



تحلیل آب مجازی سبز به منظور شناسایی مناطق مستعد کشت گندم و جو دیم در استان فارس

نیلوفر رجحانی شیرازی^۱، سید حمید احمدی^۲

چکیده

در این پژوهش، مناطق مستعد کشت گندم و جو در استان فارس با توجه به مقادیر آب مجازی سبز بررسی شد. برای این منظور با استفاده از داده‌های هواشناسی، سطح زیرکشت و میزان محصول تولید شده برای سال‌های زراعی ۸۱-۸۲ تا ۹۱-۹۲ استفاده گردید و آب مجازی سبز به صورت میانگین زمانی مورد مطالعه محاسبه گردید. مقدار آب مجازی سبز گندم بین ۱/۳۹ (شهرستان داراب) تا ۳/۶۹ (شهرستان سروستان) مترمکعب بر کیلوگرم و مقدار آب مجازی سبز جو بین ۱/۹۵ (شهرستان استهبان) تا ۴/۵۹ (شهرستان ممسنی) مترمکعب بر کیلوگرم متغیر بود. با توجه به بررسی‌های انجام شده، براساس بالا بودن آب مجازی سبز کشت گندم دیم در شهرستان‌های سروستان، زرین‌دشت و رستم، با استفاده از برنامه‌ریزی‌ها و راهکارهای حفاظتی، این شهرستان‌ها به عنوان مناطق دارای پتانسیل کشت گندم دیم معرفی می‌شوند. هم‌چنین براساس بالا بودن حجم آب مجازی سبز در شهرستان‌های ممسنی، سپیدان، شیراز و کازرون این مناطق از لحاظ کشت گندم دیم، در شرایط کنونی، جز شهرستان‌های مستعد کشت گندم دیم می‌باشند. شهرستان‌های ممسنی، زرین‌دشت، فیروزآباد و شیراز، دارای حجم آب مجازی سبز بالا، شهرستان‌های مستعد کشت جو دیم می‌باشند.

کلید واژه‌ها: گندم دیم، جو دیم، پهنه‌بندی آب مجازی سبز، پهنه بندی حجم آب مجازی سبز، استان فارس

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

^۲ استادیار بخش آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز



مقدمه

عمده‌ترین مصرف منابع آب کشور در بخش کشاورزی است و براساس برخی گزارشات بیش از ۹۰ درصد از حجم آبی که در کشور استفاده می‌شود صرف تولیدات کشاورزی می‌شود و در نتیجه بیش‌ترین حجم تلفات آب نیز مربوط به این بخش می‌باشد (دراجی و همکاران، ۱۳۸۹). عامل افزایش محصول در کشورهای توسعه یافته، شناخت امکانات بالقوه اقلیمی و نیازهای آب و هوایی گیاهان و استفاده از این موضوع در جهت افزایش کارایی می‌باشد. شناخت پارامترهای آب و هوایی و اثر آن‌ها بر روی گیاهان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در افزایش عملکرد به تبع آن بالا بردن تولید می‌باشد و این موضوع به ویژه در شرایط دیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای موفقیت در زراعت دیم، آگاهی از دو عامل تأثیرگذار در کشت دیم شامل ویژگی‌های دمایی و بارش در مناطق مختلف بسیار حائز اهمیت است (کمالی و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین بررسی مقادیر آب مجازی به کار رفته در تولید محصولات کشاورزی می‌تواند در بحث مدیریتی و برنامه‌ریزی تأثیر به‌سزایی داشته باشد. آب مجازی مجموع آب مورد نیاز برای تولید مقدار معینی از محصول، در شرایط اقلیمی، مکانی و زمانی تولید می‌باشد (Hoekstra, ۲۰۰۳). تحلیل مکانی آب مجازی محصولات زراعی مختلف با هدف شناخت بهترین الگوی کشت در یک منطقه از دیدگاه آب مجازی، ضمن فراهم نمودن زمینه استفاده بهینه از منابع و ظرفیت‌های موجود، موجب کاهش مصرف آب از یک سو و افزایش میزان تولید محصولات کشاورزی از سوی دیگر می‌شود. چنانچه در طول فصل کشت، در محل مورد نظر، بارندگی اتفاق بیفتد، بارش مؤثر به صورت مستقیم در منطقه ریشه ذخیره شده و مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد که به آن آب سبز می‌گویند که این آب ذخیره شده در خاک زمانی که مورد استفاده گیاه قرار گیرد آب سبز مجازی به آن اطلاق می‌شود. این در حالی است که اگرچه منبع تأمین آب آبی نیز بارش است، لکن از آنجایی که در فصل غیر کشت اتفاق افتاده است، جهت استفاده از آن‌ها برای تأمین نیاز آبی گیاه، باید برداشت آب از منابع آب سطحی و یا زیرزمینی در طول فصل کشت صورت گیرد. به همین منظور این منبع آب، آب آبی نامیده می‌شود.

