DOI: 10.22092/irn.2018.117220

نامه‌علمی

تاریخ دریافت ۱۳۹۷/۰۲/۲۷
تاریخ پذیرش ۱۳۹۷/۰۵/۲۰

نیاز آبی برخی از گونه‌های مورد استفاده در جنگل‌کاری مناطق خشک و نیمه‌خشک

محمدهادی راد*

چکیده

به‌دلیل بی‌توجهی به نیازهای اکولوژیکی گونه‌های جنگلی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، به‌ویژه نیاز آبی یا تبخیر و تعرق آنها، اغلب طرح‌های جنگل‌کاری در این مناطق از پایداری مطلوبی برخوردار نبوده و دستیابی به اهداف تعیین شده به‌خوبی محقق نمی‌شود. با افزایش سن گیاهان، نیاز آبی آنها افزایش یافته و در بسیاری از موارد رقابت در بین پایه‌ها برای تأمین نیاز رطوبتی تشدید می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که اغلب گونه‌های جنگلی در این مناطق از تبخیر و تعرق پایین‌تری نسبت به تبخیر و تعرق بالقوه برخوردار بوده و به‌عبارتی دارای ضرایب گیاهی کمی هستند. آنها می‌توانند با سازوکارهای مختلف مرفولوژیک، فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و اکوفیزیولوژیکی با تنش خشکی مقابله کنند یا از منابع آب در دسترس استفاده کرده، ضمن بهبود تابع تولید، کارایی مصرف آب را نیز بهبود بخشند. برای اندازه‌گیری تبخیر و تعرق روزانه و محاسبه ضریب گیاهی این گیاهان از روش‌های مستقیم یا لایسیمتری و روش‌های غیرمستقیم یا محاسباتی استفاده می‌شود. در این مقاله نیاز آبی گیاهان تاغ، گز، آتریپلکس، اسکنبیل، پده، سنجد و چند گونه اکالیپتوس (*E. floktoya* و *E. camaldulensis*, *E. microtheca*, *E. sarjentii*, *E. leucoxyloni*, *Eucalyptus saligna*) که ازطریق آزمایش‌های لایسیمتری به‌دست آمده، مورد توجه قرار گرفته است. در بین گونه‌های ذکر شده *E.camaldulensis* با ۱۰ میلی‌متر بیشترین و اسکنبیل با ۲/۲ میلی‌متر کمترین نیاز آبی روزانه را به خود اختصاص داده‌اند.

واژه‌های کلیدی: تابع تولید، تبخیر و تعرق، جنگل‌کاری، ضریب گیاهی

Water requirement of some forest species used for afforestation in arid and semi-arid regions

M. H. Rad*

Abstract

Due to the lack of attention to ecological needs of forest species in arid and semi-arid areas especially the water requirement or evapotranspiration, the afforestation projects have no desirable sustainability and achievement of the goals is not well obtained. As the age of the plants increases, their water requirement increases and in many cases, the competition between the trees to provide the moisture requirements is intensifies. Available studies indicate that most forest species in these areas have lower evapotranspiration (ETc) as compared with potential evapotranspiration (ETp) and have little crop coefficients (Kc). These species can deal with drought stress through various morphological, physiological, biochemical, and ecophysiological mechanisms and or use available water resources to improve the production function and water use efficiency. To measure the daily evapotranspiration and calculate crop coefficient of these plants, direct or lysimetric methods and indirect or computational methods are used. In this paper, the daily water requirement of *Haloxyllon aphyllum, Tamarix aphylla, Atriplex* sp., *Calligonum* sp., *Poulus euphratica*, *Elaeagnus angustifolia* and several species of eucalyptus *(E. camaldulensis, E. microtheca, E. sarjentii, E. leucoxyloni, Eucalyptus saligna* and *E. floktoya*) was investigated. Among the species mentioned, *Eucalyptus camaldulensis* (10 mm) and *Calligonum* (2.2 mm) had the highest and lowest water requirement.

