

برآورد آب زیرزمینی مورد نیاز برای پایداری جنگل‌های کهور ایرانی (*Prosopis cineraria* (L.) Druce) و کنار (*Ziziphus spina-christi* (L.) Desf.) در شهرستان فاریاب، استان کرمان

جواد درینی^۱، علی‌اکبر کریمیان^{۲*}، اصغر مصلح آرانی^۳ و محمدحسین ایران‌نژاد پاریزی^۴

۱- دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۲* - نویسنده مسئول، دانشیار، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. پست الکترونیک: akarimian@yazd.ac.ir

۳ - دانشیار، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۴ - استادیار، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۶

چکیده

کهور ایرانی (*Prosopis cineraria* (L.) Druce) و کنار (*Ziziphus spina-christi* (L.) Desf.) از گونه‌های بومی ناحیه روستایی صحارا- سندی هستند که توانایی سازگاری، رشد و زادآوری مناسبی دارند. پژوهش پیش‌رو با هدف برآورد آب مورد نیاز برای پایداری جنگل‌های طبیعی کهور و کنار در حوضه آبخیز شهرستان فاریاب در استان کرمان انجام شد. ابتدا با استفاده از تصاویر Google Earth، ۹۰ قطعه نمونه ۱۰۰ متر مربعی در شبکه‌های یک هکتاری پیاده شد و در آن‌ها، تعداد پایه‌های کنار و کهور شمارش شدند. سپس، براساس کمینه نیاز آبی این دو گونه که برپایه بررسی‌های لایسیمیتری برآورد شد، مصرف آب پایه‌ها به دست آمد. با استفاده از مدل MODFLOW، وضعیت بیلان آب زیرزمینی در آبخوان دشت فاریاب برای سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ محاسبه شد. مقدار آب مورد نیاز جنگل‌های کهور و کنار دشت فاریاب براساس میانگین حجم آب مصرفی این دو گونه، بیلان آبی و ضریب ذخیره آبخوان به دست آمد. نتایج نشان داد که میانگین تراکم کهور و کنار در منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۲۵۰ و ۳۰ پایه در هر هکتار هستند. بررسی بیلان آبی و آبخوان زیرزمینی بیانگر کسری حجم ۲۵ میلیون متر مکعبی مخزن و افت ۲۶ متری سطح آب زیرزمینی طی حدود دو دهه گذشته بود. این نتایج، برداشت بی‌رویه آب توسط چاه‌های بخش کشاورزی (حدود ۱۶۰ میلیون متر مکعب در سال) را نشان می‌دهند. به منظور برنامه‌ریزی منابع آب و باتوجه به اهمیت درختان کهور و کنار در دشت فاریاب، حقایق سالانه این جنگل حدود ۲/۶ میلیون متر مکعب برآورد شد.

واژه‌های کلیدی: بیلان آب، حقایق جنگل، زوال درخت، مصرف آب.

مقدمه

قابل دسترس و کیفیت نامناسب آن روبرو شده‌اند که بحران‌های جدیدی را به دنبال داشته‌اند. جانداران در مناطق خشک و نیمه‌خشک که حدود یک سوم سطح زمین را می‌پوشانند، وابستگی بیشتری به منابع آبی دارند. بررسی

امروزه آب به عنوان ابزار اقتصادی مهمی شناخته می‌شود. مدیران و دست‌اندرکاران عرضه آب سالم با چالش‌هایی مانند افزایش تقاضا برای آب، کاهش آب

(Keneshloo, 2014). از یک سو، ارزش بوم‌شناختی کنار و از سوی دیگر، تولید بسیار زیاد میوه خوراکی، خاصیت‌های دارویی و بهداشتی قسمت‌های مختلف آن، تولید فراورده‌های گوناگون از محصولات کنار، پرورش زنبورعسل در باغ‌های آن و تولید عسل با طعم کنار، این گونه را به یک گیاه مناسب بوم‌شناختی و اقتصادی در مناطق جنوب کشور تبدیل کرده است (Farrar & Karampour, 2008).

