نقش اقدامات آبخیزداری در استحصال آب و کاهش بحران کم‌آبی

داود نیک‌کامی[1*]

۱* استاد، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پست الکترونیک: *nikkami@scwmri.ac.ir*

چکیده

از ویژگی‌های نواحی خشک و نیمه‌خشک، کمبود منابع آب و رخداد باران‌های سیل‌آسا و آننی است. در اثر پدییده تغییییر اقلیم در این مناطق، با افزایش دما و تلفات آب ناشی از تبخیر، افزایش نیازهای آبی و تغییر رژیم بارش‌ها، کاهش بارش ببرف و افزایش توفان‌های گرد و غبار و وقوع وقایع حدی مثل خشکسالی‌ها، سیلاب‌ها و امواج گرمایی فزوننی یافتته و مجموعه ایین رویدادها کاهش منابع آب سطحی و تغذیه منابع آب زیرزمینی را به‌دنبال دارد و بخش بیشتری از منابع آب به‌صورت تبخییر از دسترس خارج می‌شود. به همین دلیل، در چنین مناطقی لزوم اعمال مدیریت خاص بر منابع آبی کشور و اعممال راهکارهای علمی در کاهش تبخیر از منابع آب احساس می‌شود. از جمله راهکارهای موثر در مدیریت منابع و مصارف آب، در این مقاله ببه معرفی و اثرگذاری سامانه‌های سطوح آبگییر ببباران، پخش سیلاب ببر آبخوان‌ها، بنندهای زیرزمیننی و ممدیریت روش‌های خاک‌ورزی پرداخته می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که اجرای سیستم‌های سطوح آبگیر نیاز آبی گیاهان را در طول سال بر ططرف می‌سازد. در صورتی که منحنی ذخیره آب منحنی‌های نیاز آبی را قطع نماید، لزوما حججم آب ممازاد را باییید از طرییق آبییاری تکمیلی جبران نمود. با در نظر گرفتن اعتبارات تخصیص یافته به طرح‌های پخش سیلاب و در صورت ببه روز نمودن ارزش اعتبارات با سود ۱۵ درصد در سال، قیمت تمام شده هر مترمکعب آب استحصال شده در ییک دوره ۲۰ ساله کمتتر از ۱۷۰۰ ریال است. بند زیرزمینی سنگانه در خراسان رضوی دارای متوسط حجم آب استحصالی سالانه ۱۵۰۰۰ متتر مکعب، بنندهای زیرزمینی توتک (راین) و راور در کرمان به ترتیب دارای متوسط حجم آب استحصالی سالانه ۹۴۶۰۰۰ و ۵۶۷۰۰۰ متر مکعب می‌باشند. در نهایت، از هر هکتار اراضی دیم تحت کشت گندم در استان زنجان در شخم در جهت شیب سالانه ۸۵,۹ مترمکعب آب خارج شده که به همراه خود ۲,۲ تن در هکتار خاک حاصلخیز را از طریق فرسایش خارج می‌سازد. در ححالی ککه در روش شخم عمود بر جهت شیب، فقط ۱۴,۴ متر مکعب آب (۸۳٪ یا ۶ برابر کمتر) از عرصه خارج شده و مابه‌التفاوت یعنی ۷۱,۵ متر مکعب در خاک نفوذ کرده و رطوبت خاک را افزایش می‌دهد. به همین دلیل، میزان فرسایش خاک و تولید رسوب هم ببه ۰,۲ تن در هکتار (۹۰٪ یا ۱۱ برابر کمتر) کاهش می‌یابد. در چنین شرایطی، میزان عملکرد گنندم دییم منطققه از ۹۲۴ کیللو ببه ۱۱۳۶ کیلو در هکتار (۲۳٪) افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی: استحصال باران، پخش سیلاب، بند زیرزمینی، مخزن ذخیره آب، مدیریت خاک‌ورزی

مقدمه

کمبود منابع آب در ایران به جهت قرارگیری در نواحی خشک و نیمه خشک جهان بر کسی پوشیده نیست. رخداد جریانات سیلابی و آنی از ویژگی‌های فطری این نواحی محسوب می‌شود. این در حالی است که میزان متوسط بارش و تبخیر کشور به‌ترتیب یک‌سوم و سه برابر متوسط جهانی است. از نظر پراکنش مکانی، ۷۰ درصد بارش‌ها بر ۲۵ درصد اراضی و ۳۰ درصد آن بر ۷۵ درصد اراضی می‌بارد. از نظر پراکنش زمانی نیز ۷۵ درصد بارش‌ها در فصول غیر زراعی و ۲۵ درصد بارش‌ها در فصول زراعی نازل می‌شوند.

اثرات تغییر اقلیم در مناطق خشک و نیمه خشک نیز مزید بر علت شده و مشاهدات عینی اثرات تغییر اقلیم را در این مناطق به‌صورت خشک‌تر شدن و کم‌بارش‌تر شدن بروز می‌دهند. در اثر این پدیده، افزایش دما و تلفات آب ناشی از تبخیر، تغییر رژیم بارشی، کاهش بارش برف و افزایش نیاز آبی پوشش گیاهی دور از انتظار نیست. شکل دیگر اثرات این پدیده، افزایش شدت و احتمال وقوع وقایع حدی مثل خشکسالی‌ها و سیلاب‌ها است. اثرات تغییر اقلیم را به‌طور خلاصه می‌توان در موارد سه‌گانه زیر اشاره کرد (زهرایی، ۱۳۹۷). مجموعه اثرات این عوامل، نقصان در تغذیه منابع آب سطحی و زیرزمینی بوجود آورده و بخش عمده‌ای از منابع آب در اثر تبخیر از دسترس خارج شده و نیاز آبی گیاهان با افزایش دما، بیشتر می‌شود.