Keywords: Production function, evapotranspiration, afforestation, crop coefficient (Kc)

* استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
پست الکترونیک: mohammadhadirad@gmail.com

* Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Yazd Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, AREEO, Yazd, Iran
E-mail: mohammadhadirad@gmail.com

● مقدمه

اطلاع از مقدار آب مورد استفاده به‌وسیله گیاه یا نیاز روزانه آن برای تبخیر و تعرق (ET) به‌عنوان اجزای سازنده برنامه‌ریزی آبیاری یا تأمین نیاز آبی گیاه اهمیت خاصی دارد. زیرا میزان تبخیر و تعرق و عملکرد گیاه دارای رابطه خطی است. استقرار بلندمدت و کارایی مؤثر در اهداف کاشت گونه‌های جنگلی، از اجزای مهم عملکردی این گیاهان محسوب می‌شود. رابطه بین عملکرد و میزان تبخیر و تعرق، می‌تواند تابع تولید تبخیر و تعرق را برای گیاه تعریف کند (Al- Jamal *et al*., 2002). به‌عنوان مثال هنگامی که جنگل‌کاری با هدف ترسیب کربن یا تلطیف هوا صورت می‌گیرد، تابع تولید را باید براساس توانایی گونه در مقدار ترسیب کربن به‌ازای مقدار آب مصرف شده تعریف کرد (Medrano *et al*., 2015). رطوبت خاک، غلظت نمک‌ها، مواد غذایی و تنش‌های ناشی از حمله آفات و بیماری‌ها بر میزان تبخیر و تعرق تأثیر گذاشته و با وارد کردن تنش خشکی به گیاه، موجب کاهش عملکرد و تغییر در تابع تولید آن خواهد شد. نتیجه تنش بیش از اندازه آب در گیاه، کاهش تعرق است که به‌دنبال آن در جذب CO_2 و سنتز مواد غذایی محدودیت ایجاد شده و منجر به کاهش رشد، عملکرد و افزایش مرگ‌ومیر گیاه خواهد شد (Xu & Li, 2006). گونه‌های چوبی و به‌ویژه گونه‌های بومی مناطق خشک و نیمه‌خشک، می‌توانند در شرایط کمبود آب، بقای خود را ازطریق دریافت مقدار حداکثری آب از قبیل بهره‌برداری مستمر از مخزن مناسب آب با توسعه ریشه یا به حداقل رساندن اتلاف آب بافت‌ها ازطریق تغییر در ساختار مرفولوژیکی خود (از قبیل بستن روزنه‌ها، تغییر در ساختار ظاهری برگ و ریزش برگ‌ها) حفظ کنند. داشتن سلول‌های کوچک‌تر، سخت یا قابل انعطاف بودن دیواره سلولی یا تطابق اسمزی سلول و بهره‌وری تعرق از راهکارهای دیگر تحمل و سازگاری به خشکی در گونه‌های چوبی است که گیاه را قادر می‌سازد باوجود کمبود آب، ظرفیت آبی خود را بالا نگه داشته و آن را قادر سازد تا با حفظ تورژسانس سلولی از اثرات ثانویه خشکی دوری گزینند. نسبت بالای ریشه به اندام هوایی و افزایش نسبت سطح ریشه به سطح برگ در گیاهان، سازگاری به شرایط خشک را بهبود می‌بخشد. براساس این کارکردها باید گونه‌های چوبی مناسب را برای جنگل‌کاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک انتخاب کرد.

میزان آب وارد شده به منطقه ریشه به‌عنوان مهم‌ترین شاخص رشد و استقرار طولانی‌مدت گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک مطرح است. برای استقرار اولیه گونه‌های چوبی ضروری است تا از آبیاری‌های مکمل استفاده کرده و برای استقرار پایدار آنها به نیازشان به آب توجه شده و برنامه‌ریزی شود. براین‌اساس می‌توان نیاز آبی روزانه گونه‌های مورد استفاده در جنگل‌کاری را به دو بخش مهم تقسیم کرد. بخش اول شامل میزان آب مصرف‌شده برای استقرار اولیه و بخش دوم شامل آب مصرف‌شده برای رشد پایدار و مؤثر در کارکرد تعریف‌شده (برداشت از طبیعت یا آبیاری‌های تکمیلی) است.

● تعیین نیاز آبی (تبخیر و تعرق) در پوشش گیاهی

منظور از تعیین تبخیر و تعرق، برآورد مقدار آبی است که باید به یک پوشش گیاهی داده شود تا در طول دوره رویش صرف تبخیر و تعرق کرده و بدون آنکه با تنش آبی مواجه شود رشد خود را تکمیل و حداکثر مقدار محصول را تولید کند (Al- Jamal *et al*., 2002 ;Kirkam,; 2005 علیزاده، ۱۳۸۳).

