

بررسی پتانسیل رطوبتی شنزارهای کاشان با استفاده از روش بیلان آبی

سید مرتضی ابطحی*، استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان
Morabtahi70@gmail.com

دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۲۲

پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۰۶

چکیده

با توجه به اهمیت و جایگاه آب در مناطق بیابانی و ماسهزارها، رطوبت نوار ریگ بلند کاشان، بر اساس معادله کلی بیلان آبی بررسی شد. بدین منظور، ۲ منطقه، با و بدون پوشش گیاهی، انتخاب و محصور شد. سپس لوله‌های مخصوص اندازه‌گیری رطوبت با دستگاه TDR نصب گردید. بررسی نتایج حاصل از محاسبات بیلان آبی نشان داد که میزان نفوذ ثقلی با میزان بارش سالانه رابطه مستقیم و با میزان تبخیر و تعرق واقعی و همچنین رطوبت افق‌های ننگه‌دارنده رطوبت، رابطه عکس دارد. عمق مؤثر تبخیر در شنزار مورد مطالعه، حداکثر ۵۰ سانتی‌متر بوده و رطوبت اعماق پایین‌تر، از تبخیر مصون است. با توجه به پایین بودن سطح آب زیرزمینی منطقه (۶۰ متر) و وجود یک لایه سخت رسی در عمق ۵ متری، تنها منبع تأمین رطوبت ماسهزارها، نزولات جوی می‌باشد و آب‌های زیرزمینی نقش مؤثری در جبران نیاز آبی گیاهان ندارند. بررسی داده‌های رطوبت ماهیانه نشان داد که رطوبت در اعماق ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ سانتی‌متری بخصوص در ماه‌های خشک، بالای نقطه پژمردگی است. بیشترین ذخیره رطوبت در حد ظرفیت زراعی در فصل زمستان حادث شده و در فصل خشک، به دلیل تبخیر رطوبت از لایه سطحی و نفوذ آن به لایه‌های عمیق‌تر، از میزان آن کاسته می‌شود. بنابراین، گیاهان موجود در این عرصه‌ها، به کمک سیستم ریشه دوانی و ساز و کار حفظ رطوبت و همین‌طور کوتاه شدن دوره حیاتی، سازگاری مناسب جهت بقا و رشد پیدا می‌کنند.

واژگان کلیدی: تپه‌های ماسه‌ای، بیلان آبی، تبخیر و تعرق، ظرفیت زراعی، کاشان

مقدمه

تفکیک، مورد ارزیابی و بررسی قرار دهیم. محاسبات وضعیت آب و تعادل رطوبت به دلیل نقش آن در مطالعه اقدامات بیولوژیکی شامل استقرار، احیاء و توسعه پوشش گیاهی در شنزارها دارای اهمیت خاصی است. به طوری که غنای گونه‌های گیاهی در تپه‌های ماسه‌ای با بارندگی ۱۵۰ میلی‌متر، بسیار بیشتر از مناطق رسی با شرایط مشابه می‌باشد (Rouhipour, 1992; Ran well, 1972).

امروزه این محاسبات به عنوان پایه و اساس کلیه برنامه‌ها و طرح‌های توسعه کشاورزی و منابع طبیعی تجدید شونده در شنزارها تلقی می‌شوند. زیرا استقرار و تداوم زیست گیاهان و افزایش تولیدات آنها به ویژگی‌های تعادل رطوبت در خاک و وضعیت آب در یک منطقه

آب، خاک، گیاه و اتمسفر مجموعه‌ای مرتبط به هم بوده و اگر برای شناخت فرآیندها، فقط روابط دوگانه اجزاء آن را در نظر بگیریم، کفایت نخواهد کرد. مثلاً ممکن است بسیاری از روابط بین آب و خاک در وضعیت خاصی شناخته شده باشند، اما همین روابط در اثر دخالت گیاه و یا با تغییراتی که در اتمسفر ممکن است اتفاق افتد، به گونه‌ای دیگر خواهد بود. حتی نوع گیاه نیز این روابط را به شیوه‌ای متفاوت تحت تأثیر قرار می‌دهد (Alizadeh, 2008).

محاسبات مربوط به تعادل رطوبت و آگاهی از مقدار آب قابل دسترس گیاهان در یک منطقه، این امکان را به وجود می‌آورد که قابلیت‌های آن منطقه را با توجه به انواع خصوصیات هیدرولوژیکی موجود در آن به طور مجزا و به

Salisbury, 1952 نشان داد که افزایش رطوبت ماسه‌زارها در اثر شب‌نم در شب‌های صاف و بدون ابر، ۰/۹ میلی‌لیتر در ۱۰۰ میلی‌لیتر خاک است. وی همچنین دو منبع اصلی تأمین رطوبت مورد نیاز تبخیر و تعرق گیاهان را در شن‌زارها، یکی جذب رطوبت هوا توسط لایه‌های فوقانی ماسه و دیگری جذب رطوبت لایه‌های گرم و مرطوب پایینی ماسه می‌داند وی نوسانات دمای شب و روز را عامل این جابجایی‌ها معرفی می‌کند.

Petrov, 1971 از شوروی سابق، مطالعاتی روی بیلان آبی شن‌زارهای تحت پوشش گیاهی مختلف انجام داده و تپه‌های شنی را به گروه‌های تراوا و ناتراوا تقسیم بندی نموده است.

Russell, 1973 کاربرد مدل بیلان آبی را برای کشت محصولات زراعی و مدیریت مراتع در خاک‌های با بافت شنی و سنگریزه‌ای برای منطقه استرالیا غربی مورد بررسی قرار داده و فصولی را که شن‌های عمیق می‌توانند به عنوان منبع ذخیره آب باران عمل کرده و احتیاجات مرتع و گیاهان زارعی را از نظر تأمین بخشی از نیاز آبی برآورده کنند، مشخص نموده است.

