Archive of SID

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۸ شمارهٔ۱، نیمهٔ اول ۱۳۹۶، صفحهٔ ۱۷۹-۱۶۴

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 8, No. 1, 2017, p. 164-179
DOI: 10.22067/ijpr.v8i1.48100

برآورد نیاز آبی و ضرایب گیاهی یک‌جزئی و دوجزئی نخود رقم بیونیج (*Cicer arietinum* L.) در شرایط لایسیمتری و مقایسه با مدل SIMDualKc

هوشنگ قمرنیا[1*]، بی‌نظیر نظری[2] و محمداقبال قبادی[3]

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

استفادهٔ بهینه از منابع آب مستلزم محاسبهٔ میزان آب مصرفی و تعیین ضرایب‌گیاهی متناسب با هر منطقه است. مطالعه حاضر در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ به‌منظور تعیین ضریب‌گیاهی یک‌جزئی و دو جزئی گیاه نخود (رقم بیونیج) در منطقه کرمانشاه با شرایط آب‌وهوایی نیمه‌خشک با استفاده از لایسیمتر زهکش‌دار انجام شده است. بدین‌منظور از پنج لایسیمتر زهکش‌دار استوآن‌های با قطر ۱/۲متر و ارتفاع ۱/۴متر و با سطح مقطع ۱/۱۳مترمربع، 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 بیونیج) اختصاص داده شد. نیاز آبی نخود در دو سال به‌ترتیب ۳۷۹/۰۵ و ۴۸۰/۴۵میلی‌متر محاسبه شد. متوسط ضرایب‌گیاهی منفرد و ضرایب‌گیاهی پایه در مراحل اولیه، توسعه، میانی و پایانی برای گیاه نخود در دو سال اجرای طرح، به‌ترتیب برابر (۰/۵۴، ۰/۸۲، ۱/۱۱و ۰/۶۹) و (۰/۳۹، ۰/۷۱، ۱/۰۱ و ۰/۶۲) به‌دست آمد. همچنین با مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از مدل SIMDualKc و روش لایسیمتری مشاهده گردید که نتایج مدل با نتایج محاسباتی همبستگی بالایی دارند، به‌طوری‌که در سال۱۳۹۲، R^2=۰/۸۵ و در سال۱۳۹۳، R^2=۰/۸۶ به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر-تعرق، شرایط آب‌وهوایی نیمه‌خشک، گیاه مرجع، لایسیمتر زهکش‌دار

مقدمه

درحال حاضر کشاورزی تکیه‌گاه مهم امنیت غذایی و حیات اقتصادی کشور می‌باشد. از طرف دیگر آب به‌عنوان 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 ازکشورها نظیر ایران که اغلب نقاطش در شرایط آب‌وهوایی خشک و نیمه‌خشک با بارش ناکافی قرار گرفته و فاقد منابع کافی آب شیرین هستند، بسیار بیشتر است. مدیریت آب، خاک و گیاه تأثیر زیادی بر شدت تبخیرتعرق 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 به‌طور عمده به ویژگی‌های گیاه و به‌طور محدودتر، به اقلیم بستگی دارد و همین ویژگی موجب به‌کارگیری ضرایب‌گیاهی (Kc)[2] استاندارد در مناطق و اقلیم‌های گوناگون و پذیرش آن به‌عنوان پارامتری مهم در محاسبات مربوط به نیاز آبی گیاهان شده است (Grattan *et al*., 1998). ضریب گیاهی (K_C) بیان‌کننده 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 ضرایب‌گیاهی را در چهار مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی برای گیاه نخود به‌ترتیب ۰/۴۸۸، ۰/۹۵۵، ۱/۰۸۵ و ۰/۳۷ به‌دست آوردند. در پژوهشی طی دو سال زراعی در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ در منطقه‌ای نیمه‌خشک در شمال اتیوپی، تبخیر تعرق گیاه Teff (نوعی چمن) با استفاده از لایسمتر، ۲۶۰ تا ۳۱۷میلی‌متر به‌دست آمد و ضرایب‌گیاهی در مراحل اولیه، میانی و انتهایی رشد به‌ترتیب ۱-۰/۸، ۱/۱-۰/۹۵ و ۰/۵-۰/۴ محاسبه گردید (Araya *et al*., 2011).

