

Effect of Soil Texture and Different Levels of Irrigation Amount on Water Requirement and Crop Coefficient of *Melia azedarach* L. in Karaj Area

KHALED AHMADAALI^{*1}, HOSSEIN RAHIMI², VAHID ETEMAD²

1. Department of Arid and Mountainous Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

2. Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: May. 31, 2020- Revised: Oct. 1, 2020- Accepted: Oct. 31, 2020)

ABSTRACT

The growing population, the need to develop urban green space, water resources scarcity and the competition between different sectors of water consumption have necessitated to determine the accurate crop water requirement of different species in green spaces. In this study, a factorial experiment with two factors (soil texture and drought stress) was conducted to determine evapotranspiration (ET_c) and crop coefficient (K_c) of *Melia azedarach* L. using microlysimeters based on a randomized complete block design (RCBD) with 10 replications. This study was performed in the climatic conditions of Karaj during 2019-2020. Soil texture consisted of clay loam and sandy loam and drought stress levels consisted of 0.3, 0.5, and 0.7 of management allowed depletion (MAD). The results showed that the 10-day ET_c under 0.3, 0.5, and 0.7 MAD were 15.35, 13.81 and 12.63 mm in clay loam and they were 19.35, 16.9 and 16.58 mm in sandy loam soil, respectively. In both clay loam and sandy loam soils, the ET_c decreased as drought stress increased. During the growing season, total net water requirement of *Melia azedarach* L. under 0.3, 0.5, and 0.7 MAD in clay loam soil were 445.15, 388.58 and 381.41 mm, and in sandy soil were 353.02, 317.59 and 290.54 mm, respectively. Also, the K_c coefficient of *Melia azedarach* L. during the growing period in clay loam soil under 0.3, 0.5, and 0.7 MAD were determined to be 0.34, 0.3, and 0.28 and in sandy loam soils were 0.27, 0.24, and 0.22, respectively.

Keywords: Evapotranspiration, Green Space, Microlysimeter, TDR and Weighting Method.

اثر بافت خاک و سطوح مختلف آبیاری بر نیاز آبی و ضریب گیاهی زیتون تلخ (*Melia azedarach L.*) در منطقه کرج

خالد احمدالی^{۱*}، حسین رحیمی^۲، وحید اعتماد^۲

۱. گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲. گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۱۱ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۷/۱۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۸/۱۰)

چکیده

رشد روزافزون جمعیت، لزوم توسعه فضای سبز شهری، کمبود منابع آب و افزایش رقابت بین بخش‌های مختلف مصرف‌کننده آب، تعیین دقیق نیاز آبی گونه‌های گیاهی فضای سبز را به امری ضروری تبدیل کرده است. در این پژوهش نیاز آبی (ET_c) و ضریب گیاهی (K_c) زیتون تلخ (*Melia azedarach L.*) با استفاده از میکروولایسیمتر به صورت فاکتوریل با دو عامل بافت خاک و تنش خشکی با طرح پایه کاملاً تصادفی در ۱۰ تکرار در شرایط اقلیمی کرج در سال ۹۹-۱۳۹۸ اندازه‌گیری شد. عامل بافت خاک شامل دو سطح لومرسی و لوم‌شنی و عامل تنش خشکی در سه سطح MAD برابر ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ بود. نتایج نشان داد که میانگین ET_c ۱۰ روزه در سطوح تنش خشکی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ در بافت لوم‌شنی به ترتیب برابر ۱۵/۳۵، ۱۳/۸۱ و ۱۲/۶۳ میلی‌متر و در بافت لومرسی به ترتیب برابر است با ۱۹/۳۵، ۱۶/۹ و ۱۶/۵۸ میلی‌متر می‌باشد. در هر دو خاک لومرسی و لوم‌شنی مقدار ET_c در تیمار تنش ۰/۳ بیشتر از تنش ۰/۵ و آن هم بیشتر از تنش ۰/۷ است. مجموع نیاز آبی خالص زیتون تلخ در بافت لومرسی برای سطوح تنش ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ به ترتیب برابر ۴۴۵/۱۵، ۳۸۸/۵۹ و ۳۸۱/۴ میلی‌متر و در خاک لوم‌شنی این مقادیر به ترتیب برابر ۳۵۳/۰۲، ۳۱۷/۵۹ و ۲۹۰/۵۴ میلی‌متر به دست آمد. هم‌چنین مقدار متوسط K_c زیتون تلخ طی دوره رشد در بافت‌های لومرسی به ازای تنش‌های ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ به ترتیب برابر است با ۰/۳۴، ۰/۳ و ۰/۲۸ و این مقادیر برای خاک لوم‌شنی به ترتیب برابر با ۰/۲۷، ۰/۲۴ و ۰/۲۲ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر- تعرق، فضای سبز، میکروولایسیمتر، TDR و روش وزنی.

مقدمه

رشد فزاینده جمعیت و افزایش شهرنشینی، ماشینی شدن زندگی و به تبع آن افزایش عوامل دودزا و آلاینده از قبیل اتومبیل‌ها، کارخانجات و کارگاه‌ها و شهرک‌های صنعتی و استرس و هم‌چنین مشکلات اجتماعی و روانی، اهمیت ایجاد پوشش‌های گیاهی در محیط‌های درون شهری و برون شهری را دو چندان کرده است (Delfan Azari et al., 2018; Hashemi garmdarreh, 2005). وجود مجموعه‌های طبیعی (پارک‌ها، جنگل‌ها و کمربند‌های سبز) و عناصر آن‌ها (درختان و آب) در حریم شهرها تاثیر زیادی بر کیفیت زندگی شهروندان دارد (Mohammadi Dahcheshme and Hakim, 2009). این مجموعه‌ها علاوه بر بازدهی اکولوژیکی (مانند تصفیه و تلطیف هوا، ترسیب کربن، پایداری خرداقلیم، کاهش آلودگی‌های صوتی، کاهش اثرات سیل و طوفان، حفاظت خاک در مقابل انواع فرسایش و حفظ تنوع زیستی)، موجب بازدهی اقتصادی و اجتماعی-روانی (نظیر ایجاد فرصت‌های تفریحی و سرگرمی برای پرورش کودکان، آرامش روانی و درمان بیماری‌های

روحي و ایجاد یکپارچگی اجتماعی) نیز می‌باشد (Mobaraki et al., 2017; Delfan Azari et al., 2018). اهمیت پوشش‌های گیاهی تا آن حد است که به‌عنوان یکی از شاخص‌های توسعه یافتگی جوامع مطرح بوده و نبود آن به معنی عدم وجود سلامتی و تندرستی در شهرها تلقی می‌شود و شهر بدون وجود پوشش گیاهی و فضای سبز قابل تصور نیست (Bahmanpour and Moharramnejad, 2006) و استفاده از فضای سبز و جنگل‌کاری های حومه‌ای شهرها اغلب تنها روش برقراری ارتباط روزانه‌ای جوامع شهری با طبیعت است (Martin et al., 2003).

