irrigated Maize (*Zea mays L.*) in Trinidad. Tropical Agriculture 75(3): 342-346.
19. Vaziri, Zh., Salamat, A., Entesari, M., Meschi, M., Heidari, N., and Dehghani Sanych, H. 2008. Evapotranspiration (water consumption instructions required by plants). Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. (In Persian).
20. Zare Abyaneh, H., Bayat Vrksy, M., Sabziparvar, A.A., Maroofi, S., and Ghasemi, A. 2010. Assess different methods for estimating reference crop evapotranspiration and zoning it in Iran. Physical Geography Research, 74: 95-110. (In Persian).

Estimation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) (Bivanij) water requirement, single and dual crop coefficient in lysimeter conditions and comparison with the SIMDualKc model

Ghamarnia^{1*}, H., Nazari², B. & Ghobadi³, M.E.

1- Professor of Water Engineering Group, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University

2- Irrigation and Drainage MSc Student of Water Engineering Group, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University

3- Assistant Professor of Agriculture and Plants Breeding Group, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University

Received: 25 July 2015
Accepted: 24 January 2016

DOI: 10.22067/ijpr.v8i1.48100

Introduction

The chickpea (*Cicer arietinum* L.) especially Bivanij cultivar is one of the most important bean crops cultivated in the Kermanshah Province. The high value of protein in chickpea is the reason for its cultivation. For an efficient and optimum use of water resources in each area, the water requirement and crop coefficients of each plant is necessary. The crop evapotranspiration and irrigation water requirement can be estimated from meteorological data. Although, a precise values of mentioned parameters determination can be obtained by lysimeter in the field condition. Determination of crop coefficients is necessary for an accurate irrigation water requirement and irrigation scheduling. Also, crop water estimation at different crop stages makes it a precise determination of total water requirement. However, water requirement and the crop coefficients of chickpea (Bivanij cultivar) have not been determined in semiarid area in Kermanshah province for practical purposes and proper irrigation management use.

Materials & Methods

In this study the water requirement, single and dual crop coefficients of chickpea (Bivanij) cultivar was determined by using water balance lysimeter during two years from 2013 to 2014. Five water balance drainable lysimeters in the lysimetric station belong to Department of Irrigation and Water Resources Engineering in Campus of Agriculture and Natural Resource, Razi University were used. One lysimeter was used for grass evapotranspiration and one lysimeter was used for bare soil evapotranspiration estimation. Therefore, three Lysimeters were used for determination of chickpea evapotranspiration. Drainable lysimeters were used with an internal diameter of 1.20 m and a depth of 1.40 m. Both inside and outside of each lysimeter were painted with epoxy paint to prevent rusting. A Time Domain Reflectometer system (Trime -Fm with P2G probes) was used to measure soil moisture. TDR probes were 6 mm in diameter and 160 mm long. The probes were installed in all lysimeters at 6 different depths of 0.20, 0.40, 0.60, 0.80, 1.0 and 1.2 m. The irrigation was carried out in all lysimeters after 30% depletion of available soil moisture to avoid any water stresses during the growing period. The collected water from lysimeters was measured by a graded container. Silty clay soil consisting of 54% clay, 42.3% silt and 3.7% sand was used in lysimeters. In this study, the SIMDualKc model were calibrated and validated for chickpea crop to find its ability for proper and accurate water resources management. Regression coefficients (r), root mean square error (RMSE), mean bias error (MBE) and t-statistic test (t) were used for SIMDualKc model evaluation by comparing observed and simulated Dual Kc values over time, for the experimental area.

* Corresponding Author: Hghamarnia@razi.ac.ir; Mobile: 09181323956

Results & Discussion

Water requirement of chickpea (Bivanij cultivar) was determined as 379.05 and 480.45 mm for 2013 and 2014 respectively. In this study, the average length of the four stages of chickpeas during years 2013 and 2014 were determined as 16, 24, 39 and 25 days. The chickpea growing period in lysimeters was divided into four stages (initial, development, middle and end). The average single crop coefficients for different periods of growth were obtained as 0.54, 0.82, 1.11 and 0.69, respectively. Moreover, the basal crop coefficients of chickpeas values for different periods of growth in two years and the average values were obtained as 0.39, 0.71, 1.01 and 0.62, respectively. Also, by comparing the results of lysimetric data with SIMDualKc model it was observed that the results of the model with calculation results were highly correlated as ($R^2 = 0.85$) in the year 2013 and ($R^2 = 0.86$) in year 2014.

Conclusion

The seasonal ETC of chickpea (Bivanij cultivar) was determined in semiarid area of Kermanshah province. According to obtained results during of two years investigation, it can be suggest that the estimated water requirement and irrigation management of chickpea's plant in dry and semi-dry climate with acceptable accuracy was possible. The results of this research showed the ability of SIMDualKc model for estimating all irrigation management parameters with high accuracy conditions.

Key words: Drainable lysimeter, Reference plant, Semi-dry climatic conditions, Water requirement