

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی بهره‌وری آب آبیاری سویا در مزارع استان گلستان

علیرضا کیانی<sup>۱</sup>، محمد اسماعیل کمالی<sup>۲\*</sup>، فریبرز عباسی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۲۰

چکیده

این پژوهش با هدف اندازه‌گیری آب مصرفی و بهره‌وری آب تحت مدیریت زارعین در ۴۴ مزرعه سویا (۳۷ مزرعه آبی و ۷ مزرعه دیم) در سه منطقه گرگان، علی‌آباد و کردکوی-بندرگز در استان گلستان در سال ۱۳۹۹ اجرا شد. خواص فیزیکی شیمیایی خاک و آب، روش آبیاری، میزان آبیاری و مشخصات زراعی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در مناطق گرگان، علی‌آباد و کردکوی-بندرگز به ترتیب ۱۳٪، ۷٪ و ۲۸٪ اراضی به صورت بارانی آبیاری شدند و بقیه به صورت سطحی بود. مقدار آب ورودی به مزرعه در روش سطحی با استفاده از فلوم و در روش بارانی با دبی سنخ اندازه‌گیری شد و با نیاز آبی سویا مقایسه شد. نتایج نشان داد که نیاز آبی خالص سویا در سال ۱۳۹۹ در کشت بهاره برای شهرهای گرگان، علی‌آباد و کردکوی-بندرگز به ترتیب برابر ۵۹۳، ۴۳۵ و ۵۱۶ و برای کشت تابستانه برابر با ۵۲۵، ۳۹۸ و ۴۸۶ میلی‌متر بود که نسبت به مقادیر بلندمدت برای کشت‌های بهاره و تابستان به ترتیب ۲۵ و ۲۲ درصد و نسبت به سند ملی ۴۵ و ۶۴ درصد افزایش داشت. میانگین مقدار آب آبیاری ورودی به مزارع سویا در سال زراعی ۹۹ در مناطق گرگان، علی‌آباد و کردکوی-بندرگز به ترتیب ۴۴۶۰، ۴۶۲۰ و ۱۵۰۰ مترمکعب در هکتار بود و در این مناطق به ترتیب ۸۰٪، ۴۵٪ و ۱۰۰-٪ زارعین کم آبیاری انجام دادند. در سال زراعی موردنظر سهم بارش در تأمین نیاز آبی اراضی تحت آبیاری سویا در مناطق گرگان، علی‌آباد و کردکوی-بندرگز در اراضی آبی به ترتیب ۲۰، ۲۱ و ۳۳ درصد بود. متوسط بهره‌وری آب کاربردی سویا در گرگان و علی‌آباد ۰/۴۶ و ۰/۵۱ کیلوگرم بر مترمکعب و در کردکوی-بندرگز در اراضی آبی ۱/۶ و در اراضی دیم ۲/۹ کیلوگرم بر مترمکعب بود. میانگین بهره‌وری آب آبیاری در روش بارانی نیز ۱/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب بود که ۵۶٪ بیشتر از روش سطحی بود.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، سویا، گلستان، نیاز آبی، مدیریت آبیاری

مقدمه

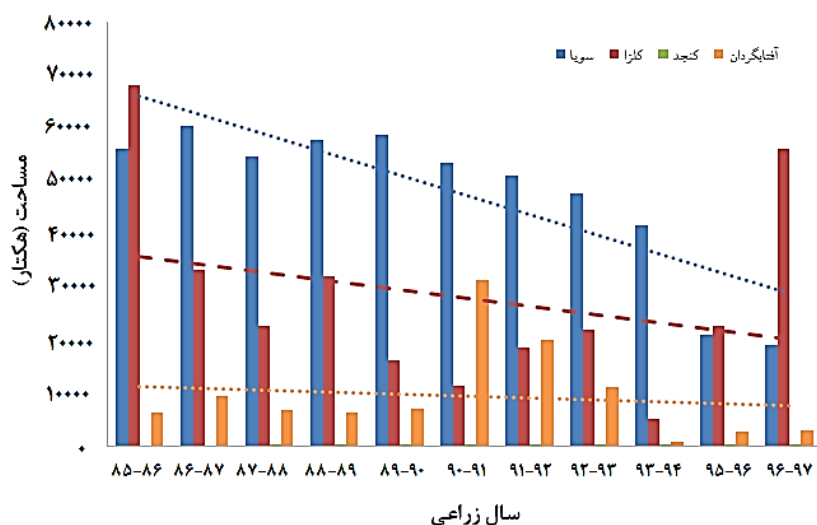
تولید دانه‌های روغنی به دلیل نیاز و تقاضای فراوان در داخل کشور به مواد حاصل از آن (فراوری شده یا خام)، نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی کشور دارد. کمبود روغن و نیاز روزافزون کشور به آن، متولیان بخش کشاورزی را بر آن داشته است تا مبادرت به

برنامه‌ریزی برای افزایش سطح زیر کشت گیاهان دانه روغنی مانند کلزا، کنجد، آفتابگردان و سویا نمایند. از آنجاکه عمده گیاهان دانه روغنی، تابستانه هستند و بدون آبیاری عملکرد اقتصادی ندارند، در نتیجه اعمال برنامه مناسب آبیاری برای این مزارع ضروری است. تعیین آب موردنیاز گیاه یکی از عوامل کلیدی در تعیین برنامه آبیاری گیاه است که در شرایط کمبود منابع آبی، اهمیت بیشتری دارد. همچنین کشت این گیاهان علاوه بر تأمین بخش قابل‌توجهی از روغن کشور، جایگزین مناسبی برای کشت برنج با نیاز آبی بالا در شمال کشور می‌باشد. شکل ۱ تغییرات سطح زیر کشت چهار گیاه دانه روغنی مهم استان گلستان را بر مبنای آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی طی سال‌های ۸۵ الی ۹۷ نشان می‌دهد (کیانی، ۱۳۹۸).

- ۱- استاد بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
- ۲- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
- ۳- استاد موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

(\* نویسنده مسئول: Email: kamalipasha@yahoo.com)

DOR: 20.1001.1.20087942.1401.16.1.6.3



شکل ۱- تغییرات مساحت زیر کشت گیاهان دانه روغنی در استان گلستان

مربوط به چهار شهرستان مورد بررسی در این پژوهش شامل، گرگان، علی‌آباد، کردکوی و بندرگز است. از طرفی دیگر متوسط بارندگی سالانه در استان گلستان حدود ۴۵۵ میلی‌متر است که از ۷۰۰ میلی-متر در نواحی جنوبی تا ۲۰۰ میلی‌متر در نواحی شمالی متغیر است. متوسط تبخیر سالانه حدود ۱۶۰۰ میلی‌متر که از ۱۰۰۰ میلی‌متر در قسمت جنوبی تا ۲۲۰۰ میلی‌متر در بخش شمالی در نوسان است. وضعیت کنونی مصرف آب در استان گلستان نیز نشان می‌دهد که بر اساس معیارهای شناخته‌شده در گروه مناطق مواجه با بحران آب قرار دارد. ضمن اینکه سرانه آب در استان گلستان ۱۴۵۰ مترمکعب است که از متوسط کشور (۱۷۰۰ مترمکعب) کمتر می‌باشد.

سویا در شرایط اقلیمی گرم و نیمه گرم رشد نموده و نسبتاً به درجه حرارت‌های پایین و خیلی بالا مقاوم است؛ اما سرعت رشد آن در درجه حرارت بالاتر از ۳۵ و کمتر از ۱۸ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد. سویا در شرایط مختلف و به‌صورت دیم، آبی و یا آبیاری تکمیلی کشت می‌شود. مقدار ناکافی بارندگی و توزیع زمانی نامناسب آن طی دوره رشد گیاه سبب کاهش عملکرد محصول سویا می‌گردد. از این رو، به‌منظور کاهش نوسانات محصول تولیدی و تضمین سطوح اقتصادی تولید محصول، کشت آبی سویا و یا انجام آبیاری تکمیلی به‌طور فزاینده‌ای در حال گسترش است (FAO, 2020). در تحقیقی تأثیر مقادیر مختلف آب آبیاری بر روی عملکرد سویا نشان داده است که با تأمین نیاز آبی به مقدار ۷۵، ۵۰، ۲۵ و ۰ درصد تبخیر-تغرق گیاه، عملکرد سویا به ترتیب ۲۵، ۵۰، ۷۶ و ۹۲ درصد کاهش یافت (Dogan et al., 2007). روسادی و همکاران اثر پنج تیمار آبیاری (۱۰۰، ۸۰، ۶۰، ۴۰ و ۲۰ درصد تبخیر-تغرق گیاه) را روی عملکرد سویا مورد بررسی قرار دادند (Rosadi et al., 2007). نتایج نشان داد

سویا یکی از گیاهان دانه روغنی است که از آن در جهان برای تولید روغن (۳۶٪)، پروتئین (۱۸٪) و کربوهیدرات (۲۰٪) استفاده می‌شود و تقریباً در سراسر دنیا جهت مصارف انسان و دام کشت می‌شود (Boydak et al., 2002). تولید جهانی دانه سویا ۳۴۹ میلیون تن و سطح زیر کشت آن در حدود ۱۲۵ میلیون هکتار برآورد شده است (FAO, 2020). سطح زیر کشت (آبی) و میزان تولید سویا در کشور به ترتیب ۳۴۹۶۴ هکتار و ۷۶۳۹۳ تن و متوسط عملکرد آن در کشور ۲۱۸۵ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۸). بر اساس آمار سازمان فائو در سال ۲۰۱۸، کشور ایران به لحاظ سطح زیر کشت سویا در بین کشورهای تولیدکننده این محصول در رتبه ۴۱ قرار داشته و ایالات‌متحده آمریکا، برزیل، آرژانتین، هند و چین به ترتیب، کشورهای عمده تولیدکننده سویا محسوب می‌شوند. میزان عملکرد سویا در ایران از میانگین جهانی آن در سال ۲۰۱۸ بالاتر بود (FAOSTAT, 2020). سویا در انواع بافت خاک به جزء خاک خیلی سبک قابل کشت است. سویا به آب ماندگی، حساس است، اما به شوری خاک نسبتاً متحمل است. آستانه تحمل به شوری خاک در سویا حدود ۵/۵ دسی‌زیمنس بر متر است، ولی بعد از حد آستانه، عملکرد گیاه با شیب نسبتاً زیادی کاهش یافته، به طوری که در شوری خاک ۸ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد گیاه ۵۰ درصد کاهش می‌یابد (FAOSTAT, 2001).