گسترش روز افزون شهرها و کمبود منابع آبی علی‌الخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک مثل ایران، سبب شده که مسائل فضای سبز شهری، جنگل‌های دست‌کاشت، کمان‌ها و کمربند‌های سبز بیشتر در کانون توجه متخصصان آب و فضای سبز قرار گیرد. در مناطق خشک و نیمه‌خشک نظیر ایران تخصیص آب برای ایجاد و حتی حفظ پوشش گیاهی فضای سبز شهری با مشکلاتی روبرو است، زیرا در این مناطق، منابع آب محدود بوده و تخصیص

از طریق آزمایش‌های لایسیمیتری در یزد در سطوح مختلف رطوبتی (۱۰۰، ۷۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) پرداختند. نتایج نشان داد که در شرایط رطوبتی ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی ضریب گیاهی متوسط گونه‌های مذکور به ترتیب برابر ۰/۶۵ و ۰/۸۸ با نیاز آبی سالانه ۱۱۸۵ و ۱۶۱۷ میلی‌متر است. در هر دو گونه مورد بررسی با افزایش رطوبت خاک، مقدار تبخیر-تعرق افزایش یافته و بین سطوح مختلف رطوبت اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. Saberi et al. (2017) در تحقیقی به تعیین ضریب گیاهی اجغون (*Trachyspermum ammi*) در منطقه بیرجند و در سال ۹۵-۱۳۹۴ پرداختند. مقادیر متوسط ضریب گیاهی برای مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی را به ترتیب برابر ۰/۷۸، ۰/۰۶، ۱/۱۳ و ۰/۹۶ به دست آوردند و مجموع نیاز آبی سالانه گیاه را ۴۹۲ میلی‌متر محاسبه نمودند. همان‌طور که پیش‌تر نیز ذکر شد در زمینه تعیین نیاز آبی گونه‌های فضای سبز مطالعات چندانی صورت نگرفته لذا مطالعه حاضر با هدف تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی گونه زیتون تلخ (*Melia azedarach* L.) که گونه‌ای خشکی‌گرا، مقاوم و به لحاظ ویژگی‌های اکولوژیکی مناسب کاشت در فضای سبز و جنگل‌کاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک است، در دو بافت خاک و در سه سطح تنش خشکی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش برای تعیین نیاز آبی گونه زیتون تلخ (*Melia azedarach* L.) در بازه زمانی فروردین تا آبان ۱۳۹۸ در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در شهر کرج، با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۱ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۶ درجه شمالی و ارتفاع متوسط از سطح دریا برابر ۱۲۹۷ متر انجام شد. منطقه مورد مطالعه بر اساس اقلیم‌نمای دومارتین گسترش‌یافته دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد با میانگین بارش ۲۵۲ میلی‌متر و میانگین دمای ۱۵ درجه سلسیوس است. خلاصه اطلاعات مربوط به میانگین دمای ماهانه، میانگین دمای حداکثر، میانگین دمای حداقل (درجه سلسیوس) و میانگین بارش (میلی‌متر) در جدول (۱) آورده شده است.

با توجه به حداکثر عمق ریشه نهال‌های یک ساله زیتون تلخ (*Melia azedarach* L.) که برابر ۲۵ سانتی‌متر است، کاشت نهال در میکرو لایسیمترهایی به قطر ۲۰ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر به صورت فاکتوریل با دو عامل بافت خاک و تنش خشکی با طرح پایه کاملاً تصادفی در ۱۰ تکرار انجام شد. فاکتورهای در نظر گرفته شده شامل بافت خاک در دو سطح (بافت لوم رسی و لوم شنی) و تنش خشکی در سه سطح تنش ملایم (MAD=0.30)، تنش

آب به فضای سبز شهری در رقابت شدیدی با سایر موارد مصرف نظیر کشاورزی، صنعت و حتی شرب می‌باشد (Rad et al., 2017). لذا منابع آب محدود در این مناطق ارزش بسیار زیادی دارد و باید به‌صورت بهینه و با راندمان بالا مورد مصرف قرار گیرد. لذا در این شرایط می‌طلبند که کارشناسان، محققان و مدیران مراکز علمی و پژوهشی کشور در بخش آب متفاوت‌تر از سایر کشورهای جهان که شرایط طبیعی و نسبتاً پایداری دارند، عمل کنند (Ahmadaali et al., 2019; Ghamarnia and Mousabeygi, 2014). یکی از راه‌های مدیریت منابع آب در حوزه فضای سبز شهری، تعیین دقیق مقدار آب مصرفی گونه‌های گیاهی آن است. در زمینه تعیین نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی مطالعات زیادی چه در داخل و چه در خارج از کشور صورت گرفته اما در زمینه تعیین نیاز آبی گیاهان فضای سبز و جنگل‌های دست‌کاشت مطالعات چندانی صورت نگرفته و اطلاعات کافی از نیاز آبی این گونه‌ها در دسترس نیست. از مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. Hashemi garmdarre (2005)، در تحقیقی به تعیین نیاز آبی چمن لیلیوم، چمن اسپرت، زبان گنجشک و سرو نقره‌ای در محمودآباد اصفهان پرداختند. نتایج نشان داد که مقدار تبخیر-تعرق برای دوره هشت ماهه فروردین تا آبان برای چمن اسپرت، چمن لولیم، زبان گنجشک و سرو نقره‌ای به ترتیب ۱۸۳۴، ۱۹۳۷، ۹۸۳ و ۸۳۷ میلی‌متر به دست آمد. میانگین ضریب گیاهی زبان گنجشک و سرو نقره‌ای به ترتیب ۰/۴۸ و ۰/۴۳ به دست آمد. Mostafazade-Fard et al. (2009) در تحقیق به مقایسه روش‌های مختلف برآورد تبخیر-تعرق مرجع پرداختند و ضریب گیاهی زبان گنجشک (*Fraxinus rotundifolia*) و سرو (*Cupressus arizonica*) با استفاده از لایسیمتر زهکش‌دار پرداختند. نتایج نشان داد که روش‌های تشعشع فائو، تورک و فائو بلانی کریدل نتایج بسیار نزدیک‌تری به داده‌های لایسیمتری داشتند. آنها همچنین مقادیر ضریب گیاهی در چهار مرحله ابتدایی، رشد و توسعه، میانی و انتهایی را برای زبان گنجشک به ترتیب ۰/۲۴، ۰/۵۶، ۰/۷۳ و ۰/۳۷ و برای سرو به ترتیب ۰/۳۲، ۰/۴۴، ۰/۵۸ و ۰/۳۴ گزارش کردند. Khosroshahi (2013) به محاسبه نیاز آبی گونه سمر (*Prosopis juliflora*) برای هشت ناحیه ریشی از اهواز تا چابهار با استفاده از تلفیق روش فائو پنمن مانیت و روش WUCOLS III پرداختند. نتایج نشان داد که دشت آزادگان با ۲۵۵ میلی‌متر در طول هفت ماه از سال، بیشترین و چابهار با ۱۷۴ میلی‌متر در طول نه ماه از سال، کمترین مقدار آب را برای آبیاری تکمیلی نیاز دارد. Rad et al. (2017) به تعیین نیاز آبی، ضریب گیاهی و کارایی مصرف آب دو گونه اکالیپتوس (*E. leucoxylon* و *E. flocktoniae*)

(شکل ۱).

خاک‌های با بافت لومرسی و لومشنی از خاک زراعی معمولی که برای کاشت درختان فضای شهری استفاده می‌شد با آزمایش قبلی تهیه شد. جدول (۲) مقادیر برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد آزمایش را نشان می‌دهد.