عوامل متعددی در تبخیر و تعرق دخالت دارند که برآورد دقیق آن را با مشکل مواجه می‌سازد. روش‌هایی که برای تخمین تبخیر و تعرق به‌کار برده می‌شوند در دو گروه اصلی قرار می‌گیرند: روش‌های مستقیم یا لایسیمتری و روش‌های غیرمستقیم یا محاسباتی. در روش‌های مستقیم بخش کوچک و کنترل‌شده‌ای از مزرعه با پوشش گیاهی مورد نظر را مجزا کرده و مقدار تبخیر و تعرق آن را در یک دوره زمانی، به‌طور مستقیم اندازه‌گیری می‌کنند.

گونه‌های چوبی و به‌ویژه گونه‌های بومی مناطق خشک و نیمه‌خشک، می‌توانند در شرایط کمبود آب، بقای خود را ازطریق دریافت مقدار حداکثری آب از قبیل بهره‌برداری مستمر از مخزن مناسب آب با توسعه ریشه یا به حداقل رساندن اتلاف آب بافت‌ها ازطریق تغییر در ساختار مرفولوژیکی خود (از قبیل بستن روزنه‌ها، تغییر در ساختار ظاهری برگ و ریزش برگ‌ها) حفظ کنند.

در روش‌های محاسباتی از عوامل مختلف اقلیمی و گیاهی استفاده شده و از روی ارتباط آنها با تبخیر و تعرق و معادله‌هایی که پیش‌ازاین با روش‌های مستقیم، واسنجی شده‌اند، تبخیر و تعرق تخمین زده می‌شود. در روش‌های غیرمستقیم، میزان تبخیر و تعرق از رابطه ۱ محاسبه می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۳):

رابطه ۱: $ETc=(Kc)*(ETo)$

که ET_c، ETo و Kc به‌ترتیب تبخیر و تعرق گیاه مورد نظر، تبخیر و تعرق بالقوه (تبخیر و تعرق گیاه مرجع که ممکن است چمن یا یونجه در نظر گرفته شود) و ضریب گیاهی است.

در فرمول مذکور ETo ممکن است تبخیر و تعرق بالقوه یا تبخیر و تعرق گیاه مرجع باشد. روش‌هایی که برای محاسبه ETo پیشنهاد شده، هرکدام از نظر داده‌های مورد لزوم نیازهای متفاوتی دارند که عمده آنها درجه حرارت روزانه یا ماهانه، میزان رطوبت نسبی، سرعت

باد و ساعات آفتابی است. پس از آنکه ETo با یکی از روش‌های مرسوم محاسبه شد، لازم است برای هر دوره‌ای که ETo محاسبه شده، ضریب گیاهی نیز محاسبه شود و با ضرب کردن آنها در یکدیگر، ETc را محاسبه کرد.

در روش مستقیم یا لایسیمتری که معمولی‌ترین روش تعیین تبخیر و تعرق است، براساس استفاده از اصل بیلان جرمی در یک حجم کنترل‌شده از خاک پایه‌گذاری می‌شود. براساس این اصل رابطه ۲ را می‌توان بیان داشت:

رابطه ۲: ETc = I+P-LO-L

که ETc = تبخیر و تعرق گیاه مورد نظر (میلی‌متر)، I= مقدار آبیاری (میلی‌متر)، P= مقدار بارندگی یا بارش مؤثر (میلی‌متر)، LO= جریان آب زیرسطحی خارج شده از لایسیمترها (میلی‌متر) و L = مقدار آبی است که برای آبشویی به خاک وارد می‌شود تا شوری خاک افزایش نیابد (میلی‌متر).

گونه‌های تندرشد مثل گز شاهی و اکالیپتوس کاماldulنسیس به شدت تحت‌تأثیر رطوبت موجود در خاک قرار گرفته و درصورت رخداد تنش خشکی، سرعت رشد خود را بسیار کاهش داده و از بهبود کارایی مصرف آب باز می‌مانند.

● معرفی سایت تحقیقاتی آزمایش‌های لایسیمتری ایستگاه تحقیقات بیابان‌زدایی شهید صدوقی یزد