۱) افزایش دما که منجر به افزایش تلفات تبخیر آب و کاهش تغذیه منابع آب سطحی و زیرزمینی می‌شود،

۲) تغییر رژیم بارشی زمستانه به بهاره و تابستانه که کاهش قابل توجه بارش برف و افزایش تلفات تبخیر را به‌دنبال دارد،

۳) افزایش شدت و تواتر وقوع سیلاب‌ها و خشکسالی‌ها، به‌طوری که در دهه‌های ۴۰ الی ۹۰ به‌ترتیب ۱۹۳، ۲۵۱، ۴۴۲، ۱۰۲۶، ۱۳۴۱ و بالغ بر ۲۰۰۰ واقعه سیل به ثبت رسیده است.

توزیع نامناسب زمانی و مکانی بارندگی موجب شده تا وقوع خشکسالی‌ها و کمبود آب، خصوصا در فصل رشد گیاه، مانع اصلی توسعه قلمداد شود. در این شرایط، عدم برخورداری از روش‌های علمی و عملی در مدیریت بهینه و بهره‌برداری مناسب از ریزش‌های جوی، از عوامل اصلی کاهش تولیدات گیاهی، تشدید فرسایش و هدر رفت آب حاصل از بارش می‌باشند. در حال حاضر، بخش کشاورزی به عنوان عمده‌ترین مصرف کننده آب با چالش بزرگی تحت عنوان افزایش روز افزون تقاضا و کاهش منابع آب روبرو می‌باشد. از طرف دیگر، آمارها هم نشان می‌دهند که این بخش، بیش از حد معمول به منابع آب‌های زیرزمینی وابسته شده‌اند. رشد فزاینده جمعیت و نیاز بیشتر به تولیدات کشاورزی و تامین موادغذایی از یک طرف و محدودیت منابع آب، بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، از طرف دیگر بهره‌برداری بهینه از منابع آب را در تمام زمینه‌ها مخصوصا در بخش کشاورزی که بیشترین سهم مصرف آب را دارا می باشد، ضروری ساخته است. به همین منظور، نهادهای ملی و بین‌المللی مسئول در زمینه آب و محیط زیست در کشورهای مختلف، استفاده از فن‌آوری‌های استحصال آب باران و آبهای جاری و زیرقشری را جهت افزایش راندمان کشت دیم و کاستن از وابستگی به کشت آبی در مناطق خشک و نیمه خشک را به عنوان راهکاری برای افزایش تولیدات کشاورزی و کاستن از تقاضای آب دنبال می‌کنند.

مواد و روش‌ها

استحصال آب، جمع آوری آب بارش‌ها در محل فرود، یا جمع‌آوری رواناب‌ها قبل از پیوستن به رودخانه‌ها و یا انتقال آب از مسیل سیل می‌باشد. با توجه به اینکه فن‌آوری‌های استحصال آب باران و آبهای جاری و زیرقشری به عنوان راهکارهای افزایش تولیدات کشاورزی و کاستن از تقاضای آب در مناطق خشک و نیمه خشک مطرح است، اثرگذاری سامانه‌های سطوح آبگیر باران، پخش سیلاب بر آبخوان‌ها، بندهای زیرزمینی و مدیریت روش‌های خاک‌ورزی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱- سامانه‌های سطوح آبگیر باران[1]

فن‌آوری استحصال آب به دلیل سادگی و آشنایی سنتی مردم با جزئیات آن توانسته مشارکت بهره‌برداران را جلب نموده و به عنوان یک منبع آب جایگزین به‌طور وسیع و موثری مورد استفاده قرار گیرد. محدوده فعالییت و گسترش این روش‌ها در

[1] Rainwater harvesting systems

بالادست حوزه‌های آبخیز و در محل تشکیل رواناب‌هاست و منطق حاکم این است که از بارندگی‌ها به نحو موثرتری استفاده شود. به‌نحوی که علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب زیرزمینی، از آلودگی رواناب‌های سطحی و فرسایش خاک کاسته و از تلفات ناشی از تبخیر و از دسترس خارج شدن آب‌ها جلوگیری شود. فن‌آوری استحصال آب کاربردهای زیبادی در حوزه‌های آبخیز شهری نیز دارد که از جمله آنها جمع‌آوری رواناب حاصل از بارندگی بر روی معابر و پشت‌بام‌ها برای استفاده در مصارف بهداشتی و آبیاری فضای سبز شهری است که به نوبه خود جایگاه ویژه‌ای در صنعت آب جهان پیدا کرده است. سامانه‌های سطوح آبگیر باران در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری در قالب ۷۳ طرح تحقیقاتی از سال ۱۳۷۹ در ۱۶ استان به مورد اجرا گذاشته شده است. در این طرح‌ها، شکل سامانه، ابعاد مناسب، جنس سطح آبگیر و مواد بکار رفته در اطراف ریشه نهال‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. شکل‌های ۱ الی ۶ نمونه‌هایی از اجرای طرح را نشان می‌دهند. شکل‌های ۷ و ۸ نیز نمای مخزن ذخیره آب را برای آبیاری تکمیلی در ماه‌هایی که منحنی ذخیره آب، نیاز آبی گیاه را تامین نمی‌کند، نشان می‌دهند.

