نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۱۲، شماره ۴، ۱۳۹۹، صفحات ۹۰۰-۹۱۲

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 12, Issue 4, 2021, Pages 900-912
DOI: 10.22092/ijwmse.2020.125785.1634

ارزیابی تاثیر سطوح مختلف استحصال نزولات جوی در تامین آب آبیاری درختان پسته

جمشید یاراحمدی*[۱]، قباد رستمی‌زاد[۲]، مالک رفیعی[۳] و کریم مهرورزمغانلو[۴]

[۱] استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران، [۲] استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران، [۳ و ۴] کارشناس محقق بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۷

چکیده

از آنجائی که بیشترین آب مصرفی مربوط به بخش کشاورزی است، منابع آب قابل دسترس به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک عامل اصلی محدودکننده تولیدات کشاورزی است. لذا، در صورت استحصال نزولات جوی و اعمال مدیریت صحیح آن، می‌توان بخشی از کمبود منابع آب در مناطق یادشده را جبران کرد. هدف پژوهش حاضر، انتخاب مناسب‌ترین سطوح مختلف استحصال نزولات جوی بر اساس سامانه تصمیم‌گیری چندمعیاره به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و بررسی کارایی آن در تامین آب مورد نیاز باغات پسته بوده است. نتایج تحلیل AHP نشان داد، معیار اثرات زیست‌محیطی با وزن ۰/۳۴۲ و معیار ماندگاری با وزن ۰/۲۸۴ به‌ترتیب بیشترین میزان تاثیرگذاری موثرترین معیار در انتخاب بهترین سطح آبگیر بودند. سرانجام، سامانه آبگیر با سطح عایق ژئوممبران با وزن ۰/۳۷۱، به‌عنوان مناسب‌ترین سطح آبگیر انتخاب شده، سامانه‌های آبگیر با سطوح عایق پلاستیک و ایزوگام به‌ترتیب با وزن ۰/۳۵۰ و ۰/۲۷۹ در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند. همچنین، نتایج حاصله نشان داد که از سطح آبگیر در مساحت ۸۰۰ متر مربع و بارش متوسط سالانه ۳۰۰ میلی‌متر، پتانسیل استحصال ۲۰۰ متر مکعب آب در سال وجود دارد. با این حجم آب استحصالی و انتخاب روش آبیاری قطره‌ای همراه با فیلتر سنگریزه‌ای، آب آبیاری سالانه ۲۰۰ درخت پسته بارور در طول یک فصل زراعی تامین خواهد شد. بنابراین، با استحصال نزولات جوی بخشی از آب مورد نیاز باغات در مناطق خشک و نیمه‌خشک تامین شده و ضمن حفظ پایداری تولید و افزایش درآمد باغداران، از فشار مضاعف بر منابع آب سطحی و زیرزمینی نیز کاسته خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: سطح عایق ایزوگام، سطح عایق پلاستیک، سطح عایق ژئوممبران، سطوح آبگیر، تحلیل سلسله مراتبی

مقدمه

از نظر اقلیمی، کشور ایران بر روی کمربند خشک قرار گرفته و سطح عمده آن تحت پوشش مناطق خشک و نیمه‌خشک است. میانگین سالانه بارش کشور ۲۴۰ میلی‌متر بوده که از یک سوم متوسط بارش جهانی ۸۴۰ میلی‌متر کمتر است. با وجود این مسئله،

* مسئول مکاتبات: yarahmadi@itc.nl

از همین مقدار آب ناشی از نزولات جوی هم که در کشور وجود دارد، مانند سایر کشورهای جهان که حدود سه برابر ایران سرانه آب دارند، استفاده منطقی و با مدیریت صحیح انجام نشده است (Tahmasebi، ۲۰۰۶). کمبود بارش، استقرار پوشش گیاهی در ایران را با مشکل مواجه ساخته است. علاوه‌بر کمبود بارندگی، توزیع زمانی و مکانی آن نیز از وضعیت مناسبی برخوردار نیست، به‌طوری‌که کمترین میزان بارش منطبق با بیشینه نیاز آبی گیاهان است. لذا، در سرزمین ایران، تامین آب مورد نیاز کشاورزی همواره با چالش‌های جدی همراه بوده، در کنار آن، وجود ضعف مدیریت منابع آب، مشکلات پیش‌رو در این بخش را مضاعف کرده است. از این‌رو، ضرورت استفاده از تکنیک‌های مناسب استحصال نزولات جوی در راستای تامین بخشی از منابع آب مورد نیاز کاملا مشهود است. خوشبختانه استحصال نزولات جوی در کشورمان موضوع تازه‌ای نیست. چرا که وجود قنوات در بیشتر مناطق ایران و همچنین، وجود آب انبارها برای ذخیره آب، حکایت از آشنایی دیرینه مردم این مرز و بوم با روش‌های سنتی استحصال آب دارد. بی‌شک، استفاده از تجارب ارزشمند پیشکسوتان این امر و بروزرسانی روش‌های سنتی موجود، امکان توسعه روش‌های بهینه استحصال نزولات جوی را فراهم ساخته، از این طریق، کمک شایانی به تامین بخش مهمی از مصارف آب بخش کشاورزی خواهد شد.

بر اساس آمار رسمی سازمان خواربار جهانی (FAO) در سال ۲۰۰۳، سطح مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان حدود ۶۱ میلیون کیلومتر مربع بوده که معادل ۴۶ درصد مساحت کره زمین است. از نظر توزیع قاره‌ای، مساحت یادشده ۱۴ درصد آمریکا و حاشیه اروپا، ۳۷ درصد افریقا، ۱۶ درصد استرالیا و ۳۳ درصد قاره آسیا را پوشش می‌دهد (Akhtar و همکاران، ۲۰۱۰). از مشخصه‌های بارز این قبیل مناطق، نزولات جوی اندک و نامنظم همراه با دمای هوای نسبتا بالا است که منجر به محدودیت منابع آب قابل دسترس و به تبع آن، دشواری در استقرار کشاورزی پایدار می‌شود (Musyoki و Munyao، ۲۰۱۴). بنابراین، می‌توان گفت که اولین عامل محدودکننده استقرار پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مقدار آب قابل دسترس در منطقه ریشه گیاه است (Lal، ۲۰۰۱). مکانیسم مقابله با محدودیت منابع آبی عبارت از آبیاری تکمیلی برای استفاده بهینه از میزان آب محدود در مناطق دیم و استحصال آب باران برای اطمینان از تأمین آب کافی برای استقرار و بقاء گیاه است (Oweis و Hachum، ۲۰۰۳). به‌خاطر محدودیت ذاتی منابع آبی در چنین مناطقی، گزینه آبیاری تکمیلی ممکن است همواره میسر نباشد، بنابراین، تنها گزینه منطقی و قابل حصول روش استحصال آب باران خواهد بود.