از سایت تحقیقاتی آزمایش‌های لایسیمتری ایستگاه تحقیقات بیابان‌زدایی شهید صدوقی یزد (طول جغرافیایی: ۵۴° ۱۱′ ۹″ و عرض جغرافیایی: ۳۲° ۴′ ۳۰″) برای تعیین نیاز آبی و مطالعه روابط آبی تاغ (*Haloxylon aphyllum*)، و پنج گونه اکالیپتوس (*E. flocktoniae*, *Eucalyptus camaldulensis*) (*E. leucoxylon, E. sarjentii, E. microtheca* استفاده شد. شکل‌های ۱ تا ۴ نمایی از سایت تحقیقاتی مذکور و لایسیمترهای مورد استفاده در این خصوص را نشان می‌دهند. در تعیین نیاز آبی گونه‌های درختی از لایسیمترهای بزرگ وزنی و زهکش‌دار استفاده شد. این لایسیمترها از ارتفاع ۱۷۰ سانتی‌متر و قطر ۱۲۱ سانتی‌متر برخوردار هستند. جنس لایسیمترها از آهن گالوانیزه بوده و بدنه آنها به‌وسیله فایبرگلاس و پشم شیشه

شکل ۱- مطالعه روابط آبی سیاه‌تاغ در سایت تحقیقاتی آزمایش‌های لایسیمتری ایستگاه تحقیقات بیابان‌زدایی شهید صدوقی یزد

برای کاهش تبادلات حرارتی پوشانده شد. کف لایسیمترها از شیب دو سانتی‌متری برخوردار بوده و آب اضافی به لوله‌ای که برای خروج آب درنظر گرفته شده بود، منتهی شد. به‌منظور بهبود وضعیت زهکش لایسیمترها از ماسه درشت به‌ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر و ماسه ریز به‌ارتفاع ۵ سانتی‌متر در کف آنها استفاده شد. برای تعیین میزان تبخیر از سطح خاک یک عدد لایسیمتر و برای اندازه‌گیری تبخیر و تعرق گیاه مرجع نیز یک عدد لایسیمتر درنظر گرفته شد. در مجاور لایسیمترها تشتک تبخیر کلاس A برای اندازه‌گیری تبخیر از سطح آب آزاد نصب شد. رطوبت خاک در لایسیمترها به‌وسیله توزین و همچنین دستگاه TDR اندازه‌گیری شد.

با هدف اندازه‌گیری رطوبت، وضعیت فیزیکی و شیمیایی و وضعیت ریشه در اعماق مختلف خاک، دریچه‌هایی در بدنه لایسیمترها در اعماق ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ سانتی‌متری نصب شد.

● نتایج نیاز آبی برخی گونه‌های جنگلی مناطق خشک و نیمه‌خشک در شرایط لایسیمتری

بررسی نیاز آبی و روابط آبی گونه‌های جنگلی مناطق خشک و نیمه‌خشک که در شرایط لایسیمتری انجام شد، نشان می‌دهد که اغلب گونه‌های جنگلی مستعد برای کاشت در این مناطق، از تبخیر و تعرق کمتری نسبت به تبخیر و تعرق بالقوه (گیاه مرجع) برخوردار هستند (جدول ۱).

اگرچه گونه‌های معرفی‌شده از سازوکارهای مختلفی برای مقابله با خشکی استفاده می‌کنند، با این وجود دو عامل تابع تولید و کارایی مصرف آب در آنها بسیار متفاوت است. گونه‌هایی چون تاغ و اسکنبیل به‌دلیل مقاومت بسیار بالا در مواجه با کمبود رطوبت موجود در خاک، توانایی زیادی در بهبود کارایی مصرف آب دارند. این گیاهان از سازوکارهای گسترده برای مقابله با تنش خشکی استفاده می‌کنند که افزایش ظرفیت آب، توسعه ریشه و تغییرات مرفولوژیکی برگ و ساقه‌ها ازجمله آنها است. گونه‌های تندرشد مثل گز شاهی و اکالیپتوس کامالدولنسیس به‌شدت تحت‌تأثیر رطوبت موجود در خاک قرار گرفته و درصورت رخداد تنش خشکی، سرعت رشد خود را بسیار کاهش داده و از بهبود کارایی مصرف آب باز می‌مانند (راد و همکاران، ۱۳۸۸). آنها بیشترین تولید خود را زمانی خواهند داشت که دسترسی به آب کافی داشته باشند. به همین دلیل از سازوکار توسعه ریشه برای دسترسی و برداشت آب بیشتر از منابع آبی زیرزمینی، استفاده می‌کنند (With *et al.*, 2000). شکل ۵ وضعیت توسعه ریشه اکالیپتوس کامالدولنسیس در عمق ۱۴۰ سانتی‌متری لایسیمتر را در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی نشان می‌دهد.