آمار سطح زیر کشت سویا در سال اجرای طرح (۱۳۹۹) نشان می‌دهد که سطح زیر کشت سویا در استان گلستان همچنان روند نزولی دارد. به طوری که مساحت سویا کاری در این استان از حدود ۱۹۰۰۰ هکتار در سال ۹۷ به ۱۰۵۰۰ هکتار در سال ۹۹ کاهش یافت. همچنین در حدود ۹۲/۳ درصد از اراضی سویا کاری استان گلستان

کشت سویا در تاریخ ۱۰ می (تقریباً ۲۰ اردیبهشت) و آبیاری به میزان ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد. نقشه‌های نیاز آبی سویای بهاره برای دوره‌های ده روزه در استان مازندران با استفاده از GIS به دست آمد. نتایج نشان داد که کل نیاز آبی سویا برای کشت در تاریخ ۱۰ اردیبهشت و دوره رشد ۱۶۵ روزه، ۵۱۱ تا ۶۱۳ میلی‌متر در کل استان متغیر است که مناطق شرقی دارای نیاز آبی بیشتری بوده‌اند (کمالی، ۱۳۹۷). در تحقیقی کیانی (۱۳۸۹، الف) نیاز به آبیاری را در استان گلستان با توجه به کمبود منابع آبی و حساسیت مراحل مختلف رشد سویا به آب بررسی کرد و بیان کرد که اگر برای کشاورز تنها یک آبیاری مقدور باشد، بهتر است در مرحله توسعه غلاف آبیاری انجام گیرد. اگر دو آبیاری میسر باشد، اولین آبیاری در زمان کاشت و دومین آبیاری در مرحله توسعه غلاف و هرگاه امکان سه بار آبیاری مقدور باشد، بهتر است اولین آبیاری در زمان کاشت، دومین آبیاری در زمان توسعه غلاف و آبیاری سوم در زمان پُر شدن غلاف یا دانه بستن صورت پذیرد.

نیاز آبی سویای تابستانه در ایستگاه‌های سینوپتیک هواشناسی استان مازندران با استفاده از روش فائو-پنمن-مانتیت به دست آمد (کمالی، ۱۳۹۹). نتایج نشان داد که مقدار نیاز آبی ناخالص سویای تابستانه که دوره رشد آن ۱۴۰ روزه و از ۱ تیر الی ۲۰ آبان است، ۳۵۹۰ تا ۴۴۸۵ مترمکعب در هکتار می‌باشد. در تحقیقی توابع تولید و رابطه آب-عملکرد برای سه رقم سویا (سحر، گرگان ۳ و کنول) در استان گلستان بررسی شد (کیانی، ۱۳۸۹ ب؛ کیانی و رئیس، ۱۳۹۲). نتایج نشان داد که واکنش ارقام موردبررسی نسبت به آب یکسان نیستند. عملکرد در رقم‌های سحر، گرگان ۳ و کنول به ترتیب با مصرف ۴۹۰، ۴۹۰ و ۵۱۰ میلی‌متر آب کاربردی به بیشینه مقدار خود یعنی ۳/۲۵ و ۳/۷ تن در هکتار رسیدند؛ اما در شرایط کم‌آبیاری سویا بهترین مقدار مصرف آب گیاه (متوسط دوساله) برای رقم کنول برای رسیدن به مقدار بهینه بهره‌وری آب (WP) برابر ۳۵۰ میلی‌متر است. با این مقدار آب بالاترین بهره‌وری آب در حدود ۰/۸ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب به دست آمد. از آنجاکه سویا یک گیاه ۳ کربنه با تبخیر-تعرق زیاد و نرخ فتوسنتزی کم است، کارایی کمی در استفاده از آب دارد (Belhassen, 1997). روشن است که با افزایش مقدار آب از مقادیر بهینه، امکان افزایش عملکرد وجود دارد، اما مقدار WP کاهش می‌یابد. در شرایط آبیاری کامل حداکثر عملکرد رقم کنول (۳/۷ تن) در مقابل مصرف ۵۱۰ میلی‌متر آب به دست آمده است. ولی با کاربرد ۵۱۰ میلی‌متر آب، مقدار بهره‌وری آب به ۰/۶۸ کیلوگرم در هکتار به ازای هر مترمکعب مصرف آب کاهش می‌یابد. در نتیجه زمانی که آب به اندازه کافی وجود ندارد، آبیاری کامل باید با کم‌آبیاری جایگزین گردد. برای رقم کنول سویا با انتخاب مقدار آب کاربردی ۳۵۰ میلی‌متر که بهره‌وری ۰/۸ کیلوگرم در مترمکعب را نتیجه داده است، عملکرد قابل حصول برابر با ۲/۸ تن در هکتار می-

که بهترین تیمار آبیاری برای کسب بالاترین بهره‌وری آب تیمار ۸۰ درصد تبخیر-تعرق گیاه بود. با کاهش ۸۰ و ۶۰ درصد تبخیر-تعرق گیاه، عملکرد دانه سویا به ترتیب ۸۸ و ۵۱ درصد کاهش داشت. نیاز آبی سویا در بوپال هند با استفاده از روش‌های فائو-پنمن-مانتیت، بلنی کریدل، تورنت وایت و هارگریوز محاسبه و با داده‌های اندازه-گیری شده مقایسه شد (Singh et al., 2014). نتایج نشان داد که میانگین نیاز آبی سویا در منطقه مورد مطالعه ۴۰۲ میلی‌متر بود. همچنین روش فائو-پنمن-مانتیت بهترین همبستگی را با داده‌های اندازه‌گیری شده داشته است. تأثیر آبیاری تکمیلی بر روی رشد و عملکرد پایدار سویا در منطقه‌ای در اروگوئه با بارش سالانه زیاد همراه با کمبود رطوبت خاک در برخی بازه‌های زمانی موردبررسی قرار گرفت (Montoya et al., 2017). نتایج نشان داد که ماده خشک تولیدی و سطح برگ در تیمارهای آبیاری شده به ترتیب ۸ و ۴۰ درصد بیشتر از تیمار دیم بودند. کمترین عملکرد مربوط به تیمار دیم بود و نسبت به تیمارهای آبیاری شده ۲۵٪ کاهش داشت. ضریب گیاهی سویا در مناطق گرمسیری برزیل توسط داسیلوا و همکاران در حدود ۰/۹۲ برآورد شد که تقریباً ۲۰٪ کمتر از مقادیر پیشنهادی فائو ۵۶ بود (Da Silva, 2019). نیاز آبی و ضریب گیاهی سویا با استفاده از لایسیمتر و تصاویر ماهواره‌ای مادیس در هند موردبررسی قرار گرفت (Kumar, 2019). نتایج نشان داد که نیاز آبی سویا با استفاده از لایسیمتر ۳۵۰ میلی‌متر و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ۳۰۴ میلی‌متر به دست آمد. رابطه خطی به‌دست‌آمده از مقادیر ضرایب گیاهی به‌دست‌آمده با استفاده از نتایج لایسیمتری و داده‌های سنجش از دور نیز نشان داد که ضریب همبستگی آن‌ها ۰/۸۶ بود. در تحقیقی اثر تغییرات در عرضه نسبی آب (RWS) بر بهره‌وری آب (WP) محصولات لوبیا و گندم تحت آبیاری در زیمبابوه موردبررسی قرار گرفت (Mujere and Mazvimavi, 2021). میزان عرضه آب و عملکرد لوبیا و گندم در طی ۱۷ فصل زراعی از ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۳ جمع-آوری گردید. نتایج یک رابطه درجه دوم ضعیفی را بین عرضه آب و بهره‌وری آب برای محصول لوبیا نشان داد. درحالی‌که برای محصول گندم، یک رابطه خطی و معنی‌داری به‌دست‌آمده است. بر اساس یافته‌های این تحقیق، انجام اقداماتی شامل تغییر گونه‌های گیاهی به گونه‌های مقاوم به خشکی که به آب کمتری احتیاج دارند، استحصال آب بارش، اقدامات حفاظتی برای حفظ رطوبت خاک و استفاده از روش‌های کارآمدتر کاربرد آب، جهت بهبود بهره‌وری آب ضروری می‌باشد. اثر تاریخ کاشت و کم آبیاری بر روی عملکرد، کاهش مصرف آب و نیاز آبی واقعی سویا در مصر موردبررسی قرار گرفت (Abdel Reheem et al., 2018). برنامه‌های آبیاری موردبررسی در این تحقیق شامل ۱۰۰، ۹۰، ۸۰ و ۷۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی بود. نتایج نشان داد که بهترین عملکرد و راندمان کاربرد آب از تیمار

باشد (کیانی، ۱۳۸۹، ب؛ کیانی و رئیسی، ۱۳۹۲).