پژوهش‌های مختلفی در خصوص مقدار آب مصرفی گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک و وابستگی آن‌ها به سفره آب زیرزمینی انجام شده‌اند. برآورد نیاز آبی سیاه‌تاغ (*Haloxyylon aphyllum* (Minkw.) Iljin) به روش آزمایش‌های لایسیمتری در یزد حاکی از نیاز هر اصله درخت بالغ از این گونه به مقدار ۲/۴ متر مکعب آب در سال بود (Rad et al., 2011). با کاهش مقدار رطوبت خاک در پژوهش مذکور، وزن خشک زی‌توده تولیدی و نسبت شاخه به ریشه سیاه‌تاغ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. ارزیابی تأثیر افت آب‌های زیرزمینی بر زوال کهور در مراتع ایران‌شهر از توابع استان سیستان و بلوچستان نشان داد که بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی نه تنها سبب کاهش کمیت و کیفیت آب می‌شود، بلکه اثرات منفی بر تاج‌پوشش و زوال این گونه نیز دارد (Risbaf, 2018). بررسی واکنش دو گونه تاغ به خشکی شدید و عمق آب زیرزمینی در آسیای مرکزی نشان داد که *H. ammodendron* (C.A.Mey.) Bunge حدود ۵۶ تا ۱۰۰ درصد آب جذب‌شده از خاک را از لایه‌های سطحی تأمین می‌کند، در حالی که *H. persicum* Bunge ex Boiss. & Buhse حدود ۶۴ تا ۱۰۰ درصد این آب را از لایه عمقی خاک جذب می‌کند، بنابراین در خشک‌سالی‌های مکرر، تشدید افت آب‌های زیرزمینی می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی از رشد *H. ammodendron* بکاهد و در نهایت، ممکن است بقای این گونه را تهدید کند (Wu et al., 2019).

مقایسه نیاز آبی کهور و کنار در دشت فاریاب از توابع استان کرمان نشان داد که بیشترین کارایی مصرف آب در این

بحران آب و ارزیابی نیاز آبی جوامع گیاهی در این مناطق ازجمله مسائل مهم در بحث مدیریت منابع آبی هستند (Ekhtesasi, 2003).

کهور ایرانی (*Prosopis cineraria* (L.) Druce) و کنار (*Ziziphus spina-christi* (L.) Desf.) به‌عنوان گونه‌های بومی ناحیه رویشی صحارا-سندی به‌علت توانایی سازگاری زیاد از رشد و زادآوری مناسبی برخوردار هستند. کهور ایرانی (در ادامه این پژوهش به آن کهور گفته می‌شود) افزون‌بر سواحل جنوبی کشور تا حاشیه کویر لوت رویش دارد. این گونه به‌همراه کهور درختچه‌ای (*P. koelziana* Burkart) و کهورک یا جفجغه (*P. farcta* (Banks & Sol.) J.F.Macbr.) در ایران گسترش دارند. دشت‌های سیلابی و تراس‌های آبرفتی مجاور رودخانه‌ها از رویشگاه‌های اصلی کهور هستند (Emtahani et al., 2009). این گونه به خاک‌های لومی شنی سازگاری دارد و در مناطقی با بارندگی سالانه بین ۱۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر با دوره خشکی طولانی رشد می‌کند. از مهم‌ترین کاربردهای این درخت چندمنظوره می‌توان به تلطیف آب‌وهوا، تغذیه دام‌ها از غلاف میوه مغذی آن، جلوگیری از فرسایش خاک، تثبیت ماسه‌های روان، تأمین چوب برای مصارفی مانند ساخت بدنه لنج‌ها و تولید صمغ اقتصادی، تانن، رنگ و فیبر اشاره کرد (Haji Mir Sadeghi, 1987; Golestaneh et al., 2004). کنار نیز به‌طور گسترده و خودرو در استان‌های جنوبی کشور پراکنش دارد. در این مناطق با وجود محدودیت‌های منابع آب‌و‌خاک و شدت چندبرابری تبخیر نسبت به بارش، درختان کنار با ایجاد جنگل‌های طبیعی به‌شکل پراکنده سبب کاهش فرسایش خاک شده‌اند. مقاومت کنار به خشکی و سازگاری آن با مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری به‌علت ویژگی‌های کاراندام‌شناختی (Physiological) و ریخت‌شناختی آن است. این گونه اغلب همیشه‌سبز، دیرزیست و با ریشه‌های عمیق و توسعه‌یافته است که توانایی دسترسی آن به منابع آب عمقی را امکان‌پذیر می‌کند (Ameri &

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز شهرستان فاریاب با مساحت ۲۳۸۳/۷۷ کیلومتر مربع در جنوب استان کرمان قرار دارد. این محدوده شامل شهر فاریاب و روستاهای شهرستان مذکور است. منبع اصلی تأمین آب مورد نیاز جمعیت ساکن در این منطقه با میانگین بارندگی سالانه ۱۸۰ میلی‌متر، آبخوان دشت فاریاب است. حوضه مورد مطالعه دارای یک آبخوان اصلی است که در میانه این حوضه قرار دارد. میانگین، کمینه و بیشینه ارتفاع در دشت فاریاب به ترتیب برابر با ۶۳۵، ۶۲۸ و ۶۶۹ متر از سطح آب‌های آزاد هستند. مجموع مساحت رویشگاه‌های کهور و کنار در شهرستان فاریاب حدود ۱۰۶ کیلومتر مربع است.