استحصال آب باران، عبارت است از جمع‌آوری و ذخیره آب ناشی از نزولات جوی برای شرب، مصارف دام، وحوش و یا آبیاری محصولات کشاورزی و تغذیه منابع آب زیرمینی در قالب جمع‌آوری آب باران از سطوح طبیعی یا پشت بام‌ها می‌باشد (RWH[1]، ۲۰۱۴). واژه استحصال آب برای اولین‌بار در سال ۱۹۶۳ به‌وسیله Geddes استفاده شده است. با این حال، استحصال آب باران ایده تازه‌ای نیست چرا که برخی محققان قدمت آن را ۴۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح می‌دانند. یعنی به عصر برنز و زمانی که تمدن‌های آسیایی و آفریقایی با جمع‌آوری آب باران توانستند در مناطقی که بارش سالانه کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر نیز کشاورزی را امکان‌پذیر سازند (Tavakoli Shirazi و Akbari، ۲۰۱۳). برخی نیز قدمت آن را در چین تا ۶۰۰۰ سال قبل از میلاد می‌دانند (Krishna، ۲۰۰۳). اگر چه شناسائی علمی انواع سامانه‌های سطوح آبگیر باران در قالب واژه استحصال آب از کشور تونس به‌وسیله Pacey و Cullis (۱۹۸۶) گزارش شده، اما نخستین‌بار در فلسطین اشغالی توسعه یافته است. با وجود این‌که از هزاران سال پیش شیوه‌های مختلف استحصال آب باران برای مقابله با کمبود آب به‌کار گرفته شده است، ولی هنوز هم استفاده از تکنیک‌های توسعه‌یافته آن برای تامین بخشی از نیاز آبی مصارف کشاورزی در سال‌های اخیر رایج است (Adham و همکاران، ۲۰۱۶).

Xiao و همکاران (۲۰۰۴) به بررسی و مقایسه میزان رواناب تولیدی شش سطح مختلف شامل دامنه لسی شیب‌دار، دامنه لسی بدون‌شیب، بتن، آسفالت، پلاستیک و پلاستیک پوشیده شده با شن پرداختند.

[1] Rain Water Harvesting (RWH)

نتایج آن‌ها حاکی از میزان بالای رواناب تولیدی سطح آسفالت (با ضریب رواناب ۰/۸۱-۰/۷۴) و پلاستیک (با ضریب رواناب ۰/۷۶-۰/۵۷) نسبت به سایر سطوح است. Ali و Yazar (۲۰۰۷) نشان دادند که سامانه‌های جمع‌آوری آب باران، رطوبت حجمی خاک را از ۱۷ درصد به ۷۰ درصد افزایش می‌دهد. Lal (۲۰۰۸) گزارش کرده که جمع‌آوری آب باران در قالب کارهای مدیریتی می‌تواند مقادیر کربن خاک را افزایش داده، میزان و شدت تغییرات آب و هوایی کاهش یافته، افزایش بهره‌وری کشاورزی و امنیت غذایی را به همراه خواهد داشت. Oweis و Hachum (۲۰۰۳، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۲) معتقدند که جمع‌آوری آب باران می‌تواند در بهبود پوشش گیاهی، افزایش ظرفیت چرایی و به‌نوعی کاهش یا توقف تخریب محیط زیست در مناطق خشک، که از پدیده بیابان‌زایی متضرر بوده، به‌عنوان یکی از مسائل مهم تاثیرگذار در این مناطق هست، مفید باشد. Hachinson و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که تکنیک‌های استحصال آب عمدتا می‌توانند در جایی که هزینه‌های از دست رفتن زمین و نیروی کار پایین است، برای حفظ زیرساختارهایی که ارتباط کمتری به ارزش آب استحصال‌شده و تولیدات آن دارد، موفق باشند. Yazar و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی به ارزیابی تکنیک‌های استحصال آب با تاکید بر میکروکچمنت‌ها[1] در قالب طرح آزمایشی با پنج تیمار مختلف (تیمار شاهد، پوشش نایلونی، پوشش سنگریزه، تیمار با سطح علوفه خشک و سطح فشرده‌شده) در ترکیه پرداختند. با تحلیل داده‌های بارش، رواناب، مساحت حوضه، ذخیره رطوبت خاک و تبخیر و تعرق گیاه اقدام به پایش بیلان آب موجود در منطقه ریشه گیاه پسته کردند. آن‌ها کارایی کلی سیستم استحصال آب باران را از طریق مقایسه نسبت مقدار آب ذخیره‌شده و مورد استفاده به‌وسیله گیاه به مقدار آب باران نزولی به سطح سامانه تعیین کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که کارایی کلی سامانه‌های استحصال آب باران بسته به سطح آن‌ها و ظرفیت منطقه ریشه گیاه از ۲/۹ درصد تا ۷۹ درصد متغیر بوده و سامانه پوشش پلاستیکی بالاترین کارایی را نسبت به سایر تیمارها دارد.

Sepaskhah و Kamkar Haghighi (۱۹۹۷) علاوه‌بر بررسی نحوه افزایش رطوبت در خاک، راندمان استحصال آب و افزایش محصول را نیز در کرت‌های کوچک بررسی کرده و اثربخش بودن آن را مورد تائید قرار داده‌اند. Khojehi و Bernosi (۲۰۰۵) به بررسی تأثیر تیمارهای مختلف بر افزایش ماندگاری رطوبت در پروفیل خاک در سامانه‌های آبگیر لوزی‌شکل با پنج تیمار آزمایشی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که تیمار استفاده از پوشش پلاستیکی، حفاظ سنگریزه‌ای به ضخامت پنج سانتی‌متر و به‌کارگیری فیلتر سنگریزه-ای در سطح چاله، دارای بیشترین مقدار حفظ رطوبت بوده و تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای طرح دارد.

Shaheni (۲۰۰۶) با تحقیقی در استان گلستان در مورد بهینه‌سازی عملکرد سیستم‌های ذخیره نزولات آسمانی به‌منظور افزایش رطوبت پروفیل خاک اظهار داشتند که بین روش‌های عایق، نیمه‌عایق و طبیعی، روش عایق برای جمع‌آوری آب باران برای کاشت نهال بهترین روش بوده و از نظر آماری با بقیه روش‌ها دارای اختلاف معنی‌داری است. نتایج پژوهش Hosseni و Roghani (۲۰۱۳) در ارتباط با استحصال آب باران و نگهداشت آن در خاک در منطقه طالقان استان البرز نشان داد که سامانه استفاده توام از پلاستیک و ′۴۷ °۴۵ تا ′۲۰ °۴۷ طول جغرافیایی و ′۴۱ °۳۵ تا ′۲۷ °۳۷ عرض جغرافیایی قرار گرفته است. سنگریزه روی سطح چاله پای سامانه با میانگین رطوبت حجمی ۲۸/۷۶ درصد به‌عنوان تیمار بیشینه در عمق ۳۰ سانتی‌متر و تیمارهای b و d (تیمار b همراه با فیلتر سنگریزه‌ای) به‌ترتیب با میانگین رطوبت حجمی ۳۱/۴ و ۳۱/۱ درصد به‌عنوان تیمارهای بیشینه در عمق ۵۰ سانتی‌متر در حفظ رطوبت خاک می‌باشند. آنان در ارتباط با میزان اختلاف نگهداشت رطوبت خاک در دو عمق ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متری اختلاف معنی‌داری مشاهده نکردند.