Wang et al., 2004 تغییر بیلان آبی در یک منطقه احیا شده با بوته خشکی‌پسند *Caragana korshinskii* در بیابان تنگر را بررسی کردند. آنها نتیجه گرفتند که اجزاء بیلان آبی در تپه‌های شنی بدون پوشش و با پوشش گیاهی بسیار متفاوت است. در منطقه احیا شده، نسبت تبخیر و تعرق به بارندگی، بین ۶۹ و ۱۴۲ درصد و میزان نفوذ بسیار اندک است. در حالی که ۲۷ درصد بارش در منطقه بدون پوشش صرف نفوذ شده است.

Rummel and Felix-Henningsen, 2004 بیلان آبی خاک در یک تپه شنی طولی در یک منطقه خشک و بیابانی را مطالعه کردند. آنها نتیجه گرفتند که عوامل غیرزنده مانند موقعیت ناهمواری، به همراه عوامل زنده، در دینامیک آب از طریق توزیع مجدد و انباشت مؤثر هستند.

Kashki, 2008 بیلان آبی شن‌زارهای منطقه دولت آباد سبزوار را بررسی و نشان داد که میزان نفوذ ثقلی یعنی مقدار آبی که می‌تواند از افق بالای شن‌زار (افق نگه دارنده) به لایه‌های زیرین تراوش نماید، با میزان

بستگی کامل دارد (Rouhipour and Ghoddosi, 1994). لازمه بقای اکوسیستم شکننده بیابان، تکیه بر پتانسیل‌های موجود و در دسترس می‌باشد. بنابراین برای نیل به این هدف، مطالعه پیرامون امکانات بالقوه و بالفعل در مناطق بیابانی باید مورد توجه قرار گیرد. در این راستا، مطالعه بیلان آبی به عنوان یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر و یکی از پارامترهای اساسی زنجیره آب، خاک، گیاه و اتمسفر برای استقرار گیاه و احیاء بیولوژیک منطقه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

برای اولین بار Penk در سال ۱۸۹۶ میلادی دستورالعملی را برای محاسبه وضعیت آبی ارائه کرد که در آن، سه عامل رواناب سطحی، بارش‌ها و تبخیر دخالت داده شده بود. از این مدل که بعدها به مدل یا فرمول پنک معروف گردید برای محاسبات هیدرولوژیکی به ویژه محاسبه مقدار آب قابل دسترس گیاهان استفاده می‌شد. از آنجا که در مدل پنک خصوصیات خاک به عنوان عامل مؤثر در نظر گرفته نشده بود، از این رو، ویسوتسکی و همکارانش در آن اصلاحاتی به عمل آوردند. اصلاحات مزبور عمدتاً خصوصیات خاک، افق نگهدارنده آب و ویژگی‌های فتوسنتز گیاهان را شامل می‌گردید (Rouhipour and Ghoddosi, 1994). از عوامل اصلی خروج آب شن‌زارها در مناطق با پوشش گیاهی، تبخیر و تعرق و در مناطق بدون پوشش، تبخیر می‌باشد (Garatuza-payan et al, 1998).

مطالعات مربوط به بیلان آبی نه تنها در شن‌زارها بلکه در سایر عرصه‌های منابع طبیعی و کشاورزی در ایران متداول نبوده و از مطالعات پراکنده ای که توسط بعضی از محققین انجام گرفته، اطلاعات مدوّتی در دست نیست. در ایران برای اولین بار تعیین ارتفاع بحرانی تپه‌های شنی خوزستان بر اساس نوسانات رطوبت در سال ۱۳۷۳ توسط روحی پور انجام گرفت. در این بررسی علاوه بر طبقه بندی تپه‌های شنی بر اساس ویژگی‌های رطوبتی، به نقش آب متکاثف در تداوم زیست رویش‌های گیاهی تا حدودی پی برده شد. Ghobadian, 1969 نیز به مسئله آب متکاثف در خاک‌های رسی صحرای خوزستان اشاره‌ای داشته است.