دو گونه (به ترتیب ۲/۳۷ و ۱/۷۸ گرم ماده خشک به ازای هر لیتر تبخیر و تعرق) مربوط به تیمار ۵۰ درصد کم‌آبیاری بود (Darini et al., 2021).

باتوجه به افزایش خشکیدگی توده‌های طبیعی کهور و کنار در حوضه آبخیز شهرستان فاریاب و نیز بررسی‌های پیشین مبتنی بر توان این دو گونه در استفاده از آب‌های زیرزمینی و بخار آب موجود در فضای خاک (Ameri & Keneshloo, 2014)، پژوهش پیش‌رو با هدف بررسی نیاز آبی جنگل‌های کهور و کنار در سطح آبخوان دشت فاریاب انجام شد. در راستای انجام این پژوهش سعی شد تا ضمن ارائه شرح مناسبی از بیلان آب زیرزمینی توسط مدل‌سازی ریاضی آبخوان، مقدار آب مورد نیاز برای پایداری جنگل‌های منطقه مورد مطالعه نیز برآورد شود.



شکل ۱- نمونه‌ای از شبکه‌بندی ۱۰۰ × ۱۰۰ متر مربعی در منطقه مورد مطالعه

Figure 1. An example of 100 × 100 m² sampling design in the study area

روش پژوهش

تعیین محدوده کهورزارها و کنارزارهای شهرستان فاریاب پس از بررسی تصاویر Google Earth مربوط به حوضه آبخیز شهرستان فاریاب، محدوده جنگلی آن در قالب شبکه 100×100 متر مربع مشخص شد (شکل ۱). ایجاد شبکه مذکور به طور ساده و عمومی، نوعی پلات گذاری در محدوده جنگل های کهور و کنار شهرستان فاریاب بود. به طوری که کل سطح جنگل های کنار و کهور این شهرستان به صورت شبکه ای با اضلاع مشابه تقسیم بندی شد. براساس بازدیدهای میدانی، سه نوع توده شامل کنار خالص، کهور خالص و آمیخته کنار و کهور به عنوان واحدهای همگن مشخص شدند. سپس، مرز کهورزارهای خالص، کنارزارهای خالص و توده های آمیخته تعیین شد. در هر کدام از سه توده مورد مطالعه با انتخاب ۳۰ قطعه نمونه 100 متر مربعی به صورت منظم - تصادفی، اطلاعات مربوط به زیست سنجی، حجم و تراکم گونه ها در هر قطعه نمونه ثبت شد. همچنین، زی توده هر درخت با استفاده از روش وزنی و در نهایت، مقدار مصرف آب سالانه برای هر گونه محاسبه شد.

بررسی بیلان و نوسانهای آب زیرزمینی

به منظور برآورد متوسط نوسانهای سطح آبخوانهای دشت فاریاب از روش چندضلعی تیسن به طور جداگانه برای ۲۴ پیزومتر موجود در آبخوانها استفاده شد و محدوده تأثیر هر پیزومتر به دست آمد. سپس، با در نظر گرفتن این محدوده و تراز آب مربوط به آن، متوسط تراز آب زیرزمینی (آب نگاشتی واحد: Unit hydrograph) در آبخوان (\bar{h}) به صورت ماهانه برای سالهای ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۷ به دست آمد (رابطه ۱).

$$\bar{h} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن، A مساحت تحت تأثیر هر پیزومتر، h تراز آب در هر پیزومتر و n تعداد پیزومترها هستند.