شکل ۱- نهال زیتون در سطوح آبگیر، سال پنجم، مراوه تپه

شکل ۲- نهال بادام در سطوح آبگیر، سال سوم، شهرکرد

شکل ۳- نهال بادام در سطوح آبگیر، سال پنجم، اراک

شکل ۴- نهال زردآلو در سطوح آبگیر، سال چهارم، ارومیه

شکل ۵- نهال گردو در سطوح آبگیر، سال چهارم، دیواندره

شکل ۶- نهال زیتون در سطوح آبگیر، سال چهارم، گنبد

شکل ۷- نمای مخزن و عملیات ستون‌گذاری

شکل ۸- نمای درون مخزن و نصب ژئوممبران

۲- سامانه‌های پخش سیلاب بر آبخوان‌ها[2]

فن و دانش پخش سیلاب عبارت از استحصال، پخش و متمرکز کردن سیلاب‌ها در عرصه‌های مشخص ببرای مقاصد چنند منظوره شامل زراعت سیلابی، تولید چوب و ایجاد محیط‌های سبز، اصلاح خاک، احیای مراتع، تولید علوفه و تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی (آبخوان‌ها) می‌باشد. این امر در بهبود وضع آب، خاک، پوشش گیاهی و تغذیه سفره‌های زیرزمینی مؤثر بوده و از هدر رفتن آب جلوگیری می‌نماید. بررسی‌های پخش سیلاب بر آبخوان در ایران از سال ۱۳۴۸ در قالب برنامه‌های اجرایی و پژوهشی آبخیزداری به اجرا در آمده است. اولین طرح اجرایی پخش سیلاب در منطقه سرچم واقع در حوزه آبخیز زنجان‌رود در قالب طرح آبخیزداری سفیدرود در سال ۱۳۵۱ اجرا شد و متعاقب آن در نودهک قزوین اولین طرح تحقیقاتی پخش سیلاب به مورد اجرا در آمد.

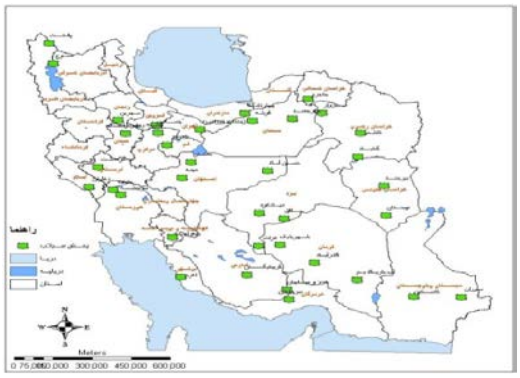
با توجه به پیشرفت‌های علمی و عملی، الگوبرداری از بهره‌برداری سیلاب‌ها به روش سنتی در ایران و سایر ملل جهان و استفاده از ابتکارات و خلاقیت‌های نیاکان ما پخش سیلاب به شیوه علمی برای اولین بار در ایران، در ایستگاه تحقیقات پخش سیلاب کوثر در گربایگان شهرستان فسا در استان فارس در عرصه‌های بیابانی و در قالب یکی از طرح‌های تحقیقاتی توسط وزارت جهاد سازندگی سابق به اجرا درآمد. در این عرصه در اثر برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، اراضی با مشکل کم آبی روبرو بوده و به دلیل افت شدید سطح سفره‌های آب و شور شدن تدریجی آب‌ها باعث تشدید بیابانی شدن منطقه شده بود. میزان بهره‌برداری از آب زیرزمینی قبل از اجرای طرح پخش سیلاب در این ایستگاه تحقیقاتی در حدود چهار میلیون متر مکعب در سال برآورد شده که همراه با بیلان منفی سفره‌های آب زیرزمینی و شور شدن آب بوده است. از سال ۱۳۷۵ تتاکنون تعداد ۳۷ طرح پخش سیلاب در قالب ایستگاه‌های تحقیقاتی، آموزشی و ترویجی مجموعاً در مساحتی بالغ بر ۶۳ هزار هکتتار توسط پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری به اجرا در آمده است (شکل ۹). شکل‌های ۱۰ الی ۱۲ به‌ترتیب گوشه‌ای از ایستگاه‌های پخش سیلاب بر آبخوان فسا در استان فارس، دهلران در استان ایلام و بم در استان کرمان را نشان می‌دهند.

۳- سامانه‌های بند زیرزمینی[3]

بند زیرزمینی در حقیقت مانعی سازه‌ای یا هیدرولیکی در برابر جریان آب زیرسطحی در زیر زمین و در یک محیط متخلخل است. بند آب زیرزمینی در مقایسه با بندهای معمولی که در عرض رودخانه یا نهرها به منظور ذخیرهٔ آب سطحی ساخته می‌شوند و آب سطحی را در مخازن بالادست بند جمع‌آوری می کنند، جریان زیرزمینی را مسدود، منحرف و یا محدود می‌کنند و آب را در زیر سطح زمین در محیط متخلخل ذخیره می‌نمایند. در نتیجه، در مقایسه با بندهای سطحی نه تنها زمینی غرقاب نمی‌شود و هدر رفت آب در اثر تبخیر بوجود نمی‌آید، بلکه اثرات زیست محیطی آن بسیار کم و مبحث بهره‌برداری و نگهداری آن بسیار سهل و کم هزینه و مشکلات رسوب در آن تقریباً وجود نداشته و قابل ترویج و اجرا و

2 Floodwater spreading systems
3 Underground dam systems

بهره‌برداری توسط تشکل‌ها و تعاونی‌های مردمی می‌باشد. بند زیرزمینی برای مقاصد چند منظوره از جمله توسعه و تقویت منابع آبی، مدیریت و محافظت از منابع آب استفاده می‌شود. این بند می‌تواند سطح ایستابی در یک سفره با جریان محدود را طوری ذخیره نموده و بالا ببرد که به یک مخزن یا سفره با حجم قابل ملاحظه آب تبدیل و به راحتی با پمپ یا به‌صورت ثقلی و کنترل شده قابل بهره‌برداری باشد. بندهای زیرزمینی می توانند با مسدود نمودن زهکشهای زیر سطحی از هجوم شیرابه و یا جبهه آب شور و یا هر سیال یا آب بدون کیفیت به مخازن و سفره‌های آب شیرین یا منابع آب جلوگیری نموده و نقش مهمی در زمینه حفاظت از منابع آب ایفا نمایند. شکل ۱۳، عملکرد شماتیک بند زیرزمینی را در تقویت آب‌های زیرسطحی و توسعه منابع آبی کوچک را نشان می‌دهد.