با توجه به مباحث مطروحه و تأثیر آبیاری بر روی عملکرد سویا از یک طرف و نیز شرایط محدود منابع آبی استان گلستان از طرفی دیگر، ضروری است میزان بهره‌وری واقعی آب در کشت محصولات مختلف و راهکارهای بهبود آن در شرایط مدیریت زارع مورد بررسی قرار گیرد. همچنین با التفات به این موضوع که یکی از مناطق اصلی کشت سویا در کشور استان گلستان می‌باشد، در این تحقیق اندازه‌گیری میزان آب مصرفی سویا در سه منطقه اصلی کشت آن در استان گلستان مدنظر قرار گرفت تا با مقایسه با نیاز آبی سویا، مشخص گردد که کم‌آبیاری یا بیش‌آبیاری انجام می‌گیرد و آیا این موضوع با توجه به روش آبیاری اعمال‌شده در مزارع، تأثیری در بهره‌وری آب سویا ایجاد می‌نماید. چنین تحقیقی به صورت میدانی، در شرایط مدیریت کشاورز و در شهرهای مختلف در این استان انجام نشده بود. از جمله محدودیت‌هایی که این تحقیق دارا بود، تفاوت در نوع خاک، روش آبیاری و مدیریت آبیاری مزارع بوده است که عموماً کشاورزان بدون توجه به آن‌ها عملیات آبیاری را انجام می‌دادند. نتایج این تحقیق می‌تواند مورد استفاده کشاورزان، بهره‌برداران و مدیران حوزه آب مخصوصاً در زمینه کشت گیاهان دانه روغنی قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها



شکل ۲- پراکنش مزارع منتخب سویا و نمونه‌برداری خاک در چهار شهرستان استان گلستان

دست می‌آمد. در مزارعی که آبیاری به صورت بارانی کلاسیک بود، میزان دبی آبیاری با استفاده از دبی سنج پرتابل اندازه‌گیری شد و با توجه به مدت‌زمان آبیاری، حجم آب آبیاری محاسبه شد.

### تعیین نیاز خالص آبی سویا

برای محاسبه نیاز آبی سویا، ابتدا تبخیر تعرق مرجع (ET<sub>o</sub>) بر اساس معادله فائو-پنمن-مانتیث (Allen et al., 1998) با استفاده از داده‌های هواشناسی شامل: درجه حرارت، رطوبت نسبی هوا، ساعات

### روش اندازه‌گیری میزان آب ورودی به مزارع

میزان آب ورودی به مزارع در هر بار انجام آبیاری و با توجه به هماهنگی قبلی با کشاورزان اندازه‌گیری شد. در مزارعی که روش آبیاری به صورت سطحی بود، ابتدا دبی آب ورودی با نصب فلوم WSC و قرائت ارتفاع آب در فلوم پس از ثابت شدن، اندازه‌گیری شد و سپس با توجه به مدت‌زمان آبیاری، حجم آب ورودی به دست آمد. مزارعی که آبیاری به صورت دورانی (ستتر) انجام می‌شد، میزان حجم آب مصرفی از مقادیر ثبت‌شده در قسمت کنترل مرکزی دستگاه به

شاخص‌های بهره‌وری آب آبیاری (IWP) و بهره‌وری آب کاربردی (WP) بر اساس فرمول‌های ۴ و ۵ به دست آمدند.

$$WP = \frac{Y}{I} \quad (4)$$

$$IWP = \frac{Y}{I+P} \quad (5)$$

که در آن WP بهره‌وری آب کاربردی، IWP بهره‌وری آب آبیاری، Y میزان عملکرد، I حجم آب آبیاری و P حجم بارش می‌باشند.

## نتایج و بحث

### بررسی وضعیت اقلیمی مناطق موردبررسی

تغییرات بارش، تبخیر و رطوبت نسبی هوا در بازه زمانی هفت ماه اول سال ۹۹ به تفکیک شهرستان‌های موردبررسی در شکل‌های ۳ و ۴ ارائه شد. دوره رشد سویا برای کشت بهاره در استان گلستان از اواسط اردیبهشت تا اوایل مهر و برای کشت تابستانه از اواخر خرداد تا اواسط آبان است. ملاحظه می‌گردد که مجموع بارش در فصل رشد سویا (حدوداً از ۱۵ خرداد الی ۱۵ آبان) برای شهرستان‌های گرگان، علی‌آباد و کردکوی-بندرگز به ترتیب برابر با ۹۳، ۱۲۷ و ۵۸ میلی‌متر بود. علی‌رغم اینکه شهرستان‌های غرب استان (کردکوی و بندرگز) دارای اقلیم مرطوب‌تری هستند، ولی در سال ۹۹ مقدار بارش کل آن‌ها کمتر از دو شهرستان دیگر بود. ارقام تبخیر نشان می‌دهد که کمترین تبخیر مربوط به شهرستان‌های غرب و بیشترین مربوط به شهرستان علی‌آباد بود. به طوری که نسبت تبخیر به بارش در شهرستان‌های گرگان، علی‌آباد و کردکوی به ترتیب برابر با ۹/۵، ۷ و ۹/۸ است. به عبارت دیگر علی‌رغم اینکه شهرستان علی‌آباد بیشترین تبخیر را نسبت به دیگر شهرستان‌ها داشت، ولی مقدار بارش نیز بالاتر بود. اطلاعات رطوبت نسبی نیز نشان می‌دهد که شهرستان‌های بندرگز و کردکوی همان‌طور که انتظار می‌رفت بالاترین مقدار را به خود اختصاص دادند.

آفتابی و سرعت باد و به کمک نرم‌افزار EToCalc برآورد شد. روش فائو-پنمن-مانتیت در مجامع علمی به‌عنوان یک روش استاندارد مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طوری که پژوهشگران به دلیل نبود فراگیر داده‌های لایسیمیتری، برای ارزیابی دیگر روش‌های برآورد تبخیر-تعرق پتانسیل که به داده‌های کمتری نیاز دارند، روش فائو-پنمن-مانتیت را به‌عنوان مرجع و استاندارد قرار می‌دهند (Hargreaves, 1994، شریفان و قهرمان، ۱۳۸۵، احمد پور و همکاران، ۱۳۹۶). پس از آن بر اساس دوره رشد گیاه، ضریب گیاهی تعیین شد که بر اساس شرایط اقلیمی اصلاح گردید (Allen et al., 1998) و سپس مقدار تبخیر-تعرق گیاهی (ETc) که همان نیاز ناخالص آبی است از رابطه ۱ محاسبه گردید.

$$ET_c = ET_0 \times K_c \quad (1)$$

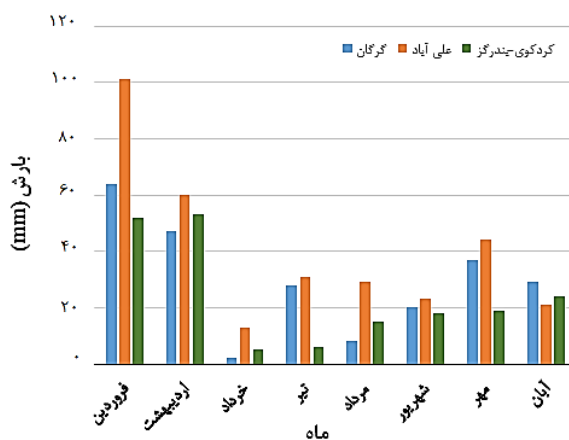
در این رابطه ETc مقدار تبخیر تعرق واقعی گیاه، ET0 مقدار تبخیر تعرق مرجع و Kc ضریب گیاهی است. برای تعیین نیاز خالص آبی سویا، از رابطه سرویس حفاظت خاک آمریکا (SCS) (معادله ۲) استفاده شد و سپس با استفاده از معادله ۳ به دست آمد.

$$P_e = F(1.253 \times P^{0.824} - 2.935) \times 10^{0.001 ET_c} \quad (2)$$

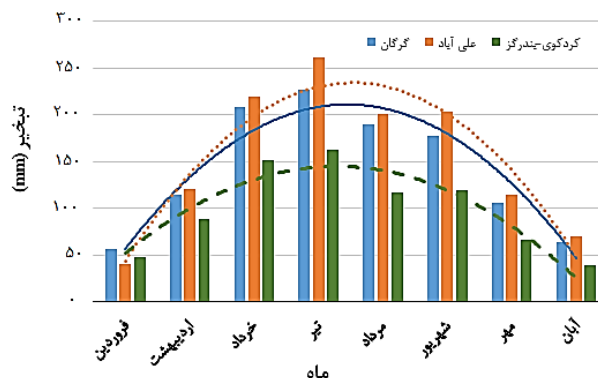
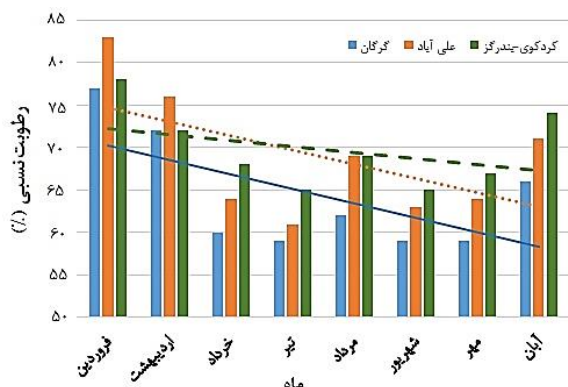
$$NET = ET_c - P_e \quad (3)$$

در این روابط، NET مقدار نیاز خالص آبی، ETc تبخیر و تعرق گیاه و Pe بارش مؤثر، همه بر حسب میلی‌متر هستند. بارش مؤثر به روش SCS محاسبه شده است. ضریب F نیز ضریب وابسته به عمق آب آبیاری است و با توجه به تغییرات اندک آن در دامنه مثلاً ۵۰ تا ۱۲۵ میلی‌متر عمق آب آبیاری در این نوشتار عدد ۱ در نظر گرفته شده است (مقدار تغییرات ضریب فوق برای عمق آب آبیاری حدود ۵۰ تا ۱۲۵ میلی‌متر در حدود ۰/۹۲ تا ۱/۰۳ است). مقدار P نیز کل بارش ماهانه به میلی‌متر است.