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

[2] Single crop coefficient

www.SID.ir

Archive of SID

Simon *et al*, (1998) نیز مقادیر ضرایب‌گیاهی در مراحل مختلف رشد با لایسیمتر زهکش‌دار را تحت تغییرات زمانی آب‌وهوا (فصول خشک و مرطوب) بر روی K_C ذرت مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مقادیر K_C در فصول مرطوب (۱/۱۳ تا ۱/۴۱) بزرگتر از K_C در فصول خشک (۰/۹۴ تا ۰/۷۳) بوده است. Bossie *et al*, (2009) ضرایب‌گیاهی پیاز را در اتیوپی با استفاده از سه دستگاه لایسیمتر زهکش‌دار مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها مقادیر ET_C[1] در مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی رشد را به‌ترتیب برابر ۵۱/۳، ۱۴۰/۵، ۱۴۴/۸ و ۵۳/۹میلی‌متر محاسبه و سپس با استفاده از ET_O[2] مقادیر K_C را برای مراحل ابتدایی، میانی و پایانی رشد به‌ترتیب ۰/۴۷، ۰/۹۹ و ۰/۴۶ گزارش نمودند. Rahimian & Kakhaki (2007) نیاز آبی و ضریب‌گیاهی 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 به‌ترتیب برابر ۸۳۸/۳، ۱۲۱۹/۶، ۱۲۷۵/۵ و ۱۴۴۷/۹میلی‌متر، متوسط تبخیر-تعرق ۱۱۸۳میلی‌متر و مقدار ضرایب‌گیاهی پنبه در دوره‌های رشد اولیه، میانی و پایانی به‌ترتیب 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 ۲۰درصد بیشتر از نتایج مندرج در کتاب نیاز آبی گیاهان درنظر گرفت. Saremi (2013) پژوهشی را در منطقه خرم‌آباد بر روی گیاه عدس انجام داد. با بررسی نتایج لایسیمتری، مقدار تبخیر-تعرق گیاه عدس ۴۷۶/۳۳میلی‌متر و طول دوره‌های مختلف رشد عدس و مقادیر ضریب‌گیاهی آن در چهار مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی به‌ترتیب 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، ضریب‌گیاهی پایه و نیاز آبی گیاه گشنیز را با استفاده از لایسیمتر زهکش‌دار محاسبه کردند. بر همین اساس تبخیر تعرق واقعی گیاه گشنیز ۶۴۷میلی‌متر برآورد گردید و همچنین ضرایب‌گیاهی پایه در مراحل چهارگانه رشد به‌ترتیب (۰/۲۱، ۰/۷۲، ۱/۱، ۰/۷۹) گزارش شد.

Zare abyaneh *et al*, (2010) نیاز آبی و ضرایب‌گیاهی یک‌جزئی و دو جزئی گیاه سیر را با استفاده از لایسیمتر زهکش‌دار در آب‌وهوای نیمه‌خشک سرد اندازه‌گیری نمودند. نتایج نشان داد که ضریب‌گیاهی دوجزئی از ضریب‌گیاهی یک‌جزئی دقیق‌تر است، اما استفاده از ضریب‌گیاهی یک‌جزئی برای کاربران ساده‌تر می‌باشد. Ghamarnia *et al*, (2011) مطالعه دوساله‌ای را به‌منظور تعیین ضرایب‌گیاهی 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 پنمن‌مانتیث به‌دست آمد. ضرایب‌گیاهی سیاه‌دانه در مراحل چهارگانه رشد به‌ترتیب 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 ۶۰سانتی‌متر 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 می باشد (Anonymous, 2011). از آنجایی‌که رقم نخود بیونیج و به‌طور گسترده‌ای در استان‌های غربی کشور و به‌ویژه استان کرمانشاه کشت شده و همچنین تاکنون ضریب‌گیاهی آن در مراحل مختلف رشد توسط هیچ مرجعی گزارش نشده است، لذا به‌منظور تعیین ضرایب‌گیاهی 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 و۱۳۹۳، در مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی آب واقع در پردیس دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه، با طول جغرافیایی۴۷ درجه و ۹دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی۳۴ درجه و۲۱ دقیقه شمالی و ارتفاع۱۳۱۹ متری از سطح دریا اجرا گردید. در طی مدت انجام تحقیق داده‌های هواشناسی از ایستگاه هواشناسی تمام اتوماتیک که به‌فاصله ۱۰۰متری از محل آزمایش قرار داشت، به‌صورت روزانه دریافت گردید. میانگین ماهانهٔ پارامترهای هواشناسی مورد استفاده در طول دوره آزمایش در جدول۱ ارائه گردیده است. برای اجرای این طرح از پنج عدد لایسیمتر زهکش‌دار به قطر۱/۲متر و عمق ۱/۴متر استفاده شد که در سه عدد از لایسیمترها گیاه نخود (رقم بیونیج)، در یک لایسیمتر گیاه مرجع (چمن) و در لایسیمتر دیگر تبخیر از خاک بدون پوشش برآورد گردید. بافت خاک به‌کاررفته در لایسیمترها، سیلتی رسی و میزان رطوبت آن در محدوده ظرفیت زراعی خاک ۲۴درصد وزنی و جرم مخصوص ظاهری آن ۱/۳گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک موجود در لایسیمترها در جداول ۲ و ۳ آمده است.

[1] Crop evapotranspiration

[2] Reference evapotraspiration

www.SID.ir

Archive of SID

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

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)
1391-1392	2013	Esfand	2.3	16.1	3.84	52.37	5.83	19.5	0
		Farvardin	4.4	21.9	3.31	42.45	7.29	10.8	96.7
		Ordibehest	7.7	22.9	3.47	54.24	5.33	69.5	131.4
		Khordad	12.4	32.3	3.54	27.35	9.24	0.2	268
1392-1393	2014	Esfand	2	16	2.64	55.39	6.09	47.4	0
		Farvardin	3.8	19.3	3.13	53.13	8.10	31.1	64
		Ordibehest	9.2	27.2	2.84	44.71	8.39	12.4	194.1
		Khordad	13	33	3.35	26.39	9.54	7.9	283.4

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 برکیلوگرم) CU (mg kg^{-1})	روی (میلی‌گرم برکیلوگرم) Zn (mg kg^{-1})	آهن (میلی‌گرم برکیلوگرم) Fe (mg kg^{-1})	منگنز (میلی‌گرم برکیلوگرم) Mn (mg kg^{-1})	کربن آلی (درصد) Organic Carbon (%)	پتاسیم قابل‌جذب (میلی‌گرم برکیلوگرم) Absorbable Potassium (mg kg^{-1})	فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم برکیلوگرم) Absorbable Phosphorus (mg-kg^{-1})	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Ec (ds m^{-1})	قلیائیت Alkalinity pH
1.64	1.26	11.9	7.8	1.38	44	26	1.2	7.3

کشت نخود درهفته آخر اسفند سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ انجام گرفت. با توجه به تعداد مطلوب بذر کشت شده در هکتار (۵۰بذر در مترمربع) و انجام محاسبات بر اساس قطر لایسیمتر، برای لایسیمتر با قطر ۱/۲متر تعداد ۵۰بذر 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 به گونه‌ای تنظیم شود که رطوبت از ۷۰درصد 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.