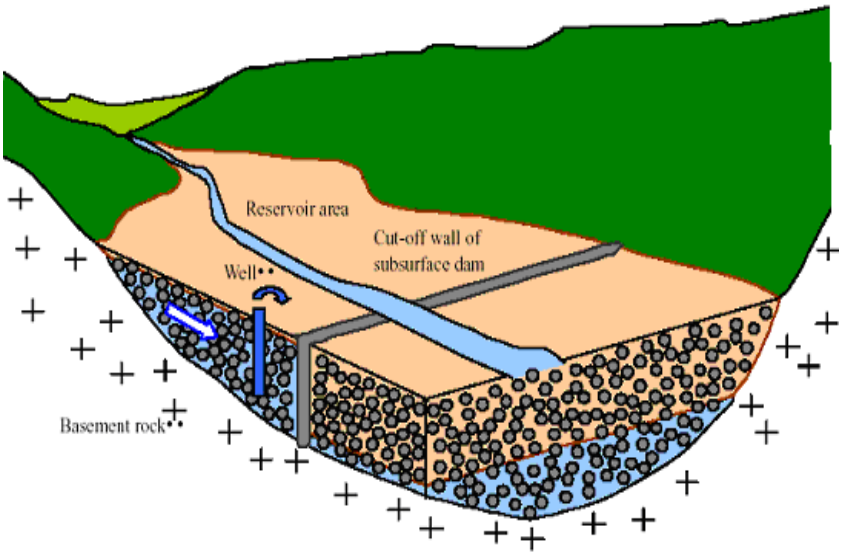


شکل ۹- محل‌های احداث ایستگاه‌های پخش سیلاب

شکل ۱۰- ایستگاه پخش سیلاب، فسا، فارس، ۱۳۹۶

شکل ۱۱- ایستگاه پخش سیلاب، دهلران، ایلام، ۱۳۹۶

شکل ۱۲- ایستگاه پخش سیلاب، بم، کرمان، ۱۳۹۶



شکل ۱۳- تصویر شماتیک از عملکرد استحصال، ذخیره‌سازی، تقویت و مدیریت آب زیر قشری توسط بند زیرزمینی

فن احداث و استفاده از بندهای زیرزمینی بر اساس شواهد موجود، از جمله بند زیرزمینی وزوان اصفهان و بنند زیرزمینی بیرجند، در کشور ما دارای قدمت زیادی است که به خاطر بی توجهی و عدم استفاده از تکنولوژی‌های نوین جهت توسعه و بهره‌برداری از آن دچار رکود و فراموشی شده است. بی‌تردید بندهای زیرزمینی در مناطق روستایی در کشورهای در حال توسعه که شرایط آب و هوایی خشکی دارند، از محاسن بیشتری نسبت به بندهای سطحی برخوردارند. به ویژه آن که ریسک آلودگی محتمل و تبخیر آب و هزینه اجرا و بهره‌برداری را کاهش می‌دهند. مناطق واقع شده در حاشیهٔ دریا در شمال و جنوب کشور و حواشی کفه‌های نمکی و کویرها و حتی گنبدهای نمکی و بدلندها با وجود داشتن زمینهٔ مساعد برای توسعهٔ همه‌جانبه معمولا با محدودیت منابع آب مناسب روبرو بوده و هستند. از یک سو، استفادهٔ بی‌رویه از منابع آبی موجود در این مناطق اگر همگام با اقدامات پیشگیری کننده نباشد، باعث هجوم آب‌های شور به طرف سفره‌های آب شیرین شده و وضعیت موجود را هم در خطر قرار خواهد داد. از سوی دیگر، آب‌های شیرین و قابل استفاده اگر کنترل و مدیریت نشوند، از دسترس خارج شده و شور خواهند شد. بنابراین، اجرای بندهای زیرزمینی در منتهی‌الیه اراضی ساحلی و یا آبراهه‌های منتهی به کویر، کفه نمکی، گنبد نمکی و ... علاوه بر تضمین پایداری وضع موجود، مدیریت، استحصال و محافظت منابع آب، باعث افزایش امکانات بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی نیز خواهد شد.

تحقیقات در زمینه کاربردهای بند زیرزمینی و بومی سازی این تکنیک در ایران کمتر از دو دهه است که در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری شروع و با انجام چندین طرح تحقیقاتی و اجرای چند نمونه پایلوت تحقیقاتی همراه بوده است. با آغاز کار تحقیقاتی و مطالعه، طراحی و اجرا و بهره‌برداری از چند بند به‌عنوان پایلوت تحقیقاتی و با انتشار نتایج و بیان ضرورت‌ها و برنامه‌های آشنا سازی سبب شده تا استفاده از این تکنیک جدید در بین مدیران و سیاست‌گزاران جای خاص خود را باز کند و ترویج آن در کشور آغاز و با استقبال روبرو شود. در حال حاضر در کشور ۱۵ بند زیرزمینی در شش استان ساخته شده و در حال بهره‌برداری هستند. تعداد ۲۰ بند دارای اتمام مطالعات و مکانیابی بوده و دو بند نیز در حال مطالعه و مکانیابی هستند. شکل‌های ۱۴ و ۱۵ بندهای زیرزمینی احداث شده در استان‌های خراسان رضوی و کرمان را نشان می‌دهند.