Yarahmadi (۲۰۱۶) در پژوهشی، تاثیر فیلتر سنگریزه‌ای و سطوح مختلف استحصال نزولات جوی در قالب پنج تیمار و چهار تکرار در دامنه‌های جنوبی کوه عون‌ابن‌علی شهر تبریز را بررسی کردند و نتایج ایشان نشان داد که که میزان رطوبت تیمار سامانه

[1] آبخیزهای کوچک

نیمه‌عایق با فیلتر سنگریزه‌ای در عمق ۲۰ (با میانگین ۳۵/۹۴) و عمق ۵۰ (با میانگین ۳۰/۵۶) به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها است.

بنابراین، طراحی و احداث سامانه‌های استحصال نزولات جوی در سایت‌های تحقیقاتی مورد نظر با اهداف زیر اجراء شده است:

۱. استحصال آب از طریق جمع‌آوری نزولات جوی به‌وسیله سامانه‌های سطوح آبگیر باران با رویکرد کاهش وابستگی به منابع آب سطحی و زیرزمینی
۲. انتخاب مناسب‌ترین پوشش عایق سامانه آبگیر باران
۳. تامین آب مورد نیاز درختان پسته در مناطق خشک و نیمه‌خشک

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی محل‌های اجراء:

- ایستگاه آبخوان‌داری تسوج برای انجام امورات تحقیقاتی، آموزشی و ترویجی با مساحت کل عرصه تحقیقاتی ۳۰۰۰ هکتار و انتخاب ۷۰۰ هکتار از آن در فاز اول به‌عنوان عرصه پخش سیلاب در سال ۱۳۷۵ احداث شده است. این ایستگاه در سه کیلومتری شهر تسوج از توابع شهرستان شبستر در شمال دریاچه ارومیه در شیب جنوبی میشوداغ در محدوده °۴۵ '۱۸تا °۴۵ '۳۳ طول شرقی و °۳۸ '۱۵ تا °۲۴ عرض شمالی بر روی مخروط افکنه امستجان و انگشتجان واقع شده است. ارتفاع متوسط عرصه پخش ۱۷۰۰ متر از سطح دریا و میانگین بارش (۹۴-۸۰) منطقه در حدود ۲۵۷ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۳/۹ درجه سانتی‌گراد است. بیش از ۹۵ درصد اراضی منطقه دارای بافت سبک (Sandy loam) و جزو خاک‌های Entisols است.

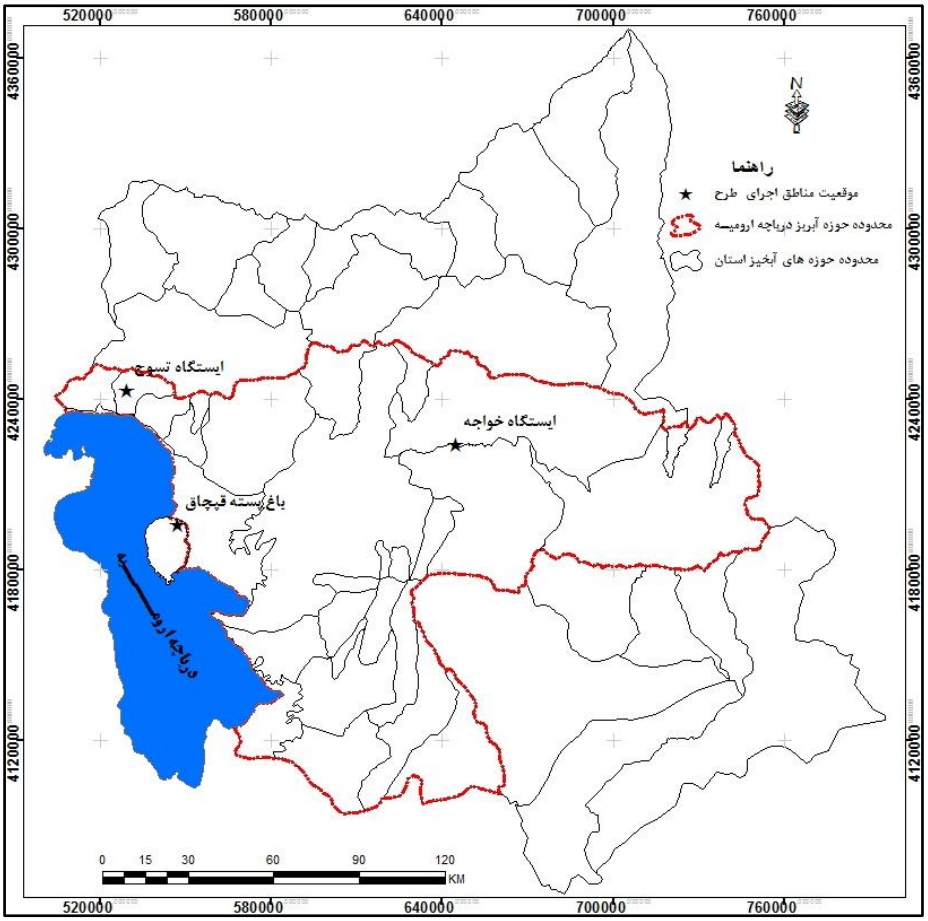
- ایستگاه تحقیقاتی خواجه با اهداف مدیریت و حفاظت خاک در اراضی تخریب‌شده حوزه آبخیز آجی‌چای در سال ۱۳۷۳ در کیلومتر ۳۰ جاده تبریز اهر استان آذربایجان شرقی و در موقعیت جغرافیایی °۳۸ '۹ عرض شمالی و °۴۶ '۳۹ طول شرقی قرار گرفته است. این منطقه با توجه به تقسیمات جغرافیایی کشور وابسته به شهرستان هریس است. ارتفاع متوسط از سطح دریا ۱۵۵۰ متر، متوسط بارندگی سالیانه ۲۷۰/۴ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالیانه ۹/۹ درجه سانتی‌گراد و اقلیم منطقه نیمه‌خشک سرد است.

- سایت اجرای پروژه آموزشی-ترویجی باغ پسته در منطقه جزیره اسلامی در روستای قپچاق از توابع شهرستان اسکو و بخش ایلخچی با ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا و در موقعیت °۳۷ '۵۴ "۳۵/۵۹ عرض شمالی ° ۴۵ '۳۲ "۲۷/۱۱ طول شرقی قرار دارد. باغ پسته آقای محمد عابدی با مساحت تقریبی دو هکتار به‌عنوان سایت الگوی یادشده انتخاب شد. در این منطقه، میانگین دمای سالانه ۱۳/۳۴ درجه سانتی‌گراد و کمینه مطلق دما ۲۰-، بیشینه مطلق آن نیز ۴۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بارندگی سالانه ۲۳۲ میلی‌متر و تبخیر ۱۸۲۹ میلی‌متر است.