متوسط ($MAD=0.50$) و تنش زیاد ($MAD=0.70$) بود که جمعاً شش فاکتور حاصل شد. با احتساب تعداد تکرارها، ۳۰ عدد میکرو لایسیمتر برای خاک لومشنی و ۳۰ عدد برای خاک لومرسی استفاده شد. برای سهولت زهکشی و افزایش هدایت هیدرولیکی، کف میکرو لایسیمترها به ضخامت یک سانتی متر شن ریخته شد

جدول ۱- پارامترهای هواشناسی کرج (۱۳۶۴ تا ۱۳۹۸)

پارامتر	ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
میانگین دمای ماهانه ($^{\circ}C$)	۱۹/۳	۲۴/۵	۲۷/۱	۲۶/۸	۲۲/۷	۱۷/۳	۹/۶	۴/۷	۲/۳	۴/۵	۹	۱۵	
میانگین دمای حداکثر ($^{\circ}C$)	۲۶/۵	۳۱/۵	۳۶/۶	۳۸/۸	۳۷/۹	۳۴/۳	۲۸/۴	۱۹/۸	۱۴/۲	۱۲/۲	۱۴/۸	۲۰/۸	
میانگین دمای حداقل ($^{\circ}C$)	۷	۱۲/۳	۱۵/۴	۱۵/۶	۱۱/۱	۶/۲	-۰/۶	-۴/۸	-۷/۶	-۵/۹	-۲/۸	۴	
میانگین بارش (mm)	۳۹/۴	۱۹/۷	۲/۷	۳/۲	۲/۳	۱/۴	۲۰	۲۹/۱	۳۲	۲۹/۷	۲۸/۹	۴۳/۸	



شکل ۱- نحوه انجام آبیاری و زهکشی

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد استفاده

ویژگی	واحد	خاک لومشنی	خاک لومرسی
شن	%	۶۱	۲۶
سیلت	%	۲۳	۳۶
رس	%	۱۶	۳۸
هدایت الکتریکی	$dS.m^{-1}$	۰/۲۳	۰/۱۵
pH	-	۷/۶	۶/۹
جرم مخصوص ظاهری	$gr.cm^{-3}$	۱/۳۵	۱/۲۵
ظرفیت زراعی	حجمی %	۱۹	۳۷
نقطه پژمردگی	حجمی %	۸	۱۶

سپس با کم شدن رطوبت به صورت روزی دو بار انجام شد. پایش رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه هم با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج TDR مدل HH2 (برای تعیین زمان رسیدن به رطوبتی که باید آبیاری صورت گیرد)، و هم از روش وزنی (برای تعیین دقیق مقدار کمبود رطوبتی) انجام شد. پس از اندازه‌گیری نقاط رطوبتی ظرفیت زراعی (FC) و نقطه پژمردگی (PWP) و لحاظ نمودن سطوح تنش خشکی مورد نظر یعنی درصدی ذکر

کاشت نهال‌های زیتون تلخ در تاریخ ۱ اسفند ۱۳۹۷ آغاز شد و با توجه به طول دوره رشد گیاه در ۲۰ آبان ۱۳۹۸ به اتمام رسید. در ابتدای کاشت نهال‌ها به منظور نشست کامل خاک داخل میکرو لایسیمترها و رفع شدن تنش وارده به نهال‌ها، دو نوبت آبیاری سنگین انجام شد. از اول فروردین ۱۳۹۸، پس از آبیاری نهال‌های کاشت شده در هر دو بافت خاک لومشنی و لومرسی، ۲۴ و ۷۲ ساعت بعد رطوبت به حد ظرفیت زراعی رسیده و پایش رطوبت با گذشت زمان از نقطه ظرفیت زراعی ابتدا به صورت روزانه

و ۷: ثابت سایکرومتری (کیلوپاسکال بر درجه سلسیوس) می‌باشد. مقدار تبخیر-تعرق گیاه (ET_c) در دور آبیاری با استفاده از داده‌های به دست آمده از روش وزنی و ابعاد میکرولاسیمتر، از رابطه (۴) محاسبه شد.

$$ET_c = \frac{W_2 - W_1}{A} \quad (\text{رابطه ۴})$$

که در آن ET_c تبخیر تعرق واقعی گیاه، A مساحت میکرولاسیمتر، W_1 و W_2 به ترتیب مقدار وزن مجموعه میکرولاسیمتر قبل و بعد از آبیاری است.

نتایج و بحث

نتایج به دست آمده از محاسبه تبخیر-تعرق مرجع ۱۰ روزه به روش PMF-56 با نرم‌افزار ET0 calculator برای منطقه کرج در بازه زمانی اول فروردین تا آخر آبان ۱۳۹۸ در شکل (۲) آورده شده است.

نتایج نشان می‌دهد که روند تغییرات تبخیر-تعرق مرجع حالت گوسی شکل دارد و مقدار آن از ابتدای رشد تا دوره ۱۰ روزه ۱۲ هم (۳۱ تیر) افزایش می‌یابد و پس از آن کاهش پیدا می‌کند. حداکثر متوسط تبخیر-تعرق مرجع ۱۰ روزه در تیرماه (۹۳/۶ میلی‌متر) و حداقل متوسط تبخیر-تعرق مرجع ۱۰ روزه در آبان (۱۹/۲ میلی‌متر) اتفاق افتاد. مقدار تجمعی تبخیر-تعرق مرجع برای دوره هشت ماهه فروردین تا ۲۰ آبان برابر ۱۳۰۸ میلی‌متر به دست آمد.

نتایج میانگین حاصل از اندازه‌گیری تبخیر تعرق گیاه زیتون تلخ در ۱۰ میکرولاسیمتر به صورت متوسط ۱۰ روزه برای بافت-های لوم‌شنی و لوم‌رسی برای سه سطح تنش خشکی یعنی مقادیر تخلیه مجاز رطوبتی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ به ترتیب در شکل‌های (۳) و (۴) نشان داده شده است.

با توجه به شکل (۳) ملاحظه می‌گردد که مقدار ET_c زیتون تلخ در همه سطوح خشکی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ در مرحله ابتدایی رشد (اول تا ۲۰م فروردین) کم است و در مرحله رشد و توسعه گیاه (۲۱ فروردین تا ۲۰ خرداد) مقدار ET_c نسبت به زمان به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند و در مرحله میانی (۲۱ خرداد تا ۲۰ مهر) مقدار ET_c نسبت به کل دوره حداکثر است هر چند که مقدار آن در این مرحله دارای نوسان نیز هست. این نوسانات می‌تواند به دلیل نوسانات شدید دمایی باشد. مقدار ET_c در مرحله نهایی (۲۱ مهر تا آخر آبان) روندی نزولی دارد.

با مقایسه مقدار نیاز آبی زیتون تلخ در سه سطح تنش خشکی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ ملاحظه می‌گردد که مقدار ET_c در سراسر طول

شده تخلیه مجاز رطوبتی (MAD)، برنامه‌ریزی آبیاری^۱ برای هر یک از تیمارها تهیه شد و آبیاری و جبران کمبود رطوبتی (SMD) بر اساس آن انجام گرفت.

تعیین ضریب گیاهی (K_c)

آب مورد نیاز گیاه به مجموع آب تعرق یافته در دوره رشد، آب نگهداری شده در بافت گیاهی و رطوبت تبخیر شده از سطح خاک و گیاه اطلاق شده و برحسب میلی‌متر برای دوره معینی بیان می‌شود (Ahmadaali et al., 2019). در صورت داشتن ضریب گیاهی و تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_0)، تبخیر-تعرق واقعی گیاه (ET_c) از فرمول (۱) محاسبه می‌شود (Allen et al., 1998):

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (\text{رابطه ۱})$$

از آنجایی که برای اکثر گونه‌های گیاهی فضای سبز و عرصه‌های جنگل کاری ضریب گیاهی مشخص نیست لذا در این این تحقیق ضریب گیاهی زیتون تلخ جزو مجهولات است و باید تعیین شود. برای این منظور با اندازه‌گیری تبخیر-تعرق واقعی در طول دوره رشد گیاه، مقدار K_c از فرمول (۲) تعیین شد:

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

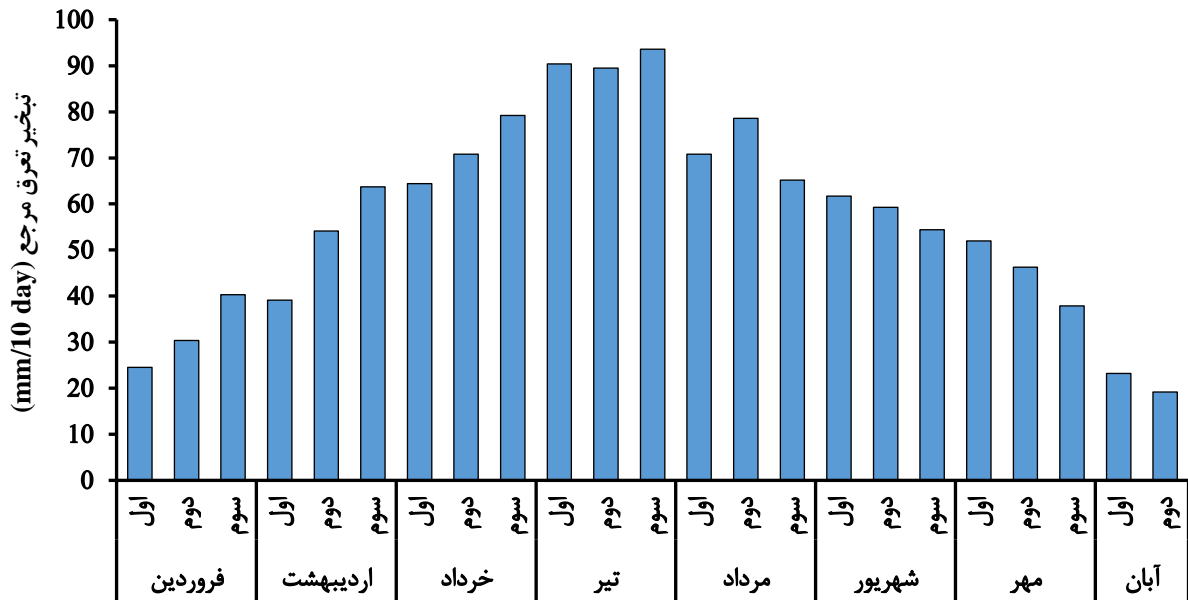
تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_0) نشان‌دهنده مقدار تبخیر-تعرق نوع معینی از پوشش سبز با ارتفاع ۵ تا ۱۵ سانتی‌متر است که در سطح گسترده کشت شده و دارای رشد فعال با پوشش کامل زمین و سایه‌انداز و نیز بدون تنش آبی است (Allen et al., 1998). معمولاً در شرایط آزمایشی از گیاه چمن استفاده می‌شود. از میان مدل‌های مختلف محاسبه تبخیر-تعرق پتانسیل، روش فائو پنمن-مانتیت (PMF-56) که هم بیلان انرژی و هم تئوری آئرودینامیکی را در مدل در نظر گرفته به عنوان مناسب‌ترین مدل در برآورد تبخیر-تعرق مرجع شناخته شده و توسط سازمان خوار و بار جهانی (FAO) برای محاسبه تبخیر-تعرق مرجع در همه‌ی اقالیم توصیه شده است (Xu et al., 2006). در این مطالعه محاسبه تبخیر-تعرق مرجع از روش PMF-56 (رابطه ۳) و با استفاده از نرم افزار ET0 calculator انجام شد.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0.34U_2)} \quad (\text{رابطه ۳})$$

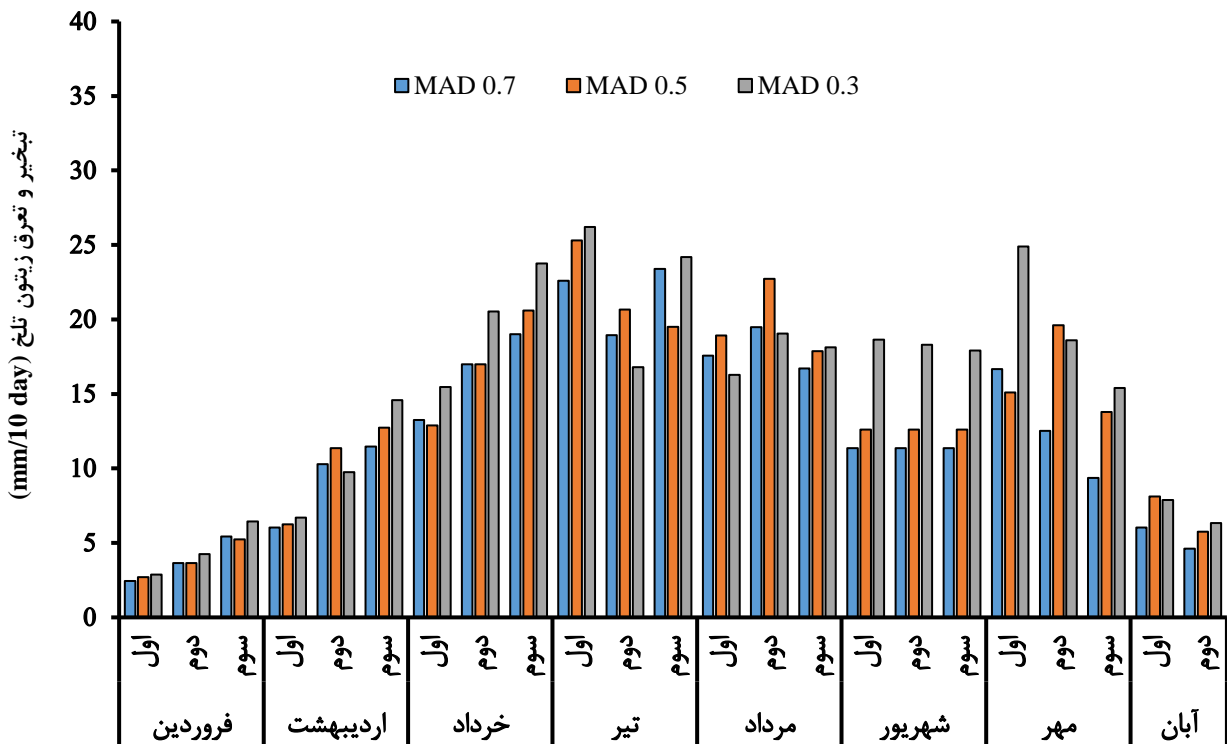
که در آن ET_0 : تبخیر-تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر در روز)، R_n : تشعشع خالص در سطح گیاه (مگاژول بر مترمربع در روز)، G : فلاکس حرارتی خاک (مگاژول بر مترمربع در روز)، T : میانگین دمای روزانه در ارتفاع دو متری (درجه سلسیوس)، U_2 : سرعت باد در ارتفاع دو متری (متر بر ثانیه)، e_s : فشار بخار اشباع (کیلوپاسکال)، e_a : فشار بخار واقعی (کیلوپاسکال)، Δ : شیب رابطه‌ی فشار بخار اشباع و دما (کیلوپاسکال بر درجه سلسیوس)

در تیر ماه اتفاق می افتد و کمترین مقدار ET_c به ازای سطوح تنش خشکی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ به ترتیب برابر ۲/۸۷، ۲/۷ و ۲/۴۵ میلی متر و مربوط به فروردین ماه می باشد.