آماده سازی و واسنجی مدل MODFLOW

مجموعه ای از اطلاعات هواشناسی، آب شناسی و زمین شناسی آبخوان دشت فاریاب از اداره کل هواشناسی استان کرمان و شرکت مدیریت منابع آب ایران (تماب) تهیه شد. پس از آماده سازی لایه های اطلاعاتی مورد نیاز مدل، آن ها وارد نرم افزار GMS 8.3 شدند. به منظور مدل سازی تأثیر برداشت درختان از آبخوان دشت فاریاب از مدل MODFLOW و شرایط ناپایدار استفاده شد. پس از ورود داده ها، محدوده های آبخوان به عنوان مرز مدل تعیین شدند (شکل ۱). سپس، با وارد کردن لایه های اطلاعاتی لازم ابتدا مدل برای حالت پایدار و سپس برای حالت ناپایدار واسنجی شد. برای ایجاد مدل جریان در نرم افزار GMS از روش مدل مفهومی استفاده شد. مساحت مدل ساخته شده حدود 2856 کیلومتر مربع بود. تشکیلات زمین شناسی آبخوان شامل آبرفت های کواترنری عهد کنونی هستند. شیب عمومی و جهت جریان در محدوده مدل، راستای شمال شرقی - جنوب غربی داشتند. تراز سطح زمین در مرز مدل بین 628 تا 642 متر از سطح آب های آزاد قرار داشت. ساختار مدل مفهومی آبخوان شامل مدل سازی محدوده و توزیع اولیه پارامترهای آب زمین شناسی (Hydrogeology)، تخلیه چاه های بهره برداری و مقدار آب برگشتی آن ها، چاه های مشاهداتی، مقدار تغذیه از سطح به آبخوان و شرایط مرزی آبخوان بود. به منظور دستیابی به نیاز آبی درختان مورد مطالعه، عکس العمل اجزای زی توده، نسبت شاخه به ریشه، حجم تاج و رطوبت با استفاده از روش وزنی تعیین شدند.

نتایج

نتایج آماربرداری کهور و کنار در دشت فاریاب با استفاده از برداشت های میدانی به تفکیک محدوده هر واحد همگن نشان داد که در سطح این دشت حدود دو میلیون و 650 هزار پایه کهور و 318 هزار اصله کنار حضور دارند. برخی از آن ها با الگوی تجمعی و بعضی دیگر به شکل انفرادی در سطح منطقه مورد مطالعه پراکنده هستند. براین اساس، تعداد متوسط کهور و کنار در دشت فاریاب

دیگر، مجموع بارش سالانه در سطح رویشگاه با مساحت ۱۰۶۰۰ هکتار حدود ۱۹،۰۸۰،۰۰۰ متر مکعب محاسبه شد. قسمت اعظم خاک این رویشگاه، عمیق تا بسیار عمیق با بافت سنگین است. به طوری که نفوذپذیری عمقی، نفوذپذیری سطحی و قابلیت انتقال آب این خاک‌ها، آهسته و در نتیجه، پتانسیل رواناب و تبخیر از سطح آن‌ها به نسبت زیاد هستند. اگر نسبت آب مورد استفاده این درختان از نزولات جوی حدود ۲۰ درصد در نظر گرفته شود، فقط ۳،۸۱۶،۰۰۰ متر مکعب از نزولات جوی در سال به مصرف درختان کهور و کنار می‌رسد، بنابراین این درختان در دشت فاریاب سالانه حدود ۲،۶۲۸،۸۰۰ متر مکعب از سطح سفره آب زیرزمینی برداشت می‌کنند (حقابه جنگل).

به ترتیب ۲۵۰ و ۳۰ پایه در هکتار برآورد شد. بیشترین تراکم این گونه‌ها (۶۰۰ اصله در هکتار) در جنگل‌های طبیعی پناهگاه حیات وحش مهر و موه مشاهده شد. این پایه‌ها حاصل تجدید حیات طبیعی و زادآوری از طریق ریشه جوش پایه‌های مادری بودند که تفکیک آن‌ها از درختان مادری امکان‌پذیر نبود. نتایج اندازه‌گیری‌های وزنی زی توده نشان داد که متوسط زی توده یک پایه از گونه‌های کهور و کنار به ترتیب حدود ۳۵۰ و ۴۰۰ کیلوگرم است. مقدار نیاز آبی سالانه هر پایه از این درختان در دشت فاریاب به ترتیب ۲/۱۸ و ۲/۱ متر مکعب برآورد شد. بر این اساس و با توجه به تراکم درختان کهور و کنار، نیاز آبی جنگل مورد مطالعه حدود ۶،۴۴۴،۸۰۰ متر مکعب در سال به دست آمد. از طرف