موقعیت جغرافیایی محل‌های اجرای طرح، در شکل ۱ نشان داده شده است.

انتخاب مناسب‌ترین پوشش عایق سامانه استحصال نزولات جوی، طراحی و احداث آن‌ها در سایت‌های تحقیقاتی آبخوان‌داری تسوج، حفاظت خاک خواجه و سایت آموزشی-ترویجی پسته قپچاق به شرح زیر انجام گرفته است.

- اثربخشی سه نوع پوشش عایق رایج در منطقه (ژئوممبران، ایزوگام و نایلون) برای استفاده در سامانه‌های آبگیر باران، از جنبه‌های مختلف با استفاده از سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره به روش تحلیل سلسله مراتبی AHP ارزیابی شده است. در فرایند تحلیل سلسله مراتبی بعد از تعیین معیارها و گزینه‌ها و تنظیم پرسش‌نامه، بر اساس نظرات کارشناسان محقق و اجرایی اقدام به ارزیابی گزینه‌ها از طریق ماتریس مقایسه زوجی شد. عناصر به‌صورت زوجی مقایسه و ماتریس مقایسه زوجی تشکیل شد. سپس با استفاده از ماتریس مقایسه زوجی، وزن نسبی عناصر محاسبه شد. ترکیب نظرات مختلف از طریق محاسبه میانگین هندسی صورت گرفت. برای مقایسه زوجی عناصر از جدول ترجیحات و قضاوت‌های شفاهی (Rostamizad و همکاران، ۲۰۱۳) استفاده شد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد پژوهش

- تحلیل داده‌های هواشناسی برای محاسبه متوسط سالانه بارش، حجم تبخیر و حجم بارش قابل استحصال

- محاسبه حجم آب استحصالی بر اساس آستانه و ضریب رواناب سطوح عایق. در اینجا آستانه و ضریب رواناب به‌ترتیب یک میلی‌متر و ۸۰ درصد تعیین شده است (Niknezhad، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۸).

- ارزیابی کفایت حجم آب استحصالی در تامین آب مورد نیاز ۲۰۰ درخت پسته بارور به‌عنوان پایلوت با روش آبیاری قطره‌ای همراه با فلیتر سنگریزه‌ای

- محل احداث سامانه سطح عایق در دامنه مشرف به درختان پسته و با شیب تقریبی ۱۰ درصد انتخاب شد. سطح سامانه‌های عایق برای مشخصات بارش یادشده ۸۰۰ متر مربع تعیین شد. برای این‌منظور، محل احداث سامانه‌ها با شیب جانبی یادشده تسطیح شد (شکل ۲). پیرامون سامانه‌های عایق به‌صورت جوی-پشته با ابعاد ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر و عرض ۳۰ تا ۳۵ سانتی‌متر احداث شد، تا از این طریق، ضمن جلوگیری از خروج آب استحصالی به بیرون از سامانه، از ورود رواناب‌های اطراف به داخل سامانه نیز جلوگیری شود.

- عایق‌کردن سطح سامانه‌ها با در نظر گرفتن هزینه اجرایی، دوام و ماندگاری، کارایی آن‌ها در تولید رواناب و نهایتا اهداف آموزشی-ترویجی انجام گرفت. در همین راستا، سطح سامانه‌های آبگیر ایستگاه‌های تحقیقاتی تسوج، خواجه و پسته قپچاق به‌ترتیب با استفاده از ژئوممبران، ایزوگام و نایلون عایق شدند (شکل ۳).

- برای ذخیره‌سازی آب استحصالی از سامانه‌های سطوح آبگیر با مشخصات یادشده، مخازنی با حجم مفید ۲۲۴ متر مکعب نیاز است. طراحی و احداث سازه‌های ذخیره آب استحصالی در سایت‌های مورد نظر با توجه به حجم آب استحصالی در سال، روند تدریجی استحصال و ذخیره آب در طول سال، امکانات در دسترس و توانایی مالی باغداران محلی و توجه به جنبه‌های آموزشی و ترویجی این قبیل سازه‌ها انجام گرفت. در همین ارتباط، در ایستگاه تحقیقاتی حفاظت خاک خواجه همزمان از آب انبار با مصالح بتونی

احداث‌شده در داخل زمین و تانکر فلزی برای ذخیره‌سازی آب استحصالی استفاده شده است، در حالی که در ایستگاه آبخوان‌داری تسوج، یک استخر با ظرفیت اسمی ۲۲۰ متر مکعب و با پوشش ژئوممبران برای ذخیره‌نمودن آب استحصالی احداث شد. آب استحصالی در سایت پسته قپچاق، به داخل استخر روباز موجود در داخل باغ انتقال می‌یافت. شکل ۴، نمونه‌ای از مخازن مورد بحث را نشان می‌دهد.

شکل ۲- تسطیح سطح سامانه عایق: ایستگاه آبخوان‌داری تسوج (سمت راست) و سایت پسته قپچاق (سمت چپ)

شکل ۳- پوشش عایق سامانه‌های آبگیر: ژئوممبران (سمت راست)، ایزوگام (وسط) و نایلون (سمت چپ)

شکل ۴- مخازن ذخیره آب استحصالی: استخر با عایق ژئوممبران (سمت راست) و آب انبار (سمت چپ)

- روش آبیاری از نوع قطره‌ای همراه با فیلترهای سنگریزه‌ای در نظر گرفته شد. بدین‌منظور، سه عدد فیلتر سنگریزه‌ای در عمق ۵۰ سانتی‌متری برای هر درخت پسته در نظر گرفته شد (شکل ۵). گودبرداری محل فیلترها با استفاده از مته موتوری انجام گرفت. موقعیت قطره چکان‌ها دقیقا بر روی فیلترهای سنگریزه‌ای قرار داده شد تا از این طریق، آب آبیاری مستقیما به منطقه ریشه گیاه انتقال یابد.

- آبیاری درختان پسته در سایت‌های یادشده مطابق با برنامه آبیاری که براساس خصوصیات خاک، اقلیم منطقه و ویژگی‌های درختان پسته به‌وسیله متخصص آبیاری تهیه شده بود انجام گرفت.