در بهره‌برداری از نتایج حاصل از پژوهش‌های لایسیمتری گونه‌های جنگلی که در جدول ۱ آمده، مواردی به‌شرح ذیل مورد توجه است:

– همان‌گونه که اشاره شد، در تعیین میزان تبخیر و تعرق پوشش گیاهی، بیشتر هدف دستیابی به مقدار آب مورد نیاز گیاه است که بدون تنش خشکی بتواند حداکثر عملکرد را به‌همراه داشته باشد. با این شرایط، اعدادی که به‌عنوان نیاز آبی گونه‌های جنگلی و همچنین ضرایب گیاهی اعلام می‌شود با گیاه مرجع، مورد مقایسه قرار گرفته و دربر گیرنده پوشش کامل سطح زمین از گیاه یا به‌عبارتی به حداقل رسیدن تبخیر از سطح خاک است.

اگرچه هدف اصلی از ایجاد جنگل‌های دست‌کاشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک، عمدتاً ایجاد فضای سبز و تثبیت شن‌های روان یا کنترل ریزگردها است، با این وجود در صورت فراهم بودن امکان لازم

شکل ۲– نمایی از سایت تحقیقاتی آزمایش‌های لایسیمتری ایستگاه تحقیقات بیابان‌زدایی شهید صدوقی یزد

برای تولید چوب (وجود منابع آب نامتعارف)، می‌توان از گونه‌هایی که دارای نیاز آبی بیشتر بوده و به‌عبارتی تندرشد هستند، استفاده کرد. برخی از گونه‌ها این توانایی را دارند که با برداشت آب بیشتر از خاک (با سازوکارهای متنوع)، سرعت رشد خود را افزایش چشمگیری داده و در مدت زمان کوتاهی، چوب مناسب تولید کنند. گونه‌هایی از اکالیپتوس، گز و پده از بارزترین آنها است (جدول ۱).

- با توسعه سطح تاج‌پوشش، نیاز

رساندن آب به ریشه گیاه از طریق آبیاری‌های زیرسطحی، ضمن کاهش میزان تبخیر از سطح خاک، به‌دلیل توزیع متعادل رطوبت در خاک و سهولت دسترسی گیاه به آب، در استقرار پایدار آن نیز مؤثر است.

آبی گیاه به‌دلیل افزایش میزان تعرق، افزایش خواهد یافت. به‌عبارتی گیاهان چوبی که در شرایط گرم و خشک بیابان کشت می‌شوند و در ابتدا از پوشش تاجی کمی برخوردارند، دارای تعرق کمی نسبت به تبخیر بوده و آب مصرف شده برای استقرار آنها به‌طور کامل ازطریق تبخیر از سطح خاک خارج شده و هدر می‌رود. با افزایش رشد و تقویت تاج پوشش، به‌گونه‌ای که تمام سطح خاک پوشانده شود، مقدار تبخیر از سطح خاک به کمتر از ۱۰ درصد کاهش خواهد یافت (احسانی و همکاران، ۱۳۹۱). شیوه کاشت نهال، نوع بافت خاک و شوری آب و خاک از عوامل مؤثر بر تبخیر از سطح خاک بوده و میزان مصرف آب در آبیاری را تغییر می‌دهند. در این مرحله توصیه می‌شود برای کاهش هدررفت آب مصرفی ازطریق

شکل ۳- مطالعه نیاز آبی و روابط آبی اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*) در سایت تحقیقاتی آزمایش‌های لایسیمتری ایستگاه تحقیقات بیابان‌زدایی شهید صدوقی یزد

شکل ۴- نمایی از لایسیمتر وزنی زهکش‌دار سایت تحقیقاتی آزمایش‌های لایسیمتری ایستگاه تحقیقات بیابان‌زدایی شهید صدوقی یزد

جدول ۱- نیاز آبی و ضریب گیاهی (Kc) برخی از گونه‌های مناسب جنگل‌کاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک (راد و همکاران، ۱۳۹۶؛ راد و همکاران، ۱۳۹۲؛ راد و همکاران، ۱۳۹۰؛ راد و همکاران، ۱۳۸۸؛ Xu *et al*., 1998 ;White *et al*., 2000 ; Dahm *et al*., 2002 ; Nagler *et al*., 2009).