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 رابطۀ بیلان آبی خاک استفاده شد (Alizadeh, 2004; Vaziri *et al*., 2008):

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

I: آبیاری عمق آب (mm)

www.SID.ir

Archive of SID

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 جمع آوری و به داخل مخازن موجود در اتاقک دستر سی زیرزمینی مجاور لایسیمترها تخلیه و سپس تو سط ظرف مدرج اندازه‌گیری گردید و بدین ترتیب نفوذعمقی تعیین شد.

ضریب‌گیاهی منفرد

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

$$KC = \frac{ETC}{ETO} \qquad \text{رابطه (۲)}$$

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 اندازه گیری و مقدار ET_O محاسبه شد. ضریب‌گیاهی 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.

ضریب‌گیاهی دو جزئی

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 می شود. 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). ضریب‌گیاهی در روش دو جزئی، به دو ضریب جداگانه که یکی ضریب‌گیاهی پایه (K_{Cb}) برای توصیف فرآیند تعرق گیاه و ضریب (K_{Ce}) برای توصیف فرآیند تبخیر از خاک استفاده شد. در این روش، ضریب‌گیاهی (K_c) به صورت رابطه (۳) تعیین گردید (Alizadeh & Kamali, 2007; Vaziri, *et al*., 2008)

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

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

برا ساس پژوهشی که Allen & Pereira, (2009) انجام دادند. برای K_{cb} رابطه (۴) ارائه شده است:

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

که در آن: K_{cb}: ضریب‌گیاهی پایه، $K_{c,min}$: حداقل ضریب‌گیاهی برای خاک خشک بدون پوشش (۰/۲-۰/۱۵) 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 (هنگامی‌که پوشش گیاه کامل باشد) محاسبه گردید.

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

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

که در آن: LAI: شاخص سطح برگ (m^2m^{-2})، $f_{c\,eff}$: کسر مؤثر پوشش زمین توسط گیاه یا سطح سایه‌انداز گیاه که بین (۰/۰۱-۱)، M_L: تراکم پوشش گیاه یا سایه‌اندازی که بین (۲-۱/۵) که در در این پژوهش عدد ۱,۷ 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 قرارداده می‌شد می‌باشند

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

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

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

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

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

www.SID.ir

Archive of SID

نرم‌افزار SIMDualKc

نرم‌افزار کاربردی SIMDualKc با هدف برآورد ضریب‌گیاهی دوجزئی به‌منظور استفاده در برنامه‌ریزی و زمان‌بندی آبیاری توسط (Allen *et al*., 2005) تهیه شده است. این نرم‌افزار با دریافت اطلاعاتی از قبیل شرایط خاک، گیاه، اقلیم و آبیاری ضریب‌گیاهی دو جزئی را برآورد می‌کند. روابط به‌کار رفته در این نرم‌افزار همانند روابط گفته شده در بخش ضریب‌گیاهی دوجزئی می‌باشد. در این مطالعه نتایج به‌دست آمده از لایسیمتر با نتایج به‌دست آمده از مدل مقایسه شده‌اند.

شاخص‌های ارزیابی

در این تحقیق برای ارزیابی دقت مدل و مقایسه نسبی نتایج ضریب‌گیاهی دوجزئی با مقادیر اندازه‌گیری شده تو سط لایسیمترها از شاخص‌های آماری مختلفی استفاده شده است. این شاخص‌ها عبارتند از: ضریب رگر سیونی(r)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، خطای اریبی (MBE) و معیار جاکوویدز(t).

معادلات مورد استفاده جهت محاسبه شاخص‌های عنوان شده در روابط زیر ارائه شده‌اند:

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

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

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

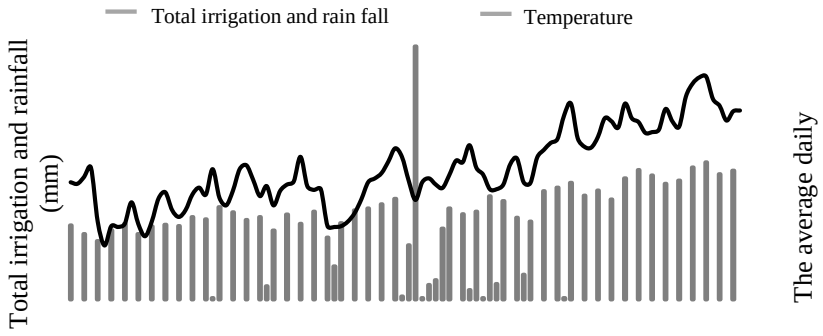
رابطه (۱۳)
$$t = \sqrt{\frac{(n-1)MBE^2}{RMSE^2 - MBE^2}}$$

که در آن‌ها: x: مقادیر اندازه‌گیری شده ضریب‌گیاهی دوجزئی، $\bar{x}$: میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده، y: مقادیر برآورد شده توسط مدل، $\bar{y}$: میانگین مقادیر برآورد شده ، d_i: اختلاف بین مقادیر برآورد شده با مقادیر اندازه‌گیری شده، n: تعداد مشاهدات، می‌باشند.

