بیلان آبی و نقش مولفه بارش در برآورد استعداد رویشی شن‌زارهای مناطق بیابانی (مطالعه موردی: منطقه سبزوار)

محمدتقی کاشکی[۱*] حسن روحی پور[۲]
[۱]- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
[۲]- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور
تاریخ دریافت: ۹۲/۸
تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰

چکیده:

شن‌زارهای کشور با وسعتی قریب به ۴/۵ میلیون هکتار به عنوان یکی از مهمترین عوارض مناطق بیابانی از جنبه‌های مختلف حائز اهمیت می‌باشند. شن‌زارها به جهت خصوصیات ویژه هیدرولوژیکی، ضمن حفظ و ذخیره‌سازی مناسب رطوبت توأم با عرضه مناسب آن، قابلیت تبدیل شدن به بیشه‌زار و حتی کشتزار را دارا می‌باشند. این امکان زمانی به خوبی فراهم می‌گردد که درک صحیح از وضعیت رطوبت و بیلان آبی در شن‌زار وجود داشته باشد. بنابراین در راستای تعیین قابلیت رویشی شن‌زار، مطالعه بیلان آبی و تعادل رطوبت امری ضروری است. به منظور بررسی استعداد رویشی شن‌زارهای منطقه سبزوار به کمک بیلان آبی، تپه‌های شنی محدوده روستای دولت آباد به عنوان سایت ثابت اندازه‌گیری و پایش عوامل دخیل در بیلان آبی انتخاب گردید. سپس با مطالعه مرفولوژی تپه‌های شنی، نمونه‌برداری‌ها و اندازه‌گیری‌ها بر روی دو نوع شن‌زار تثبیت شده و نیمه فعال متمرکز شد. با توجه به اندازه‌گیری مستقیم رطوبت افق نگهدارنده به وسیله دستگاه TDR، توزیع مناسب پروفیلی بر روی قطاع مختلف شن‌زار انجام و پس از ثبت ماهیانه داده‌های رطوبتی و حرارتی طی سال‌های اجرای طرح (۸۴-۱۳۸۱) و نیز استخراج و آنالیز داده‌های جوی (بارندگی، تبخیر و تعرق)، با بهره‌گیری از معادلات بیلان آبی، شن‌زار موصوف از نظر هیدرولوژیکی گروه بندی گردید. نتایج بررسی‌ها نشان داد که شن‌زار مورد مطالعه به لحاظ هیدرولوژیکی، در گروه شن‌زارهای ناتراوا طبقه بندی می‌گردد که در این گروه از شن‌زارها، نفوذ ثقلی منفی بوده و امکان تغذیه آبهای زیرزمینی وجود ندارد. بنابراین در شن‌زار منطقه مورد مطالعه، نزولات جوی اصلی ترین منبع تامین کننده نیاز آبی گیاهان بوده و آبهای زیرزمینی نقش موثری در جبران نیاز آبی ندارند. از این روی آنچه را که دوام و پایداری رشد نباتات را در عرصه شن‌زار مورد مطالعه، تضمین می‌نماید، چیزی جز رطوبت ذخیره شده در افق نگهدارنده شن‌زار حاصل از بارش های جوی نمی‌باشد. طبعا بهره‌گیری مطلوب از این ذخیره رطوبتی تابع آگاهی از نوسانات حجمی آن است که بررسی ها نشان می‌دهد در شرایط شن‌زار مورد نظر، بیشترین ذخیره رطوبت در حد ظرفیت زراعی در فصل زمستان محقق می‌گردد و با شروع دوره خشک، رطوبت به لایه‌های عمقی کشیده می‌شود. بنابراین تنظیم تاریخ کشت بذر و نهال گیاهان با زمان تمرکز رطوبت در لایه‌های سطحی (ترجیحا اسفندماه)، شرایطی را فراهم می‌سازد که حداقل نیاز آبی گیاهان تامین و آبیاری‌های تکمیلی محدود و کارآمد گردد.

واژه‌های کلیدی: بیلان آبی، تپه‌های شنی، دولت آباد سبزوار

مقدمه:

در مناطق خشک و نیمه خشک، جائی که میزان تبخیر بیش از مقدار بارندگی است، مطالعه جزئیات بیلان آبی بسیار با اهمیت تلقی می‌گردد. از دست رفتن آب بر اثر تبخیر و تعرق در شن‌زار دارای پوشش گیاهی و تبخیر از سطح

* kashki_mt@yahoo.com محمدتقی کاشکی

شن‌زار لخت که از آنها به عنوان تبخیرو تعرق واقعی تعبیر می‌گردد، فاکتور مهمی در منابع آب و مطالعات هیدرولوژیکی قلمداد می‌گردد (Garatuza-Payan et al., 1998). به طور کلی بررسی تراز یا بیلان آبی در اراضی شنی و شن‌زارها، وضعیت و امکان استفاده از آب موجود را به طور صحیح مورد ارزیابی قرار داده و بسته به دقت اندازه‌گیری و زمان مورد نیاز کاربر، بیلان آبی هفتگی، ماهانه و سالانه شن‌زار و در نتیجه اهمیت هیدرولوژیکی گروه‌های مختلف این نوع اراضی را به دقت مورد بررسی قرار می‌دهد. با اندازه‌گیری پارامترهای دخیل در معادله بیلان آبی شن‌زار مانند بارندگی، تبخیر و تعریق، نفوذ و تغییرات رطوبت شن در نیمرخ مورد نظر در دوره‌های زمانی مختلف برنامه‌ریزی برای تثبیت شن، بهره‌برداری کشاورزی از عرصه‌های شن‌زار و اعمال یک مدیریت پایدار فراهم می‌گردد. زمان دقیق‌تر کاشت بذر، انتقال نهال و قلمه و تعیین دقیق‌تر زمان و مقدار آبیاری تکمیلی برای کاشت نهال در امر تثبیت بیولوژیکی شن‌زارها و همچنین کاشت محصولات کشاورزی در شن‌زار تثبیت شده تنها در سایه آگاهی از بیلان آبی شن‌زار و چگونگی تغییرات آن در طول دوره رویش امکان پذیر است (روحی پور، ۱۳۷۳). بنابراین متناسب با وضعیت بیلان آبی هر شن‌زار توان بالقوه تولید و بهره‌برداری از آن براساس موازین علمی قابل دستیابی است. بدیهی است از این طریق می‌توان به تداوم زیست گیاهان، بار آوری و تولید موثر در مراتع و جنگل‌های دست کاشت کمک نمود (روحی پور و قدوسی، ۱۳۷۳).