برای اندازه‌گیری عملکرد، در زمان برداشت با حضور در مزارع منتخب با کادر اندازی در چند نقطه و در برخی موارد با مصاحبه با کشاورز، عملکرد هر مزرعه تعیین شد. سپس با استفاده از این مقادیر،



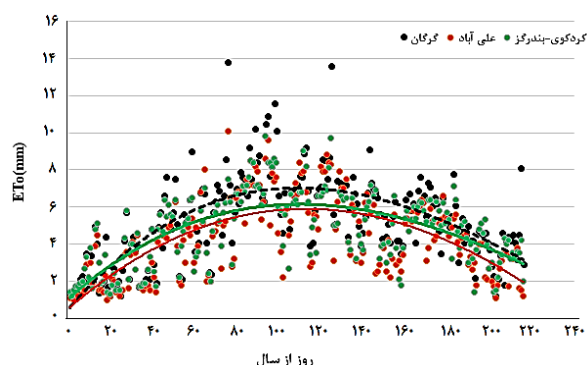
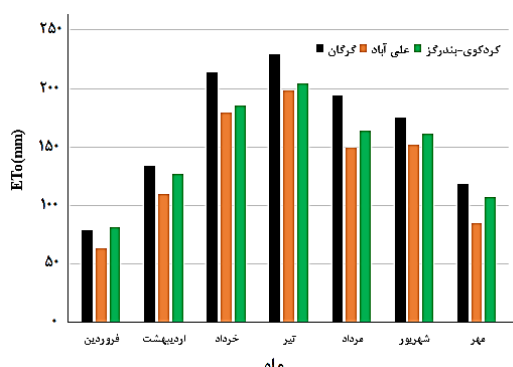
شکل ۳- توزیع بارش هفت‌ماهه اول سال ۹۹ به تفکیک سه منطقه موردبررسی



شکل ۴- تغییرات تبخیر و رطوبت نسبی هفت‌ماهه اول سال ۹۹ به تفکیک سه منطقه موردبررسی

میلی‌متر در روز و در شهرستان‌های علی‌آباد و کردکوی به مقدار ۶ و ۵/۸ میلی‌متر در روز می‌رسد. اگرچه در برخی از روزها در گرگان به ۱۴ در علی‌آباد به ۱۰ و در کردکوی هم به ۹ میلی‌متر در روز رسید.

مقادیر تبخیر-تعرق مرجع روزانه و ماهانه سال ۱۳۹۹ برای شهرستان‌های مورد مطالعه در شکل ۵ ارائه شده است. ملاحظه می‌گردد که به‌طور متوسط تبخیر-تعرق مرجع در شهرستان گرگان بالاتر از شهرستان‌های دیگر بود و حداکثر متوسط در گرگان به حدود ۷



شکل ۵- مقادیر تبخیر-تعرق مرجع روزانه و ماهانه سال ۱۳۹۹ در شهرستان‌های مورد مطالعه

بهاره، کمتر بود. مقدار نیاز آبی خالص سویا در کشت بهاره برای شهرستان‌های گرگان، علی‌آباد و کردکوی-بندرگز به ترتیب برابر ۵۹۳، ۴۳۵ و ۵۱۶ میلی‌متر و برای کشت تابستانه برابر با ۳۹۸، ۴۸۶ و ۴۸۶ میلی‌متر بود. نیاز آبی خالص سویا در سال ۹۹ نسبت به شرایط طولانی‌مدت منطقه بیشتر بود. به‌طوری‌که در گرگان نیاز خالص سویا با استفاده از داده‌های هواشناسی طولانی‌مدت در کشت بهاره و تابستانه به ترتیب برابر با ۴۷۶ و ۴۳۰ میلی‌متر برآورد شد. این نتایج نشان می‌دهد که نیاز آبی گیاه دارای روندی افزایشی است.

از طرفی دیگر در سند ملی آب، نیاز خالص آبی سویا برای دشت گرگان - گنبد به تفکیک کشت بهاره و تابستانه بدون احتساب خاک- آب اولیه به ترتیب برابر ۳۶۲ و ۲۷۳ میلی‌متر و با در نظر گرفتن حدود ۵۰ میلی‌متر خاک‌آب برابر با ۴۱۰ و ۳۲۰ میلی‌متر برآورد شده است (جدول ۴).

### نیاز آبی سویا در مناطق موردبررسی

نتایج محاسبات نیاز آبی ناخالص و خالص در شهرستان‌های گرگان، علی‌آباد و کردکوی-بندرگز با استفاده از داده‌های هواشناسی سال ۹۹ (برای ایستگاه‌های گرگان، علی‌آباد و بندر گز) و میانگین بلندمدت (برای ایستگاه گرگان) به تفکیک کشت‌های بهاره و تابستانه در جداول ۱ الی ۳ ارائه شده است. دوره رشد سویا برای کشت‌های بهاره از ۲۰ اردیبهشت تا اول مهر و برای کشت‌های تابستانه از ۲۰ خرداد تا اول آبان در نظر گرفته شده است. به‌طور کلی نیاز خالص سویا با توجه به شرایط آب و هوایی سال ۹۹، در شهرستان گرگان هم در کشت بهاره و هم در کشت تابستانه نسبت به شهرستان‌های دیگر بالاتر بود. همچنین مقادیر تبخیر-تعرق مرجع در دوره رشد سویا در گرگان در سال ۹۹ بیشتر از دو منطقه دیگر بود. مقدار نیاز آبی خالص سویا در کشت تابستانه به دلیل دوره کمتر آبیاری نسبت به کشت

جدول ۱- برآورد نیاز آبی خالص سویا کشت بهاره بر مبنای داده‌های هواشناسی سال ۹۹

ماه	ETo (mm)	Kc	ETc (mm)	بارش کل (mm)	بارش مؤثر (mm)	NET (mm)
<b>گرگان</b>						
۲۰ اردیبهشت	۵۴	۰/۴۵	۲۴	۴	۱	۲۳
خرداد	۲۱۴	۰/۵	۱۰۷	۲	۰	۱۰۷
تیر	۲۲۹	۰/۹	۲۰۶	۲۸	۲۶	۱۸۰
مرداد	۱۹۴	۱/۱	۲۱۳	۸	۶	۲۰۷
شهریور	۱۷۵	۰/۵	۸۸	۲۰	۱۴	۷۳
سالانه	۸۶۶		۶۳۸	۶۲	۴۵	۵۹۳
<b>علی‌آباد</b>						
۲۰ اردیبهشت	۴۲	۰/۴۵	۱۹	۲۴	۱۵	۴
خرداد	۱۷۹	۰/۵	۹۰	۱۳	۹	۸۰
تیر	۱۹۸	۰/۹	۱۷۸	۳۱	۲۷	۱۵۱
مرداد	۱۴۹	۱/۱	۱۶۴	۲۹	۲۵	۱۳۹
شهریور	۱۵۲	۰/۵	۷۶	۲۳	۱۶	۶۰
سالانه	۷۲۰		۵۲۷	۱۲۰	۹۲	۴۳۵
<b>کردکوی-بندرگز</b>						
۲۰ اردیبهشت	۴۷	۰/۴۵	۲۱	۱۷	۱۰	۱۱
خرداد	۱۸۵	۰/۵	۹۳	۵	۲	۹۰
تیر	۲۰۴	۰/۹	۱۸۴	۶	۴	۱۸۰
مرداد	۱۶۴	۱/۱	۱۸۰	۱۵	۱۳	۱۶۷
شهریور	۱۶۱	۰/۵	۸۱	۱۸	۱۳	۶۸
سالانه	۷۶۱		۵۵۸	۶۱	۴۲	۵۱۶

جدول ۲- برآورد نیاز آبی خالص سویا کشت تابستانه بر مبنای داده‌های هواشناسی سال ۹۹

ماه	ETo (mm)	Kc	ETc (mm)	بارش کل (mm)	بارش مؤثر (mm)	NET (mm)
<b>گرگان</b>						
۲۰ خرداد	۹۵	۰/۴۵	۴۳	۰	۰	۴۳
تیر	۲۲۹	۰/۵	۱۱۵	۲۸	۲۱	۹۳
مرداد	۱۹۴	۰/۹	۱۷۵	۸	۶	۱۶۹
شهریور	۱۷۵	۱/۱	۱۹۳	۲۰	۱۸	۱۷۴
مهر	۱۱۸	۰/۶	۷۱	۳۷	۲۵	۴۶
سالانه	۸۱۱		۵۹۵	۹۳	۷۰	۵۲۵
<b>علی‌آباد</b>						
۲۰ خرداد	۹۱	۰/۴۵	۴۱	۰	۰	۴۱
تیر	۱۹۸	۰/۵	۹۹	۳۱	۲۳	۷۶
مرداد	۱۴۹	۰/۹	۱۳۴	۲۹	۲۳	۱۱۱
شهریور	۱۵۲	۱/۱	۱۶۷	۲۳	۲۰	۱۴۷
مهر	۸۵	۰/۶	۵۱	۴۴	۲۸	۲۳
سالانه	۶۷۵		۴۹۲	۱۲۷	۹۴	۳۹۸
<b>کردکوی-بندرگز</b>						
۲۰ خرداد	۸۶	۰/۴۵	۳۹	۰	۰	۳۹
تیر	۲۰۴	۰/۵	۱۰۲	۶	۳	۹۹
مرداد	۱۶۴	۰/۹	۱۴۸	۱۵	۱۲	۱۳۶
شهریور	۱۶۱	۱/۱	۱۷۷	۱۸	۱۶	۱۶۱
مهر	۱۰۷	۰/۶	۶۴	۱۹	۱۳	۵۱
سالانه	۷۲۲		۵۳۰	۵۸	۴۴	۴۸۶

جدول ۳- برآورد نیاز آبی خالص سویا گرگان بر مبنای داده‌های هواشناسی طولانی مدت

ماه	ETo (mm)	Kc	ETc (mm)	بارش کل (mm)	بارش مؤثر (mm)	NET (mm)
بهاره						
۲۰ اردیبهشت	۵۰	۰/۴۵	۲۳	۲۰	۱۲	۱۰
خرداد	۱۸۹	۰/۵	۹۵	۱۹	۱۴	۸۱
تیر	۱۸۷	۰/۹	۱۶۸	۲۵	۲۱	۱۴۷
مرداد	۱۸۸	۱/۱	۲۰۷	۲۱	۲۰	۱۸۷
شهریور	۱۴۸	۰/۵	۷۴	۳۳	۲۳	۵۱
سالانه	۷۶۲		۵۶۶	۱۱۸	۹۰	۴۷۶
تابستانه						
۲۰ خرداد	۷۵	۰/۴۵	۳۴	۱۹	۱۲	۲۲
تیر	۱۸۷	۰/۵	۹۴	۲۵	۱۸	۷۵
مرداد	۱۸۸	۰/۹	۱۶۹	۲۱	۱۸	۱۵۱
شهریور	۱۴۸	۱/۱	۱۶۳	۳۳	۲۸	۱۳۵
مهر	۱۰۵	۰/۶	۶۳	۲۲	۱۵	۴۸
سالانه	۷۰۳		۵۲۲	۱۲۰	۹۱	۴۳۱

کشت بهاره و تابستانه ۱۰ روز جابجا می‌باشند. ولی طول دوره رشد یکسان هستند. ضرایب گیاهی استفاده شده در این تحقیق نیز ضرایب پیشنهادی فائو ۵۶ بوده است. لذا تنها عامل هواشناسی می‌تواند دلیل این تغییر در مقدار نیاز آبی باشد.