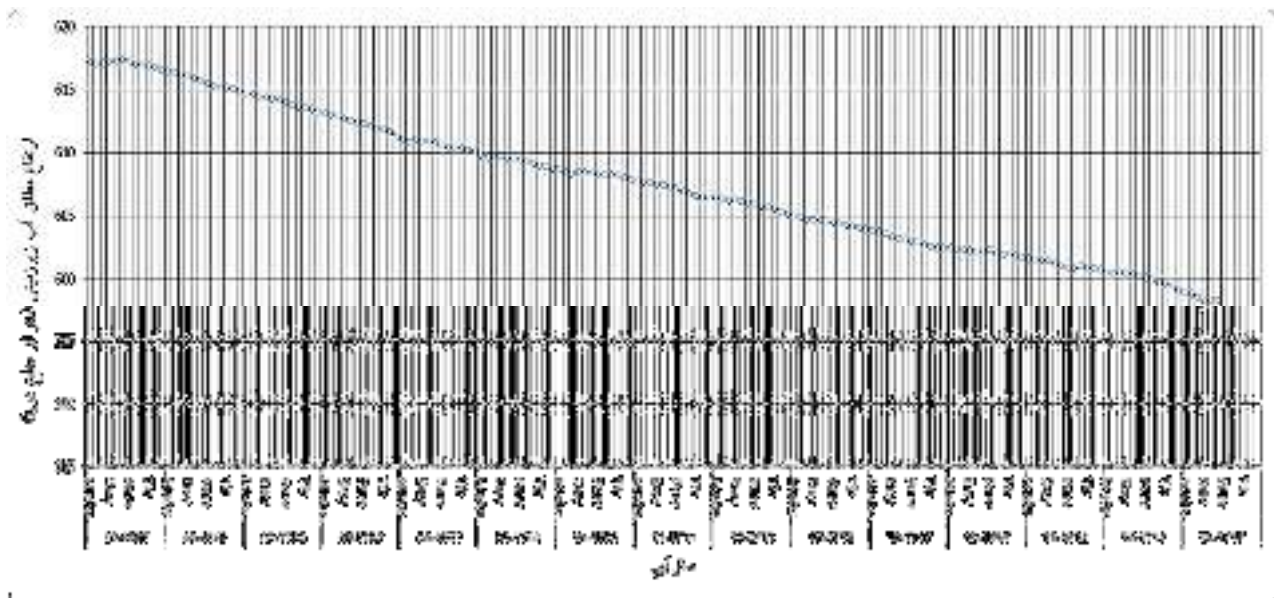
جدول ۱- نتایج محاسبه بیلان آبخوان دشت فاریاب در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶

Table 1. Results of Faryab plain aquifer balance calculations in 2017-2018

ورودی Input			خروجی Output		
مؤلفه بیلان Balance sheet component	میلیون متر مکعب Million cubic meter	درصد Percent	مؤلفه بیلان Balance sheet component	میلیون متر مکعب Million cubic meter	درصد Percent
ورودی آب زیرزمینی به آبخوان Groundwater inlet to the aquifer	44.55	26.31	خروجی زیرزمینی از آبخوان Groundwater outlet from the aquifer	5.74	3.39
نفوذ حاصل از بارندگی Infiltrate due to rainfall	85.5	48.73	برداشت چاه‌های بهره‌برداری کشاورزی Extraction of agricultural wells	159.86	94.41
آب برگشتی کشاورزی به آبخوان Agricultural water returned to the aquifer	13.44	9.7	تخلیه از قنات‌ها در محدوده آبخوان Drainage of canals in the aquifer area	0	0
آب برگشتی مصارف غیرکشاورزی به آبخوان Nonagricultural water returned to the aquifer	0.83	0.49	برداشت از چاه‌های عمیق و نیمه عمیق برای مصارف غیرکشاورزی Extraction from deep and semi-deep wells for nonagricultural purposes	1.12	0.66
کسری حجم ذخیره Save volume fraction	25	14.77	حقابه کهور و کنار (در شرایط رشد بهینه) <i>Ziziphus spina-christi</i> and <i>Prosopis cineraria</i> right of water (under optimal growth conditions)	2.62	1.54
مجموع ورودی‌ها با احتساب تغییرات حجم مخزن Total inputs including changes in reservoir volume	169.32	100	مجموع خروجی‌ها Total outputs	169.32	100

شکل ۲، روند تغییرات تراز متوسط آبخوان دشت فاریاب، آب‌نگاشت واحد آبخوان به‌ازای سال‌های مختلف و با استفاده از داده‌های پیزومتر و میانگین وزنی را نشان می‌دهد. بیلان آبخوان مورد مطالعه طبق این شکل، منفی است. این آبخوان با کاهش سالانه ۱۳۰ سانتی‌متر سطح آب مواجه است. بررسی تحولات منطقه نشان‌دهنده سهم زیاد مصارف کشاورزی مؤثر بر افت آبخوان است. به‌طوری‌که بیشتر از ۹۴ درصد آب‌های زیرزمینی در بخش کشاورزی مصرف می‌شود.