طبق آخرین آمار که با استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای از وسعت ماسه‌های بادی و شن‌زارهای ایران توسط موسسه تحقیقات خاک و آب بدست آمده، در حدود ۴/۵ میلیون هکتار تپه‌های ماسه‌ای و شن‌زار در ایران وجود دارد که بخش کوچکی از آنها توسط سازمان جنگل‌ها و مراتع به وسیلهٔ تعدادی از گونه‌های سازگار و با کاربرد بادشکن مکانیکی و مالچ‌های نفتی تثبیت شده‌اند. در بسیاری مناطق که نزولات آسمانی کافی نبوده عملیات تثبیت شن با استفاده از آبیاری توسط تانکر انجام گرفته است. نظر به اهمیت بسیار زیاد اقتصاد آب و راندمان مناسب آن در تأمین نیاز آبی گیاهان ضرورت دارد نیاز مذکور هم از نظر بهره‌برداری مناسب و اقتصادی از شن‌زارها بر اساس معیارهای علمی تعیین گردد. تعیین بیلان آبی شن‌زارها و شناخت منابعی که قادر به ذخیره رطوبت در شن‌زارها هستند، می‌تواند کمک بزرگی در نحوه استقرار گیاهان تثبیت کننده و همچنین محاسبه نیاز آبی گیاهانی باشد که محیط شن عرصه‌های مناسبی برای رشد و تولید اقتصادی آنها محسوب می‌گردد. در خیلی از مواقع عملیات کشت و زرع بر روی عرصه‌های شنی و نیز تثبیت بیولوژیکی شن‌زارها بدون اطلاع و آگاهی از وضعیت بیلان آبی و رطوبت شن‌زار صورت می‌گیرد که در نتیجه موفقیت برنامه‌های اجرایی بعضا با تردید روبرو می‌گردد و این در حالی است که گیاهان نیازهای آبی متفاوتی دارند. بر اساس پاره‌ای از یافته‌های طرح‌های تحقیقاتی، به نظر می‌رسد که علاوه بر بارندگی سالیانه منابع دیگری از قبیل آبهای زیرزمینی، حرکت آب به صورت بخار و تکاثف آن در ناحیه ریشه و همچنین رطوبت نسبی هوا می‌تواند در تأمین آب مورد نیاز گیاهان تپه‌های شنی و عرصه‌های شن‌زارها نقش مهمی داشته باشند. برای تعیین جایگاه ویژه این منابع آب در تأمین بخشی از آب مورد نیاز گیاهان عرصه‌های شنی، طرح تحقیقاتی "تعیین استعداد رویشی شن‌زارهای منطقه سبزوار به روش بیلان آبی به مورد اجرا گذاشته شد (کاشکی و روحی پور، ۱۳۸۵).

روش بررسی:

معمولی‌ترین الگو برای تعیین بیلان آبی که اولین بار توسط Penk در سال ۱۸۹۶ پیشنهاد گردید (Popove, 1986)، مدلی است که بر اساس سه عامل رواناب، نزولات آسمانی و تبخیر استوار است. این مدل که بعدها توسط همکاران وی اصلاح شد، خصوصیات افق نگهدارنده رطوبت در خاک را نیز در برگرفته است و کلیه ورودی و خروجی آب را در حالات مختلف آن در نظر می‌گیرد (رابطه ۱).

رابطه (۱):
$$W = (VP + HP) + (AP + GI + C) - (PR + PE + SE + Tr + Go)$$

اجزاء معادله فوق عبارتند از:

W: تغییرات رطوبت خاک در افق نگهدارنده آب در طول مدت مطالعه

VP+HP: حجم بارش‌های عمودی و افقی یا کل نزولات سالیانه (باران، برف و غیره)
AP: مقدار آبی که از نواحی مجاور توسط رواناب به منطقه مورد مطالعه وارد می‌شود.
GI: مقدار آبی که از طریق آبهای زیر زمینی وارد منطقه یا افق مورد مطالعه وارد می‌شود.
C: رطوبت ناشی از تکاثف بخار آب موجود در اتمسفر که به خاک یا پوشش گیاهی موجود داده می‌شود.
PR: مقدار آبی که به صورت رواناب سطحی از منطقه خارج می‌شود.
PE: مقدار تبخیر از سطح گیاه و SE میزان تبخیر از سطح خاک یا بقایای گیاهی موجود در سطح خاک
Tr: مقدار تعریق و تعرق گیاهان
GO: مقدار آبی که از طریق آب زیرزمینی به مناطق دیگر حرکت کرده یا مقدار کاهش سطح آب زیرزمینی

از آنجایی که تعدادی از پارامترهای معادله اصلاح شده Penk برای محاسبه بیلان آبی در شن‌زارهای مناطق خشک به ویژه در شرایط اقلیمی شن‌زار مورد مطالعه وجود نداشته یا بسیار ناچیز می‌باشد، در این بررسی از معادله کلی بیلان آبی که براساس قانون بقای ماده و انرژی استوار است (معادله ۲)، به شرح زیر استفاده گردید.

معادله (۲):
$$P = S + \Delta D + \Delta M + U + \int_0^t Edt$$

اجزاء معادله (۲) عبارتند از:
P: میزان بارندگی که به افق مورد مطالعه وارد میشود.
S: میزان رواناب سطحی
ΔD: مقدار تغییرات آب ذخیره گودالی (Surface detention) است.
U: افزایش مقدار آب زیرزمینی و عبارتست از مقدار کل تبخیر در طول مدت زمان (t) در منطقه مورد مطالعه
ΔM: مقدار تغییرات ذخیره رطوبت خاک در عمق مورد بررسی می‌باشد.