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 شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند. در تاریخ‌هایی که در منطقه مورد مطالعه، بارندگی رخ داده نیازی به آبیاری نبوده و هم‌چنین در ماه‌های گرم که نیاز آبی گیاه بیشتر می‌باشد، میزان آبیاری نیز بیشتر بوده است. ضمنا اشکال ۳ و ۴ نیز تبخیر-تعرق گیاه مرجع را نشان می‌دهند. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود، در طول دوره رشد با گرم‌تر شدن هوا و نزدیک شدن به فصل تابستان، تبخیر-تعرق مرجع (ETO)، روندی صعودی داشته است. این روند صعودی به‌دلیل بلند بودن طول روز، افزایش دمای هوا و کاهش رطوبت نسبی هوا می‌باشد. به‌طور کلی روند تغییرات نیاز آبی گیاه مرجع در طی این پژوهش با نتایج تحقیقات Ghamarnia *et al*, (2013) که در این منطقه انجام گرفته هم‌خوانی دارد.

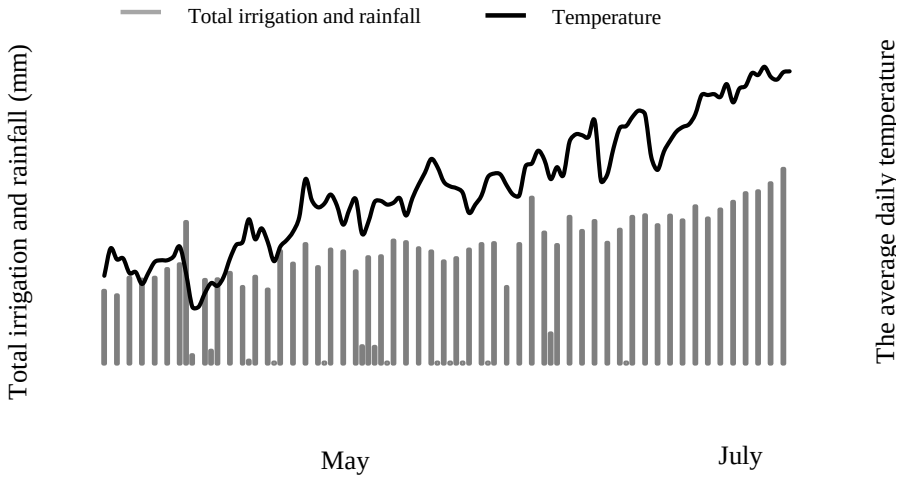


شکل ۱- زمان و مقدار آبیاری و بارندگی و تغییرات متوسط دما (سال ۱۳۹۲-۱۳۹۱)

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

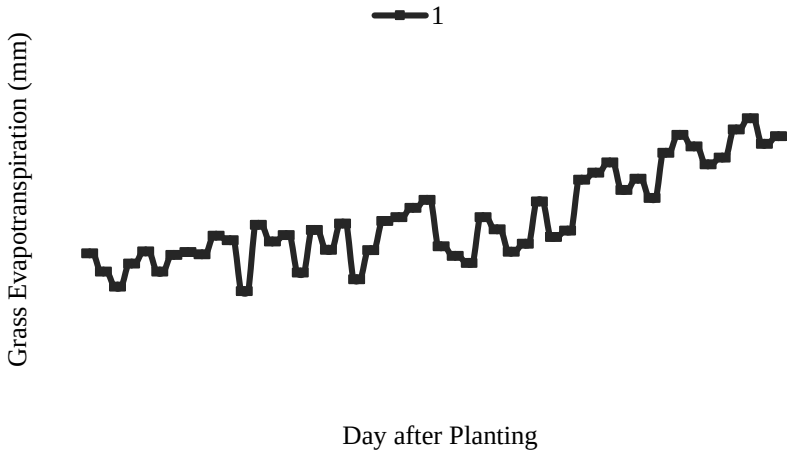
www.SID.ir

Archive of SID



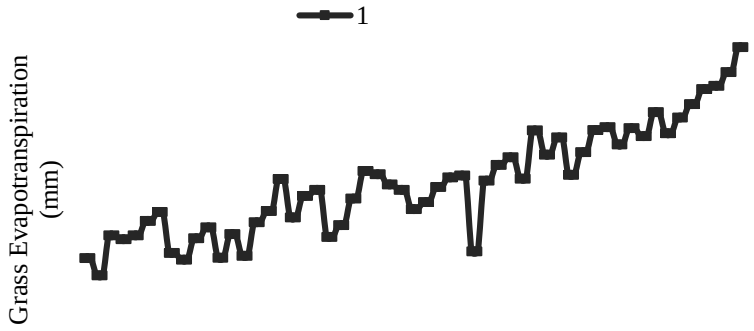
شکل ۲-زمان و مقدار آبیاری و بارندگی و تغییرات متوسط دما (سال ۱۳۹۳-۱۳۹۲)

Fig. 2. Time, irrigation, rainfall and average temperature changes values in 2014



شکل ۳- تبخیر تعرق گیاه مرجع (چمن) در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۱

Fig. 3. Reference evapotranspiration (Grass) in 2013



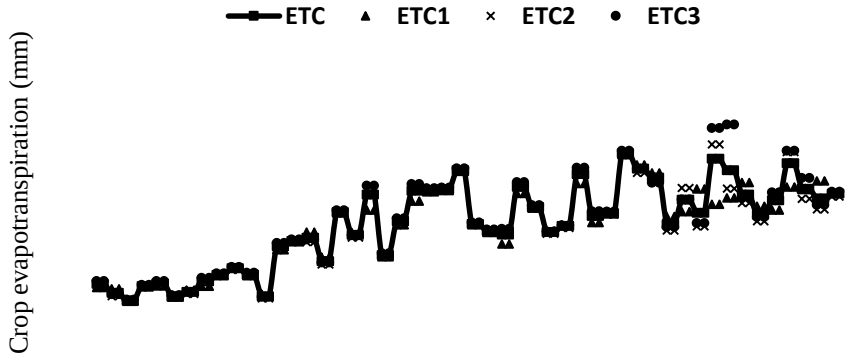
شکل ۴ - تبخیر تعرق گیاه مرجع (چمن) در سال۱۳۹۳-۱۳۹۲