پس از اجرای مدل ناپایدار MODFLOW در منطقه مورد مطالعه، خلاصه وضعیت بیلان آبخوان دشت فاریاب تا پایان سال ۱۳۹۷ به شرح جدول ۱ استخراج شد. طبق نتایج این جدول، تغییر حجم ذخیره آبخوان به‌مقدار ۲۵ میلیون متر مکعب در سال به‌صورت کسری مخزن همراه با افت سطح آبخوان وجود دارد. سهم درختان کهور و کنار در برداشت آب از سفره با فرض رشد بهینه آن‌ها، ۲/۶۲ میلیون متر مکعب برآورد شد. این مقدار معادل ۱/۵ درصد مصارف کشاورزی در منطقه مورد مطالعه است.



شکل ۲- آب‌نگاشت واحد آب زیرزمینی دشت فاریاب طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۷
Figure 2. Unit hydrograph of the Faryab plain groundwater during 2004-2019

یا معادن باید با در نظر گرفتن حبابه جنگل‌های طبیعی انجام شود. بوم‌سازگان حوضه آبخیز دشت فاریاب با وجود شرایط اقلیمی شکننده، زیستگاه محدوده وسیعی از گیاهان، جانوران و جوامع انسانی است. حفظ پناهگاه حیات‌وحش مهره‌ای با جنگل‌های طبیعی کهور و کنار در این منطقه، اهمیت ویژه‌ای دارد.

چنانچه مقدار آب مورد نیاز هر پایه درخت کهور و کنار که در پژوهش پیش‌رو برآورد شد (به‌ترتیب ۲/۱ و ۲/۱۸

بحث

وضعیت کنونی بوم‌سازگان‌های مناطق خشک بیانگر قرن‌ها تکامل و سازگاری اجزای آن با شرایط محیطی است. از ویژگی‌های خاص این مناطق می‌توان به وابستگی زیاد جوامع انسانی به منابع آب زیرزمینی و دشواری‌های اقلیمی مانند کمبود بارش، پراکنش نامناسب بارندگی، کمبود رطوبت جو و نوسان‌های دمایی زیاد اشاره کرد. با وجود این شرایط، هرگونه اقدامی در راستای توسعه کشاورزی، صنایع

سانتی‌متر سطح آب‌های زیرزمینی و قرارگیری تراز متوسط آب زیرزمینی در سطح ۵۹۸ متر از سطح دریا، گیاه نمی‌تواند نیاز خود را از این بخش تأمین کند، بنابراین درختان با تغییر کاهشی در الگوی رویش و زی‌توده خود مجبور به تغییر به حالت درختچه‌ای و استفاده محدود از آب‌های سطحی ناشی از بارش خواهند شد. همچنین، تعداد پایه‌های خود را در این حد کاهش خواهند داد. در بازدیدهای میدانی و بررسی وضعیت رویش پایه‌های گیاهی، اختلاف قابل‌توجهی بین رویش بهینه با رشد فعلی گونه‌های حوضه آبخیز فاریاب مشاهده شد. به‌طوری‌که درختان خشکیده در سطح منطقه مورد مطالعه مشهود بودند.

به‌دلیل بارندگی اندک، تبخیر بسیار زیاد از سطح خاک و نفوذپذیری کم سازندهای زمین‌شناسی در دشت فاریاب، ضریب تأثیر بارندگی نیز کاهش قابل‌ملاحظه‌ای داشته است، بنابراین رشد مطلوب کهور و کنار فقط در صورت تأمین نیاز آبی آن‌ها به‌دست می‌آید. شرایط موجود و ادامه برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی باعث کاهش تراکم این دو گونه در دشت فاریاب خواهد شد. گفتنی است که حبابه این جنگل از سفره آب زیرزمینی برابر با ۱/۵ درصد مقدار برداشت آب از طریق چاه‌های بهره‌برداری کشاورزی است، بنابراین به‌منظور حفظ جنگل لازم است که محدودیت‌های جدی برای اجرای هر گونه برنامه توسعه‌ای در محدوده جنگل‌های کنار و کهور باتوجه‌به شرایط خاک، اقلیم و آبخوان در نظر گرفته شود. از دیگر راهکارهای حفظ جنگل‌های مورد مطالعه باتوجه‌به برداشت بیشتر از ۹۴ درصد از مصارف منابع آب زیرزمینی این دشت در بخش کشاورزی می‌توان به متعادل‌سازی برداشت با تغذیه آبخوان از طریق روش‌های مختلف مدیریت بهینه منابع آب ضروری اشاره کرد.