شکل ۵- آبیاری درختان پسته با فیلتر سنگریزه‌ای: ایستگاه آبخوان‌داری تسوج (سمت راست) و سایت پسته قپچاق (سمت چپ)

نتایج و بحث

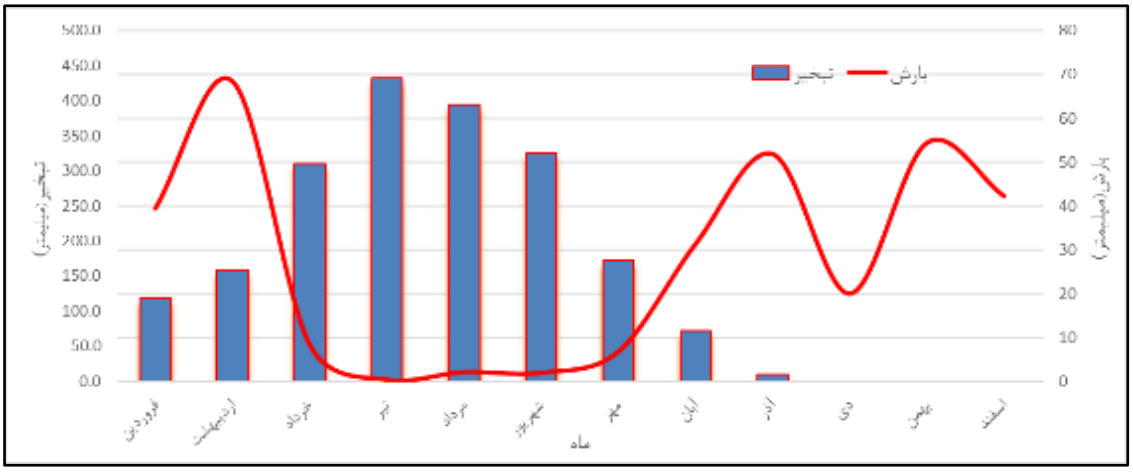
- وضعیت بارش و تبخیر: با توجه به این‌که هر سه سایت تحقیقاتی مورد نظر در داخل حوزه آبخیز دریاچه ارومیه واقع شده است، از این‌رو، مشخصات اقلیمی آن‌ها تقریبا مشابه هم است، در ادامه، نتایج تحلیل داده‌های هواشناسی ایستگاه کلیماتولوژی آبخوان‌داری تسوج برای محاسبه حجم آب استحصالی ارائه شده است. به‌خاطر این‌که عملیات طراحی و احداث سامانه سطح عایق ایستگاه آبخوان‌داری تسوج در دو سال اخیر انجام گرفته، بنابراین، حجم آب استحصالی بر اساس اطلاعات دو سال اخیر ایستگاه هواشناسی آبخوان‌داری مطابق جدول ۱ محاسبه و ارائه شده است. همان‌طوری که پیداست، بیشترین حجم بارش سالانه در فصول بهار، زمستان و پاییز به‌ترتیب با ۳۷/۴، ۳۲/۱ و ۲۹ درصد اتفاق افتاده است. فصول یادشده مواقعی هستند که پوشش گیاهی و درختان نیازی جدی به انجام آبیاری ندارند. در مقابل، کمترین مقدار بارش در فصل تابستان (۱/۵ درصد) بوده که منطبق بر اوج نیاز آبی درختان پسته در منطقه بوده و بدین‌سبب، کمبود آب قابل دسترس برای آبیاری در این فصل کاملا مشهود است. این نتایج با یافته‌های Yarahmadi (۲۰۱۶)، Hosseni و Roghani (۲۰۱۳)، Oweis و Hachum (۲۰۱۲) و Lal (۲۰۰۸) مطابقت دارد. در مقابل، تلفات آب در قالب تبخیر در فصل تابستان بسیار بیشتر از فصول بهار و پائیز است که هم میزان بارندگی آن‌ها بالا بوده و هم نیاز آبیاری محصولات کشاورزی منطقه در کمترین مقدار خود است (جدول ۲). بنابراین، ضرورت استحصال نزولات جوی و ذخیره آن برای تامین آب مورد نیاز آبیاری در مواقعی که میزان بارندگی کمتر از تبخیر بوده و آب قابل دسترس کافی برای انجام آبیاری محصولات باغی وجود ندارد، کاملا توجیه علمی و منطقی دارد. توزیع ماهانه کمبود بارش نسبت به تبخیر در محل ایستگاه آبخوان‌داری تسوج در شکل ۶ نشان داده شده است.

جدول ۱– توزیع ماهانه بارش ایستگاه کلیماتولوژی آبخوان‌داری تسوج (میلی‌متر)

تاریخ	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	جمع
۱۳۹۶	۴۸/۸	۳۶	۲/۶	۰/۹	۱	۰	۹/۱	۳۶/۲	۱۴/۸	۲۲/۷	۵۴/۵	۴۲/۳	۲۷۲
۱۳۹۷	۳۰/۲	۱۰۱	۱۴/۳	۰	۳/۴	۴/۱	۴/۶	۳۲/۶	۸۹	۱۷/۵	۵۰/۵	۱۲	۳۵۰/۶
فصلی (٪)		۳۷/۴			۱/۵			۲۹			۳۲/۱		۱۰۰

جدول ۲– توزیع ماهانه تبخیر ایستگاه کلیماتولوژی آبخوان‌داری تسوج (میلی‌متر)

تاریخ	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	جمع
۱۳۹۶	۱۰۷/۳	۲۰۶	۳۷۵/۲	۴۲۰	۴۰۰	۳۴۸	۱۷۲/۴	۸۰/۲	۲	–	–	–	۲۱۱۱
۱۳۹۷	۱۳۰	۱۱۲/۵	۲۴۳/۴	۴۴۴	۳۸۸/۴	۳۰۲	۱۷۲/۲	۶۴	۱۶/۸	–	–	–	۱۸۷۳
فصلی (٪)		۲۹/۵			۵۷/۸			۱۲/۷			–		۱۰۰



شکل ۶- کمبود بارش ماهانه نسبت به تبخیر در ایستگاه آبخوان‌داری تسوج

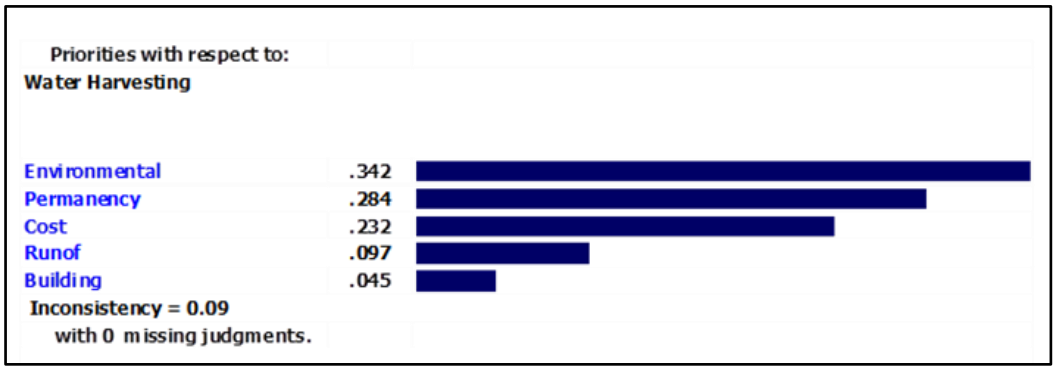
- حجم آب استحصالی: در راستای اهداف پروژه، طراحی و احداث سامانه عایق و مخزن ذخیره آب با احتساب مشخصات اقلیمی یادشده انجام گرفت. با در نظر گرفتن مشخصات بارش در جدول ۱، ضریب رواناب و مساحت سامانه، از مجموع بارش سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ به‌ترتیب ۱۷۴ و ۲۲۴ متر مکعب آب استحصالی قابل انتظار است. ولی باتوجه به این‌که آبگیری سامانه آبگیر آبخوان‌داری تسوج عملا از اول اسفند سال ۱۳۹۶ شروع شده است، بنابراین، تنها از مجموع بارش‌های اسفند ۹۶ و فصل بهار ۱۳۹۷ به میزان ۱۸۸ میلی‌متر، حدود ۱۲۰ متر مکعب آب از نزولات جوی به‌وسیله سامانه سطح عایق جمع‌آوری و استحصال شده است. آب استحصالی در مخزنی به شکل ذوزنقه و با پوشش عایق ژئوممبران با حجم اسمی ۲۲۰ متر مکعب در مجاورت سامانه عایق احداث ذخیره شده است.