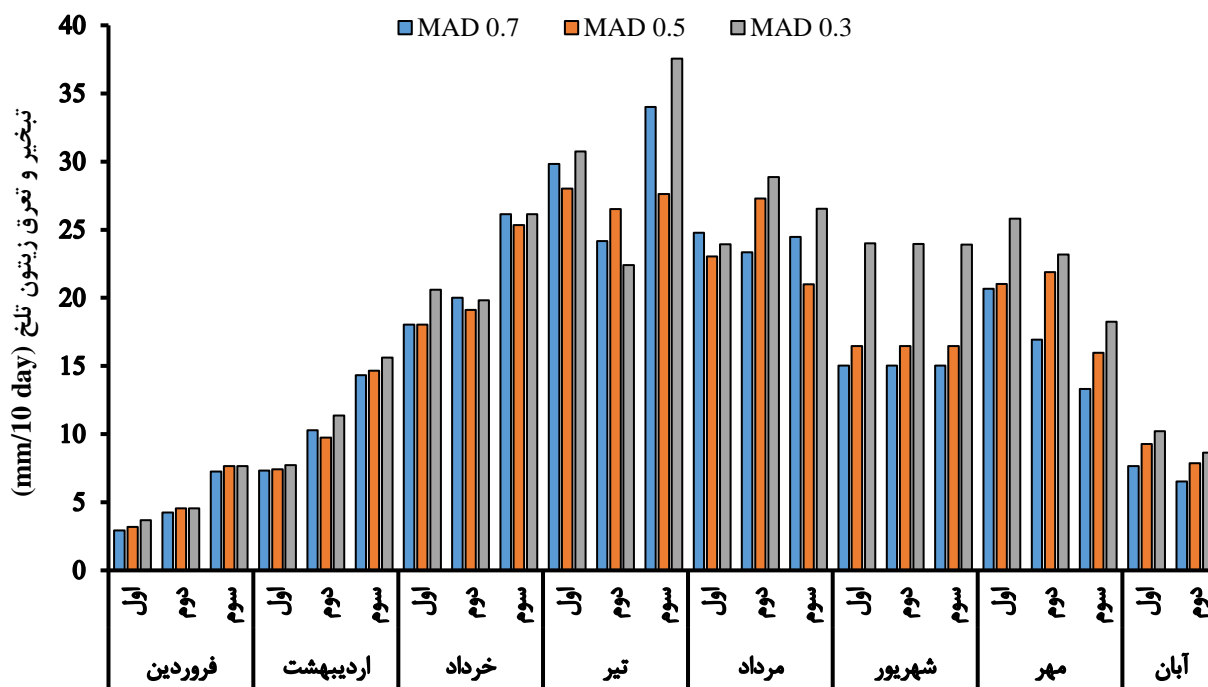
دوره مورد مطالعه، در مقدار تخلیه مجاز رطوبتی برابر ۰/۳ بیشترین مقدار و به ازای مقدار تخلیه مجاز رطوبتی برابر ۰/۷ کمترین مقدار را دارد. بیشترین مقدار ET_c ۱۰ روزه به ازای سطوح تنش خشکی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ به ترتیب برابر ۲۶/۲۲، ۲۵/۳۱ و ۲۳/۳۹ میلی متر و



شکل ۲- مقدار تبخیر-تعرق مرجع ۱۰ روزه در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه



شکل ۳- مقدار تبخیر-تعرق ۱۰ روزه زیتون تلخ در تنش‌های مختلف در بافت لوم‌شنی



شکل ۴- مقدار تبخیر-تعرق ۱۰ روزه زیتون تلخ در تنش‌های مختلف در بافت لومرسی

تنش خشکی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ و بافت‌های لوم‌شنی و لوم‌رسی را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل (۵) ملاحظه می‌شود که مقادیر نیاز آبی زیتون تلخ در کلیه سطوح تنش خشکی اعمال شده، در خاک لوم‌رسی بیشتر از خاک لوم‌شنی است. میانگین ET_c ۱۰ روزه در سطوح مختلف تنش خشکی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ در دو بافت لوم‌شنی به ترتیب برابر ۱۵/۳۵، ۱۳/۸۱ و ۱۲/۶۳ میلی‌متر و در بافت لوم‌رسی به ترتیب برابر است با ۱۹/۳۵، ۱۶/۹ و ۱۶/۵۸ میلی‌متر می‌باشد. این مسئله به این دلیل می‌تواند باشد که در خاک لوم‌شنی حدود ۲۴ ساعت پس از آبیاری، ضریب هدایت موئینگی لایه سطحی به شدت کاهش پیدا می‌کند، در حالی که کاهش هدایت موئینگی در لایه سطحی خاک لوم‌رسی زیاد نیست. از طرفی عمده کاهش رطوبت در منطقه توسعه ریشه در حالت غیراشباع در اثر تبخیر صورت می‌گیرد و آب تبخیر شده باید فقط از لایه سطحی خشک شده که ضریب هدایت موئینگی آن کم است، عبور کند. این مسئله باعث می‌شود که سرعت کاهش رطوبت در خاک لوم‌شنی به شدت کاهش یابد اما در خاک لوم‌رسی گرادیان کاهش رطوبت بالاتر از خاک لوم‌شنی است (Alizadeh, 2018).

در هر دو خاک لوم‌رسی و لوم‌شنی مقدار ET_c در تیمار تنش خشکی ۰/۳ بیشتر از تنش ۰/۵ و آن هم بیشتر از تنش ۰/۷ است. یکی از شرایط لازم برای تبخیر-تعرق وجود سطح سطح مرطوب است، که این شرط در تیمار تنش خشکی ۰/۳ بیشتر از

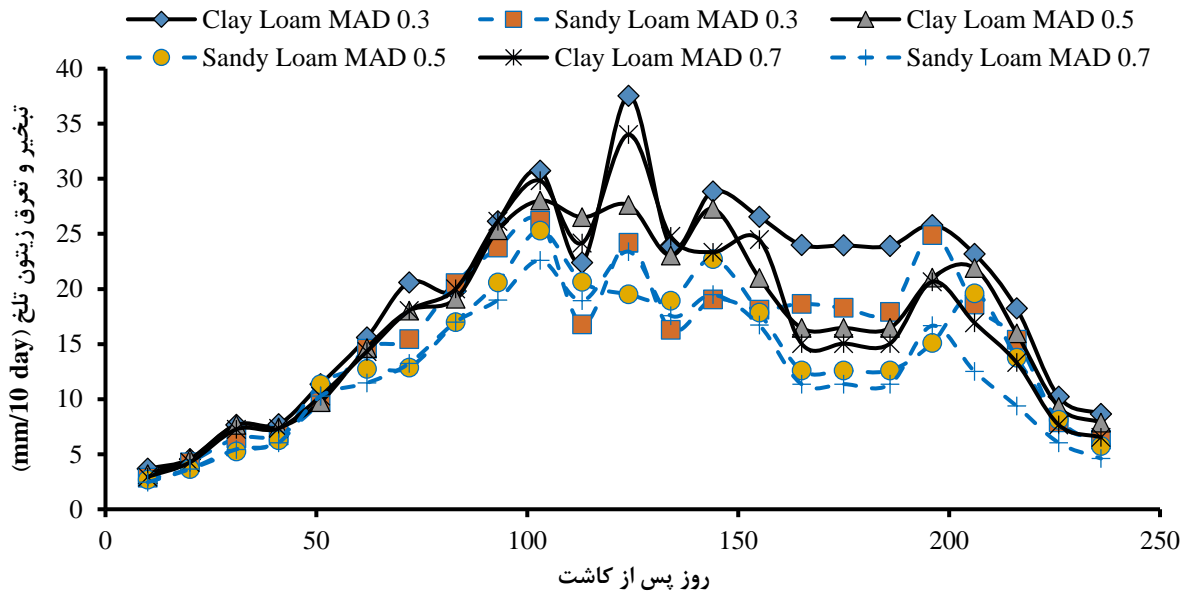
بر اساس شکل (۴) ملاحظه می‌شود که تغییرات مقدار ET_c زیتون تلخ در بافت لوم‌رسی با وجود تفاوت در مقادیر، در کل روندی مشابه با روند تغییرات نیاز آبی در بافت لوم‌شنی (شکل ۳) دارد به این صورت که مقدار ET_c در همه سطوح خشکی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ در مرحله ابتدایی رشد، کمترین مقدار است و در مرحله رشد و توسعه گیاه یعنی از ۲۱ فروردین تا ۲۰ خرداد، مقدار ET_c نسبت به زمان به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند و در مرحله میانی علی‌رغم نوسانات مشاهده شده در مقدار ET_c ، میانگین آن نسبت به همه مراحل رشد حداکثر است و در مرحله نهایی مقدار ET_c رو به کاهش است.