منابع مورد استفاده

- Ameri, A.H. and Keneshloo, H., 2014. Effects of rain storage method and irrigation interval on growth and primary establishment of *Prosopis cineraria* and *Ziziphus spina-christi* at south of Baluchestan. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(4): 756-767 (In Persian with English Summary).

متر مکعب در سال) به‌عنوان معیاری برای برنامه‌ریزی آینده در نظر گرفته شود و اگر حدود ۲۰ درصد از بارندگی سالانه دشت فاریاب (به‌طور متوسط ۳۶ میلی‌متر) در اختیار گیاه و فعالیت‌های کاراندام‌شناختی آن قرار گیرد، امکان حفظ پایه‌های موجود فقط با جبران کسری مخزن از سهم برداشت کشاورزی در این منطقه وجود خواهد داشت. برداشت بیشتر از این مقدار موجب ایجاد تنش و خشکیدگی این درختان خواهد شد. نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که تعداد پایه‌های کهور و کنار در منطقه مورد مطالعه بیشتر از تراکم مطلوب وابسته به بارش است. تراکم بهینه درختان برای استفاده از آب‌های سطحی و باران حدود ۱۷۱ پایه در هکتار برآورد شد. تعداد درختان کهور و کنار در پناهگاه حیات‌وحش حتی بیشتر از این مقدار بود (در انبوه‌ترین قسمت جنگل حدود ۶۰۰ پایه در هکتار)، بنابراین این درختان در مسیر خشکیدگی و تغییر ساختار قرار خواهند گرفت.

با احتساب نیاز آبی هر پایه و در نظر گرفتن اقلیم منطقه و نتایج آماربرداری آن‌ها در مجموع، سالانه حدود ۲/۶۲ میلیون متر مکعب آب از طریق مکش بخارآب توسط ریشه‌های کهور و کنار باید مصرف شود تا جنگل فاریاب، پایداری لازم را داشته باشد. پایه‌های اضافی نیز کمبود رطوبت موردنیاز خود را باید از سفره‌های آب زیرزمینی جبران کنند. Zare Chahouki و همکاران (۲۰۱۸) نیز با بررسی تأثیر جنگل‌های سیاه‌تاغ دست کاشت دشت یزد- اردکان بر منابع آب زیرزمینی گزارش کردند که این تاغ‌زارها سالانه ۱/۶۱۴ میلیون متر مکعب از نیاز آبی خود را از سطح سفره برداشت می‌کنند. براساس نتایج دیگر پژوهش پیش‌رو، باتوجه‌به ارتفاع متوسط دشت فاریاب (۶۳۵ متر از سطح دریا) و افت آبخوان تا سطح ۵۹۸ متر از سطح آب‌های آزاد، توانایی درختان برای استفاده از آب زیرزمینی محدود شده است. باتوجه‌به شکل ۳، سطح آب زیرزمینی آبخوان در ابتدای دوره اندازه‌گیری ۶۱۷ متر بود که استفاده گیاه را از آب‌های موجود در لایه‌های زیرین خاک ممکن می‌کرد. هم‌اکنون باتوجه‌به افت سالانه ۱۳۰