Fig. 4. Reference evapotranspiration (Grass) in 2014

www.SID.ir

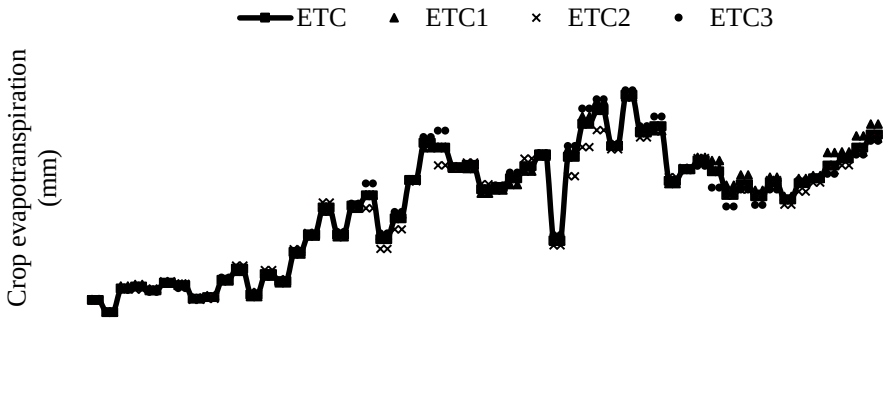
Archive of SID

تبخیر-تعرق نخود با استفاده از معادله بیلان آب محاسبه شد. پارامترهای معادله بیلان در دوره آبیاری اندازه‌گیری می‌شدند و مقدار تبخیر-تعرق نیز در دوره آبیاری محاسبه شد. و در نهایت با تقسیم آن بر تعداد روزهای موجود در دوره تبخیر-تعرق گیاه به‌صورت روزانه به‌دست آمد. شکل‌های ۵ و ۶ نیز تبخیر-تعرق گیاه نخود را به‌خوبی نشان می‌دهند. در ماه اول کشت به‌دلیل رشد کم گیاه و کوچک‌بودن 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.



شکل ۵ - تغییرات تبخیر تعرق گیاه نخود در سه لایسیمتر و متوسط آن‌ها در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۱

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 سال۱۳۹۳-۱۳۹۲

Fig. 6. Chickpea plant evapotranspiration in three lysimeter and their average during growing season in 2014

مقادیر تبخیر-تعرق نخودET_C در مراحل مختلف رشد در جدول ۴، آورده شده است. بررسی نتایج این جدول نشانگر آن است که در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ مقدار ET_C لایسیمتر برابر ۳۷۹/۰۵میلی‌متر بوده که در طی دوره رشد ۱۰۰روزه و در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ برابر ۴۸۰/۴۵میلی‌متر در طی دوره رشد ۱۱۰روزه بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID

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

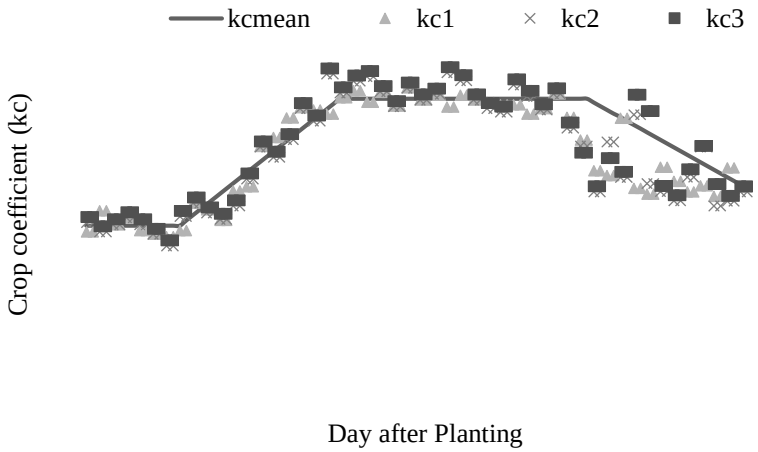
ضریب‌گیاهی منفرد

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 ۱۰درصد رشد گیاه، مرحله توسعه از ۱۰درصد رشد تا شروع گل‌دهی، مرحله میانی از آغاز گل‌دهی تا رسیدن محصول و مرحله پایانی از انتهای مرحله میانی تا برداشت محصول ادامه داشت. در جدول5 طول مراحل مختلف رشد نخود در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ و جداول ۶ و ۷ مقادیر ضرایب‌گیاهی برای دوره‌های مختلف رشد در دو سال و هم‌چنین در شکل‌های ۷ و ۸ ضرایب‌گیاهی منفرد نخود در طی دوره رشد برای دو سال مورد آزمایش نشان داده شده است.