اهمیت کشاورزی دیم و استفاده بهینه از بارش از طریق روش‌های حفاظت آب و خاک در شرایط ایران به گونه‌ای است که با عقد قرارداد همکاری با موسسه‌های بین‌المللی CIMMYT و ICARDA، کشاورزی حفاظتی (حفاظت آب و خاک) به منظور افزایش برداشت محصول در اراضی دیم و آبی در اراضی کشاورزی هشت استان کشور اجرا خواهد شد. طبق این همکاری وزارت جهاد کشاورزی با موسسه بین‌المللی تحقیقات گندم و ذرت (CIMMYT) کشاورزی حفاظتی را زیر نظر این موسسه در استان خوزستان به عنوان استان اصلی و سه استان فارس، آذربایجان شرقی و گلستان اجرا می‌شود. به موجب این قرارداد با اجرای کشاورزی حفاظتی در استان‌های مذکور، طی یک برنامه پنج ساله، عملکرد گندم به میزان یک تن در هکتار (معادل تقریباً ۲۵ درصد) افزایش می‌یابد و در عین حال پایدار شود. بر اساس قرارداد دیگری با ICARDA، کشاورزی حفاظتی به صورت آزمایشی در اراضی دیم چهار استان لرستان، کرمانشاه، کردستان و آذربایجان شرقی اجرا می‌شود و قرار است ظرف یک برنامه پنج ساله عملکرد گندم و حبوبات در اراضی دیم این چهار استان ۴۰ درصد افزایش یابد. طی برنامه ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، کشاورزی حفاظتی در سطح ۳ میلیون هکتار اجرا می‌شود که ۶۰ درصد آن در اراضی دیم و مابقی در اراضی آبی خواهد بود. بنابراین به دلیل کاهش منابع آب سطحی و زیرزمینی در کشور، رویکرد کلان کشاورزی کشور به سمت استفاده بیش از پیش از بارش‌های جوی و توسعه کشت دیم در مناطق مستعد است. پژوهش‌های متعددی در زمینه کشت دیم و آب مجازی سبز صورت گرفته است. در ایران موسوی بیگی و همکاران (۱۳۹۲) به شناسایی مناطق مستعد و تعیین تاریخ کشت مناسب گندم در مناطق دیمکاری استان خراسان رضوی پرداخته و با توجه به فراهم بودن دمای مناسب جوانه‌زنی گندم پاییزه در خراسان رضوی، مناطق مستعد تنها با تأکید بر عنصر بارش و در نظر گرفتن آستانه ۳۰۰ میلی‌متر را شناسایی و پهنه‌بندی نمودند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که شهرستان‌های قوچان و نیشابور مستعدترین مناطق استان بوده و سایر شهرستان‌ها به جز گناباد و سرخس جزء مناطق نیمه مستعد جهت کشت گندم دیم محسوب می‌شوند. کمالی و همکاران (۱۳۸۷) با بررسی پارامترهای اقلیمی مؤثر در کشت گندم در استان آذربایجان شرقی با استفاده از داده‌های بارش تاریخ شروع کشت و مراحل مختلف کشت گندم دیم و دما در دوره جوانه‌زنی و تنش‌های دمایی نشان داد که بیش‌تر مناطق استان آذربایجان شرقی از نظر اقلیمی مناسب کشت گندم دیم می‌باشد. عینی و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی مناطق مستعد کشت گندم دیم در استان کرمانشاه پرداختند و نتایج آن‌ها نشان داد که هرچه از غرب استان (قصر شیرین و سرپل ذهاب) به سمت شرق (سنقر و صحنه) حرکت کنیم مناطق برای کشت گندم از مساعد به سمت عالی پیش می‌رود. نتایج نشان داده شده برای پراکندگی بارش و عملکرد گندم دیم که از سمت غرب به شرق ضعیف می‌شود بیانگر صحت انتخاب مناطق مستعد کشت گندم دیم می‌باشد. نورود (۲۰۰۰) تأثیر پارامترهای اقلیمی را بر روی



مناطق کشت گندم دیم در دشت‌های بزرگ ایالت کانزاس آمریکا مورد بررسی قرار داد. وی با تحلیل داده‌های اقلیمی نظیر بارندگی، دما، تبخیر و خاک، نواحی مناسب برای کشت گندم دیم را شناسایی کرد و به این نتیجه رسید که تبخیر و بارندگی نسبت به سایر عناصر اقلیمی، بیشترین تأثیر را در طول مراحل رشد گندم دیم دارند.

