

برآورد نیاز آبی و ضریب گیاهی شاهدانه در مراحل مختلف رشد در دشت بیرجند

سعید قوام‌سعیدی نوقابی^۱، علی شهیدی و حسین حمامی

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

saeidghavam@birjand.ac.ir

دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

ashahidi@birjand.ac.ir

استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

hhammami@birjand.ac.ir

دریافت: دی ۱۳۹۸ و پذیرش: مهر ۱۳۹۹

چکیده

تعیین نیاز آبی گیاه در برنامه‌ریزی آبیاری و در نتیجه مدیریت درست آب در بخش کشاورزی از اهمیت بالایی برخوردار است. در این رابطه، از روش بیلان آبی به کمک لایسیمترها استفاده می‌شود. از این رو، پژوهشی با هدف تعیین نیاز آبی گیاه شاهدانه (*Cannabis sativa L.*) در سال ۱۳۹۶ در دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند صورت گرفت. بدین منظور از شش عدد لایسیمتر وزنی استفاده شد و نیاز آبی شاهدانه با معادله بیلان آب محاسبه گردید که سه لایسیمتر به محاسبه تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع (چمن معمول برای فضای سبز با ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر) اختصاص یافت و در سه لایسیمتر دیگر گیاه شاهدانه کشت شد. بر اساس نتایج بدست آمده از معادله بیلان آب، میزان تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع و تبخیر-تعرق پتانسیل شاهدانه به ترتیب برابر ۸۹۹/۶ و ۶۸۸/۸۹ میلی‌متر بود. طول مراحل مختلف رشد گیاه شامل مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی به ترتیب برابر ۷۵، ۳۰، ۵۵ و ۲۰ روز بدست آمد. همچنین مقادیر ضریب گیاهی شاهدانه در مراحل چهارگانه رشد گیاه به ترتیب برابر ۰/۲۸، ۰/۶۸، ۱/۰۱ و ۰/۵۴ بدست آمد. این مقادیر برای برآورد نیاز آبی و مدیریت آبیاری گیاه شاهدانه توصیه می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: تبخیر-تعرق، گیاه مرجع، لایسیمتر وزنی، مدیریت آبیاری، معادله بیلان آب

^۱ - آدرس نویسنده مسئول: بیرجند، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

است. بذور شاهدانه از مغذی‌ترین دانه‌های جهان است و حاوی ۲۰ تا ۲۵ درصد پروتئین، ۲۰ تا ۳۰ درصد کربوهیدرات، ۲۵ تا ۳۵ درصد روغن و ۱۰ تا ۱۵ درصد فیبر نامحلول و همچنین مقادیر مطلوب فسفر، پتاسیم، منیزیم، سولفور، کلسیم، آهن، روی و انواع ویتامین‌های A، C و E و همچنین مواد معدنی، بتا-کاروتن و آنتی‌اکسیدان است (اورهان و سنر، ۲۰۰۲).

برآورد نیاز آبی واقعی گیاهان می‌تواند قدمی جدی در بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی باشد و آینده روشنی را برای مدیریت اثر بخش آب در بخش کشاورزی به ارمغان آورد. در رابطه با برآورد نیاز آبی گیاهان به‌خصوص گیاهان دارویی، در چند سال اخیر تحقیقاتی در سطح کشور انجام شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

راد و همکاران (۱۳۹۲) پژوهشی را با هدف تعیین ضریب گیاهی و نیاز آبی دو گونه اکالیپتوس در شرایط لایسیمی در یزد انجام دادند. نتایج نشان داد میزان تبخیر-تعرق هر دو گونه کمتر از تبخیر-تعرق گیاه مرجع بوده و ضریب گیاهی به‌صورت میانگین، به‌ترتیب برابر ۰/۴۵ و ۰/۶۷ بدست آمد. هاشمی‌نسب و همکاران (۱۳۹۳) پژوهشی را به‌منظور برآورد ضرایب گیاهی و نیاز آبی گیاه دارویی همیشه بهار در اقلیم نیمه‌خشک کرمان انجام دادند. در آن پژوهش به‌منظور برآورد تبخیر-تعرق محصول از شش عدد لایسیمتر استفاده شد که در پنج لایسیمتر گیاه دارویی همیشه بهار و در یک لایسیمتر گیاه مرجع کشت شد. نتایج نشان داد، نیاز آبی گیاه همیشه بهار برابر با ۳۲۰/۶ میلی‌متر و مقادیر ضرایب گیاهی در چهار مرحله رشد ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی به‌ترتیب برابر با ۰/۷۱، ۱/۲۸، ۱/۵ و ۰/۶۶ بود. ریحانی و خاشعی (۱۳۹۴) آزمایشی را طی یک سال زراعی برای تعیین ضرایب گیاهی زیره سبز در منطقه بیرجند انجام دادند. در این تحقیق نیاز آبی زیره و تبخیر-تعرق گیاه مرجع با استفاده از لایسیمتر و به روش بیلان آب محاسبه گردید. در نهایت در پایان فصل رشد،

رویکرد جهانی به استفاده از گیاهان دارویی و ترکیب‌های طبیعی در صنایع دارویی، آرایشی-بهداشتی، غذایی و به‌دنبال آن توجه مردم، مسئولین و صنایع داخلی به استفاده از گیاهان دارویی، نیاز مبرم به پژوهش‌های پایه‌ای و کاربردی وسیعی را در این زمینه نمایان می‌سازد. گیاهان دارویی یکی از منابع بسیار ارزشمند در گستره وسیعی از منابع طبیعی ایران است که در صورت شناخت علمی، کشت، توسعه و بهره‌برداری صحیح می‌تواند نقش مهمی در سلامت جامعه، اشتغال‌زایی و صادرات غیرنفتی داشته باشد (سفیدکن، ۱۳۸۷).