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)			
	شروع Start	پایان End	طول دوره رشد Length The Period (Day)	شروع Start	پایان End	طول دوره رشد Length The Period (Day)	میانگین Average
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

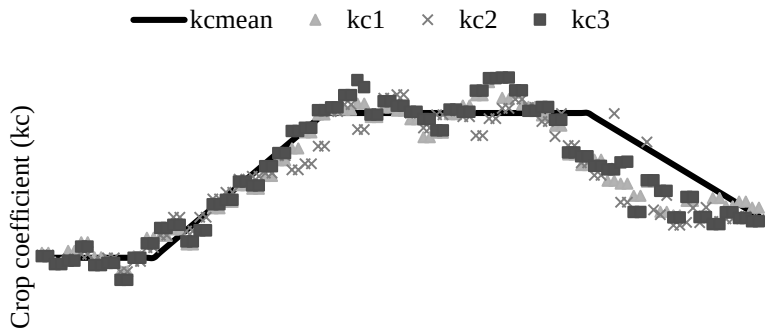


شکل ۷- منحنی میانگین ضرایب گیاهی مراحل چهارگانه رشد نخود در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۱

Fig. 7. The average crop coefficient curve of four Chickpea growth stages in 2013

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸- منحنی میانگین ضرایب گیاهی مراحل چهارگانه رشد نخود در سال ۱۳۹۳-۱۳۹۲

Fig. 8. The average crop coefficient curve of four Chickpea stages in 2014

جدول۶- میانگین ضرایب گیاهی منفرد نخود در مراحل رشد در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۱

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

مراحل رشد Growth Stages	لایسیمتر۱ Lysimete 1	لایسیمتر۲ Lysimete 2	لایسیمتر۳ Lysimete 3	میانگین Average
مرحله ابتدایی Initial Stage	0.541	0.536	0.56	0.546
مرحله توسعه Medial Stage	0.818	0.812	0.835	0.822
مرحله میانی Development Stage	1.066	1.088	1.108	1.087
مرحله پایانی End Stage	0.72	0.69	0.713	0.704

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

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

مراحل رشد Growth Stages	لایسیمتر۱ Lysimete 1	لایسیمتر۲ Lysimete 2	لایسیمتر۳ Lysimete 3	میانگین Average
مرحله ابتدایی Initial Stage	0.54	0.522	0.519	0.527
مرحله توسعه Medial Stage	0.85	0.811	0.828	0.815
مرحله میانی Development Stage	1.135	1.112	1.166	1.138
مرحله پایانی End Stage	0.67	0.678	0.676	0.675

نمودار K_C میانگین دو سال به‌دلیل یکسان‌نبودن طول دوره رشد، ارائه نشد و فقط میانگین آن‌ها آمده است، به‌نظر می‌رسد علت این ۱۰روز تفاوت، را می‌توان اختلاف بین آب‌وهوا درطول دو سال دانست. مقادیر K_C در سال ۹۲-۱۳۹۱ در مراحل رشد ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی به‌ترتیب برابر ۰/۵۴۶، ۰/۸۲۲، ۱/۰۸۷ و ۰/۷۰۴ و در سال ۹۳-۱۳۹۲ در مراحل رشد به‌ترتیب برابر۰/۵۲۷، ۰/۸۱۵، ۱/۱۳۸ و ۰/۶۷۵ و میانگین ضرایب‌گیاهی منفرد در مراحل رشد در دو سال آزمایش به‌ترتیب برابر ۰/۵۴، ۰/۸۲، ۱/۱۱ و ۰/۶۹ به‌دست آمدند. با توجه به نتایج به‌دست 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_o) است

www.SID.ir

Archive of SID

(Vaziri *et al*., 2008). لذا مقدار تبخیر تعرق گیاه (ET_C) و در نتیجه مقادیر K_C پایین‌تر است. در مرحله توسعه، که گیاه در حال رشد است. در واقع تبخیر از سطح خاک با افزایش سایه‌اندازی گیاه کاهش می‌یابد و به‌تدریج تعرق جزء اصلی تلفات آب محسوب می شود. و ضریب گیاهی منفرد متناسب با ر شد گیاه و پو شش زمین متغییر و در حال زیاد شدن ا ست 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 آنجاکه 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 به‌همین دلیل برای مقدار ضریب گیاهی مرحله پایانی، عدد بالایی حاصل شد. تحقیقات(2011) Ghamarnia *et al*, ، 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.

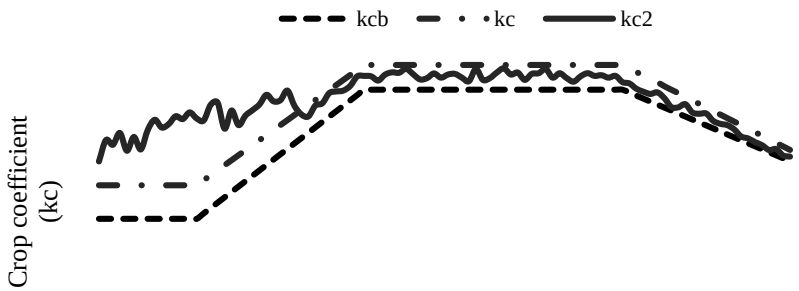
ضریب‌گیاهی دو جزئی

در این تحقیق در هر دو سال آزمایش مقادیر ضریب‌گیاهی پایه (K_{cb}) و ضریب‌گیاهی دو جزئی برای لایسیمترها در هر روز به‌دست آمد. مقادیر ضریب‌گیاهی پایه (K_{cb}) در مراحل اولیه، توسعه، میانی و پایانی در سال‌های۱۳۹۲ 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 به‌تدریج زیاد شده و در مرحله میانی به حداکثر مقدار می‌رسد. مقدار ضریب تبخیر از سطح خاک (K_e) پس از خیس‌شدن لایه خاک سطحی با بارندگی یا آبیاری، بیشترین مقدار است. با خشک‌شدن این لایه، ضریب تبخیر کاهش می‌یابد. در شرایطی که آب در لایه خاک سطحی باقی نمانده باشد، ضریب تبخیر به صفرمی‌رسد. 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 به‌تدریج کاهش می‌یابد تا این‌که در مرحله میانی به حداقل مقدار می‌رسد. ضریب‌گیاهی دوگانه که مجموع جزء تعرق و تبخیر می‌باشد نیز به‌تدریج کاهش می‌یابد. نوساناتی که در نمودارها مشاهده می‌شود به‌دلیل کوتاه‌بودن دور آبیاری می‌باشد.