پس از تعیین محدوده مورد مطالعه و تعیین مسافت محل بررسی به منابع آبهای سطحی مانند رودخانه‌ها از جمله کال شور سبزوار و غیره برای تشخیص تاثیر آن در تغییرات عمق آبهای زیرزمینی، با استفاده از معادله (۲) وضعیت عوامل موثر در بیلان آبی برای منطقه مورد مطالعه تعیین گردید. با توجه به شرایط اقلیمی محدوده شن‌زار مورد نظر و همچنین به علت سرعت زیاد نفوذ آب در عرصه‌های شنی، دو عامل ΔD یعنی تغییرات ذخیره گودالی و عامل S یعنی رواناب سطحی به علت ناچیز بودن آنها در عرصه شنی از مجموعه معادله (۲) حذف گردیده و معادله کلی بیلان آبی شن‌زار به صورت زیر مورد استفاده قرار گرفت (معادله۳).

معادله (۳)
$$P = \Delta M + U + \int_0^t Edt$$

با توجه به جایگاه و اهمیت میزان رطوبت ذخیره شده در پیکره شن‌زار در فصول مختلف و تاثیر آن در تعادل آبی شن‌زار، اندازه‌گیری و تعیین میزان بالقوه آن در این بررسی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این روی با در نظر گرفتن شرایط توپوگرافی و وضعیت مرفولوژیکی تپه مورد بررسی، نسبت به اندازه‌گیری دوره‌ای (ماهانه) رطوبت به شیوه حجمی با استفاده از دستگاه رطوبت سنج دیجیتالی (T.D.R)[1] اقدام شد. در همین راستا، در نیمرخ عرضی تپه مورد بررسی تعداد ۶ پروفیل با عمق ۱۲۰ سانتی‌متر حفر و رطوبت اعماق (۳۰-۰، ۶۰-۳۰، ۹۰-۶۰، ۱۲۰-۹۰) به روش مقطع‌برداری و از طریق نصب سنسورهای متحرک توسط دستگاه T.D.R اندازه‌گیری و ثبت شد. توزیع پروفیل‌ها به ترتیب تعداد ۳ پروفیل در شیب ملایم، یک پروفیل در ناحیه خط الرأس و ۳ پروفیل در شیب تند قرار داشت. مضافا به اینکه تعداد یک پروفیل به عنوان پروفیل شاهد خارج از محدوده مورد بررسی و در محدوده شن‌زار تثبیت شده با درختچه تاغ، حفر و میزان رطوبت آن به صورت دوره‌ای اندازه‌گیری شد.

2. T.D.R: Time Domain Reflectometry

به منظور تعیین نقش آب متکاثف در بیلان آبی شن‌زار، با ملاحظه تغییرات درجه حرارت شن‌زار در فصول مختلف و نیز با در نظر گرفتن منابع تأمین کننده رطوبت متکاثف، طی آزمایشی در ابتدای پاییز ۸۴، از مقاطع مختلف شن‌زار مورد بررسی و نیز عرصه شن‌زار تثبیت شده در طول شبانه روز نمونه‌برداری به عمل آمد. به همین منظور تعداد سه پروفیل در مقطع طولی شن‌زار (خط الرأس، شیب ملایم یا رو به باد و شیب تند یا پشت به باد) و نیز یک پروفیل در عرصه شن‌زار تثبیت شده حفر گردید. سپس با نمونه‌برداری از لایه‌های مختلف (۳۰-۰، ۶۰-۳۰، ۹۰-۶۰ و ۱۲۰-۹۰ سانتیمتر) در ساعت ۱۲/۳۰ بعد از ظهر و ساعت ۴ صبح (قبل از طلوع خورشید)، رطوبت خاک به روش وزنی اندازه‌گیری و مورد مقایسه قرار گرفت.

موقعیت منطقه مورد مطالعه:

شنزارهای منطقه دولت آباد سبزوار واقع در ۵ کیلومتری جنوب شهرستان سبزوار، به عنوان سایت اصلی اجرای طرح انتخاب گردید و سطحی معادل ۱۰۰۰ متر مربع (به ابعاد ۱۰۰ متر* ۱۰ متر) از عرصه شن‌زار موصوف جهت پایش مداوم رطوبت، حصارکشی و محصور گردید. منطقه مورد نظر به لحاظ جغرافیایی در موقعیت ُ۴۶ و َ۶ و ْ۳۶ عرض شمالی و ُ۵۵ و َ۴۲ و ْ۵۷ طول شرقی با ارتفاع ۹۴۸ متر از سطح دریای آزاد واقع است و به لحاظ مورفولوژیکی و متأثر از باد غالب منطقه با جهت شرقی - غربی، کشیدگی شن‌زار بصورت شمالی شرقی– جنوب غربی بوده که شیب ملایم آن در جهت رو به باد در سمت شرق و شیب تند آن در خلاف جهت باد غالب و در ناحیه غربی قرار دارد (شکل ۱).

شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه (عکس از سایت Google earth)

نتایج و بحث:

۱- تعیین گروه هیدرولوژیکی شن‌زار مورد مطالعه بر اساس محاسبات بیلان آبی

به منظور دستیابی به هدف گروه بندی شن‌زار مورد مطالعه بر اساس عوامل هیدرولوژیکی، محاسبات بیلان آبی به شرح ذیل انجام شد.

همانگونه که در روش بررسی این پژوهش بیان گردید، بیلان آبی یا تعادل رطوبت در عرصه شن‌زار به عواملی از قبیل نزولات جوی، تبخیر و تعرق، رطوبت خاک، نفوذ ثقلی و احیانا تکاثف بخار آب بستگی دارد. بنابراین با محاسبه اجزاء و متغیرهای دخیل در بیلان آبی، امکان قضاوت در مورد گروه هیدرولوژیکی شن‌زار از جنبه تراوایی و ناتراوائی و نیز چگونگی تامین نیاز آبی گیاهان وجود دارد. نتایج محاسبات در جدول (۱ و ۲) آمده است.