شاهدانه با نام علمی *Cannabis sativa L.* و نام انگلیسی کانابیس، گیاهی علفی، یکساله، دوپایه، از شاخه نهان‌دانگان، از راسته اورتیکال^۲ و متعلق به خانواده کانابیناسه^۳ است (فلورس-سانچز و ورپورته، ۲۰۰۸). شاهدانه گیاه بومی ایران است و در بیشتر مناطق کشور به‌صورت وحشی رشد کرده یا کشت می‌شود؛ بنابراین، تنوع ژنتیکی گسترده‌ای در ایران دارد. گیاه شاهدانه رشد سریع، توانایی رشد در اقلیم‌های گوناگون، توانایی مقاومت به خشکی و هجوم میکروبی، هزینه ماده اولیه کم و درصد زیست توده بالا، بازده بالای کشت، بازده بالای وزن خشک، نیاز کم به تقویت‌کننده‌ها، عدم نیاز به آفت‌کش‌ها، توانایی رشد در خاک‌های آلوده و جلوگیری از رشد عوامل بیماری‌زای خاک، تأثیر مثبت در تناوب زراعی و امکان بهبود کیفیت خاک را دارد (آمادوچی و همکاران، ۲۰۰۸؛ وان در ورف و تورونن، ۲۰۰۸؛ پیوتروسکی و کاروس، ۲۰۱۱؛ رحمان و همکاران، ۲۰۱۳). با توجه به ارزش غذایی شاهدانه و همچنین نیاز مبرم به تهیه داروهای مناسب در تسکین بیماری‌های مهم و فراگیر جهان از جمله ام‌اس، سرطان و ایدز این گیاه به‌عنوان یک گیاه دارویی مهم در جهت بهبود این بیماری‌ها شناخته می‌شود (ون‌باکل و همکاران، ۲۰۱۱). بذور شاهدانه نیز به‌عنوان منبعی غنی از پروتئین و روغن از دیرباز همواره مورد استفاده بشر بوده

3. Cannabaceae

2. Urticales

(*Marjorana Syriaca*) را به ترتیب برابر با ۰/۷۹ و ۰/۷۵ گزارش کردند. در این تحقیق، میزان تبخیر-تعرق گیاه مرجع (در طول دو سال آزمایش) برابر ۱۳۷۳ میلی متر (با استفاده از معادله هارگریوز) و میزان تبخیر-تعرق گیاه *Hyssop Biblical* برابر ۱۰۸۸ میلی متر محاسبه شد. پارادس و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی نیاز آبی، ضریب گیاهی و ضریب حساسیت به کم آبی سیب زمینی را در دو سال مطالعه کردند و بر اساس داده‌های گردآوری شده، مدل *SIMDualKc* را واسنجی و صحت‌سنجی کرده و توسعه دادند. نتایج نشان داد که برآورد دقیق نیاز آبی و مدیریت زمان کشت در کاهش آب آبیاری به صورت معنی داری نقش دارد و مدیریت آب مصرفی را بهبود می‌بخشد.

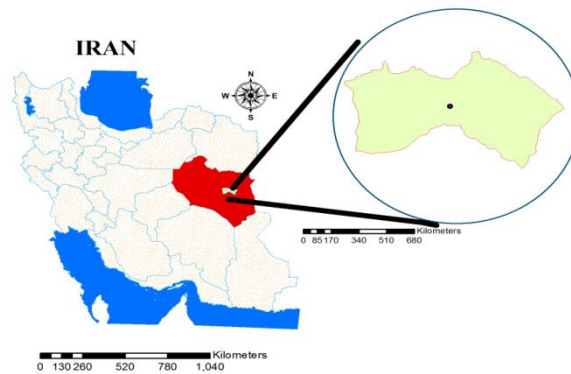
با توجه به اینکه شاهدانه گیاهی صنعتی و دارویی بوده و می‌تواند اهمیت زیادی در اقتصاد کشور به‌ویژه در بخش تولیدات دارویی داشته باشد و همچنین به دلیل اینکه اخیراً در مناطق مختلفی از کشور، کشت آن توسعه یافته و ضرایب گیاهی آن در مراحل مختلف رشد تاکنون در ایران و در سایر نقاط جهان، مطالعه، تعیین و گزارش نشده است، لذا، این پژوهش با هدف تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی شاهدانه در شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک بیرجند انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۷ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا اجرا شد. متوسط بارندگی این منطقه کمتر از ۱۲۰ میلی متر و میانگین سالانه دمای آن ۱۶ درجه سانتی‌گراد است. شهرستان بیرجند با توجه به ضریب خشکی دوارتن که برای این منطقه کمتر از ۱۰ می‌باشد، دارای اقلیم خشک است (علیزاده، ۱۳۸۹). شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

مقادیر ضرایب گیاهی در چهار مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی برای این گیاه به ترتیب برابر ۰/۶۵، ۰/۹۲، ۱/۲۱ و ۰/۸۵ بدست آمد. زارعی و همکاران (۱۳۹۶) به ارزیابی مراحل مختلف رشد گونه سیاه‌دانه و تعیین ضریب گیاهی آن با استفاده از میکرو لایسیمترها پرداختند. نتایج نشان داد طول هر یک از چهار مرحله رشد به ترتیب برابر ۱۰، ۱۱، ۴۱ و ۲۳ روز و ضریب گیاهی برای این دوره‌ها به ترتیب برابر ۰/۷۵، ۱/۰۲، ۱/۲۱ و ۰/۸ بدست آمد. قوام سعیدی و همکاران (۱۳۹۸) پژوهشی را طی یک سال زراعی برای تعیین ضریب گیاهی چای ترش در منطقه بیرجند انجام دادند. در این پژوهش، نیاز آبی چای ترش و تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع با استفاده از لایسیمتر و به روش بیلان آب محاسبه شد. در نهایت در پایان فصل رشد، مقادیر ضرایب گیاهی در چهار مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی برای این گیاه به ترتیب برابر ۱/۲۶، ۱/۵۵، ۱/۸۱ و ۰/۹۶ برآورد شد.