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

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

سال Year	مرحله اولیه Initial	مرحله توسعه Development	مرحله میانی Medial	مرحله پایانی 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

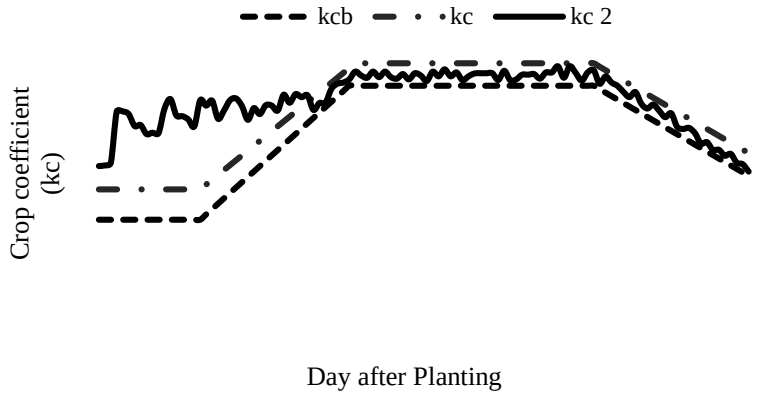


شکل ۹- ضرایب گیاهی دو گانه نخود در مراحل رشد در سال۱۳۹۲-۱۳۹۱

Fig. 9. A dual crop coefficients of Chickpea during growth stages in 1391-1392

www.SID.ir

Archive of SID

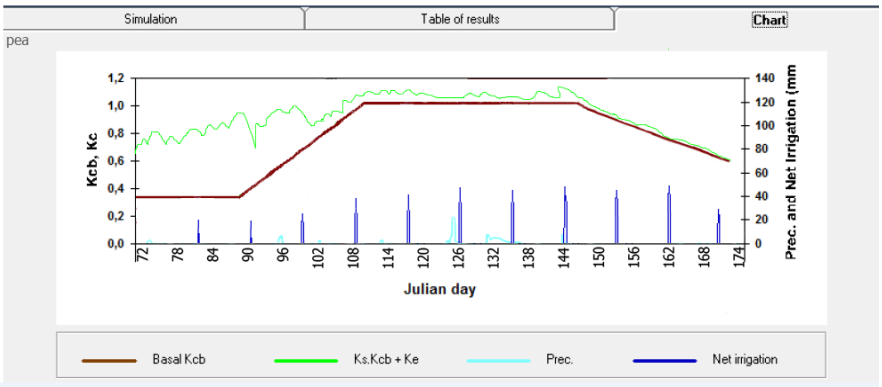


شکل ۱۰ - ضرایب گیاهی دوگانه نخود در مراحل رشد در سال۱۳۹۲-۱۳۹۱

Fig. 10. A dual crop coefficients of Chickpea during growth stages in 1392-1393

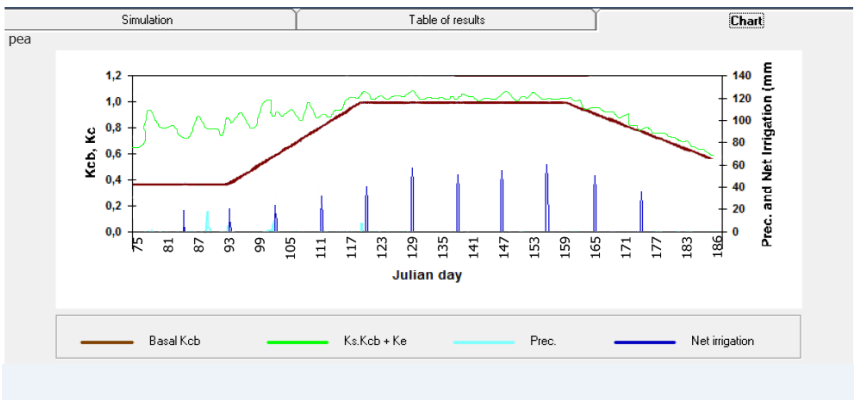
مدل SIMDUALKc

در این تحقیق پس از ورود داده های موردنیاز نرم‌افزار و اطلاعات گیاه نخود، ضـــریب‌گیاهی دو جزئی توســـط نرم‌افزار شبیه سازی شد. در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ مدل شبیه‌سازی شده ضـریب‌گیاهی دو جزئی نخود مشـاهده می‌شـود. در این شـکل ضـــریب‌گیاهی پایه (Basal Kcb)، بارندگی (Prec.)، آبیاری (Net Irrigation) و ضـــریب‌گیاهی دو جزئی (K_s K_{cb} + K_e) ارائه شـــده اســـت. ضـــریب‌گیاهی دوجزئی حاصـــل جمع ضریب‌گیاهی پایه و ضریب تبخیر از خاک می‌باشد.