شکل ۱۴- محل بند زیرزمینی سنگانه، استان خراسان رضوی

شکل ۱۵- خروجی آب بند زیرزمینی حرمک، استان کرمان

۴- مدیریت روش‌های خاک‌ورزی در اراضی دیم

تغییر کاربری اراضی مرتعی به زراعت دیم همراه با شخم اراضی در جهت شیب باعث افزایش تلفات خاک توسط فرسایش آبی می‌شود. افزایش تلفات خاک در اثر شخم در جهت شیب رابطه مستقیمی با درجه شیب زمین دارد. تعیین حد مجاز شیب اراضی برای زراعت دیم می‌تواند ملاک و شاخصی برای کاهش فرسایش خاک در دیمزارها به عنوان یک اقدام مدیریتی و به‌زراعی باشد. با توجه به رشد جمعیت و نیاز انسان به منابع بیشتر مواد غذایی، هر ساله سطوح قابل توجهی از جنگل‌ها و مراتع تبدیل به زراعت دیم شده و بدون توجه به قابلیت اینگونه اراضی، اقدام به کشت وکار بر روی آنها می‌شود. این امر موجب هدر رفت مقادیر متنابهی از خاک حاصلخیز شده که بدلیل شرایط اقلیمی معمولا فرایند خاکسازی قادر به جایگزین نمودن خاک فرسایش یافته نمی‌شود و پس از مدتی اینگونه اراضی به صورت متروکه رها می‌شوند (Nikkami، ۲۰۰۸).

رفاهی (۱۳۸۲)، به نقل از Eri در مورد نقش درجه شیب در فرسایش اظهار می‌دارد که با دو برابر شدن سرعت جریان آب، ذرات با ۶۴ برابر اندازه قبلی قابل حمل خواهند بود. بدیهی است که افزایش جریان آب در اثر افزایش شیب و افزایش فرسایش در اثر کاهش پایداری خاک بوده و این امر در مناطقی که عملیات شخم و شیار در آنها صورت گرفته، شدیدتر است. Baver و همکاران (۱۹۷۲)، شخم مناسب را از جمله راه های افزایش نفوذ پذیری و کاهش فرسایش خاک معرفی می‌نمایید. Steiner (۱۹۹۴)، به نقل از Smica و Unger در مورد اثرات تغییر کاربری اراضی به تأثیر عملیات شخم روی میزان رطوبت خاک اشاره می‌کند که پس از بارش ۱۶۴ میلی‌متر باران و گذشت ۳۴ روز، خاکی که ککاربری آن تغییر نککرده و عملییات ششخم روی آن انجام نشده است بیشترین میزان رطوبت را در عمق ۱۵ سانتی‌متری خود ذخیره ککرده است. در ایین تحقییق حداقل میییزان رطوبت مربوط به تیمار شخم با برگردان کامل و حد متوسط مربوط به حداقل خاک‌ورزی بوده است. همچنین، ایین محققق در مورد تبخیر از خاک‌های مختلف که تحت مدیریت‌های گوناگون قرار داشته است به این نتیجه رسید که با تغییر کاربری اراضی و کاهش پوشش گیاهی میزان تبخیر از سطح خاک بشدت افزایش می‌یابد. این محقق یکی از علت های اصلی این امر را در بالا رفتن درجه حرارت سطحی خاک در اثر تغییر کاربری و لخت شدن خاک سطحی بدست آورد. Cornelis و همکاران (۲۰۰۲)، نحوه عملیات شخم و شیار را بر میزان رواناب و فرسایش موثر دانسته و شخم عمیق[4] را در مقایسه با شخم سنتی، بدون شخم و حداقل شخم، پیشنهاد نمودند. Zhu (۲۰۰۳)، در گزارش به وزارت کشاورزی چین اعلام نموده که سالانه ۱۷۰۰ کیلومتر مربع از اراضی بیابانی شده که عموما مربوط به مناطق دیم بوده و ۶۰٪ رسوبات یانگ تسه از این اراضی سرچشمه می‌گیرند.

در دو طرح تحقیقاتی که در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری به مورد اجرا در آمده است (نیک‌کامی و همکاران، ۱۳۸۴ و لطف‌الله‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶)، نتایج موید نقش موثر شخم عمود بر جهت شیب در حفاظت آب و خاک، افزایش رطوبت، کاهش فرسایش و نهایتا افزایش تولید محصول بوده‌اند. شکل‌های ۱۶ و ۱۷ اجرای این دو طرح را نشان می‌دهند.

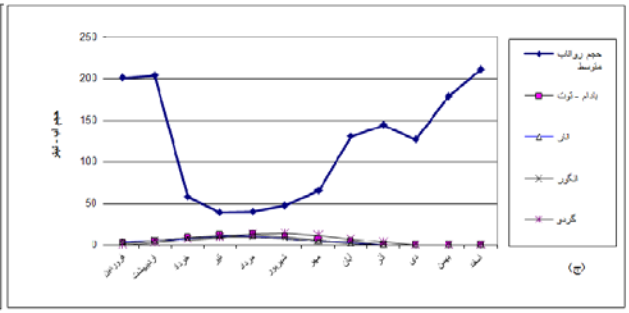
شکل ۱۶- طرح تاثیر جهت شخم در حفاظت آب و خاک

شکل ۱۷- طرح تاثیر کشت گونه چاودار در مقایسه با گندم

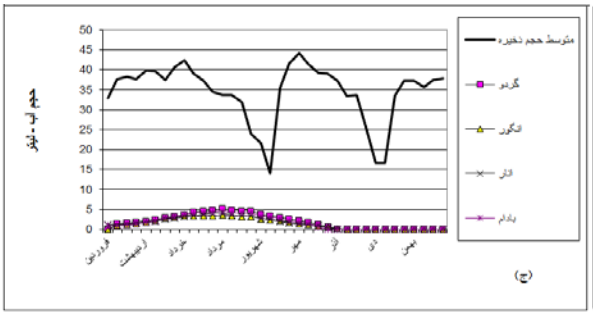
نتایج و بحث

اثرگذاری سامانه‌های سطوح آبگیر باران، پخش سیلاب بر آبخوان‌ها، بندهای زیرزمینی و ممدیریت روش‌های خاک‌ورزی به‌ترتیب و به‌صورت زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱- سامانه‌های سطوح آبگیر باران