مهدوی دامغانی و همکاران (۲۰۱۰) طی پژوهشی میزان میزان تبخیر-تعرق فصلی خشک‌خاش را در منطقه کوردوبا اسپانیا برابر با ۵۰۵ میلی متر محاسبه کردند. حسن‌لی و پزانتی (۲۰۱۳) به منظور تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی گوجه‌فرنگی در دشت شمال آدلاید استرالیا آزمایشی انجام دادند. میزان ضریب گیاهی در مراحل اولیه رشد بین ۰/۴۹ تا ۰/۶۱، در مرحله توسعه بین ۰/۵۳ تا ۱/۳۴، در مرحله رشد میانی بین ۱/۱۷ تا ۱/۳۸ و در مرحله رشد نهایی بین ۰/۷۱ تا ۰/۹۲ برآورد شد. همچنین میزان تبخیر-تعرق در طول فصل رشد گیاه، ۹۵۱ میلی متر برآورد شد. حسن و علی (۲۰۱۴) پژوهشی را بر روی گیاه گشنیز در منطقه ال بوستان مصر انجام دادند. در این تحقیق میزان تبخیر-تعرق پتانسیل با استفاده از تشتک تبخیر بدست آمد. نتایج نشان داد، میانگین تبخیر-تعرق پتانسیل و واقعی گیاه گشنیز به ترتیب برابر با ۱۱۵۲/۹ و ۱۳۲۲/۴ میلی متر بود. جعفر و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی دو ساله در لبنان، میزان ضریب گیاهی گونه دارویی *Hyssop Biblical*



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان

لایسیمترها آبیاری شد و پس از نشست کامل مجدداً تا سطح مورد نظر با خاک پر شد. به منظور جلوگیری از تابش مستقیم نور خورشید و برقراری شرایطی مشابه با شرایط مزرعه، لایسیمترها در داخل خاک کارگذاری شدند. قبل از کاشت به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک درون لایسیمترها و همچنین خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده نمونه برداری صورت گرفت. نتایج مربوطه به ترتیب در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

اجرای طرح به صورت کشت گیاه در لایسیمترهایی به قطر ۲۶ و ارتفاع ۳۱ سانتی متر صورت گرفت که در سه لایسیمتر (به عنوان سه تکرار) گیاه شاهدانه و در سه لایسیمتر دیگر، گیاه مرجع (چمن) کشت شد. به منظور سهولت در انجام عمل زهکشی در کف هر کدام از لایسیمترها به ارتفاع شش سانتی متر شن ریز و درشت ریخته شد و مابقی حجم آن توسط خاک مورد نظر به همراه کود پوسیده حیوانی به منظور رشد بهتر گیاه پر گردید. جهت تحکیم خاک قبل از کشت، دو نوبت خاک داخل

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک درون لایسیمترها

جرم مخصوص	رطوبت حجمی	رطوبت حجمی	رطوبت حجمی	هدایت الکتریکی	اسیدیتته	کربن
ظاهری	ظرفیت زراعی	نقطه پژمردگی	نقطه پژمردگی	(دسی زیمنس بر متر)	(دسی زیمنس بر متر)	الی
(گرم بر سانتی متر مکعب)	(درصد)	(درصد)	(درصد)			(درصد)
۱/۴	۲۵/۰۶	۱۶/۵۲	۱۶/۵۲	۲/۸۱	۷/۸	۰/۴۹

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده

کاتیون‌ها (میلی اکی والانت بر لیتر)				آنیون‌ها (میلی اکی والانت بر لیتر)				SAR	اسیدیتته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)
Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	Hco ₃ ⁻	Co ₃ ²⁻	So ₄ ²⁻			
۳/۵	۲/۷	۱۳/۳	۰/۰۸	۸/۸	۴/۹	۰	۶/۴	۷/۵	۸	۱/۴

و جین دستی صورت گرفت. در طی انجام آزمایش، آب زهکشی شده از لایسیمترها به صورت وزنی اندازه گیری و سپس به حجم و ارتفاع آب تبدیل شد. قبل از کاشت، رطوبت خاک مورد استفاده در محدوده ظرفیت زراعی با استفاده از صفحات فشاری اندازه گیری و سپس به صورت درصد حجمی تعیین گردید. اندازه گیری محتوای آب و

در تاریخ ۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۶ کشت شاهدانه در داخل لایسیمترها صورت گرفت. در هر کدام از لایسیمترها به طور متوسط تعداد پنج عدد بذر شاهدانه به منظور بالا بردن شانس جوانه زنی بذر کشت گردید و سپس پس از سبز شدن اقدام به تنک کردن گیاه شد. همچنین در صورت مشاهده علف هرز و به منظور کنترل آن، به دفعات لازم

باشند، تبخیر-تعرق می‌تواند بر مبنای تغییر مقدار آب خاک (ΔSW) در طول یک دوره مشخص به صورت رابطه ۲ محاسبه گردد:

$$ET = I + P - RO - DP + CR \pm \Delta SF \pm \Delta SW \quad (2)$$

با توجه به اینکه لایسیمتر یک محیط بسته است و انتقال آب از محیط اطراف به داخل آن امکان‌پذیر نبوده و تمام آب رسیده به سطح زمین به داخل آن نفوذ می‌کند، بنابراین میزان رواناب سطحی صفر خواهد بود. لذا در مطالعات نیاز آبی، معادله بیلان آب در خاک برای یک محیط بسته مانند لایسیمتر به صورت رابطه ۳ در نظر گرفته می‌شود (آلن و همکاران، ۱۹۹۸):

$$ET_C = I + P - D \pm \Delta S \quad (3)$$

که در آن:

ET_C : تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه شاهدانه (میلی متر بر روز)،
 I : آب آبیاری (میلی متر)،
 P : میزان بارندگی (میلی متر)،
 D : آب زهکشی شده (میلی متر) و ΔS : تغییرات رطوبت خاک در دوره معین (میلی متر) می‌باشند. به طور معمول معادله بیلان آب در خاک می‌تواند شدت تبخیر-تعرق را در دوره‌های طولانی (هفته‌ای یا ده روزه) برآورد کند (صابری و همکاران، ۱۳۹۴).

تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET_0)

در این پژوهش، روشی که برای محاسبه تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع (چمن معمول برای فضای سبز با ارتفاع ۱۲ سانتی متر) استفاده شد، شامل اندازه‌گیری مستقیم تبخیر-تعرق چمن با خصوصیات ذکر شده بود. بدین صورت که در طی زمان فصل رشد گیاه، تبخیر-تعرق چمن مشابه با تبخیر-تعرق گیاه شاهدانه اندازه‌گیری و به عنوان تبخیر-تعرق پتانسیل لحاظ گردید.

نتایج و بحث

اطلاع از میزان تبخیر-تعرق و یا میزان آب مصرفی گیاه اساس یک برنامه‌ریزی آبیاری را تشکیل می‌

خاک و تعیین نوبت آبیاری به صورت وزنی انجام شد، بدین صورت که رطوبت ظرفیت زراعی به عنوان رطوبت بهینه جهت وارد نیامدن تنش به گیاه در نظر گرفته شد و وزن مجموعه لایسیمتر و خاک در این رطوبت محاسبه گردید و سپس سعی شد که وزن لایسیمتر و در نتیجه رطوبت خاک در این حد حفظ شود.

ضریب گیاهی (K_C)

اگر تبخیر-تعرق پتانسیل مرجع (ET_0) و تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه (ET_C) موجود باشند، ضریب گیاهی به کمک رابطه ۱ قابل اندازه‌گیری خواهد بود (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

$$K_C = \frac{ET_C}{ET_0} \quad (1)$$

تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه شاهدانه (ET_C)

تبخیر-تعرق پتانسیل یک گیاه خاص را می‌توان با اندازه‌گیری مستمر تغییرات آب ذخیره شده در خاک داخل لایسیمتر و معادله بیلان آب در خاک بدست آورد. معادله بیلان آب در خاک، شامل میزان آب ورودی و خروجی به ناحیه ریشه گیاه در دوره‌های زمانی مشخص می‌باشد که اساس کار لایسیمتر وزنی است. آبیاری (I) و بارندگی (P)، منابع آب ورودی به محدوده توسعه ریشه گیاه محسوب می‌شوند. بخشی از آب آبیاری و بارندگی ممکن است به صورت رواناب سطحی (RO) و نفوذ عمقی (DP) تلف شده که موجب تغذیه سطح ایستابی می‌شود. همچنین امکان دارد، آب تحت صود موینه‌ای (CR) از یک سطح ایستابی بالا به محدوده (عمق) توسعه ریشه گیاه انتقال یابد و یا حتی در جهت افقی، به صورت جریان زیرزمینی به محدوده توسعه ریشه گیاه وارد یا از آن خارج گردد (ΔSF). با این اوصاف در بسیاری از شرایط، به استثنای شیب‌های هیدرولیکی بالا، مقادیر (ΔSF) ناچیز بوده و قابل صرف نظر است. تبخیر از خاک و تعرق از گیاه موجب تخلیه آب خاک محدوده توسعه ریشه گیاه می‌شوند. چنانچه به جزء تبخیر-تعرق، تمامی جریان‌ها قابل برآورد

دهد. بدون اطلاع از این موضوع یا کمتر از نیاز واقعی گیاه، آب در اختیار گیاه قرار گرفته و عملکرد گیاه را تحت الشعاع قرار می‌دهد و یا بیشتر از نیاز واقعی گیاه بوده و تلفات آب را به دنبال دارد. یکی از بهترین راهکارهای ارائه شده در رابطه با بررسی نیاز آبی گیاهان، برآورد ضرایب گیاهی در مراحل مختلف رشد گیاه می‌باشد. با تجزیه و تحلیل داده های لایسیمتری، مقادیر تبخیر-تعرق پتانسیل مرجع، تبخیر-تعرق پتانسیل و ضریب گیاهی شاهدانه به صورت ده روزه در طی دوره رشد گیاه در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد، مقادیر سالانه تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع و تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه شاهدانه در طی دوره رشد گیاه به ترتیب برابر ۸۹۹/۶ و ۶۸۸/۸۹ میلی‌متر بود. بر اساس داده‌های موجود در جدول ۳، میزان تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع از دهه اول تا دهه دهم روندی افزایشی و پس از آن تا آخر دوره رشد گیاه روندی کاهشی داشته است. همچنین میزان تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه دارویی شاهدانه از دهه اول تا دهه دوازدهم روندی افزایشی و در ادامه روندی کاهشی داشته است. ضرایب گیاهی نیز، از ابتدای دوره تا دهه سیزدهم افزایشی و پس از آن تا آخر دوره رشد گیاه کاهشی بوده است. نتایج این بخش با نتایج بسیاری از پژوهشگران دیگر روی سایر گیاهان دارویی مطابقت دارد که از این میان می‌توان به پژوهش هاشمی‌نسب و همکاران (۱۳۹۳) روی گیاه دارویی همیشه بهار و صابری و همکاران (۱۳۹۶) روی گیاه دارویی اجغون اشاره نمود.