مقایسه مقادیر نیاز آبی خالص سند ملی با نیاز آبی خالص محاسبه شده در این تحقیق چه با استفاده از داده‌های هواشناسی سال ۹۹ و چه با استفاده از داده‌های هواشناسی طولانی مدت در ایستگاه هواشناسی گرگان نشان‌دهنده روند افزایشی نیاز آبی خالص است. تاریخ کاشت و برداشت در تحقیق انجام شده با سند ملی برای هر دو

جدول ۴- نیاز آبی خالص و ناخالص سویا به استناد سند ملی آب کشور، دشت گرگان-گنبد به تفکیک کشت‌های بهاره و تابستانه (میلی متر، بدون

احتساب خاک‌آب)

ماه	ETc	بارش مؤثر	NET
بهاره			
۲۰ اردیبهشت	۲۵	۲۰	۵
خرداد	۸۰	۰	۸۰
تیر	۱۲۸	۸	۱۲۰
مرداد	۱۲۳	۱۳	۱۱۰
شهریور	۴۷	۰	۴۷
سالانه	۴۰۳	۴۱	۳۶۲
تابستانه			
تیر	۵۰	۷	۴۳
مرداد	۱۰۹	۱۲	۹۷
شهریور	۱۰۹	۱۲	۹۷
مهر	۶۸	۳۳	۳۵
آبان	۱۰	۹	۱
سالانه	۳۴۶	۷۳	۲۷۳



جدول ۵- حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب در مزارع سویا تحت آبیاری سطحی در مناطق مورد بررسی

کد زمین	شهر	روش آبیاری	بافت خاک	شوری خاک	تعداد آبیاری	حجم آبیاری (m <sup>3</sup> /ha)	حجم باران (m <sup>3</sup> /ha)	عملکرد	بهره‌وری آب آبیاری	بهره‌وری آب کاربردی
۱	گرگان	سطحی	لومی رسی	۱/۴۰	۴	۲۷۲۹	۱۰۹۰	۱۷۰۰	۰/۶۲	۰/۴۵
۲	گرگان	سطحی	لومی سیلتی	۰/۶۱	۶	۶۱۰۰	۱۲۳۰	۲۷۰۰	۰/۴۴	۰/۳۷
۳	گرگان	سطحی	لومی	۰/۶۹	۴	۷۲۲۶	۱۲۳۰	۱۸۷۰	۰/۲۶	۰/۲۲
۴	گرگان	سطحی	لومی	۰/۸۶	۷	۴۲۷۹	۱۰۶۰	۱۸۲۰	۰/۴۳	۰/۳۴
۵	گرگان	سطحی	لومی سیلتی	۰/۶۹	۷	۴۹۳۴	۹۴۰	۲۲۲۰	۰/۴۵	۰/۳۸
۶	گرگان	سطحی	لومی سیلتی	۰/۶۸	۷	۴۵۴۱	۱۰۶۰	۲۱۲۰	۰/۴۷	۰/۳۸
۷	گرگان	سطحی	لومی سیلتی	۱/۰۳	۲	۳۴۰۲	۱۲۳۰	۲۰۰۰	۰/۵۹	۰/۴۳
۸	گرگان	سطحی	لومی سیلتی	۰/۶۹	۴	۷۰۳۰	۹۴۰	۲۷۰۰	۰/۳۸	۰/۳۴
۹	گرگان	سطحی	لومی سیلتی	۰/۷۱	۷	۵۲۴۸	۹۴۰	۳۱۲۰	۰/۵۹	۰/۵۰
۱۰	گرگان	سطحی	لومی سیلتی	۰/۸۰	۷	۵۲۸۳	۹۴۰	۲۳۰۰	۰/۴۴	۰/۳۷
۱۱	گرگان	سطحی	لومی سیلتی	۰/۶۲	۶	۴۵۰۶	۹۴۰	۲۵۰۰	۰/۵۵	۰/۴۶
۱۴	گرگان	سطحی	لومی سیلتی	۱/۰۹	۶	۴۸۵۰	۷۸۰	۲۹۰۰	۰/۶	۰/۵۲
۱۵	گرگان	سطحی	لومی	۰/۵۷	۶	۲۹۹۵	۹۴۰	۲۵۰۰	۰/۸۳	۰/۶۴
۱۶	علی‌آباد	سطحی	لومی شنی	۰/۷۲	۴	۴۷۴۷	۱۲۷۰	۱۹۹۰	۰/۴۲	۰/۳۳
۱۷	علی‌آباد	سطحی	لومی رسی	۰/۸۷	۴	۳۲۴۱	۱۱۴۰	۲۶۸۰	۰/۸۳	۰/۶۱
۱۸	علی‌آباد	سطحی- نواری	رسی	۱/۴۵	۵	۵۴۸۰	۱۱۴۰	۳۱۲۰	۰/۵۷	۰/۴۷
۱۹	علی‌آباد	سطحی	لومی	۰/۸۰	۶	۳۲۹۳	۱۱۴۰	۲۵۰۰	۰/۷۶	۰/۵۶
۲۰	علی‌آباد	سطحی	لومی رسی	۲/۳۱	۸	۵۶۰۹	۱۱۴۰	۳۵۰۰	۰/۶۲	۰/۵۲
۲۱	علی‌آباد	سطحی	لومی سیلتی	۱/۷۵	۶	۴۰۱۴	۱۱۴۰	۳۹۸۰	۰/۹۹	۰/۷۷
۲۲	علی‌آباد	سطحی	لومی سیلتی	۰/۹۳	۵	۴۳۱۷	۱۲۷۰	۲۷۰۰	۰/۶۳	۰/۴۸
۲۳	علی‌آباد	سطحی	لومی سیلتی	۰/۸۸	۵	۳۴۹۳	۱۱۴۰	۲۵۰۰	۰/۷۲	۰/۵۴
۲۴	علی‌آباد	سطحی	لومی	۱/۲۶	۷	۴۱۹۸	۱۲۷۰	۲۴۷۰	۰/۵۹	۰/۴۵
۲۵	علی‌آباد	سطحی	لومی سیلتی	۰/۹۲	۴	۵۵۱۲	۹۴۰	۲۰۰۰	۰/۳۶	۰/۳۱
۲۶	علی‌آباد	سطحی	لومی	۰/۸۱	۷	۵۰۲۱	۱۲۷۰	۳۰۰۰	۰/۶۰	۰/۴۸
۲۷	علی‌آباد	سطحی	لومی سیلتی	۱/۱۴	۶	۶۰۳۴	۱۲۷۰	۳۴۴۰	۰/۵۷	۰/۴۷
۲۸	علی‌آباد	سطحی	لومی	۰/۸۵	۸	۴۹۸۰	۱۱۴۰	۲۹۲۰	۰/۵۹	۰/۴۸
۳۰	علی‌آباد	سطحی	لومی سیلتی	۰/۷۴	۴	۶۲۶۰	۱۱۷۰	۲۶۰۰	۰/۴۲	۰/۳۵
۳۹	کردکوی-بندرگز	سطحی	لومی سیلتی	۰/۲۶	۴	۲۲۷۵	۵۵۰	۲۱۶۰	۰/۹۵	۰/۷۶
۴۰	کردکوی-بندرگز	سطحی	لومی سیلتی	۰/۵۲	۱	۶۴۰	۵۸۰	۲۶۰۰	۴/۰۶	۲/۱۳
۴۱	کردکوی-بندرگز	سطحی	لومی سیلتی	۰/۷۳	۱	۴۷۲	۶۲۰	۳۳۰۰	۶/۹۹	۲/۹۹
۴۳	کردکوی-بندرگز	سطحی و بارانی	لومی سیلتی	۱/۸۳	۱ + ۲	۲۳۳۰	۶۳۰	۳۰۰۰	۱/۲۹	۱/۰۱
۴۴	کردکوی-بندرگز	سطحی	لومی	۰/۷۴	۳	۱۹۶۴	۶۲۰	۳۶۰۰	۱/۸۳	۱/۳۹
میانگین				۰/۹۴	۵	۴۲۸۱	۱۰۲۴	۲۶۴۱	۰/۹۵	۰/۶۴
بیشینه				۲/۳۱	۸	۷۲۲۶	۱۲۷۰	۳۹۸۰	۶/۹۹	۲/۹۹
کمینه				۰/۲۶	۱	۴۷۲	۵۵۰	۱۷۰۰	۰/۲۶	۰/۲۲
ضریب تغییرات				۰/۴۴	۰/۳۵	۰/۳۸	۰/۲۱	۰/۲۱	۱/۳۴	۰/۸۶

جدول ۶- حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب در مزارع سویا تحت آبیاری بارانی در مناطق مورد بررسی