گونه	میانگین تبخیر و تعرق روزانه (mm)	تبخیر و تعرق سالانه (m^3ha^{-1})	میانگین ضریب گیاهی (Kc)	سطح پوشش (%)	تراکم (اصله در هکتار)	نیاز آبی سالانه برای آبیاری در مراحل اولیه استقرار بر حسب تراکم کاشت (m^3ha^{-1})
				تبخیر و تعرق سالانه (m^3ha^{-1})		
تاغ (*Haloxylon aphyllum*)	۲/۴	۶۴۸۰	۰/۳۵	۱۰-۳۰ ۶۴۸-۱۹۴۴	۲۵۰-۷۵۰	۱۶۲-۴۸۶
گز (*Tamarix aphylla*)	۴/۰	۱۰۸۰۰	۰/۵۸	۳۰-۵۰ ۳۲۴۰-۵۴۰۰	۵۰۰-۸۳۰	۵۴۰-۸۹۶
آتریپلکس (*Atriplex* sp.)	۲/۵	۶۷۵۰	۰/۳۷	۴۰-۶۰ ۲۷۰۰-۴۰۵۰	۸۳۰-۱۲۰۰	۵۶۰-۸۱۰
اسکنبیل (*Calligonum* sp.)	۲/۲	۵۹۴۰	۰/۳۲	۲۰-۳۰ ۱۱۸۸-۱۷۸۲	۸۳۰-۱۲۰۰	۴۹۳-۷۱۲
سنجد (*Elaeagnus angustifolia*)	۴/۵	۱۲۱۵۰	۰/۶۶	۴۰-۶۰ ۴۸۶۰-۷۲۹۰	۵۰۰-۶۵۰	۶۰۷-۷۹۰
پده (*Poulus euphratica*)	۴/۶	۱۲۴۲۰	۰/۶۷	۴۰-۶۰ ۴۹۶۸-۷۴۵۲	۵۰۰-۸۰۰	۶۲۰-۱۰۰۰
اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*)	۱۰	۲۷۰۰۰	۱/۵	۵۰-۷۰ ۱۳۵۰۰-۱۸۹۰۰	۵۰۰-۸۰۰	۱۳۵۰-۲۲۰۰
اکالیپتوس (*E. microtheca*)	۳/۱	۸۳۷۰	۰/۴۵	۳۰-۵۰ ۲۵۱۱-۴۱۸۵	۵۰۰-۶۵۰	۴۱۸-۵۴۴
اکالیپتوس (*E. leucoxylon*)	۳/۵	۹۴۵۰	۰/۵۲	۳۰-۵۰ ۲۸۳۵-۴۷۲۵	۵۰۰-۸۰۰	۴۷۲-۷۶۰
اکالیپتوس (*E. sarjentii*)	۳/۴	۹۱۸۰	۰/۵۰	۴۰-۶۰ ۳۶۷۲-۵۵۰۸	۵۰۰-۶۵۰	۴۵۹-۵۹۶
اکالیپتوس (*E. floktoya*)	۳/۲	۸۶۴۰	۰/۴۷	۳۰-۵۰ ۲۵۹۲-۴۳۲۰	۵۰۰-۸۰۰	۴۳۲-۷۰۰
اکالیپتوس (*E. saligna*)	۵/۵	۱۴۸۵۰	۰/۸۱	۴۰-۶۰	۵۰۰-۸۰۰	۷۴۲-۱۱۹۰

شکل ۵- توسعه ریشه *Eucalyptus camaldulensis* در عمق ۱۴۰ سانتی‌متری لایسیمتر برای برداشت آب بیشتر در شرایط رطوبتی ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی

شکل ۶- درختچه تاغ در شرایط محیطی مناسب با رشد رویشی مطلوب (کارایی مناسب در تثبیت شن)

تبخیر از سطح خاک و توزیع متعادل رطوبت در خاک، حتماً از شیوه‌های متداول مثل استفاده از مواد پوشاننده سطح خاک یا مالچ، بهره گرفته شود. رساندن آب به ریشه گیاه ازطریق آبیاری‌های زیرسطحی، ضمن کاهش میزان تبخیر از سطح خاک، به‌دلیل توزیع متعادل رطوبت در خاک و سهولت دسترسی گیاه به آب، در استقرار پایدار آن نیز مؤثر است. استفاده از موادی که بتوانند آب را در اطراف ریشه ذخیره و از خروج آن جلوگیری کنند نیز بسیار مؤثر است.

در برآورد آب مورد نیاز گیاهان در مراحل اولیه استقرار (به‌وسیله آبیاری)، حداکثر ۵ درصد از سطح عرصه خیس خواهد شد (که به نوع گیاه، تراکم کاشت در واحد سطح، نوع خاک و نوع آبیاری بستگی دارد).