به‌طور کلی ضریب گیاهی در چهار مرحله رشد، شامل مرحله ابتدایی رشد (از زمان کاشت تا زمانی که گیاه ۱۰ درصد سطح زمین را بپوشاند)، مرحله توسعه گیاه (از انتهای مرحله ابتدایی تا زمانی که گیاه به حداکثر رشد خود رسیده و حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد سطح زمین را در بر گیرد)، مرحله میانی (از انتهای مرحله توسعه تا زمانی که گیاه شروع به رسیدن کند مثلاً برگ‌ها زرد شوند یا بریزند) و

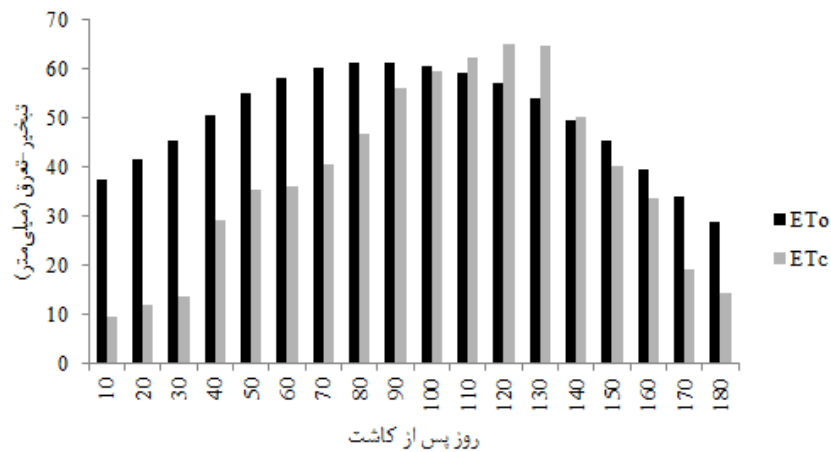
مرحله نهایی (از انتهای مرحله میانی تا زمان برداشت محصول) مورد محاسبه قرار می‌گیرد. به‌طور کلی ضریب گیاهی اثر متفاوت بودن ویژگی‌های یک محصول و سطح چمن با ظاهر ثابت و پوشش گیاهی کامل را در یک ضریب می‌گنجاند (آلن و همکاران، ۱۹۹۸)؛ بنابراین انواع محصولات دارای ضرایب گیاهی متفاوتی هستند. ضریب گیاهی به‌طور عمده به ویژگی‌های گیاه و به‌طور محدودتر به اقلیم هر منطقه بستگی دارد که این امر بیانگر لزوم استفاده از ضرایب گیاهی استاندارد در مناطق و اقلیم‌های مختلف می‌شود. ضرایب گیاهی شاهدانه در چهار مرحله رشد گیاه شامل مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی برآورد شد که مقادیر حاصل از آن در جدول ۴ ارائه شده است. همچنین طول دوره رشد در هر مرحله به ترتیب برابر با ۳۰، ۵۵، ۷۵ و ۲۰ روز و کل دوره رشد گیاه برابر با ۱۸۰ روز می‌باشد که این مقدار بسته به منطقه کشت گیاه متفاوت خواهد بود. نمودار تغییرات تبخیر-تعرق پتانسیل چمن و تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه شاهدانه در شکل ۲ آمده است. همان‌طور که مشخص است، در ابتدای دوره رشد گیاه، اختلاف بین تبخیر-تعرق پتانسیل چمن و تبخیر-تعرق پتانسیل شاهدانه زیاد بوده ولی در اواخر دوره رشد، این اختلاف کم می‌شود. حداقل و حداکثر مقادیر متوسط تبخیر-تعرق پتانسیل مرجع به ترتیب برابر ۲۸/۸ و ۶۱/۳ میلی‌متر و تبخیر-تعرق پتانسیل شاهدانه برابر ۹/۴ و ۶۵/۲۱ میلی‌متر در طی دوره‌های ۱۰ روز بود. تبخیر-تعرق پتانسیل شاهدانه در مرحله ابتدایی به دلیل رشد کم و کوچک بودن گیاه، پایین بوده و سپس در مرحله توسعه با افزایش رشد گیاه، افزایش شاخص سطح برگ و افزایش تعرق، افزایش یافته است. در مرحله میانی به دلیل توسعه اندام هوایی گیاه و پرشدن دانه‌ها، میزان تبخیر-تعرق پتانسیل شاهدانه به حداکثر مقدار خود رسیده و به تدریج در مرحله پایانی روند کاهشی داشته است.

جدول ۳- تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی ده روزه شاهدانه در سال ۱۳۹۶