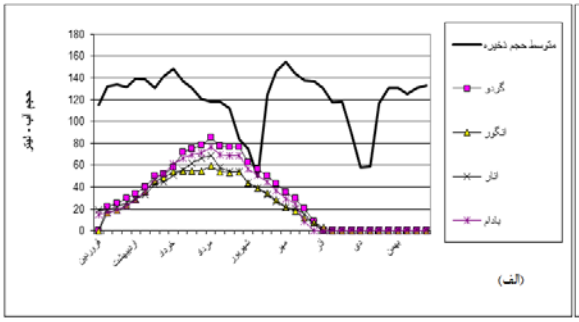
شکل ۱۸- رواناب حاصل از بارش و نیاز آبی گونه‌ها تا سه سالگی



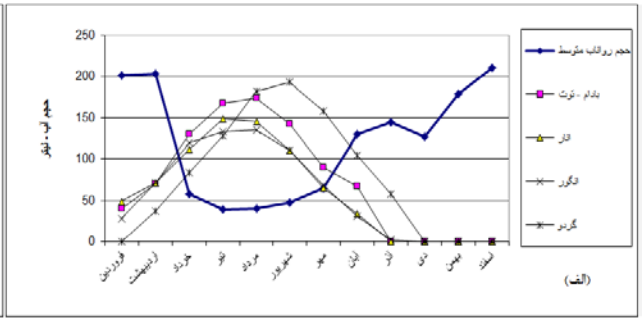
شکل ۱۹- آب ذخیره سامانه و نیاز آبی گونه‌ها تا سه سالگی

[4] Sub-soiling

شکل ۱۸، متوسط رواناب حاصل از بارش و نیاز آبی گونه‌های باغی را تا سن سه سالگی در سیساب خراسان شمالی نشان می‌دهد. شکل ۱۹ نیز متوسط آب ذخیره شده در پروفیل خاک را در سامانه‌های سطوح آبگیر باران و در مقایسه با نیاز آبی همان گونه‌های باغی نشان می‌دهد. شکل‌های ۲۰ و ۲۱ همین موارد را در نهال‌های نه ساله در همین منطقه نشان می‌دهند.



شکل ۲۰- رواناب حاصل از بارش و نیاز آبی گونه‌ها تا نه سالگی

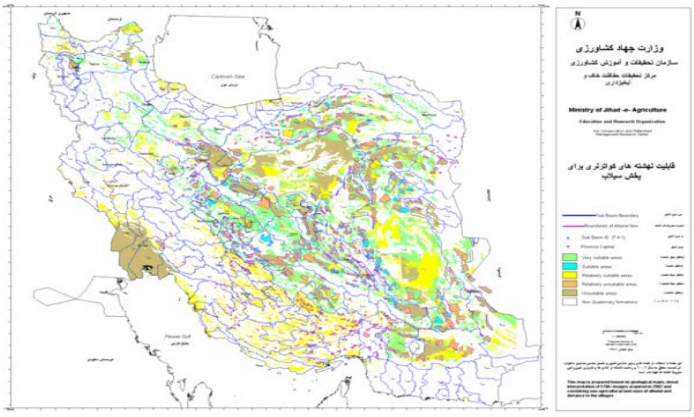


شکل ۲۱- آب ذخیره سامانه و نیاز آبی گونه‌ها تا نه سالگی

همان گونه که در شکل‌های ۱۹ و ۲۱ ملاحظه می‌شود، اجرای سیستم‌های سطوح آبگیر نیاز آبی گیاهان را در طول سال بر طرف می‌سازد. در صورتی که منحنی ذخیره آب منحنی‌های نیاز آبی را قطع نمایید، لزوما حجم آب ممازاد را بایید از طریق آبیاری تکمیلی جبران نمود. در این حالت، این بخش از آب را از طریق احداث مخزن ذخیره آب برای آبیاری تکمیلی (شکل‌های ۷ و ۸) می‌توان جبران نمود. بررسی‌های انجام شده در خصوص وضعیت باغات دیم کشور نشان می‌دهد که از ۲,۸۵ میلیون هکتار باغ‌های بارور و غیر بارور کشور در سال ۱۳۹۶، سطحی حدود ۳۵۹ هزار هکتار (۱۲,۶٪) دیم هستند (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۷ الف). پنج عامل عمده در حوزه‌های آبخیز نقش مهمی در توسعه پوشش گیاهی دارند (روغنی، ۱۳۸۸). این عوامل شامل استحصال آب باران، نفوذ رواناب در خاک (Shaxson و Barber، ۲۰۰۳)، مفهوم مولفه جریان در سطوح شیب‌دار (مصطفی زاده و همکاران، ۱۳۷۷) و بکارگیری روش‌های ذخیره رطوبت و کاهش تبخیر از سطح خاک می‌باشند. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که حداقل بارش برای تولید رواناب در سطوح کوبیده چهار و در صورت وجود رطوبت پیشین، ۱/۹ میلی‌متر و در سطح شاهد (بدون کوبیدگی) ۸/۵ میلی‌متر است (Li و Gong، ۲۰۰۲).

۲- سامانه‌های پخش سیلاب بر آبخوان

عرصه‌های مخروط افکنه‌های مناسب پخش سیلاب در شکل ۲۲ توسط پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری تهیه شده است. این نقشه و اطلاعات موجود در آن می‌تواند به‌عنوان مبنای مطالعات تفصیلی و اقدامات بعدی قرار گیرد. با استفاده از اطلاعات موجود برای مخروط افکنه‌ها و همچنین اطلاعاتی که برای سایر نهشته‌های کواترنری تهیه شده و تلفیق آن‌ها با دیگر اطلاعات موجود، نظیر رعایت فاصله از آبادی‌ها و لحاظ آب مازاد برای هر یک از زیر حوضه‌ها، تمامی نهشته‌های کواترنر کشور از نظر قابلیت برای پخش سیلاب، می‌توانند مورد ارزیابی و اولویت‌بندی قرار گیرند.