مواد و روش‌ها

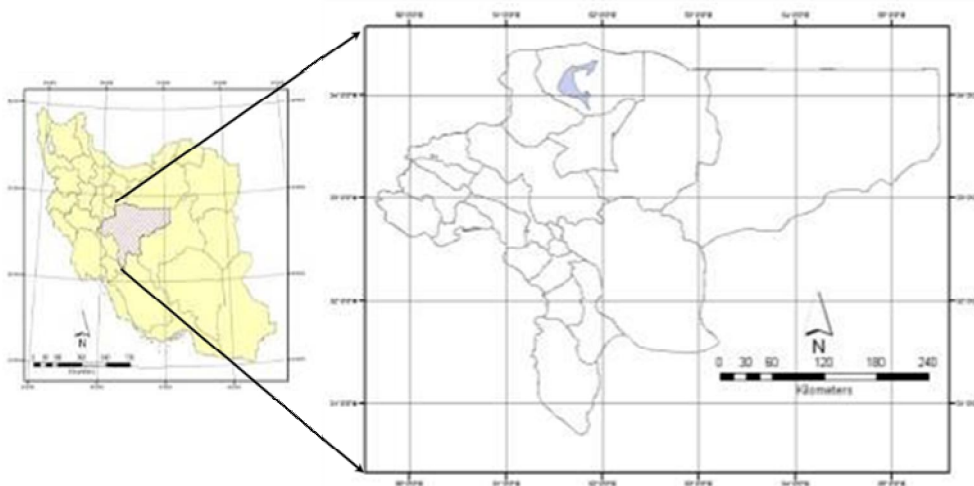
مشخصات محل اجرای طرح

ریگ بلند کاشان از جمله بارزترین عوارض طبیعی جنوب شرقی بیابان‌های حوزه مسیله با ساختار زمین شناسی نسبتاً یکنواخت (شامل رسوبات بادی) می باشد که به صورت نواری به طول ۱۰۰ کیلومتر و عرض بین ۲ تا ۱۵ کیلومتر، یکی از گسترده‌ترین تپه‌های شنی مرکزی ایران را در ۵۱ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۵ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی تشکیل می دهد (شکل ۱). میانگین بارندگی سالانه در منطقه ۱۴۰ میلی‌متر و میانگین دما حدود ۱۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

بارش رابطه مستقیم و با میزان تبخیر و تعرق واقعی و نیز قدر مطلق تغییرات رطوبت افق نگه دارنده رابطه عکس دارد.

Zhao et al., 2011 رطوبت لایه‌های ماسه‌ای و منشأ آن در یک تپه شنی بزرگ را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که رطوبت ذخیره شده در این تپه‌های عظیم ماسه‌ای، منشأ اصلی تغذیه آب‌های زیرزمینی منطقه می‌باشد.

هدف از این تحقیق، بررسی تغییرات میزان رطوبت در تپه‌های شنی با و بدون پوشش گیاهی به منظور تعیین نوسانات فصلی آن و همچنین برآورد تبخیر و تعرق واقعی به کمک اطلاعات هواشناسی می‌باشد، تا به کمک آن بتوان از پتانسیل‌های رطوبتی موجود در راستای احیا بیولوژیک و تعدیل شرایط سخت بیابانی بهره جست.



شکل ۱- موقعیت ریگ بلند کاشان محل اجرای تحقیق (محدوده تیره رنگ)

عنوان نقطه اول و یک نقطه در منطقه سیازگه ابوزیدآباد واقع در ۳۰ کیلومتری شرق شهرستان برای سایت بدون پوشش انتخاب و با استفاده از سیم خاردار محصور گردید.

روش تحقیق

در این تحقیق، از معادله کلی بیلان آبی که بر قانون بقای ماده و انرژی استوار است استفاده شد:

$$P = S + \Delta D + \Delta M + U + \int_0^t Edt \quad (1)$$

با توجه به گستردگی نوار ریگ بلند که سطحی بیش از ۸۰ هزار هکتار وسعت دارد و شرایط متفاوتی که در قسمت‌های مختلف آن حاکم می‌باشد، تحقیق در دو نقطه با پوشش گیاهی و بدون پوشش گیاهی اجرا گردید. در انتخاب نقاط مورد مطالعه، عواملی از جمله سهولت دسترسی و حفاظت وسائل موجود در محل، مد نظر قرار گرفت. پس از پیمایش عرصه‌های مختلف نوار ریگ بلند و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، یک نقطه در نزدیکی ایستگاه تثبیت شن قاسم آباد واقع در ۴۵ کیلومتری شرق شهرستان که دارای پوشش گیاهی بود، به

که در آن:

P: میزان ورود بارندگی به افق مورد مطالعه،

S: میزان رواناب سطحی،

ΔD : مقدار تغییرات آب ذخیره گودالی^۱،

ΔM : مقدار تغییرات ذخیره رطوبت خاک در عمق مورد نظر،

U: افزایش مقدار آب زیرزمینی، و

$\int_0^t Edt$: مقدار کل تبخیر در طول مدت زمان (t) در منطقه مورد مطالعه است.

با توجه به شرایط اقلیمی محدوده شنزارهای منطقه و همچنین به علت سرعت زیاد نفوذ آب در شنزار، دو عامل ΔD و S از رابطه ۱ حذف گردید و معادله کلی بیلان آبی شنزارها به صورت رابطه ۲ مورد استفاده قرار گرفت.

$$P = \Delta M + U + \int_0^t Edt \quad (2)$$

با کاربرد رابطه ۲ در منطقه مورد نظر و اندازه‌گیری میزان تبخیر (Edt) و بارندگی (P) که در عرصه شنزار حادث می‌گردد و همچنین اندازه‌گیری میزان رطوبت خاک در افق بالای شنزار (تا حدی که اندازه‌گیری رطوبت امکان‌پذیر باشد) کمیت (U) یا مقدار آبی که از افق بالای شنزار به سفره زیرزمینی تراوش می‌نماید را محاسبه کرده و شنزارها را به گروه‌های تراوا یا ناتراوا تقسیم‌بندی نمود. در گروه تراوا آب باران می‌تواند از افق نگهدارنده رطوبت در شنزار عبور کرده و باعث افزایش آب‌های زیرزمینی گردد در حالی که در گروه ناتراوا میزان U برابر با صفر است.

برای استفاده از رابطه ۲، میزان تبخیر (Edt) را بایستی اندازه‌گیری یا به گونه‌ای برآورد نمود. به این منظور در تحقیق حاضر از معادله ساتل وورث (۱۹۹۳) استفاده شده است.

$$E_a = E_p S/S_c \quad (3)$$

که در آن:

E_a : مقدار تبخیر واقعی از سطح خاک،

E_p : مقدار تبخیر از تشتک،

S: رطوبت خاک، و

S_c : توان نگهداری آب توسط خاک یا (FC + ذخیره گودالی است)، ($S_c = FC + \Delta D$) که در اینجا FC، ظرفیت مزرعه‌ای آب خاک است.

اگر میزان رطوبت شن در زمان T_0 (بعد از آخرین بارندگی یا شروع دوره خشک) برابر S_0 و مقدار رطوبت آن پس از پایان دوره خشک یا ابتدای اولین بارندگی St باشد، پس از مدت T روز با استفاده از رابطه ۳ معادله دیگری بدست می‌آید که می‌توان مقدار یا قابلیت نگهداری آب توسط افق مورد مطالعه را تخمین زد:

$$S_t = S_0 \left(1 - \frac{E_p}{S_c}\right)^T \quad (4)$$

با اندازه‌گیری رطوبت خاک در شروع دوره خشک و پایان دوره خشک در فواصل متناوب می‌توان قدرت نگهداری آب در شنزار (S_c) را پس از مدت T روز از دوره های خشک (بین دو زمان بارندگی) با استفاده از رابطه ۴ تخمین زد.

E_p : یا تبخیر از تشتک و همچنین رطوبت خاک S را باید بر حسب میلی متر در رابطه ۴ وارد نمود.

با محاسبه کمیت S_c از رابطه ۴ و قرار دادن آن در رابطه ۳ میزان واقعی تبخیر از شنزار E_a برآورد می‌شود. بدیهی است که سایر پارامترهای موجود در رابطه ۳ از قبیل تبخیر پتانسیل و میزان رطوبت خاک در افق مورد مطالعه (میانگین وزنی رطوبت) قابل اندازه‌گیری است.

از آنجایی که مقدار تبخیر واقعی از شنزار E_a در مدت زمان T برابر $\int_0^T Edt$ در رابطه ۲ می‌باشد، با محاسبه تبخیر واقعی از شنزار و اندازه‌گیری رطوبت خاک و استفاده از آمار بارندگی ثبت شده در محل بررسی، پارامتر U یا میزان تراوش آب از افق مورد بررسی به سادگی قابل محاسبه خواهد بود.

مقادیر رطوبت و پتانسیل را نسبت به یکدیگر رسم کنیم (Alizadeh, 2008). در این بررسی دو نمونه از شن‌های منطقه مورد آزمایش جهت تعیین میزان رطوبت در مکش‌های مختلف (۱۵-۰ اتمسفر) تهیه و در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه صفحات فشاری اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری دما و رطوبت شن‌زار

یکی از اقدامات اساسی در تعیین بیلان آبی، اندازه‌گیری رطوبت شن‌زارها است که در طول اجرای طرح در دوره‌های زمانی مشخص (ماهانه) با استفاده از دستگاه TDR (رطوبت سنج) و در اعماق ۱۵، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سانتی‌متری انجام شد. به موازات اندازه‌گیری رطوبت، دمای خاک نیز با استفاده از دماسنج‌های اعماق خاک و در عمق‌های ۱۵، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سانتی‌متری، اندازه‌گیری و ثبت گردید.

اندازه‌گیری آزمایشگاهی خیز موئینه‌ای نمونه‌های شن

حرکت رو به بالای آب در خاک به صورت عمودی را خیز موئینه‌ای یا صعود کاپیلاری می‌گویند. نظر به این که قسمت‌های زیرین تپه‌های شنی به دلیل دریافت رواناب‌ها و نزولات جوی، از رطوبت بالائی تا حد اشباع برخوردار می‌باشند، بررسی نقش آن در تأمین رطوبت لایه‌های بالائی شن‌زار از طریق صعود کاپیلاری مهم است. هر چند عملکرد لوله‌های موئین شن‌زارها در مقایسه با خاک‌های رسی قابل قیاس نیست، ولی از تأثیرگذاری آنها در تأمین بخشی از رطوبت شن‌زارها نمی‌توان چشم‌پوشی کرد.

بدین منظور برای تعیین میزان خیز موئینی در شن‌زارها سه نمونه از شن‌های منطقه مورد آزمایش (یک نمونه از سایت بدون پوشش گیاهی و دو نمونه از سایت منطقه با پوشش گیاهی) تهیه و پس از خشک کردن در هوای آزمایشگاه، داخل لوله‌های شفاف به قطر ۵ سانتی-متر ریخته و درون ظرف آب حاوی گراول قرار داده شد. با شروع حرکت آب به طرف سطح خاک و ادامه آن پس از گذشت ۷۲ ساعت که حرکت آب تقریباً ثابت گردید، به وسیله خط کش از میزان صعود آب در خاک اندازه‌گیری به عمل آمد.

اندازه‌گیری رطوبت ظرفیت مزرعه و پژمردگی شن‌زار درصد رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه، در خاک‌های مختلف متفاوت است. مثلاً در حالی که برای تمام خاک‌ها، پتانسیل آب در حد ظرفیت مزرعه‌ای یکسان و برابر ۳۰۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود، یک خاک شنی ممکن است ۱۰ درصد و یک خاک رسی ۳۰ درصد رطوبت داشته باشد، اما سهولت جذب آب توسط گیاه در هر دو خاک یکسان باشد. بنابراین مشاهده می‌شود که سهولت جذب آب بستگی به مقدار پتانسیل دارد و نه درصد رطوبت (Alizadeh, 2008).

در اینجا برای تعیین ظرفیت زراعی شن‌زارهای مورد مطالعه، از یک لوله به قطر ۲۵ و طول ۱۵۰ سانتی‌متر که از شن‌های منطقه پر شده بود استفاده گردید. سپس تا حد اشباع به آن آب اضافه شد. بعد از خروج آب ثقلی، به وسیله دستگاه رطوبت سنج (TDR) اندازه‌گیری رطوبت شن داخل لوله در سه مقطع و در عمق‌های ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری و تا ۷۲ ساعت با فاصله زمانی ۱۲ ساعت به صورت مستمر انجام شد.

یکی از نقاط پتانسیلی مهم خاک که گیاه در آن قادر به جذب رطوبت از خاک نمی‌باشد نقطه پژمردگی دائم^۱ (PWP) است. در حد پژمردگی دائم، تمام آب موجود در خاک به جز مقدار آبی که با نیروی بیش از ۱۵ اتمسفر به ذرات خاک چسبیده‌اند از آن خارج شده است. چون نقطه پژمردگی پایین‌ترین حد رطوبت برای گیاه است، لذا تفاوت بین دو نقطه FC و PWP رطوبتی است که به لحاظ نظری گیاه می‌تواند از آن استفاده کند (Alizadeh, 2008). در این تحقیق به طور تقریب درصد رطوبت در حد پژمردگی نصف مقدار آن در ظرفیت زراعی یعنی ۷ درصد در نظر گرفته شد (Alizadeh, 2008).

تعیین منحنی رطوبتی خاک

منحنی خصوصیات رطوبتی، رابطه‌ای بین پتانسیل آب خاک و درصد رطوبت آن است. اگر با روش‌های مختلفی مانند صفحات فشاری و یا سانتریفوژ، مقادیر رطوبت خاک را در پتانسیل‌های مختلف اندازه‌گیری کرده باشیم، این امکان فراهم است که در یک دستگاه محور مختصات،

تعیین عمق و میزان نفوذپذیری سخت لایه رسی

با توجه به مشاهدات صحرایی در اطراف نوار ریگ بلند و برخی چاله ریگ‌ها درون نوار که محل انباشت آب با کیفیت نسبتاً مناسب می‌باشد، وجود لایه‌ای نفوذناپذیر در قسمت تحتانی تپه‌های شنی محتمل بود. این لایه از پیوستن نزولات جوی به سفره‌های آب زیرزمینی و همین‌طور از تأثیر آب زیرزمینی در تأمین رطوبت شن‌زار ممانعت می‌کند. برای تعیین وجود و موقعیت این لایه، اقدام به حفر پروفیل در پای نوار و نزدیک نقاط مورد مطالعه شد. پس از رویت لایه غیر قابل نفوذ به ضخامت ۳۰-۵۰ سانتی‌متر از آن به وسیله سیلندرهای فلزی نمونه دست‌نخورده تهیه و جهت تعیین میزان نفوذپذیری به آزمایشگاه ارسال گردید. میزان هدایت هیدرولیکی اشباع نمونه‌ها با روش بار افتان تعیین گردید. میزان نزولات جوی و تبخیر پتانسیل بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کاشان برآورد گردید.

نتایج

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنالیز نمونه خاک برداشتی از منطقه سیازگه، به شرح جدول ۱ می‌باشد. بر این اساس، بافت خاک کاملاً شنی است و تمام عناصر غذایی به جز پتاسیم، نسبت به خاک‌های دیگر پایین می‌باشد.

نتایج حاصل از تعیین ظرفیت مزرعه خاک قاسم آباد، در اعماق مختلف در جدول ۲ آمده است. با توجه به این که مقادیر رطوبت اندازه‌گیری شده در فاصله زمانی ۶۰-۷۲ ساعت بعد از آبیاری تقریباً ثابت و معادل ۱۳/۵ در صد حجمی می‌باشد. بدین ترتیب ظرفیت نگهداری (FC) ۱۳/۵ و نقطه پژمردگی دائمی (PWP) حدود نصف ظرفیت نگهداری، یعنی ۷ درصد حجمی در نظر گرفته شد. تفاوت مقدار FC در عمق‌های مختلف نشان دهنده وجود ذرات ریزتر در عمق‌های ۵۰ و ۱۰۰ سانتی می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی-شیمیایی نمونه خاک شن‌زار سیازگه کاشان

عمق (cm)	PH	EC (ds/m)	TNV (%)	گچ (Me/100)	N(%)	P(ppm)	K(ppm)	رس(%)	سیلت(%)	ماسه(%)
۰-۳۰	۸/۱۵	۰/۳۴	۳۱/۵	۱۳	۰/۰۰۹	۱/۲	۱۳۰	۰	۰	۱۰۰
۳۰-۶۰	۸/۳۰	۰/۴۲	۱۹	۹۲	۰/۰۰۸	۱/۰۸	۱۱۰	۰	۰	۱۰۰

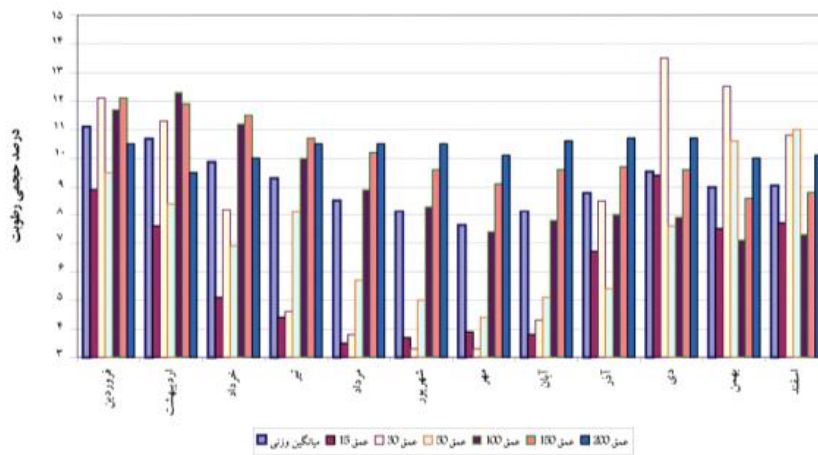
جدول ۲- داده های حاصل از اندازه گیری رطوبت شن‌زار بمنظور تعیین ظرفیت زراعی قاسم آباد

زمان اندازه گیری رطوبت	عمق اندازه گیری		
	۱۰۰Cm	۵۰ Cm	۳۰ Cm
۱۲ ساعت بعد از آبیاری	۳۳/۶	۳۴/۸	۳۰/۳
۲۴ ساعت بعد از آبیاری	۱۹/۳	۱۸/۳	۱۶/۳
۳۶ ساعت بعد از آبیاری	۱۶/۳	۱۵/۴	۱۴/۳
۴۸ ساعت بعد از آبیاری	۱۵/۲	۱۴/۳	۱۳/۷
۶۰ ساعت بعد از آبیاری	۱۴/۷	۱۳/۷	۱۲/۸
۷۲ ساعت بعد از آبیاری	۱۴/۳	۱۳/۳	۱۲/۶
FC	۱۴/۵	۱۳/۵	۱۲/۷

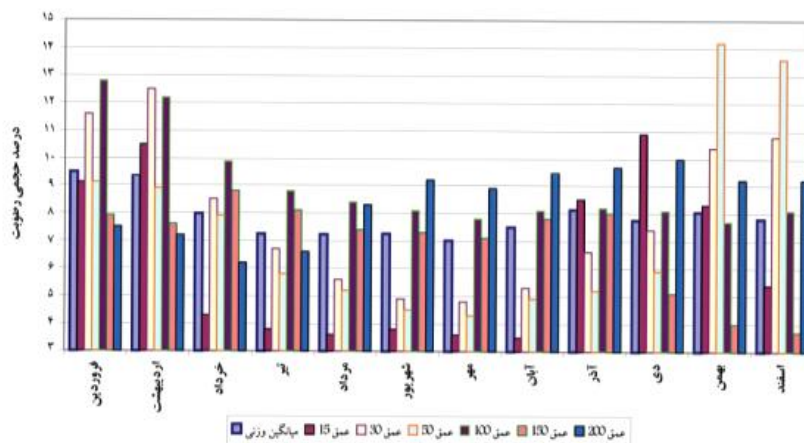
رطوبت در دوره خشک سال برای عمق‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ سانتی‌متری بین FC و PWP بوده و گیاه در شرایط موجود از رطوبت کافی برای رشد و نمو برخوردار است (شکل‌های ۲ و ۳).

رطوبت شن‌زار در مکش‌های مختلف اندازه‌گیری و ملاحظه شد که رطوبت بین ۰/۵ تا ۲/۵ درصد حجمی با مکش ۱/۵ تا ۲/۵ اتمسفر و رطوبت بیشتر از ۲/۵ درصد با مکش ثابت ۱/۵ اتمسفر آزاد می‌شود.

اندازه‌گیری رطوبت شن‌زار با استفاده از دستگاه TDR به صورت ماهانه و در اعماق مختلف نشان داد که میزان



شکل ۲- درصد حجمی رطوبت در منطقه سیازگه



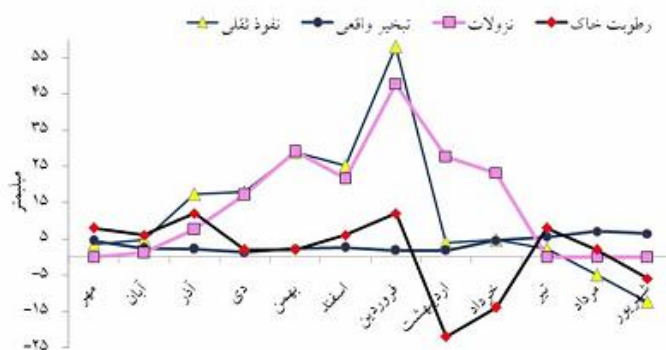
شکل ۳- درصد حجمی رطوبت در منطقه قاسم آباد

میزان تبخیر واقعی بسیار ناچیز و در حد صفر است، ولی در ماه‌های گرم سال یعنی از خرداد تا پایان مهرماه مقدار تبخیر افزایش یافته است که با توجه به عدم بارش، این میزان تبخیر از طریق صعود کاپیلارپته آب از لایه‌های سطحی شن صورت گرفته است. به عبارتی دیگر در این ماه‌ها نفوذ آب در تپه صفر بوده است.

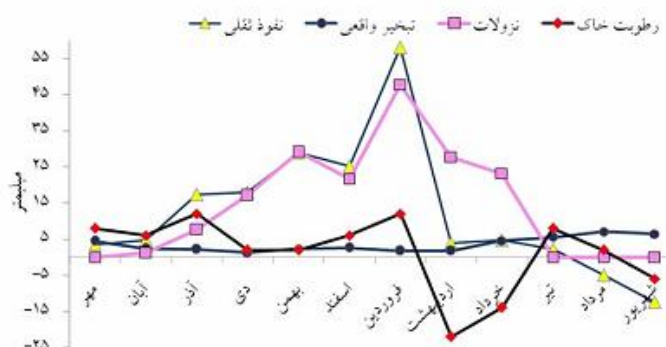
بارندگی در منطقه سیازگه مانند قاسم‌آباد می‌باشد (شکل ۵). میزان تبخیر رخ داده در این منطقه طی خرداد تا پایان آذر، از طریق صعود کاپیلارپته از لایه‌های سطحی شن صورت گرفته است. به عبارت دیگر در این ماه‌ها نفوذ آب در تپه منفی بوده است، اما در ماه‌هایی که بارش رخ داده است بجز آذر ماه، قسمت اعظم بارش به صورت نفوذ ثقلی وارد پروفیل خاک شده است. در ماه‌های دی، بهمن، اسفند و فروردین مقداری از بارش به صورت رطوبت در خاک ذخیره شده است، در حالی که در سایر ماه‌های سال رطوبت ذخیره شده شدیداً از دست رفته است.

خیز مویینه‌ای شنزار و تعیین صعود کاپیلاری که پس از گذشت ۷۲ ساعت تا توقف تقریبی صعود کاپیلاری اندازه‌گیری شد، نشان داد که خیز مویینه‌ای بین ۳۷ تا ۴۳ سانتی‌متر در نمونه‌های مختلف نوسان دارد. نفوذ پذیری لایه رسی زیر تپه‌های شنی که در عمق ۵-۷ متری شنزارها قرار دارد، به روش بار افتان در آزمایشگاه محاسبه و ۳-۱۰×۶۱/۸ سانتی متر بر ساعت بدست آمد.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری اجزای بیلان آبی در ۲ منطقه قاسم‌آباد و سیازگه در اشکال ۴ و ۵ مشاهده می‌شود. در منطقه قاسم‌آباد، بارندگی از آبان ماه شروع شده و در فروردین ماه با مقدار ۴۷/۸ میلی‌متر به اوج خود رسیده و سپس با یک روند کاهشی در تیرماه به صفر رسیده است. بدین ترتیب در ماه‌های تیر، مرداد، شهریور و مهر طبق معمول هیچ بارندگی رخ نداده است. بررسی میزان رطوبت ذخیره شده در پروفیل خاک نشان داد که در ماه‌های اردیبهشت، خرداد و شهریور میزان رطوبت خاک کاهش چشمگیری داشته است. در ماه‌های سرد سال



شکل ۴- بیلان آبی قاسم آباد (با پوشش گیاهی)



شکل ۵- بیلان آبی سیازگه (بدون پوشش گیاهی)

بحث و نتیجه‌گیری

اندازه‌گیری رطوبت شن‌زار در اعماق مختلف ۱۵، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ سانتی‌متری نشان می‌دهد که میانگین رطوبت ماهانه در فصول خشک سال در اعماق ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ سانتی‌متری، بالای حد آب قابل جذب گیاهان (CEW) (که تقریباً معادل نقطه پژمردگی شن‌زار است) می‌باشد. بنابراین رطوبت نسبتاً کافی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. حد آب قابل جذب در خاک‌های شنی حدود ۷٪ رطوبت حجمی می‌باشد و در دوره خشک سال که عمدتاً از اوایل خرداد ماه شروع می‌شود و تا پایان آبان ادامه دارد رطوبت شن‌زار بین CEW و FC قرار دارد و علی‌الاصول گیاه در این شرایط از رطوبت کافی برای رشد و نمو خود برخوردار است و مشکلی برای ادامه حیات خود ندارد. لذا با توجه به شرایط ویژه نوار ریگ بلند و وجود لایه هاردپن که به حفظ رطوبت ناشی از رواناب‌ها و نزولات جوی در تپه‌های شنی کمک می‌کند، به طور کلی خشکی درختان به دلیل کمبود رطوبت در نوار ریگ‌بلند مگر در شرایط حاد تندبادها و در پیشانی تپه‌های شنی کمتر مشاهده شده است.

با بررسی وضعیت عمق آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه که بین ۶۰-۵۰ متر نوسان دارد و با توجه به عدم دسترسی گیاهان به آن، این منابع نقشی در تأمین نیاز آبی گیاهان ندارد، مضافاً این‌که وجود لایه‌های متعدد سخت رسی با نفوذپذیری بسیار کم در عمق ۷-۵ متر از سطح شن‌زار، عدم امکان دسترسی ریشه گیاهان به منابع آب زیرزمینی را دوچندان می‌کند. در نتیجه ورود و خروج آب این منابع، عملاً نقشی در تأمین رطوبت شن‌زار و گیاهان موجود در این عرصه ندارد. اما انباشت آب، زیر تپه‌های شنی بدلیل ورود سیلاب به عرصه کناری شن‌زار و همین‌طور بارش نزولات جوی (برف، باران و ...) به صورت مستقیم و غیرمستقیم در تأمین بخش عمده‌ای از نیاز آبی گیاهان مؤثر می‌باشد. چرا که وجود لایه‌های رسی غیرقابل نفوذ، مانع از پیوستن این آب‌ها به سفره‌های آب زیرزمینی شده و به مثابه یک منبع عظیم آب در زیر شن‌زارها حتی در سال‌های خشک، آب را ذخیره و در اختیار گیاه قرار می‌دهد. شاهد مثال آبگیرهایی است که در اطراف ریگ بلند توسط بیابان‌نشینان حفر و از آب حاصل از زهکش شن‌زار، جهت کشت و زرع استفاده می‌شود.

میزان تبخیر و تعرق واقعی و همچنین تغییرات رطوبت افق‌های نگهدارنده رطوبت، رابطه عکس دارد، نتیجه‌ای که مؤید نظر کاشکی (۲۰۰۸) است.

با توجه به نتایج طرح و پتانسیل رطوبتی موجود، استفاده از گیاهان مقاوم به خشکی که از سیستم ریشه‌ای گسترده برخوردار است در راستای تثبیت شن و احیا بیولوژیک شن زارهای کاشان امکان پذیر است. کشت درختان مثمر در ارتفاعات بیش از ۴-۳ متر تپه‌های شنی ریگ بلند، جایگاهی ندارد، در حالی که مناطق حاشیه‌ای نوار ریگ بلند بدلیل تجمع زه‌آب و رطوبت بالا، با مطالعات دقیق و برنامه ریزی شده، امکان کشت گیاهان مثمر و ایجاد کمربند سبز پیرامون نوار ریگ بلند را دارد.

بررسی الگوی تغییرات ماهانه رطوبت در عرصه‌های شن‌زار تثبیت شده و مقایسه آن با نوسانات رطوبتی شن‌زارهای بدون پوشش گیاهی مؤید نتایج حاصل از تحقیقات Wang و همکاران در سال ۲۰۰۴ میلادی است به طوری که در دوره‌های خشک سال، میزان رطوبت افق‌های زیرین در تپه‌های شنی لخت و بدون پوشش گیاهی بیشتر از مناطق تثبیت شده است؛ زیرا رویش‌های گیاهی به ویژه از نوع درختچه‌ای با زیراشکوب بوته‌ای آن با جذب رطوبت از افق‌های عمقی و دفع آن از طریق تعرق، میزان رطوبت این ناحیه را کاهش می‌دهد، ولی بر عکس میزان رطوبت لایه‌های سطحی شن در مناطق تثبیت شده، بیشتر از تپه‌های بدون پوشش گیاهی است. همچنین نتایج حاصل از محاسبات بیلان آبی نشان داد که میزان نفوذ ثقلی با میزان بارش سالیانه رابطه مستقیم و با

References

- [1] Alizadeh, A. (2008). Soil and plant water relations. Publication of Imam Reza University. Mashhad. Iran. (In Persian)
- [2] Garatuza-Payan, J., Shuttleworth, W. J., Encinas, D., McNeil, D. D., Stewart, J. B., de Bruin, H. & Watts, C. (1998). Measurement and modeling evaporation for irrigated crops in north-west Mexico. *Hydrol. Processes* 12, 1397-1418.
- [3] Ghobadian, A. (1969). Khuzestan pedology study to determine the degree of salinity and soil fertility. Ahvaz University Press. Iran. (In Persian)
- [4] Kashki, M.t. (2008). Drought management and optimal utilization of water potential in the arid regions with water level strategy (case study: Sabzevar). Third Conference on Water Resources Management, Tabriz. Iran. (In Persian)
- [5] Petrov, M. (1971). Bushes and shrubbery in the arid regions of Asia. Translation A. Hamidi. Technical Bureau de-stabilize the sand and desert, Iran. (In Persian)
- [6] Ranwell, D. S. (1972). Ecology of salt marshes and sand dunes. Loudon. Chapman and Hall. 258 pp.
- [7] Rouhipour, H. 1992, Seasonal fluctuations of sand moisture in Khuzestan dune systems. Published by the Research Institute of Forests and Rangelands. Iran. In Persian, 108 pp.
- [8] Rouhipour, H. and Ghoddosi, J. (1994). The balance of moisture and water in arid sand. Research Institute of Forests and Rangelands. Iran. (In Persian)
- [9] Rouhipour, H., Kashki, M.T. and Sied Akhlaghi, J. (2013). Sand Moisture content and water balance change in bare and vegetated dunes systems of Iran. The 2nd Waswac World Conference: The Threats to land and water resources in the 21ST century: Prevention, Mitigation and Restoration.
- [10] Rummel, B. and Felix-Henningsen, P. (2004). Soil water balance of an arid linear sand dune. *International Agrophysics*, 18:333-337.
- [11] Russell, E. W. (1973). Soil conditions and Plant Growth. (10 th Edition) London: Longman.
- [12] Salisbury, E.J. (1952). Downs and dunes, their plant life and its environment. Bell, London, 328 pp.
- [13] Wang, X.P., Berndtsson, R., Li, X.R and Kang, E.R.(2004). Water balance change for a re-vegetated xerophytes shrub area. *Hydrological Science*, 49(2): 283-295.
- [14] Zhao Jing-bo, SHAO Tian-jie, HOU Yu-le, Lü Xiao-hu, DONG Zhi-bao.(2011). Moisture Content of Sand Layer and Its Origin in a Mega-dune Area in the Badain Jaran Desert [J]. *Journal of natural resources*, 26(4): 694-702.

Investigation of plant-production potential on sand dune of Kashan using water balance model

S. M. Abtahi*, Assistant professore, Agricultural and Natural Resources Research Center of Isfahan
Morabtahi70@gmail.com

Received: 22 May 2014

Accepted: 28 Nov 2014

Abstract

With Attention to importance of water status in desert and sand dunes, moisture of Rig-Boland dunes of Kashan investigated using the water balance equation. For this purpose, the first two points, with and without vegetation selected on the sand dune and then enclosed with barbed wire, pipes and tubes were installed for measure moisture determination with TDR devices measure at various depths. Given the low level of ground water (60 m) and a hard layer of clay at a depth of 5 meters, moisture in the sand dunes without the influence of groundwater withdrawal in gravity caused by precipitation, surface runoff around and condensation was saturated with water vapor. Review and analysis of monthly moisture data showed that the moisture content of 7% by volume (above wilting point) at depths of 100, 150 and 200 cm for meeting the water requirements of plants in sand, especially in the dry months is sufficient. It also became clear that the only source of moisture is rain and ground water has no role in this regard. Furthermore, root volume and moisture, as well as the interaction mechanisms and flexibility in plant moisture stress, such as shortening of the plants vital are among the reasons the sand dunes of plants in the stability.

Keywords: Water Balance, Evapotranspiration, Sand Dunes, Kashan, Filed Capacity