دهه	تبخیر-تعرق پتانسیل مرجع (میلی متر)	لایسیمتر ۱		لایسیمتر ۲		لایسیمتر ۳		متوسط	
		تبخیر-تعرق گیاهی	تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه (میلی متر)	ضریب گیاهی	تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه (میلی متر)	ضریب گیاهی	تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه (میلی متر)		ضریب گیاهی
۱	۳۷/۶	۸/۶۵	-/۲۳	۹/۴	-/۲۵	۱۰/۱۵	-/۲۷	۹/۴۰	-/۲۵
۲	۴۱/۵	۱۲/۴۵	-/۳	۱۱/۲۱	-/۲۷	۱۲/۰۴	-/۲۹	۱۱/۹	-/۲۹
۳	۴۵/۴	۱۴/۰۷	-/۳۱	۱۳/۱۷	-/۲۹	۱۴/۰۷	-/۳۱	۱۳/۷۷	-/۳۰
۴	۵۰/۵	۲۳/۷۴	-/۴۷	۳۱/۳۱	-/۶۲	۳۲/۳۲	-/۶۴	۲۹/۱۲	-/۵۸
۵	۵۵/۱	۳۰/۸۶	-/۵۶	۳۶/۹۲	-/۶۷	۳۸/۰۲	-/۶۹	۳۵/۲۶	-/۶۴
۶	۵۸/۳	۳۴/۹۸	-/۶	۳۷/۳۱	-/۶۴	۳۶/۱۵	-/۶۲	۳۶/۱۵	-/۶۲
۷	۶۰/۴	۳۹/۸۶	-/۶۶	۴۰/۴۷	-/۶۷	۴۱/۶۸	-/۶۹	۴۰/۶۷	-/۶۷
۸	۶۱/۱	۴۵/۲۱	-/۷۴	۴۷/۰۵	-/۷۷	۴۷/۶۶	-/۷۸	۴۶/۶۴	-/۷۶
۹	۶۱/۳	۵۴/۵۶	-/۸۹	۵۶/۴۰	-/۹۲	۵۷/۶۲	-/۹۴	۵۶/۱۹	-/۹۲
۱۰	۶۰/۵	۵۸/۶۹	-/۹۷	۶۰/۵۰	۱	۵۹/۹	-/۹۹	۵۹/۶۹	-/۹۹
۱۱	۵۹/۳	۶۱/۶۷	۱/۰۴	۶۲/۸۶	۱/۰۶	۶۲/۲۷	۱/۰۵	۶۲/۲۷	۱/۰۵
۱۲	۵۷/۲	۶۳/۴۹	۱/۱۱	۶۶/۳۵	۱/۱۶	۶۵/۷۸	۱/۱۵	۶۵/۲۱	۱/۱۴
۱۳	۵۴	۶۴/۲۶	۱/۱۹	۶۵/۸۸	۱/۲۲	۶۳/۷۲	۱/۱۸	۶۴/۶۲	۱/۲۰
۱۴	۴۹/۷	۵۰/۲۰	۱/۰۱	۵۱/۱۹	۱/۰۳	۴۹/۷	۱	۵۰/۳۶	۱/۰۱
۱۵	۴۵/۴	۳۹/۵۰	-/۸۷	۴۰/۴۱	-/۸۹	۴۰/۸۶	-/۹	۴۰/۲۵	-/۸۹
۱۶	۳۹/۶	۳۳/۲۶	-/۸۴	۳۴/۴۵	-/۸۷	۳۳/۶۶	-/۸۵	۳۳/۷۹	-/۸۵
۱۷	۳۳/۹	۱۷/۹۷	-/۵۳	۱۹/۳۲	-/۵۷	۲۰	-/۵۹	۱۹/۱	-/۵۶
۱۸	۲۸/۸	۱۴/۱۱	-/۴۹	۱۴/۴۰	-/۵	۱۴/۹۸	-/۵۲	۱۴/۵	-/۵۰
جمع	۸۹۹/۶	۶۶۷/۵۳	-	۶۹۸/۵۸	-	۷۰۰/۵۶	-	۶۸۸/۸۹	-

جدول ۴- مقادیر ضرایب گیاهی شاهدانه در مراحل مختلف رشد و طول دوره رشد

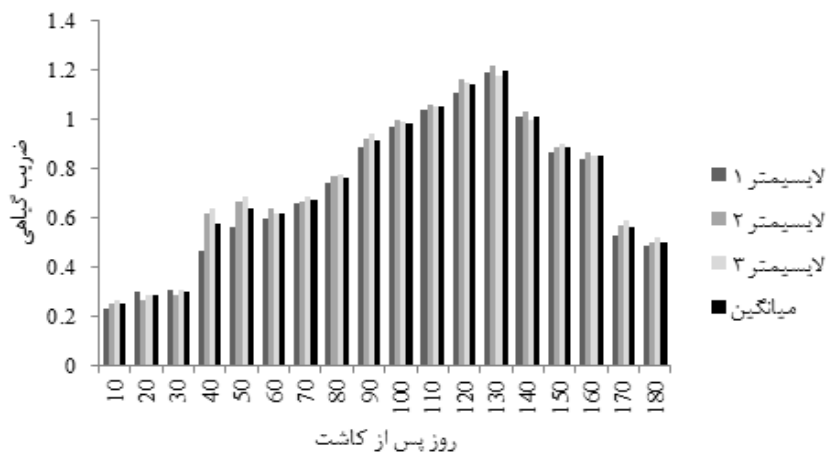
مراحل رشد	طول دوره (روز)	تاریخ		ضریب گیاهی		
		شروع	پایان	لایسیمتر ۱	لایسیمتر ۲	لایسیمتر ۳
ابتدایی	۳۰	۹۶/۰۲/۱۵	۹۶/۳۰/۱۳	-/۲۸	-/۲۷	-/۲۹
توسعه	۵۵	۹۶/۰۳/۱۴	۹۶/۰۵/۰۶	-/۶۳	-/۷۰	-/۷۱
میانی	۷۵	۹۶/۰۵/۰۷	۹۶/۰۷/۱۹	۱/۰۰	۱/۰۳	۱/۰۱
انتهای	۲۰	۹۶/۰۷/۲۰	۹۶/۰۸/۰۹	-/۵۱	-/۵۴	-/۵۶



شکل ۲- متوسط تبخیر-تعرق پتانسیل و واقعی شاهدانه در طی دوره رشد

میانی به حداکثر مقدار خود رسیده و در نهایت در مرحله انتهایی رشد ضریب گیاهی کاهش یافته است. با توجه به نتایج این بخش می‌توان اظهار نمود که به علت تغییرات زیاد شرایط اقلیمی مانند دمای هوا، رطوبت هوا، سرعت باد، تابش خورشیدی و سایر عوامل موثر بر تبخیر-تعرق، طول دوره‌های رشد گیاه شاهدانه ثابت نبوده و برای اینکه طول مراحل چهارگانه رشد گیاه از قطعیت بیشتری برخوردار باشد، نیاز به تحقیقات بیشتر در شرایط آب و هوایی متفاوت می‌باشد.