در سطوح مختلف تنش خشکی اعمال شده، مقدار ET_c در مقدار تخلیه مجاز رطوبتی برابر ۰/۳ نسبت به دو سطح دیگر بیشتر است و در مقدار تخلیه مجاز رطوبتی برابر ۰/۷ علی‌رغم اینکه در برخی دهه‌ها مقدار آن بیشتر از مقدار تخلیه مجاز رطوبتی برابر ۰/۵ است که این می‌تواند به دلیل خطای انسانی یا خطای تجهیزات باشد (Saberi et al., 2017)، ولی در کل می‌توان گفت که این سطح از تنش خشکی کمترین مقدار را دارد. بیشترین مقدار ET_c ۱۰ روزه به ازای سطوح تنش خشکی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ به ترتیب برابر ۳۷/۵۵، ۲۸/۰۲ و ۳۴/۰۳ میلی‌متر و در تیر ماه اتفاق می‌افتد و کمترین مقدار ET_c به ازای سطوح تنش خشکی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ به ترتیب برابر ۳/۱۹ و ۲/۹۴ میلی‌متر است.

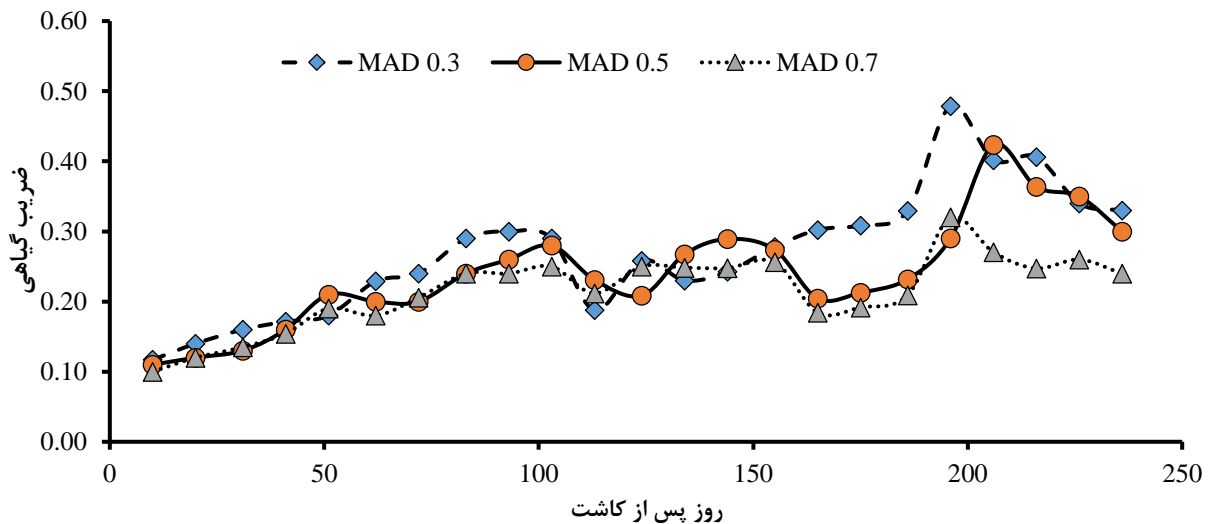
شکل (۵) روند تغییرات ET_c زیتون تلخ در سطوح مختلف

بیانگر نقش مهم کاهش هدایت موینگی لایه سطحی خاک در حفظ رطوبت در منطقه توسعه ریشه است. روند تغییرات ضریب گیاهی (K_c) زیتون تلخ محاسبه شده از رابطه (۲) برای سطوح مختلف تنش خشکی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ و بافت‌های لوم‌شنی و لومرسی در شکل‌های (۶) و (۷) نشان داده شده است.

تیمار تنش خشکی ۰/۵ و آن هم بیشتر از تنش ۰/۷ فراهم است لذا در صورت تامین انرژی یکسان در سطح تبخیر و نیز یکسان بودن شرایط انتقال بخار آب از سطح تبخیر، هرچه رطوبت در محیط بیشتر باشد، مقدار تبخیر-تعرق بیشتر خواهد بود (Allen *et al.*, 1998) که این با مطالعه Rad *et al.* (2017) مطابقت دارد. نکته جالب اینکه مقدار ET_c زیتون تلخ حتی در تنش ۰/۷ در خاک لومرسی بیشتر از تنش ۰/۳ خاک لوم‌شنی است که این امر



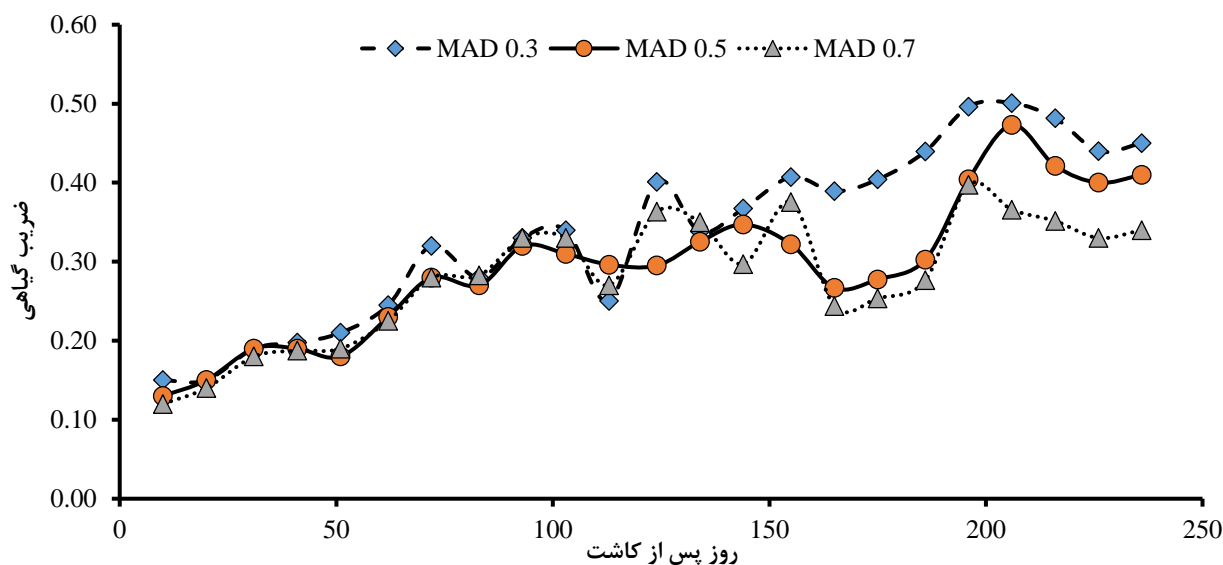
شکل ۵- روند تغییرات نیاز آبی زیتون تلخ در سطوح مختلف تنش خشکی و بافت خاک



شکل ۶- تغییرات ضریب گیاهی زیتون تلخ تحت تنش‌های خشکی مختلف در بافت لوم‌شنی

K_c افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار K_c در انتهای مرحله میانی (اواسط مهر ماه) اتفاق می‌افتد. در مرحله نهایی با کاهش فعالیت برگ‌ها و پیر شدن آنها مقدار K_c کاهش می‌یابد (Ghamarnia and Mousabeygi, 2104; Saberi *et al.*, 2017). که این با نتایج Mostafazadeh-Fard *et al.* (2009) مطابقت دارد.