- اطلاعات در دسترس، مربوط به نیاز آبی گونه‌های گیاهی ذکر شده با پوشش کامل سطح خاک است. درحالی‌که در عرصه‌های بیابانی رساندن پوشش سطح خاک به ۳۰ درصد، شرایط مناسبی را نشان داده و اثر کاهنده مؤثری بر برخاستن ریزگردها یا شن‌های روان از سطح عرصه خواهد داشت (Marshall, 1971). لذا می‌توان براساس نیاز و اینکه چه سطحی از خاک قرار است از پوشش گیاهی برخوردار شود، اعداد و ضرایب ارائه‌شده را اصلاح کرد. به‌عنوان مثال نیاز آبی تاغ، برای پوشش کامل سطح زمین، معادل ۶ هزار و ۴۸۰ متر مکعب با میانگین تبخیر و تعرق روزانه ۲/۴ میلی‌متر است که اگر ۳۰ درصد از سطح خاک با کشت این گیاه پوشش یابد،

نیاز آبی یا تبخیر و تعرق آن سالانه ۱۹۴۴ متر مکعب خواهد بود (جدول ۱). این در شرایطی است که گیاه بدون تنش بتواند به رشد خود ادامه داده و از کارایی مطلوب در تثبیت شن برخوردار باشد. شکل ۶ نمونه‌ای از یک درختچه شاداب تاغ را در عرصه‌های بیابانی یزد نشان می‌دهد.

– در برآورد آب مورد نیاز گیاهان در مراحل اولیه استقرار (به‌وسیله آبیاری)، حداکثر ۵ درصد از سطح عرصه خیس خواهد شد (که به نوع گیاه، تراکم کاشت در واحد سطح، نوع خاک و نوع آبیاری بستگی دارد). لذا نیاز آبی ذکر شده برای این مرحله را که عمدتاً تبخیر می‌شود، حداکثر معادل ۵ درصد از نیاز آبی واقعی گیاه مدنظر قرار می‌دهیم. به‌عنوان مثال اگر قرار است ۲۵۰ اصله تاغ در هکتار کشت شود و برای هر نهال چاله‌ای به‌ابعاد ۱×۱ متر اختصاص یابد، فقط ۲/۵ درصد از عرصه در هر بار آبیاری، خیس خواهد شد. به‌استناد جدول ۱ این مقدار سالانه ۱۶۲ متر مکعب در هکتار است که با توجه به تراکم کشت، به‌ازای هر اصله نهال نیاز است سالانه ۶۴۸ لیتر آب در اختیار قرار گیرد.

– درصورت استفاده از مالچ‌ها یا هر روشی که میزان تبخیر را کاهش دهد، می‌توان میزان صرفه‌جویی در مصرف آب را از میزان آب برآورد شده کسر کرد. در مناطق خشک و در شرایطی که سطح خاک بدون پوشش باشد، تقریباً تمامی آب وارد شده به خاک ازطریق تبخیر از دسترس خارج شده و هدر می‌رود. با توسعه سطح تاج پوشش، میزان تبخیر کاهش یافته و میزان تعرق افزایش می‌یابد (احسانی و همکاران، ۱۳۹۱).

– به‌دلیل اینکه خاک عرصه‌های بیابانی عموماً از شوری اولیه بالایی برخوردار است، آبیاری‌ها (به‌ویژه در شرایطی که شوری آب کمتر از شوری اولیه خاک باشد) می‌توانند با حل کردن نمک موجود در خاک سطحی، منجر به تجمع نمک در پیرامون ریشه و در افق‌های رویی خاک شده (به‌دلیل تبخیر شدید سطح خاک) و خسارت شدیدی را به گیاهان تازه کاشته شده وارد کند. بنابراین باید کسر آب‌شویی به‌ویژه در آبیاری‌های اولیه، مدنظر قرار گرفته و آب مازاد بر نیاز تبخیر و تعرق به‌عنوان ضریب آب‌شویی، تأمین شود. در این خصوص ضمن تأکید بر انجام آزمایش‌های آب و خاک، بر محاسبه کسر آب‌شویی و لحاظ آن در آبیاری‌های اولیه تأکید می‌شود. در این رابطه نیز استفاده از مالچ‌ها می‌تواند تاحدودی به‌دلیل کاهش تبخیر، این مشکل را رفع و گیاه را با شرایط جدید سازگار کند. در شرایطی که شوری خاک دارای وضعیتی غیرطبیعی باشد (در شوری‌های خیلی بالا)، استفاده از گونه‌های شورزیست یا مقاوم به شوری مثل تاغ، آتریپلکس و گز مناسب بوده و این امر به کاهش مصرف آب برای استقرار اولیه کمک می‌کند.