کد زمین	شهر	روش آبیاری	بافت خاک	شوری خاک	تعداد آبیاری	حجم آبیاری (m <sup>3</sup> /ha)	حجم باران (m <sup>3</sup> /ha)	عملکرد	بهره‌وری آب آبیاری	بهره‌وری آب کاربردی
۱۲	گرگان	بارانی	لومی سیلتی	۰/۷۴	۵	۱۹۸۶	۹۶۰	۲۰۰۰	۱/۰۱	۰/۶۸
۱۳	گرگان	بارانی	لومی سیلتی	۰/۸۶	۲	۱۸۴۴	۹۴۰	۲۲۰۰	۱/۱۹	۰/۷۹
۲۹	علی‌آباد	سنتر-لینیر	لومی سیلتی	۱/۱۶	۶	۳۱۰۰	۱۱۴۰	۳۲۰۰	۱/۰۳	۰/۷۵
۳۷	کردکوی-بندر گز	گان	لومی سیلتی	۶/۵۱	۵	۱۲۲۷	۵۸۰	۳۳۰۰	۲/۶۹	۱/۸۳
۳۸	کردکوی-بندر گز	گان	لومی سیلتی	۱/۱۶	۵	۱۵۹۵	۵۸۰	۲۴۲۰	۱/۵۲	۱/۱۱
میانگین				۲/۰۹	۵	۱۹۵۰	۸۴۰	۲۶۲۴	۱/۴۹	۱/۰۳
بیشینه				۶/۵۱	۶	۳۱۰۰	۱۱۴۰	۳۳۰۰	۲/۶۹	۱/۸۳
کمینه				۰/۷۴	۲	۱۲۲۷	۵۸۰	۲۰۰۰	۱/۰۱	۰/۶۸
ضریب تغییرات				۱/۰۶	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۲۷	۰/۲۰	۰/۴۲	۰/۴۱

جدول ۷- حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب در مزارع سویای دیم در مناطق مورد بررسی

کد زمین	شهر	روش آبیاری	بافت خاک	شوری خاک	تعداد آبیاری	حجم آبیاری (m <sup>3</sup> /ha)	حجم باران (m <sup>3</sup> /ha)	عملکرد	بهره‌وری آب آبیاری	بهره‌وری آب کاربردی
۳۱	کردکوی-بندر گز	دیم	لومی سیلتی	۱/۱۶	۰	۰	۵۵۰	۱۵۰۰	۰	۲/۷۳
۳۲	کردکوی-بندر گز	دیم	لومی سیلتی	۰/۲۶	۰	۰	۶۳۰	۱۹۵۰	۰	۳/۱
۳۳	کردکوی-بندر گز	دیم	لومی سیلتی	۰/۶	۰	۰	۶۳۰	۱۹۵۰	۰	۳/۱
۳۴	کردکوی-بندر گز	دیم	لومی سیلتی	۰/۶	۰	۰	۵۸۰	۱۹۵۰	۰	۳/۳۶
۳۵	کردکوی-بندر گز	دیم	لومی سیلتی	۳/۹۷	۰	۰	۶۳۰	۹۰۰	۰	۱/۴۳
۳۶	کردکوی-بندر گز	دیم	لومی سیلتی	۲/۶۸	۰	۰	۴۵۰	۱۱۲۰	۰	۲/۴۹
۴۲	کردکوی-بندر گز	دیم	لومی شنی سیلتی	۱/۳۳	۰	۰	۶۳۰	۲۷۰۰	۰	۴/۲۹
میانگین				۱/۵۱	--	--	۵۸۶	۱۷۲۴	--	۲/۹۳
بیشینه				۳/۹۷	--	--	۶۳۰	۲۷۰۰	--	۴/۲۹
کمینه				۰/۲۶	--	--	۴۵۰	۹۰۰	--	۱/۴۳
ضریب تغییرات				۰/۸۲	--	--	۰/۱۱	۰/۳۳	--	۰/۲۸

### میزان آب مصرفی و بهره‌وری آب سویا

نتایج آزمایش خاک و اندازه‌گیری حجم آب مصرفی، عملکرد، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی به تفکیک روش آبیاری در مزارع مورد بررسی در جداول ۵، ۶ و ۷ ارائه شده است. مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش نشان می‌دهد که دامنه مصرف آب آبیاری در سال زراعی ۹۹ در مزارع سویا در حوزه شهرستان گرگان از ۱۸۴۰ مترمکعب در هکتار با دو آبیاری بارانی تا ۷۲۲۰ مترمکعب در هکتار با چهار آبیاری غرقابی (متوسط ۴۴۶۰ مترمکعب در هکتار)، در شهرستان علی‌آباد از ۳۱۰۰ مترمکعب در هکتار با ۶ آبیاری بارانی تا ۶۲۰۰ مترمکعب در هکتار با چهار آبیاری غرقابی (متوسط ۴۶۲۰ مترمکعب در هکتار) و در حوزه شهرستان‌های کردکوی و بندر گز که اراضی سویا هم به‌صورت دیم و هم به‌صورت آبی مورد بررسی قرار گرفتند، دامنه مصرف آب آبیاری در اراضی آبی این حوزه از ۲۳۳۰ مترمکعب در هکتار با سه مرحله آبیاری (متوسط ۱۵۰۰ مترمکعب در

هکتار) تا ۴۷۰ مترمکعب در هکتار با یک آبیاری غرقابی در نوسان بودند. به استناد برآورد نیاز آبی خالص سویا در کشت تابستانه در سال زراعی جاری (جدول ۱) ملاحظه می‌گردد که در حوزه‌های شهرستان گرگان، علی‌آباد و کردکوی-بندرگز به ترتیب در حدود ۸۰، ۴۵ و ۱۰۰ درصد زارعین کم آبیاری انجام دادند. در استان گلستان و خصوصاً مناطق غربی باران نقش مهمی در تأمین نیاز آبی گیاه دارد. به‌طوری‌که بخشی از کشاورزان در این مناطق اصلاً منبع آبی ندارند و به‌صورت دیم کشت می‌کنند. در سال زراعی جاری سهم بارش در تأمین نیاز آبی اراضی تحت آبیاری سویا در شهرستان‌های گرگان از ۱۴ تا ۳۴ درصد (متوسط ۲۰ درصد)، علی‌آباد از ۱۷ تا ۲۷ درصد (متوسط ۲۱ درصد) و کردکوی-بندرگز در اراضی آبی در حدود ۲۱ تا ۵۷ درصد (میانگین ۳۳ درصد) بود.

نتایج عملکرد نشان می‌دهد که تغییرات عملکرد در گرگان از ۱۷۰۰ الی ۳۱۲۰ کیلوگرم در هکتار (متوسط ۲۳۱۰)، در علی‌آباد از

نگرفته است. ضمن اینکه در زمین ردیف ۳ در زمان‌های آبیاری (دوره گلدهی در ۲۳ مرداد و غلاف بندی در ۱۱ شهریور) هیچ کودی مصرف نشده بود. در زمین ردیف ۱۳ دو بار با روش آبیاری بارانی به حجم حدود ۱۸۰۰ مترمکعب در هکتار آب وارد مزرعه شده است. بافت خاک در این مزرعه لوم سیلتی یعنی ظرفیت نگهداشت بیشتری نسبت به مزرعه ردیف ۳ داشت. در این مزرعه در ۱۱ شهریور کود اوره داده و دو بار هم سمپاشی انجام داده است. مقایسه دو مزرعه ردیف ۱ و ردیف ۲ در حوزه شهرستان گرگان نشان می‌دهد که زمین ردیف ۱ با مصرف ۲۷۰۰ مترمکعب در هکتار آب آبیاری، عملکرد ۱۷۰۰ کیلوگرم در هکتار (بهره‌وری معادل ۰/۴۵ کیلوگرم در مترمکعب) و ردیف ۲ با مصرف ۶۱۰۰ مترمکعب در هکتار آب آبیاری، عملکردی در حدود ۲۷۰۰ کیلوگرم در هکتار (بهره‌وری معادل ۰/۳۷) داشتند. در این مزارع نوع روش آبیاری، رقم و میزان کود دهی یکسان بود. نتیجه اینکه با افزایش مقدار آب آبیاری یعنی ۱۲۵ درصد برابر حدود ۳۴۰۰ مترمکعب در هکتار، عملکرد در حدود ۵۹ درصد معادل ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داشت، ولی با توجه به بهره‌وری به‌دست‌آمده، آبیاری اگرچه باعث افزایش عملکرد شد، ولی اثربخشی لازم را نداشت. در زمین ردیف ۱، چهار بار به فواصل ۱۶ تا ۵۰ روز و در زمین ردیف ۲، شش بار به فواصل ۱۵ تا ۲۷ روز انجام شده است. مقایسه دو مزرعه ردیف ۱۶ و ردیف ۱۷ در علی‌آباد نشان می‌دهد که بهره‌وری آب در زمین ردیف ۱۷ (۰/۶۱ کیلوگرم در هکتار) تقریباً دو برابر زمین ردیف ۱۶ است (۰/۳۳ کیلوگرم در هکتار). زمین ردیف ۱۶، ۵ خرداد خاک‌آب را انجام داد و یک هفته بعد یعنی در ۱۲ خرداد سویا را کاشت و زمین ردیف ۱۷، ۵ تیر آبیاری کرد و ۵ روز بعد یعنی ۱۰ تیر کاشت. اولین آبیاری بعد از خاک‌آب در زمین‌های ردیف ۱۶ و ۱۷ به ترتیب در حدود ۶۰ و ۳۹ روز بعد انجام شد. نوع خاک زمین ردیف ۱۶، لوم ماسه‌ای بود و باید زودتر آبیاری می‌شد، در حالی که نوع خاک زمین ردیف ۱۷، سنگین و لوم رسی بود. ضمن اینکه در زمین ردیف ۱۶، زودتر از معمول یعنی ۱۵ شهریور آبیاری قطع شد و ۸ آبان برداشت کرد؛ یعنی یک خاک سبک در دوران غلاف دهی و دانه بستن در انتهای فصل به مدت ۵۰ روز آبیاری انجام نشد. در زمین ردیف ۱۶، در تاریخ ۵ مرداد ۵۰ کیلوگرم کود اوره و ۱/۵ کیلوگرم کود مایع (۲۰-۲۰-۲۰) استفاده شده و در زمین ردیف ۱۷ در تاریخ ۵ تیر ۵۰ کیلوگرم فسفات، در تاریخ ۱۴ مرداد ۱۰۰ کیلوگرم اوره و ۲۵ کیلوگرم پتاس استفاده شد. در حوزه شهرستان علی‌آباد بالاترین بهره‌وری آب (۰/۷۷ کیلوگرم در مترمکعب) مربوط به زمین ردیف ۲۱ بود. مزرعه دارای خاک لوم سیلتی و رقم ساری و در ۲۵ اردیبهشت کاشته شد. در طی فصل ۶ بار با فواصل تقریبی ۱۵ روز و معادل ۴۰۰۰ مترمکعب آب آبیاری مصرف شده است و عملکرد سویا نیز برابر حدود ۴ تن در هکتار بود.