جدول (۱): محاسبات اجزاء بیلان آبی در ناحیه شیب ملایم شن‌زار در سال آبی ۸۲-۱۳۸۱

ماه‌های سال	بارندگی ماهیانه (mm)	تبخیر و تعرق پتانسیل (mm)	تبخیر و تعرق واقعی (mm)	تغییرات رطوبت (درصد)	تغییرات رطوبت (mm)	نفوذ ثقلی (mm)
مهر	۰/۶	۲۰۹/۶	۱۱۳/۴	۶/۶	۶۶	-۱۷۸/۸
آبان	۶/۸	۱۰۳/۸	۵۹/۱	۶/۹۵	۶۹/۵	-۱۲۱/۸
آذر	۲۳/۱	۰	۰	۷/۰	۷۰	-۴۶/۹
دی	۳۰/۲	۰	۰	۹/۵	۹۵	-۶۴/۸
بهمن	۴۶/۵	۰	۰	۱۱/۹	۱۱۹	-۷۲/۵
اسفند	۳۹/۵	۰	۰	۱۲/۵	۱۲۵	-۸۵/۵
فروردین	۶۳/۶	۱۴۱/۹	۱۵۱/۲	۱۳	۱۳۰	-۲۱۷/۶
اردیبهشت	۳۲/۶	۲۱۸/۸	۲۱۴/۳	۱۱/۹۵	۱۱۹/۵	-۳۰۱/۲
خرداد	۷/۳	۳۰۶/۳	۲۷۱/۱	۱۰/۸	۱۰۸	-۳۷۱/۸
تیر	۰	۴۴۰/۹	۲۴۳/۹	۶/۷۵	۶۷/۵	-۳۱۱/۴
مرداد	۰	۴۰۱/۳	۲۱۹/۴	۶/۶۷	۶۶/۷	-۲۸۶/۱
شهریور	۰/۱	۲۹۷/۳	۱۷۷/۹	۷/۳	۷۳	-۱۹۰/۹

جدول (۲): محاسبات اجزاء بیلان آبی در ناحیه شیب تند شن‌زار در سال آبی ۸۲-۱۳۸۱

ماه‌های سال	بارندگی ماهیانه (mm)	تبخیر و تعرق پتانسیل (mm)	تبخیر و تعرق واقعی (mm)	تغییرات رطوبت (درصد)	تغییرات رطوبت (mm)	نفوذ ثقلی (mm)
مهر	۰/۶	۲۰۹/۶	۱۳۴	۷/۸	۷۸	-۲۱۱/۴
آبان	۶/۸	۱۰۳/۸	۶۸	۸/۰	۸۰	-۱۴۱/۲
آذر	۲۳/۱	۰	۰	۸/۸	۸۸	-۵۷/۸
دی	۳۰/۲	۰	۰	۸/۸	۸۸	-۵۷/۸
بهمن	۴۶/۵	۰	۰	۹/۵	۹۵	-۴۸/۵
اسفند	۳۹/۵	۰	۰	۱۲/۴	۱۲۴	-۸۴/۵
فروردین	۶۳/۶	۱۴۱/۹	۱۸۰/۳	۱۵/۵	۱۵۵	-۲۷۱/۷
اردیبهشت	۳۲/۶	۲۱۸/۸	۲۵۴/۶	۱۴/۲	۱۴۲	-۳۶۴
خرداد	۷/۳	۳۰۶/۳	۲۴۸/۵	۹/۹	۹۹	-۳۴۰/۲
تیر	۰	۴۴۰/۹	۳۱۶/۲	۸/۷۵	۸۷/۵	-۴۰۳/۷
مرداد	۰	۴۰۱/۳	۲۳۰/۲	۷/۰	۷۰	-۳۰۰/۲
شهریور	۰/۱	۲۹۷/۳	۱۸۷/۶	۷/۷	۷۷	-۲۶۴/۵

- نزولات جوی

جهت اندازه‌گیری نزولات جوی (اعم از باران، برف و تگرگ)، علاوه بر استفاده از داده‌های باران سنج نصب شده در محل اجرای طرح به ویژه در سال‌های اولیه، داده‌های آماری بارندگی ماهانه ایستگاه سینوپتیک شهرستان سبزوار مورد استفاده قرار گرفت که با توجه به شرایط ترسالی و خشکسالی، میانگین بارندگی سالیانه در ایستگاه مزبور طی سال‌های آبی ۸۲-۱۳۸۱ لغایت ۸۵-۱۳۸۴ به ترتیب ۲۵۰/۳، ۱۷۲/۸، ۲۳۰/۱ و ۱۴۱/۷ میلیمتر در نوسان بود.

- تبخیر و تعرق

منظور از تبخیر و تعرق، میزان تبخیر و تعرق از سطح خاک است که با استناد به داده‌های آماری تبخیر و تعرق پتانسیل ماهیانه ایستگاه سینوپتیک سبزوار و پس از اندازه‌گیری میزان ظرفیت نگهداشت شن‌زار و نیز رطوبت ماهیانه، از رابطه Ea=Ep*S/Ss محاسبه گردید. در معادله اخیر معادله Ea عبارتست از مقدار تبخیر واقعی از خاک، S رطوبت خاک و Sc توان نگهداری آب توسط خاک یا (FC + ذخیره گودالی) است.

- رطوبت خاک

رطوبت خاک با استفاده از دستگاه TDR و به صورت حجمی در مقاطع مختلف شن‌زار مورد بررسی و نیز شن‌زار تثبیت شده به صورت ماهیانه اندازه‌گیری شد که با توجه به توزیع پروفیل‌ها در نیمرخ عرضی شن‌زار (سه پروفیل در شیب ملایم، سه پروفیل در شیب تند، یک پروفیل در خط الرأس و پیشانی و یک پروفیل در شن‌زار تثبیت شده)، نسبت به تعیین میانگین رطوبت اعماق مختلف (۳۰-۰، ۶۰-۳۰، ۹۰-۶۰، ۱۲۰-۹۰) هر پروفیل و نیز میانگین رطوبت پروفیل‌های واقع بر دامنه‌های مختلف شن‌زار (شیب تند و شیب ملایم) اقدام شد.