شکل۱۱ - مدل شبیه‌سازی شده ضریب گیاهی دو جزئی نخود توسط نرم‌افزار SIMDUALKc در سال ۱۳۹۲

Fig. 11. Dual chickpea crop coefficients simulated by SIMDUALKc model in 2013



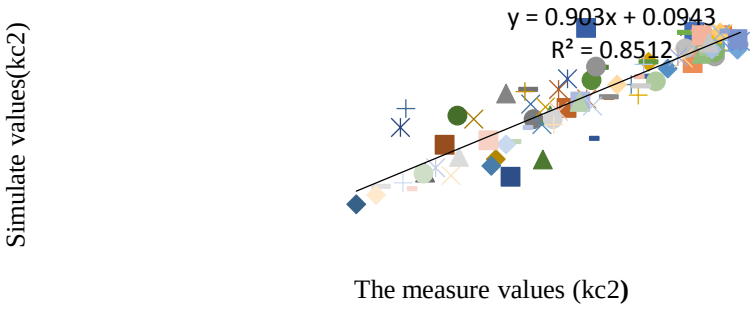
شکل ۱۲-مدل شبیه‌سازی شده ضریب گیاهی دو جزئی نخود توسط نرم‌افزار SIMDUALKc در سال ۱۳۹۳

Fig. 12. Dual chickpea crop coefficients simulated by SIMDUALKc model in 2013

www.SID.ir

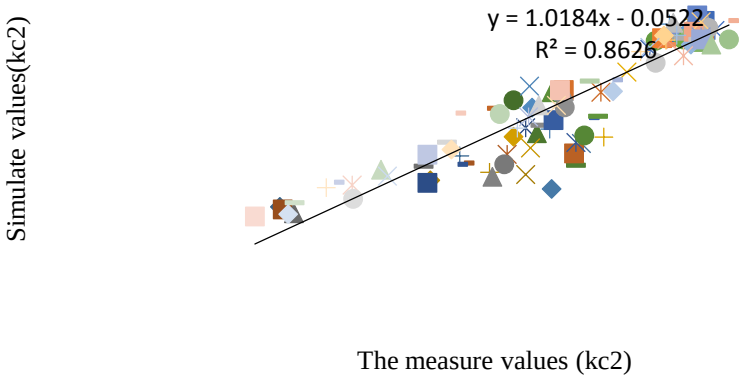
Archive of SID

با مقایسه نتایج به‌د ست آمده از مدل و روش لایسیمتری مشـــاهده می‌شـــود، که نتایج مدل با نتایج اندازه‌گیری شـــده، همبستگی بالایی دارند. ضمنا میزان R^2 برای سال اول و دوم به‌ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۸۶به‌دســـت آمدند که در اشـــکال ۱۳ و ۱۴ نمودار مقایســـه نتایج لایســـیمتری با مدل و هم‌چنین ســـایر اطلاعات آماری در جدول ۱۰ ارائه شده است.



شکل ۱۳- نمودار مقایسه ی بین نتایج اندازه‌گیری شده و نتایج مدل SIMDUALKc درسال 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 درسال 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

www.SID.ir

Archive of SID

هر چقدر مقدار RMSE و قدرمطلق MBE کوچکتر باشد، دقت مدل بالاتر است. مقادیر مثبت نشان‌دهنده‌ی آن است، که مقادیر پیش‌بینی شده تو سط مدل بی شتر از مقادیر واقعی و مقادیر منفی نشان‌دهنده‌ی آن است، که مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل از مقادیر واقعی کمتر است. هم‌چنین عملکرد هر یک از این روش ها، براساس مقدار R سنجیده می‌شود. هر چقدر که مقدار R کمتر باشد، به‌معنی کمتربودن اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش بینی‌شده 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 روش های لایسیمتری و با روش بیلان آب تعیین گرد ید. میانگین نیاز آبی نخود در سال اول و دوم آزمایش به‌ترتیب برابر با ۳۷۹/۰۵ و ۴۸۰/۴۵ و میانگین دو سال برابر با ۴۲۹/۷۵میلی‌متر برآورد شد. میانگین ضرایب‌گیاهی منفرد در دو سال برابر با (۰/۵۴، ۰/۸۲، ۱/۱۱ و ۰/۶۹) و میانگین ضرایب‌گیاهی پایه در دو سال آزمایش برابر با (۰/۳۹، ۰/۷۱، ۱/۰۱ و ۰/۶۲) به‌ترتیب در مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی محاسبه شد. با مقایسه نتایج به‌دست آمده از محاسبات ضریب گیاهی دوجزئی با نتایج به‌دست آمده از مدلSIMDualKc همبستگی بالایی (به‌طور متوسط مقدار R^2 درهر دو سال برابر با ۰/۸۵۵) به‌دست آمد. ارزیابی‌ها نشان داد که مدل دقت مناسبی در برآورد ضریب‌گیاهی دو جزئی دارد. بنابراین به‌نظر 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 مهندسین مشاور قرارگیرد.

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 evaptranspiration 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., Nasseri, 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)

www.SID.ir

Archive of SID

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 Vrkshy, 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).

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 8, No. 1, 2017, p. 164-179

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., Nazari[2], B. & Ghobadi[3], M.E.

1- Professor of Water Engineering Group, Compus of Agriculture and Natural Resources, Razi University
2- Irrigation and Drainage MSc Student of Water Engineering Group, Compus of Agriculture and Natural Resources, Razi University
3- Assistant Professor of Agriculture and Plants Breeding Group, Compus 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 lysimeteric 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

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 8, No. 1, 2017, p. 164-179

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 lysimeteric data with SIMDualKc model it was observed that the results of the model with calculation results were highly correlated as ($R2 = 0.85$) in the year 2013 and ($R2 = 0.86$) 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

www.SID.ir