شکل ۲۲- نقشه قابلیت نهشته‌های کواترنری برای پخش سیلاب

با در نظر گرفتن کل اعتبارات تخصیص یافته به طرح‌های پخش سیلاب از سال ۱۳۷۴ تا کنون که قریب به ۳۶۰ میلیارد ریال بوده است، قیمت تمام شده هر مترمکعب آب استحصال شده حدود ۲۸۰ ریال و در یک دوره ۲۰ ساله به‌دست آمده است. در صورت به روز نمودن ارزش اعتبارات با سود ۱۵ درصد در سال، قیمت تمام شده هر مترمکعب آب استحصال شده کمتر از ۱۷۰۰ ریال خواهد بود. این در حالی است که بخش عمده‌ای از این اعتبارت برای تجهیزات هواشناسی، هیدرومتری و آزمایشگاهی و سایر امکانات مورد نیاز جهت بستر سازی انجام تحقیقات در ایستگاه‌های پخش سیلاب صرف شده است و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی همان‌گونه که در بند قبل اشاره شد، یکی از اهداف اجرای پخش سیلاب بر آبخوان‌ها می‌باشد. در مقام مقایسه، قیمت تمام شده هر مترمکعب آب در سال ۱۳۹۵ توسط وزارت نیرو ۱۵۰۰۰ ریال اعلام شده است (دائمی، ۱۳۹۵). مسلما جلوگیری از پدیده فرونشست دشت‌ها، احیاء قنوات، توسعه کشاورزی آبی، افزایش ارزش فیزیکوشیمیایی خاک عرصه مخروط افکنه‌ها، افزایش تولید علوفه گیاهان مرتعی، افزایش تولید چوب، کاهش فرسایش خاک، کاهش گرد و غبار، کاهش حجم و مخاطرات سیل، کاهش مهاجرت به‌دلیل ایجاد اشتغال و تاثیرات مناسب زیست محیطی بخشی از تاثیرات مثبت عرصه‌های پخش سیلاب می‌باشند.

۳- سامانه‌های بند زیرزمینی

همان گونه که اشاره شد، در حال حاضر ۱۵ بند زیرزمینی در شش استان ساخته شده و در حال بهره‌برداری هستند. اتمام مطالعات و مکانیابی ۲۰ بند به پایان رسیده و دو بند نیز در حال مطالعه و مکانیابی هستند. جدول ۱، مشخصات بندهای زیرزمینی اجرا شده و در مرحله مطالعه و مکانیابی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات بندهای زیرزمینی اجرا شده و در مرحله مطالعه و مکانیابی

نام استان	تعداد	هدف پروژه	وضعیت طرح
تهران	۴	تامین آب (ایجاد منابع آبی کوچک)	در حال بهره‌برداری
سمنان	۳	تامین آب (ایجاد منابع آبی کوچک)	در حال بهره‌برداری
کرمان	۵	تامین آب (ایجاد منابع آبی کوچک)	در حال بهره‌برداری
یزد	۱	تامین آب (تقویت و مدیریت منابع آب-قنات)	در حال بهره‌برداری
آذربایجان غربی	۱	تامین آب (تقویت و مدیریت منابع آب-قنات)	در حال بهره‌برداری
خراسان رضوی	۱	تامین آب (تامین آب دام عشایر)	در حال بهره‌برداری
۲ استان کشور	۲	تامین آب (ایجاد منابع آبی کوچک)	در حال مطالعات و مکانیابی
۹ استان کشور	۲۰	تامین آب (ایجاد منابع آبی کوچک)	اتمام مطالعات و مکانیابی

به عنوان نمونه از جدول ۱، بند زیرزمینی سنگانه در استان خراسان رضوی دارای حوزه بالادستی با مساحت شش کیلومتر مربع با متوسط بارندگی ۲۶۰ میلی‌متر احداث شده و دارای متوسط حجم آب استحصالی سالانه ۱۵۰۰۰ متر مکعب می‌باشند. بندهای زیرزمینی توتک (راین) و راور در استان کرمان به ترتیب با مساحت حوزه بالادستی ۲۴۲ و ۱۷۲۰ کیلومتر مربع با متوسط بارندگی ۲۳۰ و ۱۹۳میلی‌متر احداث شده و دارای متوسط حجم آب استحصالی سالانه ۹۴۶۰۰۰ و ۵۶۷۰۰۰ متر مکعب می‌باشند. با توجه به اینکه احداث بندهای زیرزمینی در مناطق واقع در حاشیهٔ دریا در شمال و جنوب کشور و حواشی دریاچه‌های آب شور داخلی و کفه‌های نمکی و کویرها و حتی گنبدهای نمکی و بدلندها ببرای جللوگیری از اتتلاف منابع آب محدود توصیه می‌شوند، و با توجه به وسعت اینگونه اراضی در کشور، پتانسیل عظیمی از استحصال آب از این طریق در کشور وجود دارد که نیازمند مطالعه و شناسایی می‌باشند.

۴- مدیریت روش‌های خاک‌ورزی در اراضی دیم

با توجه به سطح زیر کشت ۱۱،۰۳ میلیون هکتاری اراضی زراعی در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ که ۴۵،۸ درصد آن یعنی حدود پنج میلیون هکتار آن دیم می‌باشد (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۷ ب) و با توجه به جدول ۲، اهمیت توجه به مدیریت روش‌های خاک‌ورزی در این اراضی مشخص می‌شود.