بهره‌وری آب در اراضی آبی در حوزه شهرستان‌های کردکوی-

۱۹۹۰ الی ۳۹۸۰ کیلوگرم در هکتار (متوسط ۲۸۴۰) و در کردکوی- بندرگز در اراضی آبیاری شده از ۲۱۶۰ الی ۳۶۰۰ کیلوگرم در هکتار (متوسط ۲۹۱۰) و در اراضی دیم از ۹۰۰ الی ۲۷۰۰ کیلوگرم در هکتار (متوسط ۱۷۲۰) در نوسان بود. مقایسه تغییرات مقدار آب آبیاری و عملکرد نشان می‌دهد که تغییرات عملکرد کمتر از تغییرات مقدار آب آبیاری است و به عبارت دیگر افزایش مقدار آب آبیاری تغییرات اندکی در عملکرد سویا دارد. به طوری که در حوزه شهرستان‌های کردکوی و بندرگز تفاوت مقدار عملکرد اراضی آبی و دیم در حدود ۱۱۹۰ کیلوگرم در هکتار بود و در حالی که تفاوت مقدار آب آبیاری در اراضی اشاره‌شده در حدود ۲۳۳۰ مترمکعب در هکتار بود. متوسط بهره‌وری آب کاربردی در اراضی سویاکاری در شهرستان گرگان از ۰/۲۲ تا ۰/۷۹ کیلوگرم بر مترمکعب (متوسط ۰/۴۶)، علی‌آباد از ۰/۳۱ تا ۰/۷۷ کیلوگرم بر مترمکعب (متوسط ۰/۵۱) و کردکوی-بندرگز در اراضی آبی از ۰/۷۶ تا ۲/۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب (متوسط ۱/۶) و در اراضی دیم از ۱/۴۳ تا ۴/۳ کیلوگرم در مترمکعب (متوسط ۲/۹) در نوسان بودند. مقایسه بهره‌وری آب آبیاری دو روش آبیاری سطحی و بارانی نشان می‌دهد که میزان بهره‌وری آب آبیاری در روش بارانی ۱/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب است که بیش از ۵۶٪ بیشتر از روش آبیاری سطحی است. همچنین بهره‌وری آب در روش آبیاری بارانی دارای ضریب تغییرات کمتری نسبت به روش آبیاری سطحی می‌باشد. به‌طور کلی شاخص بهره‌وری آب با توجه به تعریف ارائه‌شده در این گزارش برای انتخاب یک گزینه مناسب نیست. به دلیل اینکه تغییرات عملکرد نه تنها تابع آب بلکه به عوامل متعددی بستگی دارد. اگرچه مقادیر عملکرد حاصل شده در هر مزرعه در اثر مجموع آبیاری و باران به دست آمده است، ولی اثرات دیگر عوامل که در هر مزرعه متفاوت است را باید در نظر گرفت. به‌طور مثال در شهرستان گرگان زمین ردیف ۳ که ۴ بار آبیاری غرقابی انجام شده است (حدود ۸۵۰۰ مترمکعب در هکتار مجموع آب آبیاری و باران)، کمترین بهره‌وری (۰/۲۲ کیلوگرم در هکتار) و دارای عملکردی در حدود ۱۸۷۰ کیلوگرم در هکتار داشت. در همین شهرستان مزرعه ردیف ۱۳ در حدود ۲۷۸۰ مترمکعب آب دریافت کرده که عملکردی در حدود ۲۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و بالاترین بهره‌وری را به خود اختصاص داد. خاک مزرعه ردیف ۳ دارای بافت لومی بود و در این مزرعه در چهار مرحله و در هر مرحله به ترتیب ۲۰۰۰، ۱۸۵۰، ۱۵۴۰ و ۱۸۰۰ مترمکعب در هر هکتار آب وارد مزرعه شده است. در این مزرعه به‌طور متوسط اگر عمق ریشه سویا را برای جذب رطوبت ۵۰ سانتی‌متر در نظر بگیریم، ظرفیت نگهداشت آب خاک برای جذب آب حداکثر ۶۰۰ مترمکعب در هکتار است. ضمن اینکه این مقدار، ظرفیت نگهداشت است. در حالی که همیشه قبل از آبیاری در خاک رطوبت هم وجود دارد که این شرایط، ظرفیت را کاهش می‌دهد. در هر حال ملاحظه می‌گردد، آب آبیاری بیش از حد ظرفیت نگهداشت آب خاک بوده و مورد استفاده قرار

بندرگز همان طوری که توضیح داده شد، در دامنه ۰/۷۶ تا ۳ و متوسط ۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب و بهره‌وری بارش در اراضی دیم از ۱/۴۳ تا ۴/۲۹ و متوسط ۲/۹ کیلوگرم در مترمکعب در نوسان است. نکته مهم اینکه در این حوزه علیرغم مصرف آب کمتر نسبت به دو شهرستان گرگان و علی‌آباد عملکرد سویا بیشتر بود و به همین دلیل به‌طور کلی بهره‌وری آب نیز بیشتر بود. به‌طور کلی می‌توان گفت اثر آبیاری در افزایش عملکرد و بهره‌وری خیلی مؤثر نبود. به‌طور مثال سه مزرعه که در یک روستا از حوزه شهرستان کردکوی بودند (زمین‌های ردیف ۳۷، ۳۸ و ۳۹) با مصرف حدود ۱۲۲۰، ۱۵۶۰ و ۲۲۷۰ مترمکعب آب آبیاری به ترتیب در حدود ۳۳۰۰، ۲۴۲۰ و ۲۱۶۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد داشت. دو زمین اول هر کدام ۵ بار با استفاده از گان و زمین سوم ۴ بار با روش غرقابی آبیاری شدند. در دو زمین اول خاک آب شد، ولی در زمین سوم کاشت در ۲۴ اردیبهشت انجام شد و اولین آبیاری در تاریخ ۲۴ تیر یعنی دو ماه بعد و بدون خاک اولیه انجام گردید. برای کشت‌های تابستان خاک آب برای سبز یکنواخت برای تولید نهایی بسیار مهم و کلیدی است. از نظر مصرف کود هم در زمین اول و در تاریخ ۲۹ مرداد از اسید آمینه، جلبک و کود ترکیبی (۱۲-۱۲-۳۶)، در زمین دوم در تاریخ ۱۳ مرداد ۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم، ۱۰۰ کیلوگرم فسفات، ۱۵۰ کیلوگرم اوره و ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد و در زمین سوم نیز در تاریخ ۱۳ مرداد ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم، ۱۵۰ کیلوگرم اوره و ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد استفاده شده است.

## نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف تعیین آب مصرفی در مزارع سویا برای ۴۴ مزرعه از سه منطقه عمده سویا کاری در استان گلستان اجرا شده است. ضمن اینکه نیاز خالص آب موردنیاز سویا با استفاده از داده‌های هواشناسی سال ۹۹ (برای ایستگاه‌های گرگان، علی‌آباد و بندرگز) و داده‌های طولانی‌مدت (۱۵ سال اخیر و برای ایستگاه گرگان) با روش پنمن-مانتیت برآورد شد. مقدار نیاز آبی خالص سویا در سال ۹۹ در کشت بهاره برای شهرستان‌های گرگان، علی‌آباد و کردکوی به ترتیب برابر ۵۹۳، ۴۳۵ و ۵۱۶ میلی‌متر و برای کشت تابستانه برابر با ۵۲۵، ۳۹۸ و ۴۸۶ میلی‌متر بود که نشان می‌دهد نسبت به طولانی‌مدت برای کشت‌های بهاره و تابستانه به ترتیب در حدود ۲۵ و ۲۲ درصد و نسبت به سند ملی در حدود ۴۵ و ۶۴ درصد افزایش داشت. این موضوع حکایت از این دارد که شرایط تغییرات اقلیمی به سمت افزایش نیاز خالص آبی گرایش دارد. میانگین مقدار آب آبیاری ورودی به مزارع سویا در سال زراعی ۹۹ در حوزه‌های شهرستان گرگان، علی‌آباد و کردکوی-بندرگز به ترتیب برابر ۴۴۶۰، ۴۶۲۰ و ۱۵۰۰ مترمکعب در هکتار در نوسان بودند. ملاحظه می‌گردد که در حوزه‌های شهرستان گرگان، علی‌آباد و کردکوی-بندرگز به ترتیب در حدود