● منابع

احسانی، ع.، ارزانی، ح.، فرجپور، م.، احمدی، ح.، جعفری، م. و اکبرزاده، م.، ۱۳۹۱، برآورد تبخیر و تعرق با استفاده از اطلاعات آب‌وهوایی، خصوصیات گیاه (مرتع) و خاک به کمک نرم‌افزار Cropwat, 8.0 (مطالعه موردی: منطقه استپی استان مرکزی ایران، ایستگاه رودشور). مرتع و بیابان ایران ۱۹ (۱): ۱۶-۱.

راد، م.ه.، عصاره، م.ح. و سلطانی، م.، ۱۳۹۶. نیاز آبی و کارایی مصرف آب در دو گونه اکالیپتوس (*Eucalyptus flocktonia* و *E. leucoxylon*). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۵(۳): ۴۵۱-۴۴۱.

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

راد، م.ه.، مشکوه، م.ع.، سلطانی، م. و میرجلیلی، م.ر.، ۱۳۹۰. تعیین نیاز آبی تاغ (*Haloxylon aphyllum*) به روش آزمایش‌های لایسیمتری. مجله خشکبوم، ۳(۱): ۲۳-۱۴.

راد، م.ه.، عصاره، م.ح.، مشکوه، م.ع.، دشتکیان، ک. و سلطانی، م.، ۱۳۸۸. نیاز آبی و تابع تولید اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*) در شرایط اقلیمی خشک. مجله جنگل ایران، ۲(۱): ۷۱-۶۱.

صداقت، م.، مهرنیا، س.ر.، برزگر، ص. و زنگی آبادی، م.، ۱۳۹۶. تأثیر مخاطره‌آمیز کاهش سطح تاغزارهای اطراف شهر کرمان بر تشکیل کانون‌های ریزگرد. مدیریت مخاطرات محیطی، ۳(۳): ۱۹۹-۲۱۰.

صفاری، م.، ۱۳۸۲. بررسی و مقایسه محاسبات لایسیمتری تبخیر و تعرق بالقوه گیاهان مختلف در ایران. مجموعه مقالات اولین سمینار سراسری لایسیمتر. جهاد دانشگاهی استان کرمان، ۸۸- ۸۲.

علیزاده، الف.، ۱۳۸۳. رابطه آب و خاک و گیاه. چاپ چهارم. دانشگاه امام رضا(ع)، مشهد، ۴۷۰ صفحه.

Al-Jamal, M.S., Sammis, T.W., Mexal, J.G., Picchioni, G.A. and Zachritz, W.H., 2002. A growth-irrigation scheduling model for wastewater use in forest production. Agricultural Water Management, 56: 57-79.

Dahm, C.N., Cleverly, J.R., Allred Coonrod, J.E., Thibault, J.R., McDonnell, D.E. and Gilroy, D.J., 2002. Evapotranspiration at the land/water interface in a semi-arid drainage basin. Freshwater Biology, 47: 831-843.

Kirkham, M.B., 2014. Principles of soil and plant water relations. Academic Press, 598p.

Miller, D.E. and Hang, A.N., 1982. Deficit, high-frequency sprinkler irrigation of wheat. Soil Science Society of America Journal, 46: 386-389.

Marshall J.K., 1971. Drag measurements in roughness arrays of varying density and distribution. Agricultural Meteorology, 8: 269–292

Nagler, P.L., Morino, K., Didan, K., Erker, J., Osterberg, J., Hultine, K.R. and Glenn, E.P., 2009. Wide-area estimates of saltcedar (*Tamarix* spp.) evapotranspiration on the lower Colorado River measured by heat balance and remote sensing methods. Ecohydrology, 2: 18-33.

White, D.A., Turner, N.C. & Galbraith, J.H. (2000). Leaf water relations and stomatal behavior of four allopatric *Eucalyptus* species planted in Mediterranean southwestern Australia. Tree Physiology, 20: 1157–1165.

Xu, H. and Li, Y., 2006. Water-use strategy of three central Asian desert shrubs and their responses to rain pulse events. Plant and Soil, 285: 5-17.

Xu, X., Zhang, R., Xue, X. and Zhao, M., 1998. Determination of evapotranspiration in the desert area using lysimeters. Communications in Soil Science & Plant Analysis, 29: 1-13.