مطابق اطاعات موجود در جدول ۱، مجموع بارش‌های نیمه دوم سال ۱۳۹۷ (اول مهر تا انتهای اسفند) ۲۰۰ میلی‌متر بوده که منجر به استحصال ۱۲۸ متر مکعب آب از نزولات جوی شده است (شکل ۷). اگر احتمال وقوع بارش‌های فصل بهار سال ۱۳۹۸ را برابر با میانگین بارش ثبت‌شده در بهار سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۶ در نظر بگیریم، انتظار می‌رود، مجموع بارش‌های سال زراعی (۹۸-۹۷) حدود ۳۱۴ میلی‌متر برسد که در این صورت، امکان استحصال و ذخیره آب نزولات جوی به میزان ۲۰۰ متر مکعب فراهم خواهد شد. بر اساس نتایج حاصله از پروژه انتقال دانش فنی طرح تحول آموزشی-ترویجی دریاچه ارومیه در سایت پسته قپچاق در سال ۱۳۹۶، این حجم از آب استحصالی، برای تامین آب مورد نیاز آبیاری کمینه ۲۰۰ اصله از درختان پسته بارور با احتساب نیاز آبی هر درخت یک متر مکعب در سال کفایت خواهد کرد.

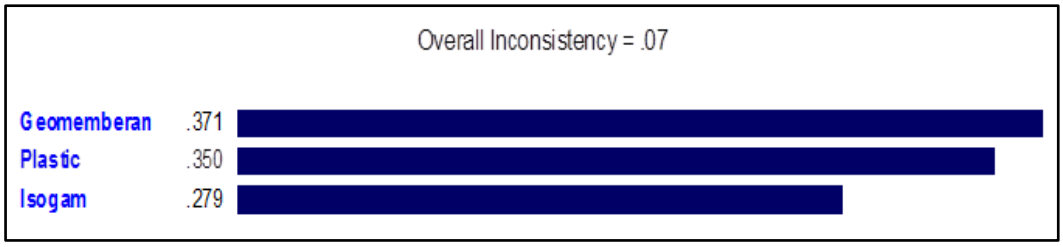
- ارزیابی سامانه‌های سطوح آبگیر: در این مطالعه، ارزیابی اثربخشی سطوح آبگیر سه‌گانه (ژئوممبران، ایزوگام و نایلون) بر اساس معیارهایی از قبیل هزینه، نیاز به زیرسازی، تولید رواناب، دوام و ماندگاری و اثرات زیست‌محیطی با استفاده از روش AHP بررسی شد. سپس، برای تعیین ارجحیت نسبی گزینه‌ها در ارتباط با معیارها، پرسش‌نامه‌ای تهیه شده و پاسخ کارشناسان متخصص به‌طور میانگین وارد نرم‌افزار Expert choice شد. پس از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی معیارها نسبت به گزینه‌ها و معیارها نسبت به هم، وزن هر معیار و میزان اثرگذاری هرکدام در تعیین گزینه‌های مناسب برای سطوح آبگیر تعیین شد. با توجه به شکل ۸، معیار اثرات زیست‌محیطی با وزن ۰/۳۴۲ و معیار ماندگاری با وزن ۰/۲۸۴ به‌ترتیب در اولویت اول و دوم قرار دارند و معیارهای هزینه، توان تولید رواناب و نیاز به بازسازی به‌ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار دارند. همچنین، سطح عایق ژئوممبران با وزن ۰/۳۷۱، به‌عنوان مناسب‌ترین سطح عایق در ارتباط با احداث سطوح آبگیر باران انتخاب شد و سطوح عایق پلاستیک و ایزوگام به‌ترتیب با وزن ۰/۳۵۰ و ۰/۲۷۹ در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۹). در ادامه و با تلفیق میزان اثرگذاری معیارها و گزینه‌ها، به تفکیک وزن هر یک از معیارها و همچنین، وزن هر معیار نسبت

به هریک از گزینه در نرم‌افزار Expert choice مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که جزئیات این محاسبات به تفکیک در شکل ۱۰ آورده شده است. در نهایت، نتایج نشان داد که اثرات زیست‌محیطی با ۴۸/۳ درصد و معیار ماندگاری با ۲۰/۶ درصد میزان اثرگذاری در انتخاب بهترین سطح عایق سطوح آبگیر به‌ترتیب در اولویت اول و دوم قرار گرفتند. این نتایج با یافته‌های دیگر پژوهشگران از جمله Esmaeili Ouri و همکاران (۲۰۱۷)، Kheirkhah و همکاران (۲۰۱۷)، Soltani (۲۰۱۷) و Keshavarz و همکاران (۲۰۱۱) مبنی بر اثرگذاری روش AHP در تصمیم‌گیری و انتخاب مکان و گزینه‌های مناسب برای استحصال آب باران مطابقت دارد.

شکل ۷- حجم آب استحصالی در مخزن ذخیره آب در ایستگاه آبخوان‌داری تسوج (بهمن‌ماه ۱۳۹۷)



شکل ۸- وزن هریک از معیارها در تعیین مناسب‌ترین سطح عایق



شکل ۹- وزن نهایی هریک از گزینه‌ها در تعیین مناسب‌ترین سطح عایق

Level 1	Alts	Prty
Percent Cost (L: .232)		**13.7**
Cost (L: .232)	Geomemberan	.017
	Plastic	.109
	Isogam	.011
Percent Building (L: .045)		**3.6**
Building (L: .045)	Geomemberan	.013
	Plastic	.021
	Isogam	.002
Percent Runof (L: .097)		**13.8**
Runof (L: .097)	Geomemberan	.046
	Plastic	.046
	Isogam	.046
Percent Permanency (L: .284)		**20.6**
Permanency (L: .284)	Geomemberan	.134
	Plastic	.013
	Isogam	.059
Percent Environmental (L: .342)		**48.3**
Environmental (L: .342)	Geomemberan	.161
	Plastic	.161
	Isogam	.161

شکل ۱۰- تلفیق گزینه‌ها و معیارها و محاسبه وزن تاثیرگذاری هر یک از آن‌ها در تعیین مناسب‌ترین سطح عایق