با توجه به شکل (۶) ملاحظه می‌شود که روند تغییرات ضریب گیاهی زیتون تلخ در هر سه سطح تنش خشکی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ در بافت لوم‌شنی تقریباً مشابه است. مقدار ضریب گیاهی در هر سه سطح تنش، در مرحله ابتدایی کم است. در این مرحله سهم تبخیر بیشتر از سهم تعرق است. در دو مرحله رشد و توسعه و مرحله میانی، با بزرگ شدن برگ‌ها و توسعه اندام هوایی مقدار



شکل ۷- روند تغییرات ضریب گیاهی زیتون تلخ در تنش‌های خشکی مختلف در بافت لومرسی

لوم‌شنی کاهش می‌یابد. با توجه به شکل‌های (۶) و (۷) می‌توان نتیجه گرفت که مقدار K_c در بافت لومرسی در تمام مراحل و برای هر سطح تنش خشکی بیشتر از مقادیر K_c در بافت لوم‌شنی است که با مطالعه Meskini *et al.*, (2017) مطابقت دارد. مقدار متوسط K_c زیتون تلخ در دوره رشد در بافت‌های لومرسی به ازای سطوح تنش خشکی، ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ به ترتیب برابر است با ۰/۳۴، ۰/۳ و ۰/۲۸ و این مقادیر برای خاک لوم‌شنی به ترتیب برابر با ۰/۲۷، ۰/۲۴ و ۰/۲۲ می‌باشد. مقدار میانگین ضریب گیاهی در مراحل مختلف رشد زیتون تلخ در سطوح مختلف تنش خشکی و در دو بافت لومرسی و لوم‌شنی در جدول (۳) آورده شده است.

در بافت لومرسی همانند بافت لوم‌شنی روند تغییرات ضریب گیاهی زیتون تلخ در هر سه سطح تنش خشکی مشابه است (شکل ۷) با این تفاوت که در بافت لومرسی نحوه تغییرات K_c در سطوح مختلف تنش خشکی نسبت به بافت لوم‌شنی هماهنگی بیشتری دارند. این هماهنگی به این دلیل می‌تواند باشد که تغییرات رطوبت در خاک شنی در سه سطح تنش خشکی باعث تغییرات شدیدتر هدایت موینیگی غیراشباع و در نتیجه تغییرات بیشتر رفتار آن می‌شود (Alizadeh, 2018). مقدار K_c در هر سه سطح تنش، در مرحله ابتدایی کم و تا انتهای مرحله میانی روندی صعودی دارد و در مرحله نهایی با کاهش فعالیت برگ‌ها و پیر شدن آنها مقدار K_c با شیب کمتری نسبت به خاک

جدول ۳- مقدار ضرایب گیاهی در مراحل مختلف رشد در تنش‌ها و بافت‌های مختلف خاک

خاک لوم شنی			خاک لومرسی			مرحله رشد
MAD 0.3	MAD 0.5	MAD 0.7	MAD 0.3	MAD 0.5	MAD 0.7	
۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۳	ابتدایی
۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۲۲	رشد و توسعه
۰/۳۰	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۳۹	۰/۳۳	۰/۳۲	میانی
۰/۳۶	۰/۳۴	۰/۲۵	۰/۴۶	۰/۴۱	۰/۳۴	نهایی

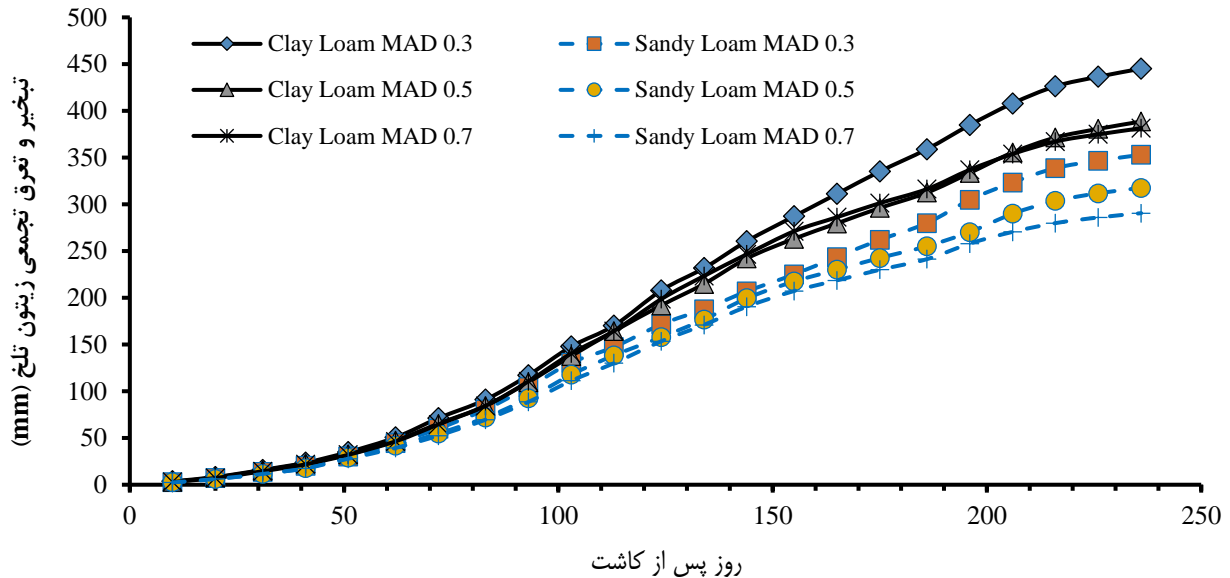
europaea) ملاحظه می‌شود که نیاز آبی زیتون تلخ در مرحله ابتدایی حدود یک‌چهارم نیاز آبی زیتون خوراکی و در مابقی مراحل حدوداً نصف نیاز آبی زیتون خوراکی است. دلیل اینکه در مرحله ابتدایی نسبت نیاز آبی زیتون تلخ نسبت به زیتون خوراکی خیلی کمتر از سایر مراحل است، این می‌تواند باشد که زیتون تلخ گیاهی خزاندار است و در مرحله ابتدایی هنوز برگ‌های گیاه کامل رشد نکرده درحالی که زیتون خوراکی همیشه سبز است. در کل

با توجه به جدول (۳) ملاحظه می‌شود که در مراحل مختلف رشد زیتون تلخ، مقادیر ضریب گیاهی برای خاک لومرسی و مقدار تنش ۰/۳ بیشترین مقدار و در خاک لوم‌شنی و سطح تنش خشکی ۰/۷ کمترین مقدار را دارد. با مقایسه اعداد محاسبه شده ضریب گیاهی برای زیتون تلخ (*Melia azedarach L.*) با مقادیر ارائه شده توسط فائو و همچنین Muñoz-Cobo (1994) برای زیتون خوراکی (*Olea*)

خزان دار است و مقاوم به خشکی و کم آبی است و در فضای سبز کاشت می‌شود لذا این دو گونه از هر نظر با هم فرق دارند من جمله از نظر نیاز آبی.

مقدار نیاز خالص تجمعی زیتون تلخ در دو بافت لوم‌شنی و لوم‌رسی در سه سطوح مختلف تنش خشکی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ در شکل (۸) نشان داده شده است.

کمتر بودن نیاز آبی زیتون تلخ نسبت به زیتون خوراکی را می‌توان به این دلیل دانست که اعداد ارائه شده فائو برای درخت بالغ است در حالی که اعداد این مطالعه برای زیتون تلخ یک تا دوساله است مضافاً اینکه درخت زیتون خوراکی یک گونه همیشه‌سبز است دارای ارزش غذایی و خواص دارویی است و به‌طور وسیع در اراضی کشاورزی کشت می‌شود در حالی که درخت زیتون تلخ درختی



شکل ۸- مقدار نیاز آبی تجمعی زیتون تلخ در بافت‌های مختلف خاک و سطوح مختلف تنش خشکی

دارد.