۴۵، ۱۰۰ و درصد زارعین کم آبیاری انجام دادند. در استان گلستان و خصوصاً مناطق غربی باران نقش مهمی در تأمین نیاز آبی گیاه را بازی می‌کند. به‌طوری‌که بخشی از کشاورزان در این مناطق اصلاً منبع آبی ندارند و به‌صورت دیم کشت می‌کنند. در سال زراعی جاری سهم بارش در تأمین نیاز آبی اراضی تحت آبیاری سویا در شهرستان‌های گرگان، علی‌آباد و کردکوی-بندرگز در اراضی آبی به ترتیب ۲۰، ۲۱ و ۳۳ درصد بود. از نظر روش آبیاری عمدتاً با شیوه سنتی غرقابی آبیاری انجام می‌شود، به‌طوری‌که سهم آبیاری بارانی در شهرستان‌های گرگان، علی‌آباد و کردکوی-بندرگز به ترتیب ۱۳، ۷ و ۲۸ درصد بود. متوسط عملکرد سویا در اراضی آبی در شهرستان‌های گرگان، علی‌آباد و کردکوی و بندرگز به ترتیب ۲۸۴۰، ۲۹۱۰ و ۱۷۲۰ کیلوگرم در هکتار در نوسان بود. مقایسه تغییرات مقدار آب آبیاری و عملکرد حکایت از این مطالب دارد که افزایش مقدار آب آبیاری تغییرات اندکی در عملکرد سویا دارد. البته این روند به دلیل تأثیر عوامل متعدد در عملکرد مورد انتظار است. متوسط بهره‌وری آب کاربردی سویا در شهرستان گرگان از ۰/۲۲ تا ۰/۷۹ کیلوگرم بر مترمکعب (متوسط ۰/۴۶)، علی‌آباد از ۰/۳۱ تا ۰/۷۷ کیلوگرم بر مترمکعب (متوسط ۰/۵۱) و کردکوی-بندرگز در اراضی آبی از ۰/۷۶ تا ۲/۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب (متوسط ۱/۶) و در اراضی دیم از ۱/۴۳ تا ۴/۳ کیلوگرم در مترمکعب (متوسط ۲/۹) در نوسان بودند. همچنین مقایسه بهره‌وری آب آبیاری دو روش آبیاری سطحی و بارانی نشان می‌دهد که میزان بهره‌وری آب آبیاری در روش بارانی ۱/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب است که بیش از ۵۶٪ بیشتر از روش آبیاری سطحی است. شایان‌ذکر است که علاوه بر مدیریت آبیاری، مدیریت زراعی نیز نقش مهمی در بهبود بهره‌وری آب دارد. در مدیریت آبیاری نیز باید انجام آبیاری با توجه به نیاز آبی گیاه در هر مرحله رشد و نوع بافت خاک انجام گیرد.

## منابع

- احمد پور، ه.، گرمدره، س.ا.ه. و قلعه کهنه، ک. ۱۳۹۶. مقایسه روش-های مختلف برآورد تبخیر-تعرق پتانسیل با روش فائو پنمن مانیت (مطالعه موردی: منطقه سپیدان). مجله علمی و ترویجی نیوار، ۴۱: ۲۲-۱۳.
- احمدی، ک.، ح.ر. عبادزاده، ف. حاتمی، ه. عبدشاه. و کاظمیان، آ. ۱۳۹۸. آمارنامه کشاورزی سال ۹۷-۱۳۹۶. وزارت جهاد کشاورزی و معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، دفتر فناوری اطلاعات و ارتباطات، جلد اول: محصولات زراعی، ص ۹۵.
- بی‌نام، ۱۳۷۸. الگوی مصرف آب در کشاورزی، نیاز آبی گیاهان، الگوی کشت و راندمان آبیاری. جلد بیست و سوم، دشت‌های

- Soybean irrigation requirements and canopy-atmosphere coupling in Southern Brazil. *Journal of Agricultural Water Management*. 218: 1-7.
- Dogan, E., Kirmak, H. and Copur O. 2007. Effect of seasonal water stress on soybean and site specific evaluation of CROPGRO-Soybean model under semi-arid climatic conditions. *Agricultural Water Management*. 90: 56-62.
- FAO. 2020. Crop Water Information: Soybean. (Available at: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/soybean/en/>)
- FAOSTAT. 2020. FAO, Statistical Data, Available at: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/E>).
- FAOSTAT. 2001. Agriculture data available on <http://apps.fao.org>
- Kirmak, H., Dogan, E. and Turkoglu H. 2010. Effect of drip irrigation intensity on soybean seed yield and quality in the semi-arid Harran plain, Turkey. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 8(4): 1208-1217.
- Kumar, S., Attri, S.D., Soni, A.K., Vishnoi, L., Singh, K.K., Sharma, G. and Tripathi, J.N., 2019. Satellite derived crop coefficient and crop water stress for soybean in semi-arid region of India. *Journal of Agrometeorology*. 21: 140-146.
- Montoya, F., Garcia, C. Pintos, F. and Otero, A. 2017. Effects of irrigation regime on the growth and yield of irrigated soybean in temperate humid climatic condition. *Agricultural Water Management*. 193: 30-45.
- Mujere, N. and Mazvimavi, D. 2021. Assessing crop water productivity at Nyanyadzi smallholder irrigation scheme in Zimbabwe. *Water Productivity Journal*. 1(4): 13-24.
- Rosadi, R. A, Afandi Senge M, Ito, K. and Adomako, J. 2007. The effect of water stress in regulated deficit irrigation on soybean yield (Glycine max [L.] Merr.). *The journal Paddy and Water Environment*. 5:163-169
- Belhassen, E. Ed. 1997. Drought tolerance in higher plants: Genetical, physiological and molecular biological analysis. Kluwer.
- USDA, United States of Department Agriculture. 2010. Foreign Agricultural Service. Office of global analysis. International Production Assessment Division. Washington, DC, USA.
- استان گلستان. شماره ثبت در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی ۷۸/۴۴۱ مورخ ۷۸/۸/۶.
- شریفان، ح. و قهرمان، ب. ۱۳۸۵. بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی تیخیر-تعرق در استان گلستان با استفاده از GIS. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. ساری.
- کمالی، م.ا. ۱۳۹۷. تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی نیاز آبی سویا در استان مازندران. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۵ (۱۲): ۱۰۷۲-۱۰۵۹.
- کمالی، م.ا. ۱۳۹۹. تعیین آب موردنیاز سویا در استان مازندران. مجله ترویجی گیاهان دانه روغنی. ۲ (۱): ۶۹-۶۳.
- کیانی، ع.ر. ۱۳۹۸. تعیین آب موردنیاز چند گیاه دانه روغنی در استان گلستان، مجله ترویج گیاهان دانه روغنی، ۱ (۲): ۱۰۴-۹۴.
- کیانی، ع. ر. ۱۳۸۹ الف. برنامه‌ریزی آبیاری سویا، انتشارات موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، نشریه فنی شماره ۳۳، ۱۷ ص.
- کیانی، ع. ر. ۱۳۸۹ ب. برنامه‌ریزی بهینه آبیاری بر اساس رابطه آب-عملکرد در چند رقم سویا. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۱۱ (۱): ۱۰۲-۸۵...
- کیانی، ع. ر. و رئیس، س. ۱۳۹۲. بررسی کارایی مصرف آب چند رقم سویا تحت مقادیر مختلف آب آبیاری. مجله پژوهش‌های حفاظت آب‌وخاک، ۲۰ (۵): ۱۹۲-۱۷۹.
- Abdel Reheem, H.A., Ahmed, Y.M., Mohamed, M.A. and Hassan, A.F. 2018. Yield Response of Soybean Crop to Irrigation Regime and Planting dates in El-Minia Region-Middle Egypt. *Journal of Natue and Science*. 16(10): 55-63.
- Adeboye, O.B., Schultz, B., Adekalu, K.O. and Prasad, K. 2015. Crop water productivity and economic evaluation of drip-irrigated soybeans (Glycine max L. Merr.). *Agric & Food Secur*. 4(10): 1-13.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirement. FAO Irrig. Drain. Paper No. 56. FAO, Rome, Italy, 300 pp.
- Boydak, E., Alpaslan, M., Hayta, M., Gercek, S. and Simsek, M. 2002. Seed composition of soybeans grown in the Harran region of Turkey as affected by row spacing and irrigation. *The Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 4718-4720.
- Da Silva, E.H., Gonçalves, A.O., Pereira, R.A., Júnior, I.M.F., Sobenko, L.R. and Marin, F.R., 2019.

## Investigation of Soybean Irrigation Water Productivity in Farms of Golestan Province

A. R. Kiani<sup>1</sup>, M. I. Kamali\*<sup>2</sup>, F. Abbasi<sup>3</sup>

Received: Sep.09, 2021

Accepted: Oct.12, 2021

### Abstract

The current study aimed to measure the water use and water productivity in 44 soybean farms (37 irrigated and 7 rainfed farms) under the management of farmeres in 3 regions including Gorgan, Aliabad, and Kordkuy-Bandar Gaz in Golestan province in 2020. Required information including physicochemical properties of soil and water, irrigation method, volume of irrigation water and cultivation properties were measured. Results showed that in the mentioned regions only 13, 7 and 28 percent of farms were irrigated by sprinkler irrigation and others were irrigated by surface irrigation, respectively. The volume of water use was measured by flume in the surface irrigation and was determined by measuring water flow in the sprinkler irrigation and were compared with the soybean water requirement. Results showed that the net water requirement of soybean in 2020 for Gorgan, Aliabad and Kordkuy-Bandar Gaz regions was 593, 435 and 516 mm for planted in spring, and was 525, 398 and 486 mm for planted summer, respectively which compared to when long term meteorological values are used is increased by about 25 and 22 percent and 45 and 64 percent to National Water Document values for planted in spring and summer. The mean irrigation water use in 2020 in Gorgan, Aliabad and Kordkuy-Bandar Gaz was 4460, 4620 and 1500 cubic meters per hectare, respectively and in these regions, 80%, 45% and 100% of farmers applied deficit irrigation, respectively. The rainfall provided 20, 21 and 33 percent of irrigated soybean water requirement in Gorgan, Aliabad and Kordkuy-Bandar Gaz, respectively. The average applied water productivity in Gorgan and Aliabad was 0.46 and 0.51 kg/m<sup>3</sup> and in Kordkoy-Bandar Gaz was 1.6 kg/m<sup>3</sup> for irrigated farms and 2.9 kg/m<sup>3</sup> for rainfed farms. The average irrigation water productivity in the sprinkler irrigation method was 1.45 kg/m<sup>3</sup>, which was 56% higher than the surface irrigation method.

**Keywords:** Golestan, Irrigation management, Soybean, Water productivity, Water requirement

1- Professor, Agricultural Engineering Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran

2- Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran

3- Professor, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

(\*- Correspongin Author Email: kamalipasha@yahoo.com)