البته، ذکر این نکته ضروری است، با توجه به این‌که دوام پوشش ژئوممبران تقریبا دو برابر ایزوگام و چهار برابر پوشش نایلونی است، ولی هزینه اجرایی آن تقریبا معادل ایزوگام بوده و بیشتر از نایلون است. بنابراین، با توجه به توان اقتصادی باغداران محلی، اولویت اول آن ها پوشش نایلونی خواهد بود. در حالی که اگر هزینه تمام‌شده پوشش ژئوممبران با توجه به عمر مفید آن در نظر گرفته شود، به‌کارگیری آن کاملا منطقی و قابل ترجیح به دو پوشش عایق دیگر خواهد بود. از طرف دیگر، در صورت تخریب قسمتی از پوشش عایق، مرمت و بازسازی پوشش‌های ژئوممبران و ایزوگام راحت‌تر از نایلون بوده، به‌عبارت دیگر، با تخریب بخشی از پوشش نایلون، بایستی کل رول نایلون تعویض شود، در حالی که در پوشش‌های ژئوممبران و ایزوگام، تعمیر قسمت سوراخ‌شده به راحتی امکان‌پذیر است. این یافته با نتایج Yazar و همکاران (۲۰۱۴)، Yarahmadi (۲۰۱۶)، Xiao و همکاران (۲۰۰۴) و Ali و Yazar (۲۰۰۷) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

در مناطق خشک، منابع آب عامل محدودکننده در بهبود و افزایش تولیدات کشاورزی است. از آنجائی که بخش عمده مصارف آب، مربوط به بخش کشاورزی است، لذا، ضرورت پژوهش در زمینه استفاده از منابع آب جایگزین و نیز ارائه روش‌های مصرف بهینه آن بسیار ضروری است. تکنیک‌های مورد بحث در این مقاله مبتنی بر یافته‌های تحقیقاتی مختلفی بوده که قبلا در سطح ایستگاه‌های تحقیقاتی خواجه، سایت الگویی پسته روستای قپچاق و ایستگاه تسوج اجرا شده است. نتایج حاصل از این تحقیقات، بیانگر آن است که با استفاده از سطوح عایق می‌توان حجم قابل توجهی از آب باران را استحصال کرد. نتیجه این امر، تامین بخش مهمی از نیاز آبی گیاه در مواقع بحرانی خواهد بود. این مسئله در مناطق خشک و نیمه‌خشک بالاخص مناطقی که در آن پراکنش زمانی بارش مناسب نبوده و بیشتر بارش‌ها نیز در چند ماه اول سال رخ داده، در بقیه فصول گیاهان با تنش آبی مواجه هستند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

گزارش حاضر، با هدف معرفی تکنیک استحصال نزولات جوی برای تامین آب مصرفی باغات پسته در مناطق خشک و نیمه‌خشک ارائه شده است. در همین راستا، اثربخشی سامانه عایق با پوشش ژئوممبران برای تامین آب مورد نیاز حدود ۲۰۰ اصله از درختان پسته بارور موجود در عرصه ایستگاه تحقیقاتی آبخوان‌داری تسوج ارزیابی شده است. نتایج حاصل نشان داد که از سامانه عایق ۸۰۰ متر مربعی با متوسط بارش سالانه ۳۵۰ میلی‌متر و ضریب رواناب ۸۰ درصد، امکان

استحصال ۲۲۴ متر مکعب آب در سال از نزولات جوی وجود دارد. با توجه به کمبود منابع آب قابل دسترس، روند حاکمیت خشکسالی‌ها و توزیع نامتوازن زمانی- مکانی بارش‌ها در قلمرو اقلیمی خشک و نیمه‌خشک، استفاده از تکنیک‌های مناسب برای استحصال نزولات در این قبیل مناطق ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. با تامین بخشی از نیاز آبی محصولات مختلف کشاورزی از طریق استحصال نزولات جوی در این مناطق، می‌توان تا حد بسیار زیادی از اثرات نامطلوب اقتصادی- اجتماعی خشکسالی‌ها بر جوامع محلی کاسته و امنیت غذایی این مناطق را تا حدود زیادی تامین کرد.

پیشنهادات

پیشنهاد می‌شود، از سامانه استحصال نزولات جوی به‌عنوان یک تکنیک ضروری برای تامین بخشی از آب مورد نیاز درختان مثمر استفاده شد. آب استحصالی از این طریق قابلیت استفاده در آبیاری درختان غیرمثمر (درختان فضای سبز و پارک‌ها) را نیز داراست. همچنین، می‌توان از آب استحصالی از پشت بام ساختمان‌های مسکونی، آب مورد نیاز فضای سبز حیاط منازل مسکونی را تامین کرده و از این طریق، جلوی هدررفت آب تصفیه‌شده شهری را تا حد بسیار زیادی گرفت. این یافته‌ها با نتایج Parsamehr و Khosravani (۲۰۱۷)، Tavakoli (۲۰۱۴)، Memarian و همکاران (۲۰۱۴)، Gholami (۲۰۱۵)، Soltani (۲۰۱۷) و Esmaeili Ouri و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد.

با وجود این‌که نتایج ارزیابی تحلیل سلسله مراتبی بیانگر برتری روش استحصال نزولات جوی با پوشش ژئوممبران دارد، ولی با توجه به توان مالی باغداران منطقه، استفاده از پوشش نایلون گلخانه‌ای در احداث سطوح آبگیر باران، در اولویت اول بودن آن‌را نسبت به دو گزینه مورد بحث از نظر اقتصادی توجیه می‌کند.

منابع مورد استفاده

1. Adham, A., M. Riksen, M. Ouessar and C.J. Ouessar. 2016. A methodology to assess and evaluate rainwater harvesting techniques in (semi-) arid regions. Water, 2016(8): 198-210.
2. Akhtar, A., A. Yazar, A.A. Atef, T. Owies and P. Hayek. 2010. Micro-catchment water harvesting potential of an arid environment. Agricultural Water Management, 98(2010): 96–104.
3. Ali A. and A. Yazar. 2007. Effect of micro-catchment water harvesting on soil-water storage and shrub establishment in the arid environment. International Journal of Agricultural and Biology, 9(2): 302-306.
4. Esmaeili Uori, A., M. Golshan and K. Khorshidi Mianae. 2017. Zoning of suitable zones for runoff extraction using AHP and GIS, a case study: Sambour Tea Watershed of Ardabil Province. Journal of Geography and Planning, 21(61): 37-56 (in Persian).
5. FAO-AGL. 2003. FAO Terrastat Database. Available online, http://www.fao.org/ag/agl/agll/terrastat.
6. Gholami, A. 2015. Examination of the role of rainwater harvesting system (steep roofs) for irrigation of gardens, a case study: citruses irrigation in Villa Gardens. Journal of Rainwater Catchment Systems, 3(2): 45-54 (in Persian).
7. Goddosi, J., Z. Shoaei, A. Telvari, M.H. Mahdian and A. Gafori. 2003. Rainwater harvesting system project for environmental sustainable development. Scientific Researches Console of Iran (Agricultural Commission), Tehran, Iran (in Persian).
8. Hatibu, N. and H.F. Mahoo. 2000. Rainwater harvesting for natural resources management. Planning Guide for Tanzania, Technical Handbook No. 22, 144 pages.
9. Hosseni, M. and M. Roghani. 2013. Comparison of rainwater harvesting methods in the rhombus water collection systems. Watershed Management Science and Engineering, 6(19): 7-18 (in Persian).
10. Keshavarz, A., A. Khashie Siouki and M.H. Najafi. 2014. Proper location of drinking water extraction using fuzzy hierarchical analysis, a case study: Birjand Aquifer. Journal of Water and Wastewater, 25(3): 135-142 (in Persian).
11. Kheyrkhah, A., F. Mohammadi and H. Memarian. 2015. Determination of suitable locations for rainwater harvesting using analytic hierarchy process in GIS framework, a case study: Roodsarab Watershed, Khooshab, Khorasan Razavi, Iran. Journal of Rainwater Catchment Systems, 3(3): 1-14 (in Persian).
12. Khojehi, A. and A. Bernosi. 2005. Evaluation of different treatments on durability increased moisture in the soil profile in rhombus micro-catchments. 2nd International Conference of Watershed and