دیمکاری در ایران با توجه به کمبود مقادیر بارش، از سابقه‌ای طولانی برخوردار است. با توجه به اهمیت استراتژیک گندم و جو، شناسایی مناطق مستعد کشت این گیاهان بصورت دیم براساس داده‌های اقلیمی باعث افزایش عملکرد آن خواهد شد. گندم مهم‌ترین دانه غذایی دنیاست. این دانه حدود ۲۰ درصد از کل کالری غذایی و پروتئین مردم جهان را تأمین می‌کند. دفتر آمار وزرات کشاورزی آمریکا در سال ۱۳۸۸ اعلام کرد که جمهوری اسلامی ایران با سرانه مصرف ۱۹۴ کیلوگرم در سال به عنوان هفتمین مصرف‌کننده بزرگ گندم در سطح جهان می‌باشد (دوست محمدی و ایزد پناه، ۱۳۹۲). تولید محصول جو برای کشور از آنجایی که برای تغذیه دام استفاده می‌شود بسیار حایز اهمیت است. هم‌چنین گیاه جو نسبت به خشکی مقاوم است و نیاز آبی کمتری نسبت به گندم دارد. با توجه به اهمیت استراتژیک این دو گیاه زراعی و نقش آن‌ها در استقلال محصولات کشاورزی کشور، هدف از انجام این پژوهش بررسی مقادیر آب مجازی سبز گیاه گندم و جو دیم در سطح استان فارس و انتخاب مناطق مستعد کشت گندم و جو دیم براساس تحلیل آب مجازی سبز می‌باشد. نتایج این تحلیل می‌تواند در سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی مسئولین و کارشناسان برای برنامه‌های حفاظت آب و خاک به منظور دستیابی به پتانسیل تولید موثر باشد.

روش شناسی

منطقه مطالعه و شرایط اقلیمی

گستره استان فارس در جنوب و جنوب‌غرب کشور بین طول‌های جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۲۷ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی قرار دارد. استان فارس با وسعت ۱۳۳۰۰۰ کیلومترمربع (۸/۱ درصد کل مساحت کشور) در بین استان‌های اصفهان، یزد، بوشهر، کهگیلویه-بویراحمد، هرمزگان و کرمان قرار دارد و مرکز آن شهرستان شیراز است. آب و هوای استان فارس در نواحی گوناگون متفاوت است. در شمال و شمال غرب، به علت کوهستانی بودن، زمستانی سرد و تابستانی معتدل دارد. در بخش مرکزی استان آب و هوا مدیترانه‌ای است. جنوب و جنوب خاوری زمستانی معتدل و تابستانی بسیار گرم دارد. در این پژوهش میانگین آب مجازی در کشت گندم و جو دیم (آب سبز) در سال‌های زراعی ۸۱-۸۲ تا ۹۱-۹۲ برای شهرستان‌های استان فارس محاسبه گردید (شکل ۱).



شکل (۱). موقعیت شهرستان‌های مورد مطالعه در این پژوهش در استان فارس

جمع‌آوری داده‌ها و محاسبات

آمار بارندگی ماهانه کلیه ایستگاه‌های هواشناسی استان از سازمان هواشناسی استان فارس و اطلاعات مربوط به میزان محصول و سطح زیرکشت دیم از سازمان جهاد کشاورزی استان فارس به تفکیک هر شهرستان برای سال‌های زراعی ۸۱-۸۲ تا ۹۱-۹۲ جمع‌آوری شد. با توجه به عدم وجود داده‌های میزان محصول و سطح زیر کشت برای سال زراعی ۹۰-۹۱، این سال در انجام محاسبات در نظر گرفته نشد.

$$VWC_{green} = \frac{Re}{Y}$$

(۱)

$$Re = \frac{R \times (125 - 0.2 \times R)}{125} \quad \text{for} \quad R \leq 250mm$$