جدول ۲- تولید رواناب، رسوب و گندم در شیب ۸٪ در اراضی دیم استان زنجان

جهت شخم در شیب ۸٪	تولید رواناب (m3/ha)	تولید رسوب (t/ha)	تولید گندم دیم (kg)
شخم در جهت شیب	۸۵,۹	۲,۲	۹۲۴
شخم عمود بر جهت شیب	۱۴,۴	۰,۲	۱۱۳۶
تفاوت درصد (برابر)	۸۳٪ (۶)	۹۰٪ (۱۱)	۲۳

در ایستگاه تحقیقاتی سهرین-قره‌چریان دو روش شخم در جهت شیب و عمود بر جهت شیب در تولید رواناب، رسوب و تولید گندم دیم در طبقه شیب ۸٪ مورد مقایسه قرار گرفتند (نیک‌کامی و همکاران، ۱۳۸۴). همان گونه که در جدول ملاحظه می‌شود، از هر هکتار این اراضی در شخم در جهت شیب سالانه ۸۵,۹ متر مکعب آب خارج شده که به همراه خود ۲,۲ تن در هکتار خاک حاصلخیز را از طریق فرسایش از عرصه خارج می‌سازد. در حالی که در روش شخم عمود بر جهت شیب، فقط ۱۴,۴ متر مکعب آب (۸۳٪ یا ۶ برابر کمتر) از عرصه خارج شده و مابه‌التفاوت یعنی ۷۱,۵ متر مکعب در خاک نفوذ کرده و رطوبت خاک را افزایش داده است. به همین دلیل، میزان فرسایش خاک و تولید رسوب هم به ۰,۲ تن در هکتار (۹۰٪ یا ۱۱ برابر کمتر) کاهش می‌یابد. در چنین شرایطی، میزان عملکرد گندم دیم منطقه از ۹۲۴ کیلو به ۱۱۳۶ کیلو در هکتار (۲۳٪) افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

کمبود منابع آب ایران به جهت قرارگیری آن در ناحیه خشک و نیمه خشک جهان ببر کسی پوشیده نیست و همچنین رخداد جریانات بارشی سیلابی و آنی از ویژگی‌های فطری نواحی خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود. بنا توجه به خشکی محیط از یک طرف و افزایش روزافزون وقوع سیلاب‌ها در کشور در دهه‌های اخیر، اجرای سیستم‌های سطوح آبگیر به منظور کنترل جریان‌های سطحی برای افزایش رطوبت خاک و کاهش تبخیر، کنترل جریان‌های غیردائمی به منظور تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی در قالب طرح‌های پخش سیلاب بر آبخوان‌ها و استفاده از جریات زیر قشری در قالب احداث بندهای کوچک زیر سطحی در اقصی نقاط کشور مطرح و مورد توجه بوده است. لذا، پیشنهاد می‌شود تا از کلیه پتانسیل‌های موجود که شرح آن در این مقاله رفت، استفاده شده تا از حدر رفت منابع آب قلیل به شکل‌های تبخیر، سیل و انتقال به دریاها و کویرها جلوگیری به‌عمل آید.

منابع

- آمارنامه کشاورزی. ۱۳۹۷ الف. جلد سوم: محصولات باغبانی، سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، وزارت جهاد کشاورزی.
- آمارنامه کشاورزی. ۱۳۹۷ ب. جلد اول: محصولات زراعی، سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، وزارت جهاد کشاورزی.
- دائمی، علیرضا. ۱۳۹۵. افزایش ۵۰ درصدی قیمت تمام شده تولید آب در سال ۹۵. مصاحبه معاون برنامه‌ریزی و امور اقتصادی وزیر نیرو، خبرگزاری تسنیم، https://tn.ai/1111461
- رفاهی، ح. ۱۳۸۲. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهارم، ۶۷۱ صفحه.
- روغنی، م. ۱۳۸۸. بهینه‌سازی سیستم‌های سطوح آبگیر باران. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- زهرایی، ب. ۱۳۹۷. دفتر مدیریت مصرف و ارتقای بهره‌وری آب و آبفا. وزارت نیرو، https://www.donya-e-eqtesad.com/fa/tiny
- لطف‌الله‌زاده، د.، ط. فرهادی‌نژاد و د. نیک‌کامی. ۱۳۹۶. ارزیابی تاثیر کشت گونه چاودار در مقایسه با گندم بر حفاظت آب و

خاک در دیم زارهای کم بازده (مطالعه موردی حوزه هنام). گزارش طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۵۵ صفحه.

- مصطفی‌زاده، ب.، ف. موسوی و م.ح. شریف. ۱۳۷۷. پیشروی جبهه رطوبتی از منبع نقطه‌ای در سطوح شیب‌دار. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۲(۳): ۱۳-۲۲.
- نیک‌کامی، د.، ع. جعفری اردکانی، ف. بیات موحد و پ. رزمجو. ۱۳۸۴. تعیین اثرات شخم بر میزان فرسایش خاک و تعیین حد شیب بر زراعت دیم. گزارش طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۴۹ صفحه.
- Baver, L.D., W.H. Gardner and W.R. Gardner. 1972. Soil physics. John Wiley and Sons Co., New York. 498 pages.
- Cornelis, W.M., H. Wu, J. Lu, Y. Yao, X. Wang, R. Hartmann, D. Gabriels, D. Cai, K. Jin, Z. Bai, Y. Wang and W. Schiettecatte. 2002. The water balance as affected by conservation and conventional tillage practices on slope fields in the drylands of North China, 12th ISCO Conference, Beijing, China. pp. 638-643.
- Li, X.Y. and J.D. Gong. 2002. Compacted micro-catchments with local earth materials for rainwater harvesting in the semiarid region of China. Journal of Hydrology, 257(1-4):134-144.
- Nikkami, D., A. Jafari Ardakani and F. Bayat Movahed. 2008. Tillage management on sustainable rainfed agricultural resources. Journal of Applied Sciences, 8(18): 3255-3260.
- Shaxson, F. and B. Barber. 2003. Optimizing soil moisture for plant production. FAO, Consultants, Land and Plant Nutrition Management Service.
- Steiner, J.L. 1994. Crop residue effects on water conservation. In Unger, P.W., ed., managing agricultural residues. Lewis, Boca Raton, FL, USA. pp. 41–76.
- Zhu, Y. 2003. China's dryland farming and practices. Department of Crop Production, Ministry of Agriculture, P.R. China, http://www.lanl.gov/chinawater/documents/zhuyu.pdf.