نمودار تغییرات ضریب گیاهی ۱۰ روزه شاهدانه مربوط به هر کدام از لایسیمترها به همراه میانگین آن‌ها در طی دوره رشد گیاه، در شکل ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد، حداقل و حداکثر مقادیر متوسط ضریب گیاهی شاهدانه به ترتیب برابر ۰/۲۵ (در دوره ابتدایی) و ۱/۲۰ (در دوره میانی) برآورد شد. همان‌طور که مشخص است، ضریب گیاهی شاهدانه در مرحله ابتدایی رشد تقریباً ثابت بوده و سپس در مرحله توسعه شروع به افزایش پیدا کرده و تا آغاز مرحله میانی رشد ادامه داشته است و پس از آن در مرحله



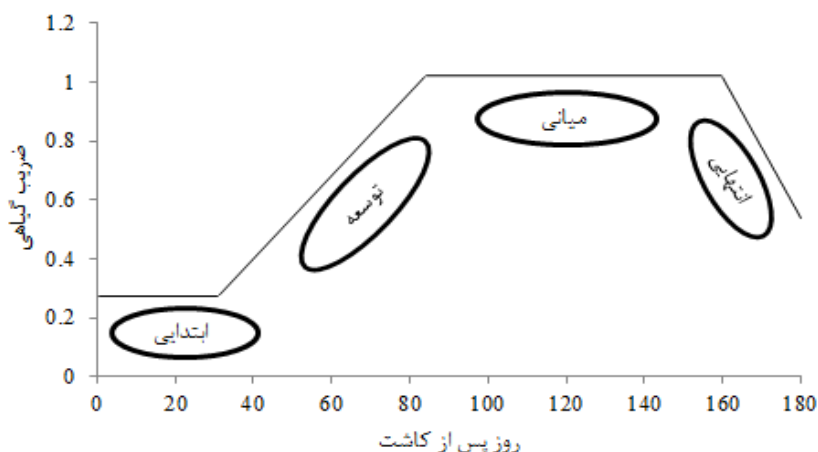
شکل ۳- مقادیر ضریب گیاهی شاهدانه مربوط به هر کدام از لایسیمترها در طی دوره رشد

رشد گیاه، منحنی تغییرات ضریب گیاهی رسم شد تا در هر مرحله از رشد، ضریبی متناسب با همان مرحله اعمال شود. برای رسم این منحنی در مراحل ابتدایی و میانی از روش

بر اساس روش پیشنهادی فائو برای تعیین ضریب گیاهی و استفاده از آن جهت تبدیل تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع به تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مورد نظر برای دوره

فائو ۵۶، ضریب گیاهی ارائه شده در مرحله پایانی نیز مربوط به آخرین روز از دوره رشد می‌باشد. منحنی ضریب گیاهی شاهدانه مطابق با روش ارائه شده در نشریه فائو ۵۶ در شکل ۴ ارائه شده است.

میانگین‌گیری استفاده شد. همچنین تغییرات ضریب گیاهی در مراحل توسعه و پایانی با توجه به مقدار ضریب گیاهی بدست آمده در ابتدا و انتهای هر مرحله از رشد و در نهایت با بدست آوردن معادله خط قابل ترسیم است. در نشریه



شکل ۴- تغییرات ضریب گیاهی شاهدانه در مراحل چهارگانه رشد

انتهایی به ترتیب برابر با ۳۰، ۵۵، ۷۵ و ۲۰ روز و ۰/۲۸، ۰/۶۸، ۱/۰۱ و ۰/۵۴ حاصل شد. از سویی، با استفاده از ضرایب گیاهی بدست آمده در این پژوهش که تاکنون به صورت تجربی برای منطقه بیرجند ارائه نشده است و همچنین محاسبه تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع توسط نرم‌افزارهایی مانند AGWAT، CROPWAT، PEF-ET و غیره، برآورد نیاز آبی گیاه شاهدانه امکان‌پذیر بوده و می‌تواند در مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری این گیاه در منطقه خشک و نیمه‌خشک بیرجند و مناطقی با شرایط آب و هوایی مشابه استفاده شود. همچنین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آبی بجای کاشت چمن در لایسمتر، تبخیر-تعرق گیاه مرجع به کمک معادله پنمن-مانیت محاسبه شود و با نتایج این پژوهش مقایسه گردد.

نتیجه‌گیری

با توجه به کمبود منابع آب و تغییر اقلیم دوره های آبی، توجه به گیاهان دارویی و برآورد پارامترهای مورد نیاز آنها مانند نیاز آبی و ضریب گیاهی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا در این پژوهش، گیاه دارویی شاهدانه مورد بررسی قرار گرفت و نیاز آبی آن در منطقه خشک و نیمه‌خشک بیرجند برآورد گردید. با توجه به عمق توسعه ریشه گیاه در لایسمترهایی به قطر ۲۶ و ارتفاع ۳۱ سانتی‌متر، بذر چمن فضای سبز کاشته شد و نیاز آبی آن به عنوان تبخیر-تعرق مرجع در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد، مقدار نیاز آبی گیاه شاهدانه در طی دوره رشد گیاه برابر ۶۸۸/۸۹ میلی‌متر بود. همچنین طول دوره‌های مختلف رشد و مقادیر ضرایب گیاهی در مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و

فهرست منابع

۱. راد، م.ه.، عصاره، م.ح.، سلطانی، م. و تجملیان، م. ۱۳۹۲. تعیین نیاز آبی، ضریب گیاهی و کارایی آب در دو گونه اکالیپتوس در شرایط لایسمتری. نشریه پژوهش آب ایران، ۷ (۱۲): ۷۱-۷۸.