- Protection Research, 2(1): 49-56 (In Persian with English Summary).
- Haji Mir Sadeghi, M.M.A., 1987. Ecological needs of *Prosopis cineraria* and the value of their products. Published by Forests, Range and Watershed Management Organization, Tehran, Iran, 30p (In Persian).
 - Rad, M.H., Meshkat, M.A., Soltani, M. and Mirjalili, M.R., 2011. Determination of saxual (*Haloxylon aphyllum*) water requirements by lysimeter experiments. Arid Biome Scientific and Research Journal, 1(3): 14-23 (In Persian with English Summary).
 - Risbaf, A., 2018. The Effect of wasteful ground water depletion and soil physical and chemical properties on dieback of *Prosopis cineraria* in Iranshahr rangelands. M.Sc. thesis, Department of Watershed Management, University of Zabol, Zabol, Iran (In Persian with English Summary).
 - Wu, X., Zheng, X.J., Li, Y. and Xu, G.Q., 2019. Varying responses of two *Haloxylon* species to extreme drought and groundwater depth. Environmental and Experimental Botany, 158: 63-72.
 - Zare Chahouki, A., Barzegari, F. and Zare, A., 2018. Effect of Yazd-Ardakan afforested *Haloxylon aphyllum* on groundwater resources. Desert Management, 5(10): 87-98 (In Persian with English Summary).
 - Darini, J., Karimian, A., Mosleh Arani, A. and Iran Nezhad Parizi, M.H., 2021. Comparison of water requirement of plants *Ziziphus spina-christi* and *Prosopis cineraria*. Journal of Environmental Science Studies, 6(4): 4220-4229 (In Persian with English Summary).
 - Ekhtesasi, M.R., 2003. Determination of minimum density of *Haloxylon* seedlings to design tree windbreaks and control wind erosion in Central Iran. Abstracts of the First National Conference on *Haloxylon* and its plantation in Iran. Kerman, Iran, 17-19 Jun. 2003: 2-3 (In Persian).
 - Emtahani, M.H., Azimzadeh, H.R. and Ekhtesasi, M.R., 2009. An ecological and environmental effects study on *Prosopis cineraria* natural forest in south of Iran. Journal of Environmental Studies, 34(48): 81-88 (In Persian with English Summary).
 - Farrar, N. and Karampour, F., 2008. Pests, diseases and biological control methods using natural enemies and other environmentally friendly methods: 445-571. In: Assareh, M.H. (Ed.). Biological characteristics of Christ's thorn jujube trees in Iran and introducing other species of the genus *Ziziphus*. Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran, 571p (In Persian)
 - Golestaneh, S.R., Farrar, N. and Askary, H., 2004. Some biological notes on screw bean seed pest, *Caryedon seruatius*, (Col.: Bruchidae) in Bushehr Province. Iranian Journal of Forests and Rangelands

Estimating groundwater required for the sustainability of *Prosopis cineraria* (L.) druce and *ziziphus spina-christi* (L.) Desf. forests in Faryab county, Kerman province, Iran

J. Darini ¹, A.A. Karimian ^{2*}, A. Mosleh Arani ³, M.H. Iran Nezhad Parizi ⁴

1- Ph.D. Student of Desertification, Yazd University, Yazd, Iran

2*- Corresponding author, Associate Prof., Faculty of Natural Recourses and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran
Email: akarimian@yazd.ac.ir

3- Associate Prof., Faculty of Natural Recourses and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran

4- Assistant Prof., Faculty of Natural Recourses and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran

Received: 03.02.2022

Accepted: 24.04.2022

Abstract

Prosopis cineraria (L.) druce and *Ziziphus spina-christi* (L.) Desf. are important species of Sahara-Sindhi vegetation. While being native, they have good adaptability, growth and regeneration. This study was conducted to estimate the amount of groundwater required for the sustainability of *Z. spina-christi* and *P. cineraria* natural forests in the watershed of Faryab county in Kerman province, Iran. First, using Google Earth images, networking establishment of ninety plots of 100 m² in one-hectare networks, the average number of *Z. spina-christi* and *P. cineraria* trees were counted. Then, using the minimum water requirement of trees, estimated based on lysimetric studies, water consumption of *Z. spina-christi* and *P. cineraria* trees in the area was calculated. Using the MODFLOW model, the groundwater balance situation in Faryab plain aquifer for 2017-2018 was calculated. Having the volume of water consumption of *Z. spina-christi* and *P. cineraria* in the region, water balance and aquifer storage coefficient, the impact of the forests on groundwater of Faryab plain was calculated. The results showed that the average number of *P. cineraria* trees is 250 individuals and *Z. spina-christi* tree stands are 30 individuals per hectare. The results of the study of water balance and groundwater aquifer show a volume deficit of 25 million cubic meters of the reservoir and a 26-meter drop in groundwater level over the past two decades. According to the water balance calculated, the uncontrolled extraction of water by agricultural wells, which is about 160 million cubic meters per year, has caused such a decline in the region. Considering the importance of *Z. spina-christi* and *P. cineraria* trees for this ecosystem as the main species, the water right of this forest was estimated to be 2.6 million cubic meters per year in the planning of water resources in the Faryab plain.

Keywords: The water right of forest, tree decline, water balance, water consumption.