- نفوذ ثقلی

پس از انجام محاسبات مربوط به کمیت های بارندگی، تبخیر و تعرق واقعی و رطوبت خاک، میزان نفوذ ثقلی با بهره‌گیری از معادله کلی بیلان آبی ($P = \Delta M + U + \int_0^t Edt$) به صورت ماهیانه محاسبه گردید.

نتایج محاسبات بیلان آبی شن‌زار مورد بررسی نشان داد که میزان نفوذ ثقلی، یعنی مقدار آبی که می‌تواند از افق بالای شن‌زار به سفره های آب زیر زمینی تراوش نماید، برای هر دو نوع شن‌زار نیمه فعال و تثبیت شده در تمامی ماه‌های سال منفی بوده و میزان بارندگی موجود در منطقه، کفایت نفوذ آب به لایه‌های زیرین و الحاق آن به آبهای زیرزمینی را نمی‌کند به عبارتی شن‌زار مورد مطالعه در گروه شن‌زارهای ناتراوا طبقه بندی می‌گردد که البته این ناتراوایی نه از جهت نفوذ ناپذیری ناشی از سخت لایه‌های بستر شن‌زار، بلکه از ناکافی بودن میزان نزولات جوی در شرایط خشک منطقه ناشی می‌گردد.

۲- پدیده تکاثف و نقش آن در بیلان آبی شن‌زار

رطوبت متکاثف یا از طریق رطوبت نسبی هوا تأمین می‌گردد که در این صورت با افزایش رطوبت نسبی هوا تا حد نقطه اشباع، مولکول‌های آب بر سطح ذرات شن جذب می‌گردد که در شرایط منطقه مورد مطالعه به دلیل خشکی هوا و پایین بودن رطوبت نسبی، موضوع تکاثف بخار آب و ایجاد شبنم حداقل در تابستان منتفی است. هر چند تشکیل شبنم بر سطح شن‌زار و افزایش رطوبت لایه‌های سطحی شنزار در فصول سرد سال قابل پیش بینی و اندازه‌گیری است، و لیکن به دلیل عدم کارآیی مصرف آب در زمستان توسط گیاهان، افزایش رطوبت ناشی از تکاثف مولکول‌های بخار آب و ایجاد شبنم تأثیری در تأمین نیاز آبی گیاهان مستقر در شن‌زار ندارد. دیگر منبع تأمین کننده رطوبت متکاثف در شن‌زارها، جریان‌های عمودی بخار آب است که از ناحیه اشباع و حتی آبهای زیرزمینی به طرف لایه‌های سطحی انتشار می‌یابد. آنچه مسلم است با توجه به خیز کاپیلاری محدود شن‌زارها (حدود ۴۶ سانتی‌متر در شرایط شن‌زار مورد مطالعه)، منابع آب زیرزمینی صرفا در صورتی قادر به تأمین رطوبت متکاثف هستند که در عمق کمی (حدود ۲-۳ متر) از سطح شن‌زار واقع شده باشند که امکان صعود کاپیلاری و بعضا انتشار مولکول‌های بخار آب از لایه‌های گرم زیرین به لایه‌های سرد فوقانی فراهم گردد. بررسی خطوط هم عمق آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه بیانگر آن است که سطح آب زیرزمینی در عمق بیش از ۱۵ متر واقع شده است. بنابراین آبهای زیرزمینی منطقه در تأمین رطوبت متکاثف شن‌زار عملا نقشی ندارند. در واقع میزان جزئی افزایش رطوبت لایه‌های فوقانی (۶۰-۳۰ سانتی‌متر) شن‌زار مورد مطالعه (به طور میانگین ۰/۵ درصد حجمی)، عمدتا از لایه‌های مرطوب زیرین و بعضا رطوبت در حد اشباع حد فاصل لایه شنی و بستر شن‌زار (سخت لایه رسی) تأمین می‌گردد . بنابراین گرچه رطوبت متکاثف به لحاظ حجمی بسیار ناچیز بوده و از منظر بیلان آبی حتی مقدار آن قابل اغماض است، اما به جهت جبران کمبود حدود پایینی رطوبت شن‌زار (ضرایب هیگروسکوپیک و پژمردگی دائمی)، قابل درک و اهمیت بوده و به تداوم استقرار و رشد گیاهان بومی شن‌زار کمک می‌کند.

۳- برآورد رطوبت قابل استفاده شن‌زار[۳]