نتیجه‌گیری

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، خشکی محیط از رشد طبیعی درختان و درختچه‌ها جلوگیری می‌کند از طرفی تخصیص منابع آب محدود در این مناطق به فضای سبز رقابت تنگاتنگی با بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعت و شرب دارد. این در حالی است که نیاز آبی اکثر گونه‌های فضای سبز که پایه و اساس برنامه‌ریزی منابع آب و طراحی مخازن، ایستگاه‌های پمپاژ و شبکه‌های آبیاری تحت فشار فضای سبز شهری، جنگل‌های دست‌کاشت و کمربندهای سبز حواشی شهرها است، مشخص نیست. با توجه به کمبود منابع آب و لزوم توسعه روزافزون فضای سبز به دلیل رشد تصاعدی جمعیت شهرها، یکی از اساسی‌ترین کارها برای استفاده بهینه از منابع آب محدود، تعیین ضریب گیاهی و نیاز آبی گونه‌های فضای سبز است. در این تحقیق ضریب گیاهی گونه زیتون تلخ در دو بافت لوم‌رسی و لوم‌شنی در سه سطح تنش خشکی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ برای منطقه کرج در سال ۹۹-۱۳۹۸ تعیین شد. نتایج نشان داد که مقدار متوسط ضریب گیاهی زیتون تلخ برای بافت لوم‌رسی در سه سطح تنش ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ به ترتیب برابر

در شکل (۸) شیب منحنی در هر نقطه، نشان‌دهنده مقدار نیاز آبی روزانه گیاه است با توجه به شکل ملاحظه می‌شود که مقدار نیاز آبی (شیب خط مماس بر منحنی) در هر شش تیمار مورد مطالعه در یک‌سوم اول بازه زمانی مورد بررسی کم است و در یک‌سوم دوم این مقدار افزایش پیدا می‌کند و در یک‌سوم آخر مقدار آن نسبت به یک‌سوم دوم کمتر ولی از یک‌سوم اول بیشتر است. مقایسه نیاز آبی تجمعی بافت‌های مختلف خاک نشان می‌دهد که نیاز تجمعی در هر سطح تنش خشکی در خاک لوم‌رسی بیشتر از خاک لوم‌شنی است. ترتیب نیاز آبی تجمعی از بیشترین به کمترین به این صورت است که بیشترین نیاز تجمعی در خاک لوم‌رسی و سطح تنش ۰/۳، سپس بافت لوم‌رسی با تنش ۰/۵ و ۰/۳ با مقدار تقریباً برابر در رتبه دوم و خاک لوم‌شنی با سطح تنش ۰/۳ رتبه سوم، خاک لوم‌شنی با سطح تنش ۰/۵ رتبه چهارم و کمترین مقدار تجمعی نیاز آبی مربوط به بافت خاک لوم‌شنی با سطح تنش ۰/۷ است. علت کمتر بودن نیاز تجمعی در بافت لوم‌شنی را می‌توان به کاهش سریع ضریب هدایت موینگی سطحی خاک و کاهش تبخیر در آن مرتبط دانست (Alizadeh, 2018) که این نتیجه با این مطالعه (Rad et al., 2017) مطابقت

طراحی خطوط انتقال و شبکه‌های آبیاری فضای سبز با دقت بیشتری می‌تواند انجام گیرد که این امر به صرفه‌جویی در هزینه‌ها کمک شایانی می‌تواند بکند.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

- Ahmadaali, Kh., Ramezani Etedali, H., and Pourmohseni, A. A. (2019). Estimation of crop evapotranspiration and water requirement over different agro-climatic conditions (case study: Qom province). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 6(12), 1448-1462. (In Farsi)
- Alizadeh, A. (2018). *Soil, water, plant relationship*. Mashhad; Ferdowsi university of Mashhad press. (In Farsi)
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *FAO, Rome*, 300(9), D05109.
- Bahmanpour, H. and Moharramnejad, N. (2006) Sustainable development of Tehran city green space. *National conference on urban environmental adaptation*, Tehran, the Janbazan medical and engineering research center. (In Farsi)
- Delfan Azari, N., Rostami Shahraji, T., Gholami, V, and Hashemi Garmdareh, S, E. (2018). An assessment of water requirement and investigation of different irrigation levels on growth parameters of eldar pine (*Pinus eldarica* Medw) seedlings (case study: Tehran). *Iranian Journal of Forest*, 10(2), 237-250. (In Farsi)
- Ghamarnia, H. and Mousabeygi, F. (2014) Determination of (*Mentha pipertia* L.) Water Requirement, Single and Dual Crop Coefficients. *Journal of Water and Soil*. 28(4), 670-678. (In Farsi)
- Hashemi garmdarreh, E. (2005). Estimation of water requirement of some of the dominant species of green space in Isfahan using lysimeter. M.Sc. Thesis, Isfahan University of technology, Isfahan. (In Farsi)
- Khosroshahi, M. (2013) Estimating water requirement of *Prosopis juliflora* at different habitats of Persian Gulf - Oman Sea region of Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2), 300-315. (In Farsi)
- Martin, C. A., Peterson, K. A. and Stabler, L. B. (2003) Residential landscaping in Phoenix, Arizona, US: Practices and preferences relative to covenants, codes, and restrictions. *Journal of Arboriculture*, 29(1), 9-17.
- Meskini, F., Mohammadi, M. H., Neishabouri, M. R., and Shekari, F. (2017) A model to estimate soil water depletion coefficient using plant and soil properties. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 48 (4), 749-758. (In Farsi)
- Mobaraki, O., Fallahpour, S, and Noruzi, A. (2017) An Analysis of Green Space with the Approach of Urban Sustainable development (Case Study: Tabriz City Zones). *Journal of GIS and RS Application in Planning*, 8(1), 13-24. (In Farsi)
- Mohammadi Dahcheshme, M. and Hakim M. (2009) Tehran Sustainability in Terms of Parks and Public Green Spaces Evaluation Model Based on Coefficient of Variation. *Shahrnegar*, 52, 27-36. (In Farsi)
- Mostafazadeh-Fard, B., Heidarpour, M, and Hashemi, S. E. (2009). Species factor and evapotranspiration for an Ash (*Fraxinus rotundifolia*) and Cypress (*Cupressus arizonica*) in an arid region. *Australian Journal of Crop Science*, 3(2), 71-82.
- Muñoz-Cobo, M. P. (1994). Riego deficitario del olivar: Los programas de recorte de riego en olivar. *Agricultura: Revista agropecuaria y ganadera*, (746), 768-776 (In Spanish).
- Rad, M, H., Assareh, M, H, and Soltani, M. (2017) Water requirement and water use efficiency in *Eucalyptus flocktoniae* (Maiden) Maiden and *E. leucoxydon* F. Muell. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 25(3), 441-451. (In Farsi)
- Saberi, E., Rezaee, F, and Khasheesiuki, A. (2017) Lysimetric Determination of Ajwain (*Trachyspermum ammi*) Crop Coefficients during Different Growth Stages in Birjand Area. *Journal of Water Research in Agriculture*. 31(3), 389-398. (In Farsi)
- Xu, C. Y., Gong, L., Jiang, T., Chen, D., and Singh, V. P. (2006). Analysis of spatial distribution and temporal trend of reference evapotranspiration and pan evaporation in Changjiang (Yangtze River) catchment. *Journal of Hydrology*, 327(1-2), 81-93.

با ۰/۳۴، ۰/۳ و ۰/۲۸ و مقدار متوسط ضریب گیاهی برای خاک لوم‌شنی برای سطوح تنش ذکر شده به ترتیب برابر با ۰/۲۷، ۰/۲۴ و ۰/۲۲ می‌باشد. با استفاده از ضرایب گیاهی به‌دست آمده امکان برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح آبیاری این گونه در فضاهای سبز شهری و در نتیجه حفظ منابع آبی محدود را فراهم می‌کند و