Soil and Water Resources Management, Bahonar University, Kerman, Iran (in Persian).
13. Kirnak, H., C. Kaya, I. Tas and D. Higgs. 2001. The influences of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in eggplants. Bulgarian Journal of Plant Physiology, 27(3-4): 34-46.
14. Krishna, H. 2003. An overview of rainwater harvesting systems and guidelines in the United States. Proceeding of the First American Rainwater Harvesting Conference, 21-23 Aug, Austin.
15. Lal, R. 2001. World cropland soils as source of sink for atmospheric carbon. Advances in Agronomy, 71: 145-191.
16. Li, X.Y., J.D. Gong and X.H. Wei. 2000. In-situ rainwater harvesting and gravel mulch combination for corn production in the dry semi-arid region of China. Journal of Arid Environments, 46: 371–382.
17. Memarian, H., A. Tavassoli, S.M. Tajbakhsh, Z. Komeh, A.A. Abbasi and L. Parsai. 2015. Technical report: a guideline for designing and optimizing rainwater reservoirs in buildings, a case study: Golestan Province, Iran. Journal of Rainwater Catchment Systems, 2(4): 55-68 (in Persian).
18. Niknezhad, D. 2014. Investigation of operation of isolated, semi-isolated and natural surfaces in rainfall-runoff process of water harvesting system. Research Final Report, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Tabriz, Iran, 112 pages (in Persian).
19. Niknezhad, D. 2018. Investigation of different water collection system for rain water harvesting in the mountain park of Auon-Ibn-Ali. Research Final Report, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Tabriz, Iran, 109 pages (in Persian).
20. Oweis, T. and A. Hachum. 2006. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. Agricultural Water Management, (80): 57–73.
21. Oweis, T. and A. Hachum. 2012. Supplemental irrigation, a highly efficient water-use practices. Revised and extended 2nd edition, ICARDA, 13 pages.
22. Oweis, T. and A. Hachum. 2003. Improving water productivity in the dry areas of West Asia and North Africa. CABI Publishing, Wallingford, UK, 179–197.
23. Pacey, A. and A. Cullis. 1986. Rain water harvesting: the collection of rainfall and run-off in rural areas. Intermediate Technology Publications, London, 213 pages.
24. Parsamehr, A.H. and Z. Khosravani. 2017. Investigating the potential of rainwater harvesting from the rooftops and its economic assessment, a case study: Fasa University. Journal of Rainwater Catchment Systems, 5(3): 1-8 (in Persian).
25. Rogani, M. 2007. Optimization of rainwater harvesting systems. Research Final Report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran, 97 pages (in Persian).
26. Rostamizad, Gh., M. Mohseni Saravi, A.A. Nazari Samani and Z. Khanbabaei. 2013. Application of hierarchical analysis process in providing different water and soil conservation scenarios in the waters of the Talegan Watershed. Watershed Management Research, 4(8): 1-14 (in Persian).
27. Sadeghzadeh Reyhan, M.E., D. Zareh haghi and M.R. Nishabori. 2013. Evaluation of different rainwater harvesting methods for increasing of soil moisture and pistachio growth. Journal of soil and Water Science, 4(23): 22-35 (in Persian).
28. Schutz, M. and E. Fangmeir. 2001. Growth and yield responses of spring wheat to elevated co_2 and water limitation. Environmental Pollution, 114: 187-194.
29. Sepaskhah, A. and A. Kamkar Haghighi. 1997. Study of rainwater harvesting system for rainfed grape cultivation. Research Final Report, Shiraz University, Shiraz, Iran, 125 pages (in Persian).
30. Shaheni, Gh.R. 2006. Rainwater harvesting system optimization based on durability increased moisture in the soil profile. Research Final Report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran, 101 pages (in Persian).
31. Soltani, A. 2017. Feasibility of susceptible areas for rainwater harvesting, based on AHP in GIS environment, a case Study: Khosroabad Watershed, Iran. Journal of Rainwater Catchment Systems, 5(2): 65-76 (in Persian).
32. Tahmasebi, R. 2007. Rain water harvesting. Institute of Scientific-Applied Science Education, Agricultural and Natural Resources Research, Education and Extension Organization (AREEO), 200 pages (in Persian).
33. Tavakoli, A. 2014. Determining the effects of runoff area situation on threshold runoff and water storage profile under micro catchment water harvesting systems. Journal of Rainwater Catchment Systems, 2(3): 1-12 (in Persian).
34. Tavakoli shirazi, N. and G. Akbari. 2013. An assessment of the advantages and disadvantages of rainwater harvesting methods. 2nd International Conference of Rainwater Harvesting Systems, Mashhad, Iran (in Persian).

35. Xiao, Y.L., X. Zhong-Kui and Y. Xiang-Kui. 2004. Runoff characteristics of artificial catchment materials for rainwater harvesting in the semi-arid regions of China. Agricultural Water Management, 65: 211–224.
36. Yaddollahi, A., N. Taymori and S. Sarikhani Khorrami. 2012. An evaluation of integrated rainwater harvesting system with super absorptive and organic materials for rainfed almond cultivation. Journal of Agricultural Water, 26(1): 1-20 (in Persian).
37. Yarahmadi, J. 2016. Investigation of the gravel filter effect's in influence optimization and its role in the increasing of soil moisture storage in rainwater catchment system levels. Research Final Report, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Tabriz, Iran, 125 pages (in Persian).
38. Yazar, A., M. Kuzucu, I. Celik, S.M. Sezen and S.E. Jacobsen. 2014. Water harvesting for improved water productivity in dry environments of the Mediterranean region, a case study: pistachio in Turkey. Journal of Agronomy and Crop Science, 200(5): 15-35.