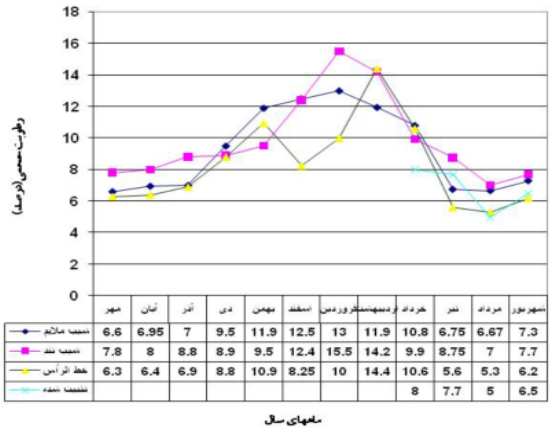
طبق تعریف، دامنه‌ای از تغییرات رطوبت بین دو حد رطوبتی ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائمی را رطوبت قابل استفاده می‌نامند. در بررسی منحنی رطوبتی شن‌زار مورد مطالعه معلوم گردید که میزان آب قابل دسترسی در حدود ۶-۵ درصد است که این میزان رطوبت با مکشی معادل ۰/۰۵ تا ۶ بار نگهداری می‌شود. گرچه به نظر می‌رسد مقدار آب قابل استفاده شن‌زار محدود است، و لیکن با عنایت به این موضوع که بخش عمده این مقدار آب با مکش بسیار جزئی در شن نگهداری می‌گردد، امکان استفاده آن توسط گیاه بسیار آسان است. اصولا ارزش زراعی یک خاک، قبل از اینکه به مجموع ظرفیت نگهداری آب وابسته باشد، به میزان آب قابل دسترسی گیاه بستگی دارد و از این حیث گرچه خاک‌های سنگین و رسی از توان نگهداری آب بالایی برخوردارند، به همان میزان آب غیر قابل استفاده آنها نیز زیاد است. بنابراین وجه تمایز خاک های سبک و سنگین از نظر نگهداری و آزادسازی رطوبت در آن است که خاک های سبک با وجود اینکه نسبت به خاک های سنگین آب کمتری نگه می دارند، و لیکن به دلیل مکش محدود، عرضه آب در این خاک‌ها به آسانی صورت می‌گیرد و رشد گیاه تسریع می‌گردد و مزیت اصلی این نوع خاک‌ها، دوام عرضه آب توسط گیاه است. بی مقدار بودن نیروی کاپیلاری یا خیز موئینه‌ای در توده‌های شنی (میزان صعود کاپیلاری در شن‌زار مورد بررسی معادل ۴۶ سانتی‌متر اندازه‌گیری شده است) در مقایسه با خاک‌های سنگین از دیگر عواملی است که به ذخیره‌سازی رطوبت کافی درون این انباشت‌های بادی کمک می‌کند. واقع شدن شن‌زار مورد مطالعه بر روی آبرفت‌های ریزدانه، به حفظ و نگهداری آب در پیکره شن‌زار کمک می‌کند و در واقع رسوبات آبرفتی ریزدانه به علت قابلیت نفوذ محدود، از خروج و تخلیه سریع آب از توده شن‌زار جلوگیری نموده و در صورت بارش کافی، حفظ تعادل مثبت در بیلان آبی شن‌زار را به دنبال دارد. نسبت تبخیر و تعرق واقعی به بارندگی در شن‌زارهای لخت منطقه مورد مطالعه معادل ۰/۷ است که نشان دهنده آنست که ۷۰ درصد از بارندگی سالانه از طریق تبخیر سطحی تلف می‌گردد و حال آنکه در شن‌زارهای دارای پوشش قریب به ۵۰ درصد نزولات جوی صرف تبخیر و تعرق شده و مابقی به صورت تبخیر سطحی از دست می‌رود. نسبت ET/P در مورد درختچه‌زارهای خشکی پسند احیاء شده توسط گونه Caragana korshinskii در کشور چین بیش از یک گزارش شده است (Wang ,2004). مجموعه عوامل یاد شده باعث گردیده تا برغم بارندگی محدود (۲۵۰-۱۴۰ میلی‌متر) در شن‌زار مورد مطالعه در سال‌های آزمایش، عملیات نهال‌کاری تاغ و ایجاد پوشش گیاهی بر روی بستر شنی با موفقیت توام باشد، به طوری که در حال حاضر بخش‌های تثبیت شده شن‌زار به بیشه‌زاری با فون و فلور متنوع بدل شده است و این در حالی است که استقرار پوشش گیاهی اعم از زراعی و غیر زراعی (گیاهان مرتعی و جنگلی) بر روی خاک‌های رسی بستر نهشته‌های بادی، بدون آبیاری تکمیلی غیر ممکن می‌نماید مگر در مناطقی که سطح آب زیرزمینی بالا بوده و شورروی‌ها در آن روییده‌اند.

۴- نوسانات رطوبتی در قطاع مختلف شن‌زار و اهمیت آن در استقرار گیاهان

بررسی میزان نوسانات رطوبت در قطاع مختلف شن‌زار نیمه فعال و عرصه‌های شنی تثبیت شده (شکل‌های ۱ تا ۴) نشان دهنده آن است که اولا نوسانات رطوبتی در هر دو نوع شن‌زار موصوف از الگوهای بارندگی (میزان و توزیع) تبعیت می‌کند. بدین ترتیب هر چه میزان بارندگی افزایش یابد، به همان نسبت افزایشی در میزان رطوبت ذخیره شده در افق نگهدارنده ملاحظه خواهد شد. ثانیا الگوی تغییرات رطوبت در قطاع مختلف شن‌زار نیمه فعال متناسب با شرایط دینامیکی آن، متفاوت است. به طوری که ناحیه خط الرأس و پیشانی تپه‌های شنی بدلیل ناپایداری ذرات و تحرک و جابجایی زیاد آن، از رطوبت کمتری برخوردار بوده و نوسان رطوبت بین لایه‌های سطحی شن‌زار و لایه‌های عمقی بسیار زیاد است. همین طور مقایسه میزان رطوبت دریافتی و نیز نوسانات رطوبت در اعماق مختلف دامنه‌های رو به باد (شیب ملایم) و دامنه‌های پشت به باد (شیب تند)، مؤید آن است که گر چه میزان رطوبت جذب شده در دو دامنه تفاوت معنی داری ندارد، و لیکن جابجایی موضعی ذرات (برداشت و انباشت) باعث شده است تا رطوبت موجود در

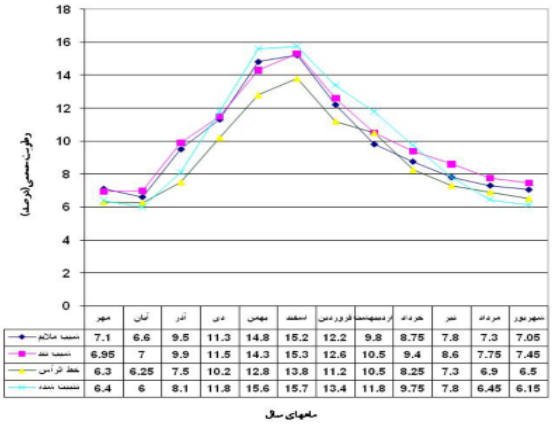
[3] Available water capacity of sand dune