۲. ریحانی، ن. و خاشعی سیوکی، ع. ۱۳۹۴. برآورد ضریب گیاهی زیره سبز در مراحل مختلف رشد به روش لایسیمتری در منطقه بیرجند. نشریه آب و خاک، ۲۹ (۵): ۱۰۵۶-۱۰۴۷.
۳. سفیدکن، ف. ۱۳۸۷. برنامه راهبردی تحقیق پژوهش‌های گیاهان دارویی. موسسه تحقیقات، جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان ترویج، آموزش و تحقیقات کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، ۴۰ صفحه.
۴. صابری، ا.، رضایی، ف. و خاشعی سیوکی، ع. ۱۳۹۶. برآورد ضریب گیاهی اجغون (*Trachyspermum ammi*) در مراحل مختلف رشد به روش لایسیمتری در منطقه بیرجند. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۱ (۳): ۳۸۹-۳۹۸.
۵. صارمی، م.، فرهادی، ب.، ملکی، ع. و فراستی، م. ۱۳۹۴. تعیین ضرایب گیاهی و نیاز آبی عدس به روش بیلان آبی (مطالعه موردی: خرم‌آباد). نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران، ۶ (۲): ۸۷-۹۸.
۶. علیزاده، ا. ۱۳۸۹. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چاپ بیست و هشتم، مشهد، ایران، ۸۶۶ صفحه.
۷. قوام سعیدی نوقابی، س.، خاشعی سیوکی، ع. و حمامی، ح. ۱۳۹۸. برآورد ضریب گیاهی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa L.*) در مراحل مختلف رشد به روش لایسیمتری در منطقه بیرجند. نشریه آب و خاک، ۳۳ (۱): ۱-۱۱.
۸. هاشمی‌نسب، فریده السادات، موسوی بایگی، م.، علیزاده، ا. و بختیاری، ب. ۱۳۹۳. برآورد ضرایب گیاهی و نیاز آبی گیاه دارویی همیشه بهار (*Calendula officinalis L.*) در اقلیم نیمه‌خشک کرمان. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۲ (۲): ۶۲-۶۹.
9. 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 No 56. Rome, Italy, 300 p.
10. Amaducci, S., Zatta, A., Pelatti, F., and Venturi, G. 2008. Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (*Cannabis sativa L.*) fibre and implication for an innovative production system. Field Crops Research, 107(2): 161-169.
11. Flores-Sanchez, I.J., and Verpoorte, R. 2008. Secondary metabolism in cannabis. Phytochemistry Reviews, 7(3): 615-639.
12. Hassan, F.A.S., and Ali, E.F. 2014. Impact of different water regimes based on class-A pan on growth, yield and oil content of *Coriandrum sativum L.* plant. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 13(2): 155-161.
13. Hassanli, A.M., and Pezzaniti, D. 2013. Crop Irrigation scheduling in South Australia, A case study. Water Journal, 40(4): 92-97.
14. Jaafar, H., Khraizat, Z., Bashour, I., and Haidar, M. 2017. Determining water requirements of biblical hyssop using an ET-based drip irrigation system. Agricultural Water Management, 180: 107-117.
15. Mahdavi-Damghani, A., Kamkar, B., Al-Ahmadi, M.J., Testi, L., Muñoz-Ledesma, F.J., and Villalobos, F.J. 2010. Water stress effects on growth, development and yield of opium poppy (*Papaver somniferum L.*). Agricultural Water Management, 97(10): 1582-1590.
16. Orhan, I., and Sener, B. 2002. Fatty acid content of selected seed oils. Journal of Herbal Pharmacotherapy, 2(3): 29-33.
17. Paredes, P., D'Agostino, D., Assif, M., Todorovic, M., and Pereira, L.S. 2018. Assessing potato transpiration, yield and water productivity under various water regimes and planting dates using the FAO dual Kc approach. Agricultural Water Management, 195: 11-24.
18. Piotrowski, S., and Carus, M. 2011. Ecological benefits of hemp and flax cultivation and products. Nova Institute, 5: 1-6.
19. Rehman, M.S.U., Rashid, N., Saif, A., Mahmood, T., and Han, J.I. 2013. Potential of bioenergy production from industrial hemp (*Cannabis sativa*): Pakistan perspective. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 18: 154-164.

20. Van Bakel, H., Stout, J.M., Cote, A.G., Tallon, C.M., Sharpe, A.G., Hughes, T.R., and Page, J.E. 2011. The draft genome and transcriptome of *Cannabis sativa*. *Genome Biology*, 12(10): R102.
21. Van der Werf, H.M., and Turunen, L. 2008. The environmental impacts of the production of hemp and flax textile yarn. *Industrial Crops and Products*, 27(1): 1-10.

Estimation of Water Requirement and Crop Coefficient for Hemp at Different Growth Stages in Birjand Plain

S. Ghavamsaeidi Noghabi ¹, A. Shahidi, and H. Hammami

MSc Graduate, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand.

saeidghavam@birjand.ac.ir

Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand.

ashahidi@birjand.ac.ir

Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand.

hhammami@birjand.ac.ir

Received January 2020, and Accepted: September 2020

Abstract

Determination of crop water requirement is of great importance in irrigation planning and effective management of water in agriculture. In this regard, lysimeters are used to measure water input and output and water balance method. Therefore, this research was carried out to determine the water requirement of *Cannabis sativa* L. in 2017 at the Faculty of Agriculture of Birjand University. For this purpose, six weighing lysimeters were used and cannabis water requirement was calculated using the water balance equation. Three lysimeters were planted to grass (12 cm height) as the reference crop, and in the other three lysimeters the cannabis plant was cultivated. Based on the results of the water balance equation, the evapotranspiration potentials of the reference plant and cannabis were 899.6 and 688.89 mm, respectively. The length of different stages of plant growth, including the initial, development, middle and end stages, was 30, 55, 75, and 20 days, respectively. Also, the cannabis crop coefficient values in the four stages of plant growth were 0.28, 0.68, 1.01 and 0.54, respectively. These values are recommended for estimating the water requirement and irrigation management of cannabis.

Keywords: Evapotranspiration, Reference crop, Water Balance Equation, Water management, weighing lysimeter

¹ - Corresponding author: Birjand, MSc Graduate of Irrigation and Drainage, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand.