

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

دستورالعمل فنی

پایش نیاز آبی در مراحل مختلف رشد آویشن دنیایی
(با استفاده از روش‌های لایسیمتری و محاسباتی)

نگارش:

ابراهیم شریفی عاشورآبادی

حسن روحی پور

مریم جبلی

مریم مکی زاده تفتی

بهروز نادری

۱۴۰۰

عنوان طرح منتج به دستورالعمل فنی

کد مصوب: ۲-۰۹-۰۹-۹۳۱۳۹	تعیین تیزابی آویشن دناپی (<i>Thymus daenensis</i> Celak.) با استفاده از لایسیمتر
---------------------------	---



عنوان نشریه: پایش نیاز آبی در مراحل مختلف رشد آویشن دناپی (با استفاده از روش‌های لایسیمتری و محاسباتی)

نویسندگان:

ابراهیم شریفی عاشورآبادی - دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات گیاهان دارویی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

حسن روحی‌پور - دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

مریم جبلی - کارشناس ارشد، بخش تحقیقات گیاهان دارویی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

مریم مکی‌زاده نفتی - استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات گیاهان دارویی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

بهروز نادری - کارشناس، بخش تحقیقات گیاهان دارویی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

تهیه شده در: مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور / اداره ترویج و انتقال یافته‌های تحقیقاتی

مدیر داخلی: فاطمه عباسپور

ویراستاران علمی: محمدهادی راد، مهرداد نجف‌پورنویایی

ویراستار ادبی: اصغر احمدی

نشانی: بزرگراه تهران-کرج، خروجی پیکانشهر، شهرک سرو آزاد، خیابان شهید گودرزی، بلوار باغ گیاه‌شناسی ملی ایران، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور. صندوق پستی: ۱۱۶-۱۳۱۸۵.

تلفن: ۰۲۱-۴۴۷۸۷۲۸۲-۵ وبسایت: www.rifr-ac.ir

نوبت و سال انتشار: اول - ۱۴۰۰

این نشریه به شماره ۶۱۲۰۱ در تاریخ ۱۲/۰۹/۱۴۰۰ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی

کشاورزی به ثبت رسیده است.

ISBN: 978-964-473-484-7



9

789644

734847

فهرست مطالب

۱	چکیده
۸	مفهوم ضریب گیاهی (Kc)
۱۰	تعیین نیاز خالص آب آبیاری
۱۰	تعیین نیاز آبی در گیاهان دارویی
۱۱	اهمیت گیاه دارویی آویشن
۱۳	اقدامات
۱۵	روش بلانی کریدل فائو
۱۶	روش پنمن مانتیث فائو
۱۸	نتایج
۲۳	نتیجه گیری
۲۶	نتیجه گیری نهایی
۲۸	فهرست منابع

مخاطبان: این مجموعه به نحوی تنظیم شده است که اطلاعات آن، به طور مستقیم توسط کارشناسان و مروجان فعال در زمینه بهره‌وری آب و تولید گیاهان دارویی قابل استفاده بوده و امکان آموزش دستاوردهای آن از مروجان به کشاورزان و تولیدکنندگان گیاهان دارویی میسر باشد.

دامنه کاربرد:

- مقدار آب مورد نیاز آویشن دناپی به منظور ذخیره‌سازی و تأمین به موقع آب مشخص می‌شود.
- تعداد نوبت آبیاری در طول دوره رشد و مقدار آب مصرفی در هر نوبت برآورد خواهد شد.
- مراحل حساس و بحرانی رشد گیاه شناسایی شده و از تنش‌های کم‌آبی و پرآبی در طی فرآیند تولید جلوگیری می‌شود.
- با استفاده از جدول نیاز آبی آویشن دناپی، می‌توان نسبت به طراحی نرم‌افزارها و نصب اپلیکیشن‌های کاربردی بر روی سیستم‌های هوشمند تلفن‌های همراه اقدام نمود. مروجان و کشاورزان هر منطقه می‌توانند با استفاده از نرم افزارهای تخصصی، نسبت به آبیاری هوشمند و کنترل شده اقدام نمایند.
- با اجرای سیستم‌های هوشمند، آبیاری‌های غیرضروری حذف شده لذا در مصرف آب، انرژی، نیروی انسانی و هزینه‌های تولید صرفه‌جویی می‌شود.

چکیده

پایش نیاز آبی گیاهان و بهینه‌سازی مصرف آب اهمیت قابل توجهی در بهره‌وری از منابع آبی دارد. در این مجموعه، نیاز آبی آویشن دنايي با نام علمی *Thymus daenensis* Celak. با استفاده از روش لایسیمتری (روش مستقیم) و محاسباتی (با استفاده از مدل‌های رایج) در مراحل مختلف رشد این گیاه پایش شد. در روش مستقیم، از لایسیمترهای زهکش‌دار با سازه‌های زیرزمینی واقع در ایستگاه تحقیقات البرز کرج استفاده شد. هر یک از لایسیمترها، به قطر ۰/۹ متر و ارتفاع ۱/۲۸ متر بود که در آنها یک نشاء از آویشن دنايي کشت گردید. آبیاری لایسیمترها در سه سطح، شامل هر دو روز (در حد ظرفیت‌زراعی و بدون تنش)، هر هفت روز (تنش ملایم) و هر ۱۱ روز (تنش شدید) تنظیم شد. در طول دوره آزمایش، آب ورودی و خروجی لایسیمترها اندازه‌گیری شد. ویژگی‌های مورد بررسی شامل وزن خشک اندام هوایی، میزان تبخیر-تعرق، کارایی مصرف آب و تعیین ضریب گیاهی آویشن در طول دوره رشد بود. ضریب گیاهی از نسبت تبخیر-تعرق آویشن (در شرایط بدون تنش) به تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن (بر پایه روش استاندارد پنمن‌مانتیث فائو) بدست آمد. طبق نتایج بدست آمده، مقدار تبخیر-تعرق آویشن دنايي (در شرایط بدون تنش)، تا ابتدای گلدهی برابر ۱۰۰/۵ میلی‌متر، تا گلدهی کامل در حدود ۳۶۲/۷۸ میلی‌متر، تا ابتدای تولید بذر معادل ۴۵۵/۶۳ میلی‌متر و تا انتهای مرحله بذردهی در حدود ۶۲۲/۱۳ میلی‌متر تعیین شد. با کاهش مصرف آب و اعمال تنش‌های ملایم و شدید، میزان مصرف آب (تا انتهای مرحله بذردهی) از ۶۲۲۰ مترمکعب به ترتیب به ۴۰۰۰ و ۲۷۰۰ مترمکعب، عملکرد سرشاخه خشک از ۲۵۱/۲۵ گرم در بوته به ترتیب به ۱۵۱/۳ و ۲۵/۲۱ گرم در بوته و کارایی مصرف آب از ۰/۴۰ گرم بر لیتر به ترتیب به ۰/۳۸ و ۰/۰۸ گرم بر لیتر کاهش یافت. مقدار تبخیر-تعرق تجمعی گیاه مرجع چمن، از روش‌های محاسباتی بلانی‌کریدل فائو و روش پنمن‌مانتیث فائو به ترتیب ۷۱۵/۳۵ و ۶۳۷/۷۱ میلی‌متر بود. ضریب گیاهی آویشن در مراحل چهارگانه ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی رشد به ترتیب

◇ ۲ / دستورالعمل فنی پایش نیازآبی در مراحل رشد آویشن دناایی
(با استفاده از روش‌های لایسیمتری و محاسباتی)

۰/۳۳، ۰/۶۵، ۱/۲۰ و ۰/۹۹ برآورد شد. با تعیین جدول نیاز آبی آویشن دناایی در طول دوره رشد و همچنین اعمال مدیریت در تنش کم آبی، ضمن کمک به طراحی سیستم‌های هوشمند و آبیاری مکانیزه، امکان برنامه‌ریزی و مدیریت آبیاری در طول دوره رشد گیاه و همچنین صرفه‌جویی در مصرف آب نیز فراهم خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری، نیاز آبی، گیاه مرجع، بلانی کریدل، پنمن ماننتیث

اهمیت تعیین نیاز آبی در تولیدات گیاهی

تأمین آب قابل دسترس گیاه، از عوامل مؤثر بر افزایش عملکرد محصولات کشاورزی است (کائول و همکاران، ۲۰۰۵). عدم دسترسی گیاه به مقدار مناسب آب، موجب کاهش عملکرد می‌شود (سادراس و کالوینو، ۲۰۰۱). این مسئله در کشورهایی که در مناطق گرم و خشک قرار دارند بیشتر قابل درک است (علیزاده و پاشایی، ۱۳۹۰). با توجه به شرایط اقلیمی ایران، تأمین منابع آبی بیشتر امکان‌پذیر نیست (هاشمی‌نیا، ۱۳۷۸)، از سویی استفاده بیش از نیاز و غیراصولی آب و انرژی در بخش کشاورزی مشکلات جدی را ایجاد کرده است. از این‌رو انتخاب روش‌های مناسب به‌منظور افزایش بهره‌وری مصرف آب از موارد ضروری محسوب می‌شود (به‌دانی و همکاران، ۲۰۰۸). به‌منظور بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی، تعیین نیاز آبی گیاهان از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. با استفاده از جدول نیاز آبی گیاهان می‌توان با دراختیار گذاشتن آب مورد نیاز در طول دوره رشد، از اثرهای منفی تنش‌های شدید کم‌آبی و همچنین از مصرف بیش از حد آب ممانعت کرده و بدین‌وسیله ضمن بدست آوردن عملکرد مناسب، در مصرف آب آبیاری نیز صرفه‌جویی نمود.

مفهوم و روش‌های اندازه‌گیری تبخیر-تعرق^۱

در برآورد نیاز آبی یک گیاه می‌توان میزان آبی را که به‌صورت تبخیر-تعرق از دسترس آن خارج می‌شود به‌عنوان مبنا قرار داد و نیاز خالص آب مورد نیاز گیاه را از این طریق برآورد نمود. تبخیر-تعرق فرایندی ترکیبی بوده که شامل تبخیر از سطح خاک و گیاه و تعرق توسط گیاه می‌باشد. در این ارتباط تبخیر-تعرق پتانسیل و واقعی به‌شرح زیر بیان می‌شود.

^۱ - Evapotranspiration

۴ / دستورالعمل فنی پایش نیاز آبی در مراحل رشد آویشن دنايي
(با استفاده از روش‌های لایسیمتری و محاسباتی)

تبخیر-تعرق پتانسیل (مطلق)

تبخیر-تعرق پتانسیل حداکثر مقدار آبی است که اگر محدودیت وجود نداشته باشد می‌تواند توسط خاک و گیاه خارج شود. هنگامی که رطوبت خاک زیاد باشد میزان تبخیر-تعرق که به مقدار زیادی با شرایط آب و هوایی کنترل می‌شود، در حد تبخیر-تعرق مطلق باقی می‌ماند.

تبخیر-تعرق واقعی

گاهی اوقات با خشک شدن خاک، تبخیر-تعرق گیاه پایین‌تر از تبخیر-تعرق مطلق است که به آن تبخیر-تعرق واقعی گفته می‌شود.

روش‌های تعیین تبخیر-تعرق در پوشش گیاهی

به منظور تعیین تبخیر-تعرق در پوشش گیاهی از دو روش مستقیم و غیرمستقیم استفاده می‌شود.

روش مستقیم

در برآورد تبخیر-تعرق مستقیم گیاه، از لایسیمتر^۲ استفاده می‌شود. لایسیمترها مخازنی به شکل مکعب مستطیل و یا سایر شکل‌های هندسی و با ابعاد مختلف بوده که از فلز، بتن و یا سایر مواد ساخته می‌شوند و معمولاً در داخل زمین نصب می‌شوند (تصویر ۱). لایسیمترها به صورت حجمی و یا وزنی هستند. در هر لایسیمتر پس از کاشت گیاه، میزان آب ورودی، آب خروجی، آب تبخیر شده از سطح خاک و آب تبخیر-تعرق شده از گیاه کنترل می‌شود. بدین طریق میزان تبخیر-تعرق گیاه مورد نظر مشخص می‌گردد (علیزاده، ۱۳۸۴).

²- Lysimeter

◇ دستورالعمل فنی پایش نیازآبی در مراحل رشد آویشن دناپی / ۵
(با استفاده از روش های لایسیمتری و محاسباتی)



تصویر ۱- انواع لایسیمترهای وزنی و حجمی

روش غیرمستقیم (محاسباتی)

در تعیین نیاز آبی خالص گیاهان به روش غیرمستقیم، با استفاده از یکی از روش های محاسباتی یا مدل های مرسوم، ابتدا میزان تبخیر-تعرق یک گیاه مرجع (ET_0) در شرایط متعارف برآورد شده، سپس با اعمال ضرایبی (ضریب گیاهی یا K_c)، نیازآبی گیاه اصلی مشخص می شود. منظور از تبخیر-تعرق گیاه مرجع، میزان تبخیر-تعرق از سطح گسترده و پوشیده از چمن سبز با ارتفاع یکنواخت ۸ تا ۱۵ سانتی متر است که بدون کمبود آب و دارای رشد مناسب و سایه اندازی کامل بر روی زمین می باشد. از آنجایی که این تعریف، چمن های مختلف با واکنش های متفاوتی را شامل می شود، بنابراین یکی از گونه های بسیار متداول گونه ای بنام *Alta fescue* است. البته در منابع بین المللی، یونجه با نام علمی

۶ / دستورالعمل فنی پایش نیاز آبی در مراحل رشد آویشن دناپی
(با استفاده از روش‌های لایسیمتری و محاسباتی)

Medicago sativa به دلیل رشد موفق در دامنه وسیعی از خاک‌ها و با مشخصات فیزیکی مختلف، در مقایسه با سایر گیاهان علوفه‌ای (برای انتخاب گیاه مرجع) مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. به این دلیل، عده‌ای در مقایسه با چمن، گیاه یونجه را به عنوان گیاه مرجع توصیه نموده‌اند. در برآورد میزان تبخیر-تعرق گیاه مرجع به روش غیرمستقیم یا محاسباتی از مدل‌های مرسوم استفاده می‌شود (هاشمی‌نیا، ۱۳۷۸). در حال حاضر بیش از ۳۰ معادله تجربی به منظور تعیین تبخیر-تعرق گیاه مرجع وجود دارد که معایب و محاسن این معادله‌ها مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. از مهمترین روش‌های محاسباتی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود (علیزاده، ۱۳۸۴).

۱- روش‌های موسوم به آیرودینامیک

۲- روش توازن انرژی

۳- مدل ترکیبی مانند پنمن مانتیث^۳

۴- معادله‌های تجربی مانند:

۴-۱- روش بلینی کریدل^۴

۴-۲- روش هارگریوز^۵

۴-۳- روش ترنت‌واپت^۶

۴-۴- روش جنسن‌هیز^۷

تعدادی از روش‌های ذکر شده اصلاح و بازنگری شده‌اند. به عنوان مثال می‌توان به رابطه پنمن مانتیث اصلاح شده توسط سازمان خواروبار جهانی (FAO) اشاره کرد. فائو، روش پنمن مانتیث را به عنوان روش برتر محاسبه نیاز آبی گیاهان معرفی نموده و به تفصیل به ملاحظات برآورد این روش پرداخته است (آلن

^۳- Penman-monteith

^۴- Blaney-criddle

^۵- Hargreaves

^۶- Thornthwaite

^۷- Jensen-haise

◇ دستورالعمل فنی پایش نیازآبی در مراحل رشد آویشن دناپی / ۷
(با استفاده از روش‌های لایسیمتری و محاسباتی)

و همکاران، ۱۹۹۴). اگر منطقه بررسی شده دارای آمار هواشناسی مورد نیاز باشد، روش پنمن‌مانتیث دارای اولویت است (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶a). طبق گزارش آماتیا و همکاران (۱۹۹۵)، در سه منطقه در شمال‌شرقی کارولینا، میزان تبخیر-تعرق چمن با استفاده از روش پنمن و لایسیمتر با روش‌های پنمن‌مانتیث، ماکنیگ، هارگریوزسامانی و تورنت‌وایت بررسی و مقایسه شدند. طبق نتایج حاصل، همبستگی مناسبی بین روش‌های مبتنی بر دما و تابش وجود داشت. در این ارتباط، روش پنمن‌مانتیث بهترین روش در تخمین روزانه و فصلی تبخیر-تعرق مرجع گزارش شد. در ایران نیز در ارتباط با تبخیر-تعرق گیاه مرجع تحقیقات قابل توجهی انجام شده است. در منطقه اصفهان، تبخیر-تعرق مرجع با استفاده از روش‌های بلانی‌کریدل اصلاح شده، پنمن اصلاح شده، پنمن‌مانتیث و تشت تبخیر با ضریب ارائه شده توسط کانکا (به کمک آمار هواشناسی) مقایسه شدند. نتایج نشان داد که در منطقه اصفهان، روش تشت تبخیر با ضریب کانکا در اولویت اول و روش‌های بلانی‌کریدل، پنمن اصلاح شده و پنمن‌مانتیث در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند (پناهی، ۱۳۷۸). بختیاری و همکاران (۱۳۸۰) نیز تبخیر-تعرق روزانه گیاه مرجع را که از طریق لایسیمتر وزنی بدست آمده بود با روش پنمن‌مانتیث مقایسه نموده و ضریب اصلاحی بین ۱/۳۵ تا ۲/۵ را برای محاسبه توسط این روش بدست آوردند.

تعیین تبخیر-تعرق در مراحل مختلف رشد گیاه

تعیین میزان تبخیر-تعرق گیاه از ابتدا تا انتهای رشد برای هر روز، هر دهه و هر مرحله از رشد امکان‌پذیر است. طبق تعاریف موجود در نشریه شماره ۵۶-FAO، مراحل مختلف رشد به صورت زیر بیان شده است (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

مرحله ابتدایی رشد^۸: در این حالت، پوشش سطح خاک کمتر از ۱۰ درصد بوده و مرحله جوانه‌زنی و رشد ابتدایی گیاه را شامل می‌شود.

^۸- Initial stage

۸ / دستورالعمل فنی پایش نیازآبی در مراحل رشد آویشن دناپی
(با استفاده از روش‌های لایسیمتری و محاسباتی)

مرحله توسعه گیاه^۹: در این مرحله، پوشش سطح خاک کمتر از ۸۰-۷۰ درصد است و پس از مرحله ابتدایی تا دستیابی به پوشش مؤثر کامل سطح خاک را شامل می‌شود.

مرحله اواسط فصل رشد^{۱۰}: از مرحله پوشش مؤثر سطح خاک شروع شده و تا زمان آغاز بلوغ گیاه ادامه می‌یابد. در بعضی از گیاهان، انتهای این مرحله ممکن است مصادف با تغییر رنگ یا ریختن برگ و تا نزدیکی زمان برداشت محصول ادامه یابد. معمولاً این مرحله در گیاهان یکساله پس از گلدهی تعیین می‌شود.

مرحله اواخر فصل رشد^{۱۱}: این مرحله، از انتهای مرحله میانی فصل رشد تا بلوغ کامل یا برداشت محصول در نظر گرفته می‌شود.

مفهوم ضریب گیاهی (Kc)

ضریب گیاهی عبارت است از: نسبت آب مصرف شده گیاه اصلی (ETc) به آب مصرف شده گیاه مرجع (ETo) در همان زمان (رابطه ۱).

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o}$$

رابطه ۱- ارتباط ضریب گیاهی با تبخیر-تعرق گیاه اصلی و گیاه مرجع چمن

ضرایب گیاهی که از داده‌های تجربی بدست می‌آید برای هر گیاهی در هر منطقه یک مقدار ثابت بوده ولی مقدار آن در طول دوره رویش گیاه تغییر می‌کند. برای دقت بیشتر، می‌توان ضریب گیاهی را با توجه به سرعت باد و رطوبت نسبی هوا اصلاح نمود.

^۹- Crop development stage

^{۱۰}- Mid-season stage

^{۱۱}- Late season stage

◇ دستورالعمل فنی پایش نیازآبی در مراحل رشد آویشن دنايي / ۹
(با استفاده از روش های لایسیمتری و محاسباتی)

استفاده از ضریب گیاهی (K_c) در برآورد نیاز آبی گیاه اصلی

اگر عدد مربوط به میزان تبخیر-تعرق گیاه مرجع در ضریب گیاهی گیاه اصلی ضرب شود، میزان تبخیر-تعرق گیاه اصلی برآورد خواهد شد (رابطه ۲).

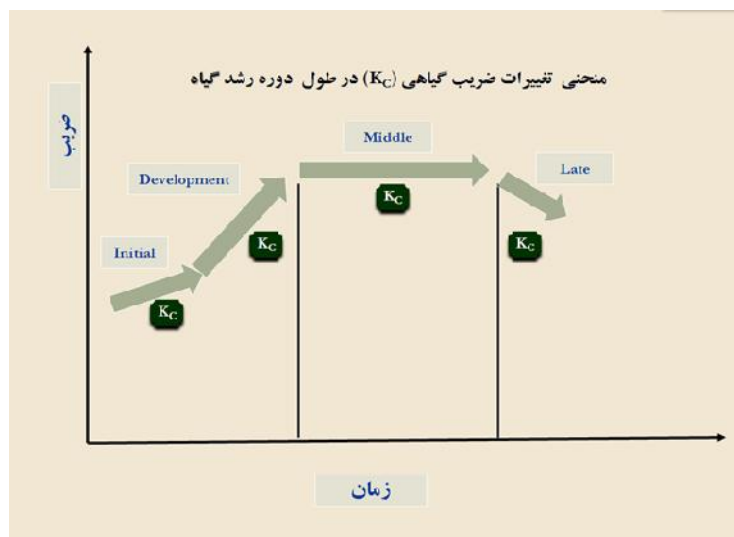
$$ET_C = K_C \times ET_0$$

ضریب گیاهی یا K_C
Modeling

رابطه ۲- جایگاه مدل‌سازی در تبخیر-تعرق گیاه مرجع

منحنی ضریب گیاهی

منحنی گیاهی شامل ترسیم ضریب گیاهی به‌عنوان تابعی از زمان (و یا یک شاخص حرارتی مانند GDD) است (تصویر ۲). ترسیم منحنی‌های گیاهی، امکان تعیین مقدار ضرایب گیاهی برای یک دوره یا مقطع زمانی خاص برای گیاه مورد نظر را از طریق درون‌یابی فراهم می‌کند. به‌منظور تعیین منحنی گیاه، مراحل مختلف رشد آن مورد نیاز است (علیزاده، ۱۳۸۴).



نمودار ۱- شمایی از مراحل چهارگانه رشد گیاه در نمودار ضریب گیاهی

تعیین نیاز خالص آب آبیاری

با استفاده از نتایج بدست آمده از روش‌های لایسیمتری و یا محاسباتی، جدول تبخیر-تعرق گیاه (به‌منظور برآورد نیاز خالص آب آبیاری) طراحی می‌شود. این جدول، تبخیر-تعرق گیاه را در دهه‌های رشد (با توجه به مرحله رشد) نشان می‌دهد. باید توجه کرد که قسمتی از نیاز آبی گیاه توسط بارندگی تأمین می‌شود. بنابراین لازم است که بارندگی مؤثر^{۱۲} در طول دوره فصل رشد تعیین شود. با کم کردن باران مؤثر از نیاز آبی^{۱۳}، نیاز خالص آب آبیاری که همان کمبود رطوبت اقلیم^{۱۴} نامیده می‌شود و باید به وسیله آبیاری تأمین شود بدست می‌آید (رابطه ۳).

رابطه ۳:

$$\text{باران مؤثر} - \text{نیاز آبی گیاه اصلی} = \text{نیاز خالص آب آبیاری}$$

تعیین نیاز آبی در گیاهان دارویی

کشور پهناور ایران، با تنوع اقلیمی و گونه‌های متنوع، می‌تواند بستر مناسبی برای تولید و صادرات گیاهان دارویی ارزشمند باشد. در تولید گیاهان دارویی، تعیین رطوبت مورد نیاز دارای اهمیت فراوان بوده و می‌تواند بر عملکرد کمی، مقدار اسانس (شریفی عاشورآبادی و همکاران، ۱۳۸۸) و ترکیب‌های موجود در اسانس گیاه مؤثر باشد.

در ارتباط با تعیین نیاز آبی گیاهان زراعی (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶a) و باغی (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶b) مطالعات قابل توجهی در ایران وجود دارد. اما این مطالعات برای گیاهان مرتعی و دارویی کمتر انجام شده است. در منطقه کرج، شریفی عاشورآبادی و همکاران (۱۳۹۱) نیاز آبی بومادران را در طول زمان گلدهی ۱۴۹/۷۲ میلی‌متر و همچنین شریفی عاشورآبادی و همکاران (۱۳۹۳) نیاز آبی گل‌محمدی

¹²- Rain effect

¹³- Irrigation requirement

¹⁴- CMD= Climate moisture deficit

◇ دستورالعمل فنی پایش نیازآبی در مراحل رشد آویشن دناپی / ۱۱
(با استفاده از روش های لایسیمتری و محاسباتی)

را از اول فروردین ماه تا پایان گلدهی برابر ۱۱۱ میلی متر و تا انتهای دوره رشد در حدود ۱۱۴۷ میلی متر تعیین نمودند.

اهمیت گیاه دارویی آویشن

نام آویشن به طور مترادف برای گروهی از گیاهان خانواده نعناع (Lamiaceae) استفاده شده است. این گیاهان متعلق به سه جنس مختلف از این خانواده شامل *Ziziphora*, *Zataria* و *Thymus* هستند. گیاهان متعلق به جنس *Thymus* شناخته شده ترین گیاهان دارویی در ایران و جهان می باشند. در ایران، گونه های مختلف این جنس دارای الگوی پراکندگی خاصی بوده و از شمال غرب، شمال شرق به طرف مرکز و غرب تا مناطق کوهستانی جنوب ایران مشاهده می شوند (جمزاد، ۱۳۹۱). در ایران ۱۸ گونه بومی از جنس *Thymus* وجود دارد. یکی از گونه های بومی ارزشمند، گیاهی چند ساله به نام آویشن دناپی با نام علمی *Thymus daenensis* Celak. است (جمزاد، ۱۳۸۸). گیاه آویشن به علت داشتن عطر و همچنین خواص دارویی، در بیشتر مناطق دنیا مورد توجه بوده و تعدادی از گونه های جنس *Thymus* در صنایع غذایی، بهداشتی و دارویی استفاده می شود. وجود غده های ترشحاتی در سطح برگها و گل های گیاه سبب و عامل اصلی عطر، بو و خواص دارویی در این گیاه است. طبق فارماکوپه اروپا و انگلیس، برگها، گلها و سرشاخه های گیاه آویشن (*Thymus*) مورد استفاده قرار می گیرد (تیریز و ایوانز، ۲۰۰۲). سرشاخه اندام هوایی آویشن حاوی اسانس یا روغن اسانسی^{۱۵} بوده که شامل ترکیب های فنلی، غیرفنلی و سایر مواد است. ترکیب های فنلی *Thymol* و *Carvacrol* موجود در جنس *Thymus*، سبب ایجاد ویژگی های دارویی و فارماکولوژیک متعددی می شود (جمزاد، ۱۳۸۸). به منظور استخراج اسانس از آویشن دناپی، سرشاخه های گلدار این گیاه در چین های مختلف مورد استفاده قرار می گیرد (اکبری نیا و همکاران، ۱۳۸۹). خورشیدی و همکاران (۱۳۹۴)، با استفاده از شاخص های مورد بررسی مشخص نمودند که

۱۲ / دستورالعمل فنی پایش نیاز آبی در مراحل رشد آویشن دنايي
(با استفاده از روش‌های لایسیمتری و محاسباتی)

آویشن دنايي تحمل نسبی بالایی به تنش کم‌آبی نشان داده و گزینه مناسبی برای کشت در شرایط کم‌آب و دیم است. تحقیقات نشان می‌دهد که رطوبت موجود در خاک بر ماده مؤثره آویشن تأثیر دارد. خورشیدی و همکاران (۱۳۹۷) تأثیر تنش کم‌آبی را بر افزایش درصد اسانس اکوتیپ‌هایی از آویشن دنايي در تیمار قطع آبیاری در مرحله رویشی مشاهده نمودند. مرادی دهنوی و همکاران (۱۳۹۴)، واکنش آویشن دنايي را در آبیاری بر اساس ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بررسی نموده و گزارش کردند که تنش خشکی، ارتفاع و عملکرد اندام هوایی را کاهش و طول ریشه را افزایش داده است. خزایی و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی دوساله مشاهده نمودند که انجام آبیاری به فاصله هر ۲۱ روز، اثر نامطلوبی بر درصد اسانس و عملکرد اسانس آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) نداشت که می‌تواند با سیستم عمیق ریشه‌ای در ارتباط باشد. در این تحقیق با افزایش فاصله آبیاری، عملکرد اقتصادی (سرشاخه گلدار) در سال اول کاهش یافت ولی در سال دوم تغییری مشاهده نشد.

◇ دستورالعمل فنی پایش نیازآبی در مراحل رشد آویشن دنايي / ۱۳
(با استفاده از روش های لایسیمتری و محاسباتی)

اقدامات

نیاز آبی در مراحل رشد آویشن دنايي (*Thymus daenensis* Celak.) با استفاده از روش لایسیمتری (روش مستقیم) و محاسباتی (با استفاده از مدل های رایج) مورد پایش و ارزیابی قرار گرفت. در روش مستقیم، از لایسیمترهای زهکش دار با سازه های زیرزمینی واقع در ایستگاه تحقیقات البرز کرج (وابسته به مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور) استفاده شد (شریفی عاشورآبادی و همکاران، ۱۳۹۹). این ایستگاه در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۱ درجه شرقی، ارتفاع از سطح دریا در حدود ۱۳۲۰ متر، طبقه آب و هوایی (بر مبنای تقسیم بندی آمبرژه) نیمه خشک، متوسط بارندگی ۳۰ ساله در حدود ۲۳۰ میلی متر، بافت خاک (مزرعه و لایسیمتر) لومی و طبقه Loamy-Skeletal, mixed, medic Typic Haploxerepts قرار دارد. در جدول ۱ به تعدادی از ویژگی های خاک منطقه اشاره شده است.

جدول ۱- ویژگی های خاک مزرعه و لایسیمتر در ایستگاه البرز کرج

۲/۰۱	هدایت الکتریکی (dsm^{-1})
۷/۴۸	اسیدیته (pH)
۰/۶۷	کربن آلی (درصد)
۰/۰۶	نیترژن کل (درصد)
۹/۰۳	فسفر (ppm) ava
۲۳۰	پتاسیم (ppm) ava
۳۹	شن (درصد)
۳۴/۷	سیلت (درصد)
۲۶/۳	رس (درصد)
لوم	بافت خاک
۱/۴۸	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)

آزمایش های لایسیمتری در مجموعه لایسیمترهای زهکش دار (شامل ۱۲ لایسیمتر با چیدمان مربعی) که به صورت سازه هایی با تونل زیرزمینی بودند اجرا شد. مجموعه ذکر شده در جنوب ایستگاه

۱۴ / دستورالعمل فنی پایش نیاز آبی در مراحل رشد آویشن دناپی
(با استفاده از روش‌های لایسیمتری و محاسباتی)

تحقیقات البرز (با وسعت ۷۰ هکتار) و در مزرعه چهار هکتاری گیاهان دارویی و به‌دور از تأسیسات ساختمانی قرار داشت. در حدود ۱۰ متری اطراف لایسیمترها، گونه‌های دارویی و مرتعی کشت شده بود. هر یک از لایسیمترها، به قطر ۰/۹ متر، ارتفاع ۱/۲۸ متر و مساحت ۰/۶۴ مترمربع بودند. نشاءهای آویشن دناپی که در اوایل زمستان سال قبل و از کشت بذر در گلدان تهیه شده بود، در ابتدای فروردین‌ماه به‌صورت تک‌بوته (بنابر خصوصیات هر بوته که در طبیعت قطر آن به بیش از نیم‌متر می‌رسد) به هریک از لایسیمترها منتقل شد. بر اساس اندازه‌گیری میزان رطوبت خاک لایسیمترها در آزمایش‌های قبلی نگارنده، آبیاری لایسیمترها در سه سطح شامل هر دو روز (در حد ظرفیت‌زراعی و بدون تنش)، هر هفت روز (تنش ملایم) و هر ۱۱ روز (تنش شدید) تنظیم شد. در این مجموعه، دو لایسیمتر به هر یک از سطوح آبیاری اختصاص داده شد. در هر لایسیمتر، میزان آب ورودی با روش حجمی دقیق (تقریباً برابر ۳۰ لیتر در هر نوبت) اعمال شد. ۲۴ ساعت پس از هر آبیاری، زه‌آب خارج شده از هر لایسیمتر در مخازن جداگانه جمع‌آوری و حجم آن اندازه‌گیری شد. بر اساس آزمایش‌های قبلی نگارنده که در همین شرایط انجام شده بود، میزان رطوبت خاک ۲۴ ساعت پس از هر آبیاری، در حد ظرفیت زراعی تعیین شده بود (شریفی عاشورآبادی و همکاران، ۱۳۹۱).

ویژگی‌های مورد بررسی شامل وزن خشک اندام‌هوایی، میزان تبخیر-تعرق آویشن در شرایط لایسیمتر، کارایی مصرف آب و تعیین ضریب گیاهی در طول دوره رشد آویشن بود.

◇ دستورالعمل فنی پایش نیاز آبی در مراحل رشد آویشن دنايي / ۱۵
(با استفاده از روش های لایسیمتری و محاسباتی)



تصویر ۲- لایسیمترهای ایستگاه تحقیقات البرز کرج

به منظور برآورد تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن، از مدل های بلانی کریدل فائو (دورنبوس و پریوت، ۱۹۷۵) و همچنین پنمن مانتیث فائو (آلن و همکاران، ۱۹۹۸) استفاده شد. بدین منظور، تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن بر مبنای داده های روزانه سال ۲۰۱۶ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کرج (واقع در مجاورت منطقه اجرای طرح) برآورد شد^{۱۶}.

روش بلانی کریدل فائو

هر یک از مؤلفه های روش بلانی کریدل فائو بر پایه ویژگی های اکولوژیک و اقلیمی منطقه و با استفاده از روابط ۵ تا ۸ محاسبه شدند.

$$ET_o = a + bf \quad (۵)$$

$$f = P(0.46T + 8.13) \quad (۶)$$

$$a = 0.0043RH_{\min} - \frac{n}{N} - 1.41 \quad (۷)$$

$$b = a_0 + a_1RH_{\min} + a_2 \frac{n}{N} + a_3U_d + a_4RH_{\min} \frac{n}{N} + a_5RH_{\min}U_d \quad (۸)$$

^{۱۶} در این تحقیق بانک اطلاعات و نرم افزار ویژه کامپیوتری توسط نگارنده (مجری طرح) طراحی شد. در این نرم افزار با استفاده از آمار هواشناسی، میزان تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن با استفاده از مدل های مرسوم محاسبه گردید.

که در آن:

ET_o : تبخیر-تعرق گیاه مرجع (mm day^{-1})، f : ضریب متأثر از (T) و (P) ، T : میانگین دمای هوا در ارتفاع ۲ متری ($^{\circ}\text{C}$)، P : درصد ماهانه ساعات روشنایی براساس عرض جغرافیایی منطقه، N : عدد ثابت رابطه، b : ضریب رابطه بلینی کرایدل، ۰ تا ۵: ضرایب رابطه b ، RH_{min} : حداقل رطوبت نسبی (%)، $\frac{n}{N}$: نسبت تعداد ساعات آفتابی به حداکثر ساعات روشنایی روز و U_d : سرعت باد در ارتفاع d یا ۲ متری از سطح زمین (m s^{-1}) است.

روش پنمن مانتیث فائو

هر یک از مؤلفه‌های رابطه پنمن مانتیث فائو، با استفاده از روابط یاد شده در نشریه شماره ۵۶ فائو محاسبه شدند (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). داده‌های خام هواشناسی روزانه شامل حداقل و حداکثر دما، حداقل و حداکثر رطوبت نسبی، تعداد ساعات آفتابی، سرعت باد در ارتفاع دو متری و تعدادی از ویژگی‌های اکولوژیک منطقه بود که بر پایه آنها گرمای نهان تبخیر، فشار بخار اشباع، فشار بخار واقعی، کمبود فشار بخار، ضریب سایکومتری و همچنین تعداد دیگری از عوامل محاسبه و در نهایت رابطه نهایی پنمن مانتیث فائو محاسبه شد (رابطه ۹).

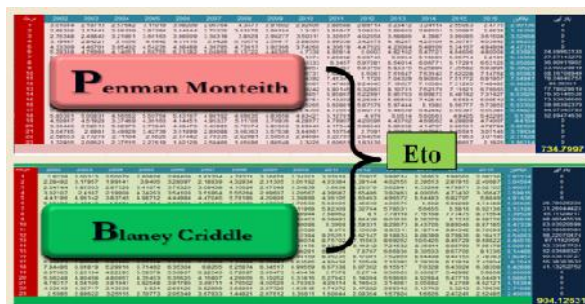
$$ET_o = \frac{0.408\Delta(Rn-G) + \alpha \times \frac{900}{T+273} \times U_2 \times (es-ea)}{\Delta + \alpha(1+0.34 U_2)} \quad (9)$$

که در آن:

ET_o : تبخیر-تعرق مرجع (mm day^{-1})، Rn : تابش خالص در سطح گیاه ($\text{MJ m}^{-2}.\text{day}^{-1}$)، G : شار گرما به داخل خاک ($\text{MJ m}^{-2}.\text{day}^{-1}$) که براساس منابع موجود صفر در نظر گرفته شد (علیزاده، ۱۳۸۴ و فرشی و همکاران، ۱۳۷۶a)، T : میانگین دمای هوا در ارتفاع دو متری ($^{\circ}\text{C}$)، U_2 : سرعت باد در ارتفاع دو متری (m s^{-1})، es : فشار بخار اشباع (kPa)، e : فشار بخار واقعی (kPa)، $es-e$: کمبود فشار بخار

◇ دستورالعمل فنی پایش نیاز آبی در مراحل رشد آویشن دنايي / ۱۷
(با استفاده از روش های لایسیمتری و محاسباتی)

اشباع (kPa)، : شیب تغییرات فشار بخار با درجه حرارت (kPa °C⁻¹) و : ضریب سایکومتري (kPa °C⁻¹) است.



تصویر ۳- خروجی مدل های مورد استفاده در برآورد تبخیر-تعرق گیاه مرجع

از آنجایی که این تحقیق براساس روش استاندارد نشریه ۵۶ فائو انجام شده است، ضریب گیاهی آویشن در طول دوره رشد از نسبت تبخیر-تعرق آویشن در لایسیمترها (در شرایط بدون تنش) به تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن (بر پایه روش پنمن مانتیث فائو) بدست آمد (رابطه ۱۰).

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (10)$$

که در آن:

K_c : ضریب گیاهی آویشن دنايي، ET_c : تبخیر-تعرق آویشن دنايي در شرایط استاندارد (mm) و ET_o :

تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن (mm) است.

در این آزمایش، بازه زمانی بررسی شده از شروع فعالیت رشدی آویشن دنايي (تقریباً از اول فروردین ماه) تا مرحله رسیدن بذر (در حدود ۲۷ تیرماه) بود. در طول این مدت، ضریب گیاهی آویشن دنايي در دهه های رشد و همچنین در مراحل چهارگانه رشد شامل مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و

◆ ۱۸ / دستورالعمل فنی پایش نیاز آبی در مراحل رشد آویشن دناایی
(با استفاده از روش‌های لایسیمتری و محاسباتی)

انتهایی رشد بر پایه تقویم زمانی و همچنین تقویم حرارتی بر حسب درجه‌روز رشد^{۱۷} تعیین شد. رابطه ۱۱ بیان‌کننده تجمع حرارت در مراحل مختلف رشد گیاه است.

$$\text{تجمع حرارتی} = \sum \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_b \quad (11)$$

که در آن:

T_{max} : حداکثر درجه حرارت (°C)، T_{min} : حداقل درجه حرارت (°C) و T_b : صفر فیزیولوژیک آویشن دناایی (°C) است. طبق منابع موجود، صفر فیزیولوژیک آویشن دناایی ۴ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد (شریفی عاشورآبادی و همکاران، ۱۳۹۶).

کارایی مصرف آب که شامل مقدار وزن خشک سرشاخه اندام‌هوایی (بر حسب گرم) به‌ازای هر واحد آب مصرف شده توسط آویشن (بر حسب لیتر) بود، از رابطه ۱۲ بدست آمد (جین و همکاران، ۲۰۱۸).

$$WUE = \frac{P}{W} \quad (12)$$

که در آن:

WUE : کارایی مصرف آب، P : وزن خشک سرشاخه اندام‌هوایی (gr) و W : آب مصرف شده توسط آویشن (L) می‌باشد.

نتایج

جدول ۲ میزان تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن را با استفاده از روش‌های محاسباتی در دهه‌های رشد و همچنین به‌صورت تجمعی نشان می‌دهد. میزان تبخیر-تعرق تجمعی گیاه مرجع (منطبق بر طول دوره رشد گیاه آویشن دناایی تا دهه سوم تیرماه) به‌روش بلانی‌کریدل فائو در حدود ۷۱۵/۳۵ میلی‌متر و به‌روش پنمن‌مانتیث فائو، ۶۳۷/۷۱ میلی‌متر برآورد شد.

17_ Growing degree days (GDD)

◇ دستورالعمل فنی پایش نیاز آبی در مراحل رشد آویشن دنايي / ۱۹

(با استفاده از روش‌های لایسیمتری و محاسباتی)

جدول ۳ میزان تبخیر-تعرق آویشن دنايي را با استفاده از روش لایسیمتری در دهه‌های رشد و همچنین به صورت تجمعی نشان می‌دهد. میزان تبخیر-تعرق تجمعی آویشن دنايي در ظرفیت زراعی (بدون تنش) تا ابتدای مرحله گلدهی (دهه دوم اردیبهشت) با دریافت حرارت تجمعی ۴۵۲ درجه‌روزرشد برابر ۱۰۰/۵ میلی‌متر، تا گلدهی کامل (دهه سوم خردادماه) با دریافت حرارت تجمعی ۱۱۶۴ درجه‌روزرشد در حدود ۳۶۲/۷۸ میلی‌متر، تا ابتدای بذردهی (دهه اول تیرماه) با دریافت حرارت تجمعی ۱۳۶۶ درجه‌روزرشد معادل ۴۵۵/۶۳ میلی‌متر و تا انتهای بذردهی (دهه سوم تیرماه) با دریافت حرارت تجمعی ۱۸۱۲ درجه‌روزرشد در حدود ۶۲۲/۱۳ میلی‌متر بود.

جدول ۳، ضریب گیاهی را در دهه‌های رشد و نمودار ۲ ضریب گیاهی را در مراحل چهارگانه رشد آویشن دنايي نشان می‌دهد. ضریب گیاهی آویشن در مراحل چهارگانه رشد شامل مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی به ترتیب ۰/۳۳، ۰/۶۵، ۱/۲۰ و ۰/۹۹ برآورد شد.

جدول ۴، اثر کاهش مصرف آب را بر ویژگی‌های رشد آویشن دنايي نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که با کاهش مصرف آب و اعمال تنش‌های ملایم و شدید، میزان مصرف آب (تا انتهای مرحله بذردهی) از ۶۲۲۱ مترمکعب به ترتیب به ۴۰۰۰ و ۲۷۰۰ مترمکعب، ارتفاع گیاه از ۴۰ سانتی‌متر به ترتیب به ۲۴ و ۱۰/۵ سانتی‌متر، محیط کانوپی بوته از ۳۹۲/۵ سانتی‌متر به ترتیب به ۳۰۰ و ۱۷۵ سانتی‌متر، عملکرد سرشاخه خشک از ۲۵۱/۲۵ گرم در بوته به ترتیب به ۱۵۱/۳ و ۲۵/۲۱ گرم در بوته و کارایی مصرف آب از ۰/۴۰ گرم بر لیتر به ترتیب به ۰/۳۸ و ۰/۰۸ گرم بر لیتر کاهش یافت.

۲۰ / دستورالعمل فنی پایش نیاز آبی در مراحل رشد آویشن دنايي
(با استفاده از روش‌های لایسیمیتری و محاسباتی)

جدول ۲- تبخیر- تعرق گیاه مرجع بر اساس روش بلانی کریدل و روش استاندارد پنمن مانتیث فائو

روش پنمن مانتیث فائو (میلی متر)		روش بلانی کریدل فائو (میلی متر)		دهه	ماه	ردیف
تجمعی	دهه رشد	تجمعی	دهه رشد			
۲۴/۷۸	۲۴/۷۸	۲۰/۸۲	۲۰/۸۲	۱	فروردین	۱
۵۱/۴۱	۲۶/۶۳	۴۴/۸۹	۲۴/۰۷	۲	فروردین	۲
۸۷/۵۶	۳۶/۱۵	۷۵/۱۱	۳۰/۲۲	۳	فروردین	۳
۱۲۷/۹	۴۰/۳۴	۱۰۸/۸	۳۳/۶۹	۱	اردیبهشت	۴
۱۷۷/۳۸	۴۹/۴۸	۱۶۷/۶۲	۵۸/۸۲	۲	اردیبهشت	۵
۲۲۵/۴	۴۸/۰۲	۲۱۵/۱	۴۷/۴۸	۳	اردیبهشت	۶
۲۸۷/۴۹	۶۲/۰۹	۲۸۴/۲۹	۶۹/۱۹	۱	خرداد	۷
۳۵۲/۸	۶۵/۳۱	۳۶۷/۴۴	۸۳/۱۵	۲	خرداد	۸
۴۲۲/۱۹	۶۹/۳۹	۴۵۷/۳	۸۹/۸۶	۳	خرداد	۹
۴۹۳/۶۶	۷۱/۴۷	۵۴۶/۰۴	۸۸/۷۴	۱	تیر	۱۰
۵۶۲/۸۶	۶۹/۲	۶۳۳/۷۱	۸۷/۶۷	۲	تیر	۱۲
۶۳۷/۷۱	۷۴/۸۵	۷۱۵/۳۵	۸۱/۶۴	۳	تیر	۱۳

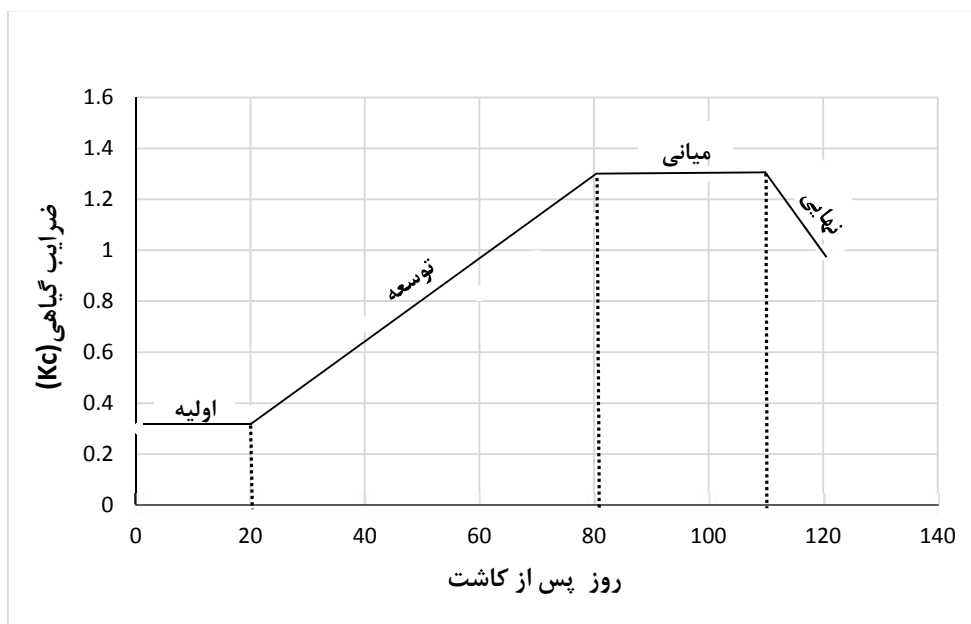
دستورالعمل فنی پایش نیاز آبی در مراحل رشد آویشن دناپی / ۲۱
 (با استفاده از روش‌های لایسیمتری و محاسباتی)

جدول ۳- تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی آویشن دناپی (در شرایط بدون تنش) بر پایه تقویم زمانی و شاخص حرارتی در لایسیمترهای ایستگاه تحقیقات البرز کرج

ضریب گیاهی (K _c)	ET _c (میلی‌متر)		تقویم حرارتی (درجه‌روز رشد*)	مرحله رشد	دهه رشد	ماه	ردیف
	تجمعی	در هر دهه					
۰/۳۰	۷/۵	۷/۵	۴۶	ابتدایی	۱	فروردین	۱
۰/۳۶	۱۷	۹/۵	۱۰۶/۰۵	ابتدایی	۲	فروردین	۲
۰/۵۳	۳۶	۱۹	۱۹۹/۸۵	توسعه	۳	فروردین	۳
۰/۷۱	۶۴/۵	۲۸/۵	۲۹۴/۸	توسعه	۱	اردیبهشت	۴
۰/۷۳	۱۰۰/۵	۳۶	۴۵۱/۷	توسعه	۲	اردیبهشت (شروع گلدهی)	۵
۰/۸۳	۱۴۰/۲	۳۹/۷	۵۹۵/۵۵	میانی	۳	اردیبهشت	۶
۰/۹۷	۲۰۰/۲	۶۰	۷۷۵/۱۵	میانی	۱	خرداد	۷
۱/۱۲	۲۷۳/۶	۷۳/۴	۹۵۷/۶۵	میانی	۲	خرداد	۸
۱/۲۹	۳۶۲/۷۸	۸۹/۱۸	۱۱۶۳/۶	میانی	۳	خرداد (گلدهی کامل)	۹
۱/۳۰	۴۵۵/۶۳	۹۲/۸۵	۱۳۶۵/۸۵	میانی	۱	تیر (شروع بذردهی)	۱۰
۱/۳۴	۵۴۸/۱۳	۹۲/۵	۱۵۹۷/۰۵	میانی	۲	تیر ماه	۱۲
۰/۹۹	۶۲۲/۱۳	۷۴	۱۸۱۱/۸۵	انتهاپی	۳	تیر (تکمیل بذردهی)	۱۳

*-Growing degree days

۲۲ / دستورالعمل فنی پایش نیاز آبی در مراحل رشد آویشن دناایی
(با استفاده از روش‌های لایسیمتری و محاسباتی)



نمودار ۲- منحنی ضریب گیاهی در مراحل چهارگانه رشد آویشن دناایی

جدول ۴- مرفولوژی، عملکرد و کارایی مصرف آب آویشن دناایی در شرایط مختلف رطوبتی در
روش مستقیم (لایسیمتری)

تیمار	تبخیر- تعرق (میلی‌متر)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	محیط گیاه (سانتی‌متر)	عملکرد سرشاخه (گرم در بوته)	کارایی مصرف آب (گرم بر لیتر)	کاهش مصرف آب (درصد)	کاهش عملکرد (درصد)
بدون تنش	۶۲۲/۱۳	۴۰	۳۹۲/۵	۲۵۱/۲۵	۰/۴۰	۰	۰
تنش ملایم	۴۰۰/۲	۲۴	۳۰۰	۱۵۱/۳	۰/۳۸	۳۵/۶۷	۳۹/۷۸
تنش شدید	۲۷۰/۲	۱۰/۵	۱۷۵	۲۱/۲۵	۰/۰۸	۵۶/۵۷	۹۱/۵۴

◇ دستورالعمل فنی پایش نیازآبی در مراحل رشد آویشن دناپی / ۲۳
(با استفاده از روش‌های لایسیمتری و محاسباتی)

نتیجه‌گیری

در این نوشتار، نیاز آبی آویشن دناپی با استفاده از روش لایسیمتری (در شرایط بدون تنش) در مراحل مختلف رشد بر اساس تقویم زمانی و همچنین شاخص حرارتی GDD ارائه شده است. شاخص حرارتی با واحد درجه‌روز رشد بیان شده و نشان‌دهنده تجمع حرارت در گیاه برای رسیدن به هریک از مراحل فنولوژیک رشد می‌باشد. از آنجایی که ممکن است به دلیل عدم شناخت رفتار فنولوژیک گیاه، آب مصرفی در زمان مناسب و مقدار لازم اعمال نشده و گیاه تحت تأثیر تنش کم‌آبی قرار گیرد، از این رو با استفاده از تقویم زمانی و شاخص حرارتی، امکان زمان‌بندی مناسب و بهینه‌سازی مصرف آب فراهم خواهد شد. شریفی عاشورآبادی و همکاران (۱۳۹۳) نیاز آبی گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) را در مراحل مختلف رشد علاوه بر تقویم زمانی، بر پایه شاخص حرارتی درجه‌روز رشد نیز محاسبه نمودند. استفاده از شاخص حرارتی در هر اقلیم و هر مقیاس امکان‌پذیر است. این شاخص در کشاورزی، منابع طبیعی و حتی صنعت گردشگری (فرج‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵) نیز کاربرد دارد.

همانگونه که مشاهده می‌شود، تبخیر-تعرق تجمعی گیاه مرجع چمن در منطقه کرج از روش‌های بلانی‌کریدل فائو و پنمن‌مانتیث فائو به‌ترتیب ۷۱۵/۳۵ و ۶۳۷/۷۱ میلی‌متر برآورد شد. طبق جدول ۲، برآورد تبخیر-تعرق گیاه مرجع از دهه اول تا چهارم، در روش بلانی‌کریدل فائو کمتر از روش پنمن‌مانتیث فائو بود. از دهه پنجم تا سیزدهم، روند به‌طور محسوسی تغییر کرده و بعکس شد. به‌طوری‌که تبخیر-تعرق تجمعی برآورد شده در روش بلانی‌کریدل فائو بیشتر از پنمن‌مانتیث فائو بود. این مطلب به دلیل ماهیت پردازش داده‌های هواشناسی به‌وسیله هر یک از روابط محاسباتی است. روش پنمن‌مانتیث فائو، توسط مراجع علمی مانند FAO و کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی (ICID)^{۱۸} برای تعیین نیاز آبی گیاه مرجع چمن توصیه شده است (آلن و همکاران، ۱۹۹۸ و اسمیت و همکاران،

¹⁸- International commission on irrigation and drainage

۱۹۹۲). ذکر این نکته ضروریست که تأیید دقت روش پنمن‌مانتیث فائو دلیل بر رد روش‌های دیگر محاسباتی در برآورد تبخیر-تعرق نیست. نتایج تعدادی از تحقیقات نشان می‌دهد که در برخی از مناطق ایران، سایر روش‌های محاسباتی و غیرمستقیم نیز میزان تبخیر-تعرق را با دقت بالایی برآورد نموده‌اند (بختیاری و همکاران، ۱۳۸۰ و پناهی، ۱۳۷۸). به‌رحال تعداد داده‌های هواشناسی و ویژگی‌های اقلیمی قابل دسترس در هر منطقه می‌تواند در انتخاب روش مناسب برآورد تبخیر-تعرق گیاه مرجع تعیین‌کننده باشد (مینایی و مادح خاکسار، ۱۳۸۱). از آنجایی که این تحقیق براساس روش استاندارد نشریه ۵۶ فائو انجام شده است، از این‌رو نتایج روش پنمن‌مانتیث فائو برای تعیین ضریب گیاهی آویشن انتخاب شد.

ضریب گیاهی برای مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی رشد آویشن به‌ترتیب ۰/۳۳، ۰/۶۵، ۱/۲۰ و ۰/۹۹ تعیین شد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در مرحله میانی از رشد گیاه آویشن، ضریب گیاهی بیش از عدد یک و در مرحله انتهایی رشد نیز نزدیک به یک بود. به لحاظ فراهم بودن رطوبت کافی، گیاه آویشن از رشد رویشی بالایی برخوردار بود و حتی پس از تشکیل بذر نیز فعالیت رشدی گیاه کاملاً متوقف نشد. با استفاده از ضریب گیاهی و میزان تبخیر-تعرق گیاه مرجع می‌توان میزان تبخیر-تعرق گیاه هدف را برآورد نمود. در این ارتباط، نیاز آبی تعدادی از گیاهان زراعی (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶a) و باغی (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶b) در شرایط متنوع اقلیمی ایران گزارش شده است. در ارتباط با گیاهان دارویی نیز شریفی عاشورآبادی و همکاران (۱۳۹۱) ضریب گیاهی بومادران (*Achillea L.*) و *millefolium* را در منطقه کرج برای مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی رشد به‌ترتیب ۰/۱۶، ۰/۴۵، ۱/۰۵ و ۰/۸۱ تعیین کردند. صابری و همکاران (۱۳۹۶)، ضریب گیاه دارویی اجغون (*Trachyspermum ammi*) را در منطقه بیرجند در مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی رشد به‌ترتیب ۰/۷۸، ۱/۰۶، ۱/۱۳ و ۰/۹۶ گزارش کردند.

◆ دستورالعمل فنی پایش نیازآبی در مراحل رشد آویشن دناپی / ۲۵
(با استفاده از روش‌های لایسیمتری و محاسباتی)

یکی دیگر از ویژگی‌های مهم در گیاهان، کارایی مصرف آب است. این ویژگی در گیاهان مختلف متفاوت بوده و از موضوعات قابل توجه محققان است. کارایی مصرف آب مقدار ماده خشک تولیدی (و یا عملکرد اقتصادی محصول) را به ازای مصرف هر واحد آب نشان می‌دهد (کلایفتون‌بران و لواندوسکی، ۲۰۰۰؛ ماء و همکاران، ۲۰۰۴؛ ویوآ و همکاران، ۲۰۰۸؛ عبید و همکاران، ۲۰۱۶؛ جین و همکاران، ۲۰۱۸). در این تحقیق کارایی مصرف آب آویشن دناپی در شرایط بدون تنش در حدود ۰/۴ گرم بر لیتر تعیین شد. با کاهش مصرف آب تا سطح تنش متوسط و شدید، کارایی مصرف آب به ترتیب به ۰/۳۸ و ۰/۰۸ گرم بر لیتر کاهش یافت. نکته قابل توجه آنکه با افزایش زمان آبیاری از ۲ روز به ۷ روز، کاهش کارایی مصرف آب محسوس نبود. از این ویژگی می‌توان در بهینه‌سازی مصرف آب و مدیریت تولید استفاده کرد (به‌دانی و همکاران، ۲۰۰۸). البته با اعمال مدیریت صحیح در آبیاری، عملکرد مناسب با حداقل مصرف آب بدست خواهد آمد.

نتیجه‌گیری نهایی

تقاضای روزافزون در مصرف گیاهان دارویی و معطر، باعث برداشت بی‌رویه آنها در عرصه‌های طبیعی، کاهش پوشش گیاهی و فرسایش خاک شده است. به‌منظور حفاظت از عرصه‌های طبیعی، کشت‌واھلی کردن گیاهان دارویی در اراضی مساعد واقعیتی اجتناب‌ناپذیر است. از آنجایی که قسمت قابل توجهی از مساحت کشور ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده و از نظر تأمین منابع آب دارای محدودیت است، تنها با اعمال مدیریت در مصرف آب (با کاهش قابل‌قبول در عملکرد گیاه) امکان تولید پایدار گیاهان دارویی فراهم می‌شود. در این ارتباط آشنایی با سرشت گیاه (مانند نیاز آبی در طول دوره رشد و همچنین واکنش آن نسبت به تنش کم آبی) اهمیت شایانی دارد. در این تحقیق با حدود ۳۶ درصد کاهش مصرف آب در حدود ۴۰ درصد کاهش عملکرد و با حدود ۵۷ درصد کاهش مصرف آب در حدود ۹۲ درصد کاهش عملکرد مشاهده شد. با تجزیه و تحلیل در میزان کاهش مصرف آب و همچنین میزان عملکرد، می‌توان نقطه بهینه‌ای را تعیین و از آن در مدیریت تولید استفاده نمود.

نکته قابل توجه آنکه، در برآورد نهایی آب مورد نیاز یک گیاه، عواملی مانند نوع سیستم آبیاری، جنس خاک، مسیر حرکت آب و سایر عوامل نیز دخالت دارند که لازم است در مدیریت و برنامه‌ریزی تولید مورد توجه قرار گیرد.

◇ دستورالعمل فنی پایش نیازآبی در مراحل رشد آویشن دنايي / ۲۷
(با استفاده از روش‌های لایسیمتری و محاسباتی)

دستاوردهای کاربردی

این مجموعه به نحوی تنظیم شده است که اطلاعات حاصل از آن، به‌طور مستقیم توسط مروجان فعال در زمینه بهره‌وری آب و تولید گیاهان دارویی قابل استفاده بوده و امکان انتقال و آموزش دستاوردهای آن از مروج به کشاورزان و تولیدکنندگان گیاهان دارویی میسر باشد. با استفاده از نتایج این مجموعه:

- مقدار آب مورد نیاز آویشن دنايي به‌منظور ذخیره‌سازی و تأمین به موقع آب مشخص می‌شود.
- تعداد نوبت آبیاری در طول دوره رشد و مقدار آب مصرفی در هر نوبت برآورد خواهد شد.
- مراحل حساس و بحرانی رشد گیاه شناسایی شده و از تنش‌های کم‌آبی و پرآبی در طی فرایند تولید جلوگیری می‌شود.
- با استفاده از جدول نیاز آبی آویشن دنايي، می‌توان نسبت به طراحی نرم‌افزارها و نصب اپلیکیشن‌های کاربردی بر روی سیستم‌های هوشمند تلفن‌های همراه اقدام نمود، مروجان و کشاورزان هر منطقه می‌توانند با استفاده از نرم افزارهای تخصصی، نسبت به آبیاری هوشمند و کنترل شده اقدام نمایند.
- با اجرای سیستم‌های هوشمند، آبیاری‌های غیرضروری حذف شده لذا در مصرف آب، انرژی، نیروی انسانی و هزینه‌های تولید صرفه‌جویی می‌شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از رئیس و همکاران ارجمند مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور (بخش تحقیقات گیاهان دارویی، ایستگاه تحقیقات البرز کرج) و همچنین از مساعدت‌های جناب آقای دکتر کامران افتخاری (از مؤسسه تحقیقات خاک و آب) تشکر و قدردانی می‌شود.

فهرست منابع

- اکبری‌نیا، ا.، شریفی عاشورآبادی، ا. و میرزا، م.، ۱۳۸۹. بررسی عملکرد، میزان و ترکیب‌های اصلی اسانس آویشن دناپی (*Thymus daenensis* Celak) کشت شده در قزوین. فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۶ (۲): ۲۰۵-۲۱۲.
- بختیاری، ب.، خانجانی، م.ج.، علیزاده، ا. و کمالی، غ.، ۱۳۸۰. محاسبه تبخیر-تعرق روزانه گیاه مرجع و مقایسه آن مقدار با مقدار اندازه‌گیری شده توسط لایسیمیتر الکترونیکی. مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، دانشگاه زابل، ۱۵ اسفند: ۴۹۶-۴۸۵.
- پناهی، م.، ۱۳۷۸. ارزیابی چند روش محاسباتی برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل. هفتمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۲-۱۰ اسفند: ۳۴-۲۱.
- جمزاد، ز.، ۱۳۸۸. آویشن‌ها و مرزده‌های ایران. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، ۱۷۱ صفحه.
- جمزاد، ز.، ۱۳۹۱. فلور ایران، جلد ۷۶، تیره نعناع. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ۱۰۷۲ صفحه.
- خورشیدی، ج. شکر پور، م. و ناظری، و.، ۱۳۹۴. ارزیابی پاسخ به تنش کم آبی در اکوتیپ‌های مختلف آویشن دناپی (*Thymus daenensis* subsp. *daenensis*) با استفاده از شاخص‌های تحمل تنش. مجله علوم باغبانی ایران. ۴۶ (۴): ۵۷۳-۵۶۳.
- خورشیدی، ج. شکر پور، م. و ناظری، و.، ۱۳۹۷. بررسی تأثیر تنش کم آبی بر عملکرد، اسانس و برخی از صفات فیزیولوژیک اکوتیپ‌های آویشن دناپی (*Thymus daenensis* subsp. *daenensis*) در منطقه کرج. مجله علوم باغبانی ایران، ۴۹ (۳): ۶۲۴-۶۱۳.

◇ دستورالعمل فنی پایش نیاز آبی در مراحل رشد آویشن دنايي / ۲۹

(با استفاده از روش های لایسیمتری و محاسباتی)

- شریفی عا شورآبادی، ا؛ لباسچی، م. ح؛ نادری، ب. و الله وردی ممقانی، ب.، ۱۳۸۸. بررسی تاثیر کمبود آب بر عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی بومادران (*Achillea millefolium*). فصلنامه علمی پژوهشی علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی. سال هفتم شماره اول: ۲۰۳-۱۹۳.
- شریفی عاشورآبادی، ا.، روحی پور، ح.، عصاره م. ح.، لباسچی، م. ح.، عباس زاده، ب.، نادری، ب. و رضایی سرخوش، م.، ۱۳۹۱. تعیین نیاز آبی بومادران (*Achillea millefolium*) با استفاده از لایسیمتر. فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۸ (۳): ۴۹۲-۴۸۴.
- شریفی عاشورآبادی، ا.، روحی پور، ح.، عصاره م. ح.، طبایی عقدایی، س. ر.، لباسچی، م. ح. و نادری، ب.، ۱۳۹۳. تعیین نیاز آبی گل محمدی (*Rosa damascena Mill.*) با استفاده از لایسیمتر. فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۳۰ (۶): ۹۳۱-۹۲۳.
- شریفی عاشورآبادی، ا.، جمزاد، ز.، لباسچی، م. ح.، اکبری نیا، ا.، صفایی، ل.، لارتنی، م.، حبیبی، ر.، گریوانی، گ. م.، صفری، ص.، صمدی اصل، و. و مکی زاده تفتی، م.، ۱۳۹۶. استفاده از شاخص حرارتی در پیش بینی مراحل فنولوژیک رشد آویشن (*Thymus*) در رویشگاه های طبیعی. نشریه طبیعت ایران، جلد ۲(۶): ۴۴-۳۴.
- شریفی عاشورآبادی، ا.، روحی پور، ح.، جبلی، م.، مکی زاده تفتی، م. و نادری، ب.، ۱۳۹۹. تعیین ضریب گیاهی و تبخیر-تعرق آویشن دنايي در شرایط استاندارد در کرج. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۳۴ (۳): ۴۰۰-۳۸۹.
- 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. پژوهش آب در کشاورزی. جلد ۳۱ (۳): ۳۹۸-۳۸۹.
- علیزاده، ا.، ۱۳۸۴. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا، ۴۷۰ صفحه.

۳۰ / دستورالعمل فنی پایش نیاز آبی در مراحل رشد آویشن دنیایی
(با استفاده از روش‌های لایسیمتری و محاسباتی)

- علیزاده، م. و پاشایی، ر.، ۱۳۹۰، سیستم آبیاری هوشمند. کنفرانس دانشجویی مهندسی برق ایران، دانشگاه صنعتی کرمانشاه، ۱۷-۱۵ شهریور ۱۳۹۰.
- فرج‌زاده، ح.، سلیقه، م. و علیجانی، ب.، ۱۳۹۵. کاربرد شاخص اقلیم حرارتی جهانی در ایران از منظر گردشگری. مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال پنجم، شماره هفتم: صفحه ۱۳۷-۱۱۷.
- فرش، ع.ا.، شریعتی، م.ر.، جارالهی، ر.، قائمی، م.ر.، شهابی‌فر، م. و تولایی، م.م.ش.، ۱۳۷۶a. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (جلد اول، گیاهان زراعی). نشر آموزش کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، ۹۰۰ صفحه.
- فرش، ع.ا.، شریعتی، م.ر.، جارالهی، ر.، قائمی، م.ر.، شهابی‌فر، م. و تولایی، م.م.ش.، ۱۳۷۶b. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (جلد دوم، گیاهان باغی). نشر آموزش کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، ۶۲۹ صفحه.
- مرادی دهنوی، م. ر.، مردای، پ. و پورمیدانی، ع.، ۱۳۹۴. بررسی اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر صفات رویشی و عملکرد آویشن دنیایی. سومین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه. ۲۳۰-۲۲۶.
- مینایی، س. و مادح خاکسار، آ.، ۱۳۸۱. بررسی و نقدی بر روش و محاسبه نیاز آبی سند ملی آب استان خوزستان و ارائه پیشنهادات. یازدهمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، تهران، ۲۶-۲۵ آبان: ۸۰-۶۳.
- هاشمی‌نیا، س.م.، ۱۳۷۸. تبخیر، تبخیر-تعرق و داده‌های اقلیمی (ترجمه). انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ۲۴۲ صفحه.
- Abid, M., Haddad, M., Ben Khaled, A., Mansour, E., Bachar1, K., Lacheheb, B., Ferchichi A., 2016. Water Relations and Gas Exchange in Alfalfa Leaves under Drought Conditions in Southern Tunisian Oases. Polish Journal of Environmental Studies. Vol. 25 (3): 917-924.

- Allen, R.G., Pereira, L., Raes, D. and Smit. M., 1998. Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome, Italy.
- Allen, R.G., Smith, M., Pereira, L.S. and Perrier, A., 1994. An update for the calculation of reference evapotranspiration. ICID Bulletin, 43(2): 35-92.
- Amatya, D.M., Skayys, R.W. and Greyory, J.D., 1995. Comparison of methods for estimating REF-Et. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 121(6): 427-435.
- Behdani. M.A., Nassiri Mahallati. M., and Koocheki. A., 2008. Evaluation of brrigation manegement of saffron atagroecosystem scale in dry regions of Iran. Asian Journal of plant science 7(1): 22-25.
- Clifton-Brown, J.C. and Lewandowski, I., 2000. Water use efficiency and biomass partitioning of three different miscanthus genotypes with limited and unlimited water supply. Annals of Botany, 86: 191-200.
- Doorenbos, J. and Pruitt, W. O., 1975. Crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper N. 24. F.A.O., Rome. Italy.
- Jin, N., Ren, W., Tao, B., He, L., Ren, Q., Li, S., Yu, Q., 2018. Effects of water stress on water use efficiency of irrigated and rainfed wheat in the Loess Plateau, China. Science of theTotal Environment, 642:1-11.
- Khazaie, H.R., Nadjafi, F. and Bannayan, M., 2008. Effect of irrigation frequency and planting density on herbage biomass and oil production of thyme (*Thymus vulgaris*) and hyssop (*Hyssopus officinalis*). Industrial Crops and Products, 27: 315–321.
- Kaul. M., Hill. R.I. and Walthall. C., 2005. Artificial neural networks for corn and soybean yield prediction. Agricultural System 85: 1-18.
- Ma, C.C., Gao, Y.B., Guo, H.Y. and Wang, J.L., 2004. Photosynthesis,transpiration and water use efficiency of *Caragana microphylla*, *C. intermedia*, and *C. korshinskii*. Photosynthetica, 42(1): 65-70.
- Sadras. V.O., and Calvino. P.A., 2001. Quantification of grain yield response to soil depth in soybean. maize.sunflower. and wheat. Agronomy Journal 93: 577-583.
- Smith, M., Allen, R.G., Monteith, J.L., Perrier, A., Santos Pereira, L. and Segeren, A., 1992. Report of the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements. UN-FAO, Rome, Italy, 28-31 May, 45p.
- Trease, G.E. and Evans, W.C., 2002. Trease and Evans Pharmacognosy, 15th Ed. W. B. Saunders Edinburgh London, New York, Philadelphia St. Louis Sydney Toronto.
- Wua, F., Baoa, W., Lia, F. and Wua, N., 2008. Effects of drought stress and N supply on the growth, biomass partitioning and water use efficiency of *Sophora davidii* seedling. Environmental and Experimental Botany, 63(1-3): 248-255.