ناحیه شیب ملایم از ثبات بیشتری نسبت به ناحیه شیب تند برخوردار باشد. بررسی الگوی تغییرات ماهیانه رطوبت در عرصه‌های شن‌زار تثبیت شده و مقایسه آن با نوسانات رطوبتی شن‌زار نیمه فعال نیز بیانگر آن است که به واسطه وجود پوشش گیاهی به ویژه از نوع درختچه‌ای و خصوصیات هیدرولوژیکی مرتبط از جمله پدیده برگاب (Interception)، کاهش تبخیر و تعرق سطحی به واسطه کانوپی گیاهی و خرد اقلیم ناشی از آن و بالاخره جذب رطوبت لایه‌های عمقی و تعریق آن، میزان و نوسانات رطوبت در دوره‌های خشک و تر متفاوت از الگوی رطوبتی شن‌زار بدون پوشش است، به طوری که میزان جذب و نگهداری رطوبت در دوره‌های تر در شن‌زار تثبیت شده به مراتب بیشتر از شن‌زار نیمه فعال بوده و بالعکس در دوره‌های خشک به دلیل مصرف رطوبت توسط گیاه، میزان رطوبت ذخیره شده در شن‌زار تثبیت شده کمتر است.



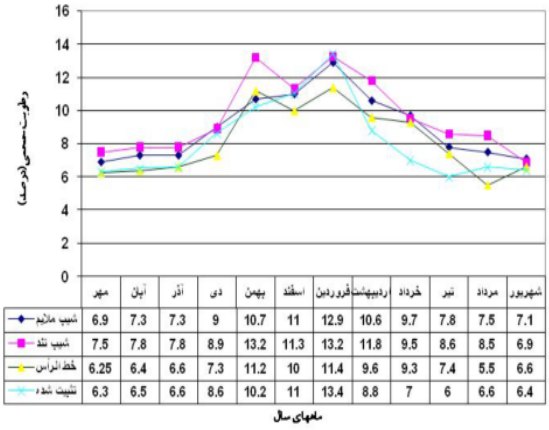
	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
شیب ملایم	6.6	6.95	7	9.5	11.9	12.5	13	11.9	10.8	6.75	6.67	7.3
شیب تند	7.8	8	8.8	8.9	9.5	12.4	15.5	14.2	9.9	8.75	7	7.7
خط الرأس	6.3	6.4	6.9	8.8	10.9	8.25	10	14.4	10.6	5.6	5.3	6.2
تثبیت شده									8	7.7	5	6.5

شکل (۲): نوسانات رطوبت در قطاع مختلف شن‌زار در سال آبی ۸۲-۸۱



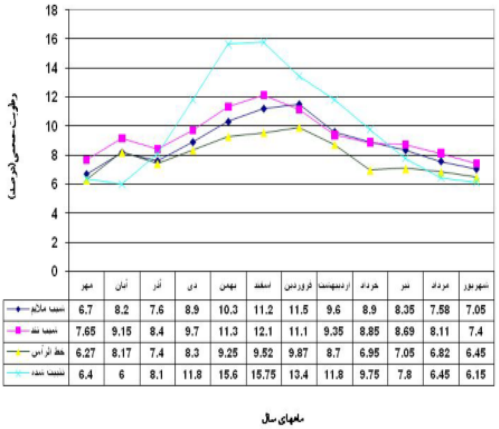
	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
شیب ملایم	7.1	6.6	9.5	11.3	14.8	15.2	12.2	9.8	8.75	7.8	7.3	7.05
شیب تند	6.95	7	9.9	11.5	14.3	15.3	12.6	10.5	9.4	8.6	7.75	7.45
خط الرأس	6.3	6.25	7.5	10.2	12.8	13.8	11.2	10.5	8.25	7.3	6.9	6.5
تثبیت شده	6.4	6	8.1	11.8	15.6	15.7	13.4	11.8	9.75	7.8	6.45	6.15

شکل (۳): نوسانات رطوبت در قطاع مختلف شن‌زار در سال آبی ۸۳-۸۲



	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
شیب ملایم	6.9	7.3	7.3	9	10.7	11	12.9	10.6	9.7	7.8	7.5	7.1
شیب تند	7.5	7.8	7.8	8.9	13.2	11.3	13.2	11.8	9.5	8.6	8.5	6.9
خط الرأس	6.25	6.4	6.6	7.3	11.2	10	11.4	9.6	9.3	7.4	5.5	6.6
تثبیت شده	6.3	6.5	6.6	8.6	10.2	11	13.4	8.8	7	6	6.6	6.4

شکل (۴): نوسانات رطوبت در قطاع مختلف شن‌زار در سال آبی ۸۴-۸۳



	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
شیب ملایم	6.7	8.2	7.6	8.9	10.3	11.2	11.5	9.6	8.9	8.35	7.58	7.05
شیب تند	7.65	9.15	8.4	9.7	11.3	12.1	11.1	9.35	8.85	8.69	8.11	7.4
خط الرأس	6.27	8.17	7.4	8.3	9.25	9.52	9.87	8.7	6.95	7.05	6.82	6.45
تثبیت شده	6.4	6	8.1	11.8	15.6	15.75	13.4	11.8	9.75	7.8	6.45	6.15

شکل (۵): نوسانات رطوبت در قطاع مختلف شن‌زار در سال آبی ۸۵-۸۴

نتیجه‌گیری:

در راستای بهره‌گیری مطلوب از نتایج این پژوهش، برخی راهبردهای اجرایی به شرح ذیل بیان می‌گردد.

۱- با عنایت به بیلان آبی منفی شنزار مورد مطالعه در ماه‌ها و سال‌های مختلف، به نظر می‌رسد نزولات جوی به عنوان تنها منبع تامین کننده نیاز آبی گیاهان مستقر در شنزار بوده و سایر منابع آبی از قبیل آبهای زیرزمینی، آب متکاثف و رواناب‌های سطحی، تاثیر قابل توجهی در تامین نیاز آبی گیاهان شنزار نداشته باشند. بنابراین هر اقدام بیولوژیکی بر روی شنزار مزبور بایستی مبتنی بر میزان و توزیع بارش بوده و ترجیحا از گونه‌های بومی مقاوم و سازگار با شرایط شنزار استفاده شود.

۲- با توجه به نوسانات رطوبتی موجود در مقاطع مختلف تپه‌های شنی دولت آباد، نوسانات شدید رطوبتی به ویژه در لایه‌های سطحی (۶۰-۰ سانتی‌متر) ناحیه خط الرأس و پیشانی تپه‌ها امری محرز بوده و در شرایط معمول، هر نوع عملیات بیولوژیکی را محدود می‌سازد. بنابراین توصیه می‌گردد قبل از شروع فعالیت‌های بیولوژیکی، با احداث بادشکن غیر زنده هر چند در یک ردیف، فرسایش بادی کنترل و سپس اقدام به کشت نهال گردد.

۳- با استناد به نتایج حاصل از اندازه‌گیری رطوبت در ماه‌های مختلف سال و با عنایت به افزایش ذخیره رطوبت شنزار مورد مطالعه در فصل زمستان تا حد ظرفیت زراعی، به نظر می‌رسد بهترین زمان برای انتقال و کاشت نهال در عرصه‌های شنزار، اواخر زمستان (حدود اسفندماه) باشد. در صورت رعایت تاریخ کاشت مزبور، رشد اولیه گیاهان قبل از شروع دوره خشک تضمین شده است.

۴- نظر به محدودیت مواد آلی در شنزار و نقش موثر آن در بهبود ساختمان خاک و تغذیه گیاه، توصیه می‌گردد قبل از کاشت گونه‌های درختچه‌ای، نسبت به کشت گونه‌های علفی و بوته‌ای به عنوان گیاهان پیشاهنگ اقدام نموده و در سایه استقرار گونه‌های اخیرالذکر و پس از تغییر ترکیب خاک، نسبت به کاشت گونه‌های درختچه‌ای مبادرت گردد. سبط(*Stipagrostis spp.*)، گون (*Astragalus Squarsus*)، دم گاوی (*Smirnovia iranica*)، اسکمبیل (*Calligonum spp.*)، تاغ (*Haloxylon persicum*) از جمله گونه‌های بومی هستند که جهت تثبیت بیولوژیکی شنزارهای منطقه دولت آباد قابل توصیه هستند.

۵- با توجه به ثبات رطوبتی موجود در ناحیه شیب ملایم (رو به باد) توصیه می‌گردد عملیات بیولوژیکی تثبیت شنزار از ابتدای شیب ملایم آغاز گردد.

فهرست منابع:

۱- روحی پور، ح. (۱۳۷۳). تعیین ارتفاع بحرانی تپه‌های شنی خوزستان، وزارت جهاد سازندگی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور شماره ۱۱۲.

۲- روحی پور، ح. و ج. قدوسی (۱۳۷۳). تعادل رطوبت و وضعیت آب در شنزارهای مناطق خشک – موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، نشریه شماره ۹۴۰.

۳- کاشکی، م.ت. و ح. روحی پور (۱۳۸۵). بررسی استعداد رویشی شنزارهای منطقه سبزوار به بروش بیلان آبی.

4. Popove K.P. *(1987). Temperature and moisture content dynamics in upper layer barchans at Repetek Southeatern KARAKUM*. Problems of desert development. *No: 2, PP. 69-73.*

5. Garatuza-Payan J., Shttelworth W.J., Encinas D.D., Stewart J.B., de bruin H. and Watts C. *(1998), Measurment and modeling evaporation for irrigated crops in north-west Mixico*. Hydrol. Processes *12, 1397-1418.*

6. Wang X.P., Berndtsson R., Li X.R and Kang E.R. *(2004). water balance change for re-vegetated xerophytes shrub area*. Hydrological science, *49(2): 283-295.*

Water balance and the role of precipitation in estimate growth potential of sand dunes in desert areas (Case study: Sabzevar regoin)

Mohamad Taghi Kashki, Hasan Rouhipor
Email: kashki_mt@yahoo.com

Received: 2013/11
Accepted: 2014/01

Abstract:

Sand dunes of Iran with more than 4.5 million hectare area as a feather of desert regions are important from different aspects. Sand dunes with special hydrologic characteristics, in addition to conserving humidity temporary suitable releasing it, capable to converting as a shrub lands or crop lands. Therefore, it is necessary to study water balance on sand dunes. In order to surveying on sand dunes vegetation capability in Sabzerar region using water balance, Dovlat-Abad sand dunes was selected as a fixed site for measuring of effective factors on water balance. Then, considering morphology of sand dunes, sampling and measurements were concentrated on two kinds of sand dunes (fixed & semi-active sand dunes). Continently, with attention to measuring moisture directly on reservoir horizon by TDR, soil profiles were distributed fitly on different slopes of sand dune. Then with recording monthly moisture and temperature data during 1381-1384 years and collecting meteorological data including precipitation & evapotranspiration using equation of water balance, sand dune was classified from hydrological view. Results showed that Dovlat-Abad sand dunes classified as Un–infiltrative sand dunes group. On this group, Gravitational infiltration is negative and nutrition of underground waters is impossible. So, at these sand dunes, precipitation is the major resource for requirement water of plants and the role of under ground waters isn' t important. Optimal exploiting of reserved moisture on sand dunes related on knowing range volume of it that studies indicated on sand dune situation in Dovlat-Abad, extra reservation of moisture nearly field capacity was occurred in winter season. With beginning of dry period, moisture was infiltrated deep layers. So, temporary date of seed or plantlet culturing with concentration of moisture on surface layers, provide conditions that minimum requirement water of plants was released and irrigation was restricted consequently water use of efficiency was increased.

Keywords: Water balance, Moisture, Dovlat-Abad sand dunes