(۲)

$$Re = 125 + 0.1 \times R \quad \text{for} \quad R > 250mm$$

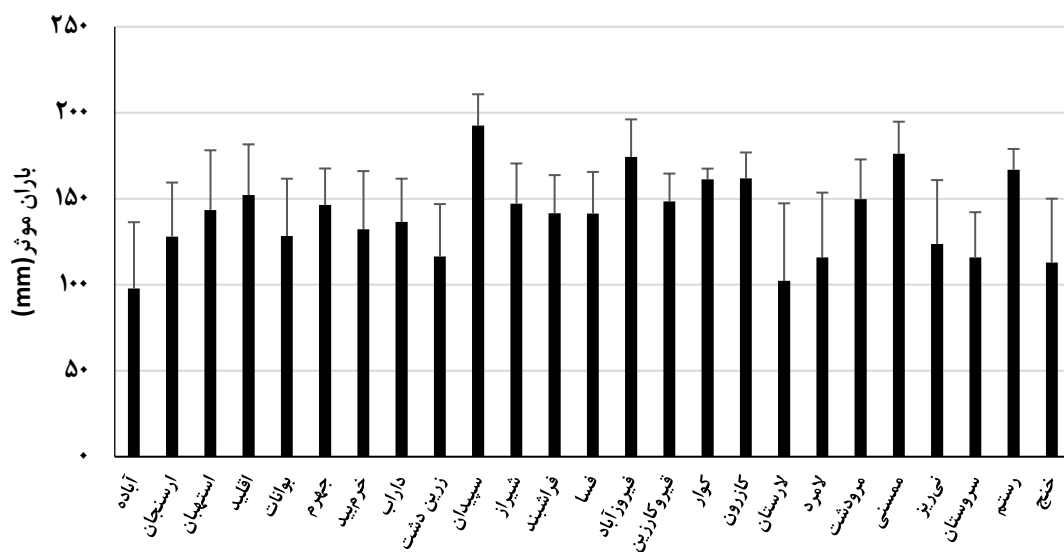
(۳)

$$Vwvc_{green} = WVC_{green} \times Y \times A$$

(۴)

که در آن WVC_{green} میزان آب مجازی سبز محصولات زراعی در کشت دیم (مترمکعب به ازای هر کیلوگرم محصول)، Y متوسط میزان محصول در کشت دیم (کیلوگرم بر هکتار)، و Re باران مؤثر کل سال زراعی (آب سبز) بر اساس روش پیشنهادی سازمان حفاظت خاک آمریکا (مترمکعب بر هکتار)، R باران کل سال زراعی (میلی‌متر)، $Vwvc_{green}$ حجم آب مجازی سبز محصولات زراعی در کشت دیم (مترمکعب)، A سطح زیر کشت محصولات زراعی در کشت دیم (هکتار) می‌باشد.

نقشه‌های پهنه‌بندی آب مجازی سبز و همچنین حجم آب مجازی برای دو محصول گندم و جو در محیط نرم افزار ArcGIS ۹.۳ با روش میان‌یابی مجذور عکس فاصله Inverse Distance Weighting رسم شده است.



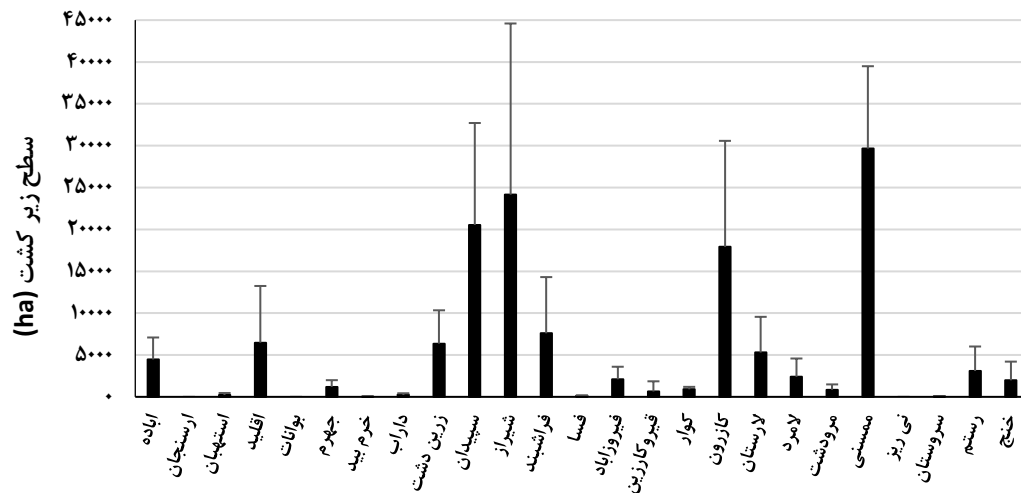
شکل (۲). میانگین باران مؤثر (به انضمام انحراف معیار) (mm) در بازه زمانی سال‌های زراعی ۸۱-۸۲ تا ۹۱-۹۲ برای شهرستان‌های استان فارس

یافته‌ها و بحث

۱- گندم دیم

۱-۱- سطح زیر کشت گندم دیم

سطح زیر کشت گندم دیم را در سال‌های زراعی ۸۱-۸۲ تا ۹۱-۹۲ در شهرستان‌های مختلف در شکل (۳) نشان داده شده است. برطبق این آمار شهرستان‌های ممسنی، شیراز، سپیدان و کازرون به ترتیب بیش‌ترین سطح زیر کشت گندم دیم را در بازه زمانی مورد مطالعه داشته‌اند. همچنین شهرستان‌های استهبان، خرم‌بید، داراب، فسا و سروستان کم‌ترین سطح زیر کشت گندم دیم را در بازه زمانی مورد مطالعه دارا بوده است. شهرستان‌های با انحراف معیار زیاد بیانگر نوسانات سطح زیر کشت گندم متأثر از تغییرات سالانه میزان بارندگی می‌باشد و اتفاقاً همان چهار شهرستان که بالاترین سطح زیر کشت گندم دیم را دارند در معرض بیش‌ترین نوسانات سالانه سطح زیر کشت نیز می‌باشند و این نشان می‌دهد که پتانسیل سطح زیر کشت گندم دیم در این چهار شهرستان بسیار بالاست و برنامه‌ریزی اصولی برای بالا نگه‌داشتن سطح زیر کشت دیم باتوجه به برنامه‌های ذخیره‌سازی آب در خاک برای نیل به محصول بیش‌تر ضروری است.



شکل (۳). میانگین سطح زیر کشت (به انضمام انحراف معیار) گندم دیم (ha) در سال‌های زراعی ۸۱-۸۲ تا ۹۱-۹۲ برای شهرستان‌های استان فارس

۱-۲- محصول گندم دیم

میانگین محصول گندم دیم را در سال‌های زراعی ۸۱-۸۲ تا ۹۱-۹۲ در شهرستان‌های مختلف در جدول (۱) نشان داده شده است. برطبق این آمار شهرستان‌های داراب، مرودشت و کازرون به ترتیب بیش‌ترین محصول گندم دیم را در هر هکتار داشته‌اند. همچنین محصول گندم دیم در هکتار در سه شهرستان زین‌دشت، سروستان، و رستم کم‌ترین مقدار بوده است. شهرستان‌های خرم‌بید، داراب و مرودشت علی‌رغم پایین بودن میزان سطح زیر کشت (شکل ۳) از پتانسیل بسیار بالایی برای تولید گندم دیم برخوردار می‌باشند و این نشان می‌دهد که در شرایط عدم دسترسی به منابع آب زیر زمینی و سطحی (آب مجازی آبی) این قابلیت وجود دارد که با بهره‌برداری مناسب از بارش‌های سالانه محصول گندم دیم در سطح وسیعی افزایش یابد. همچنین بر طبق یک سال آمار گزارش شده برای شهرستان خرم‌بید (جدول ۱) این شهرستان نیز با توجه به شرایط اقلیمی و جغرافیایی آن از پتانسیل بسیار بالایی برای کشت گندم دیم برخوردار است. با این حال دسترسی به آمار محصول گندم دیم بلند مدت برای این شهرستان برای شناخت بهتر از کشت دیم ضروری است. به هر حال با توجه به این که بروز خشکسالی در استان فارس در سال‌های اخیر به شدت پدیدار شده است، نیاز است که با استفاده از آمار متقن و قابل اعتماد در بلندمدت نسبت به آموزش کشاورزان و بهره‌برداران برای استفاده مؤثر از باران برای کشت گندم دیم اقدام نمود.



جدول (۱). میانگین محصول گندم دیم ($kg ha^{-1}$) در سال‌های زراعی ۸۱-۸۲ تا ۹۱-۹۲ برای شهرستان‌های استان فارس. اعداد نشان داده شده در پرانتز نشان دهنده تعداد سال‌های دارای آمار مستند می‌باشد.

شهرستان	عملکرد (کیلوگرم/هکتار)	انحراف معیار	شهرستان	عملکرد (کیلوگرم/هکتار)	انحراف معیار
آباده	۶۰۷/۴۲	(۶) ۳۴۰/۳۷	فیروزآباد	۵۶۸/۱۵	(۱۰) ۱۴۵/۱۵
استهبان	۸۴۷/۸۳	(۵) ۳۶۴/۵۳	فیروکارزین	۷۳۵/۸۱	(۷) ۳۸۵/۲۳
اقلید	۷۷۳/۵۶	(۹) ۳۷۸/۸۵	کوار	۸۲۷/۱۳	(۲) ۲۳۹/۸۹
چهرم	۱۰۶۵/۱۹	(۶) ۳۵۴/۲۹	کازرون	۱۰۸۴/۳۱	(۱۰) ۷۱۶/۴۶
خرم‌بید	۱۵۵۷/۵۷	(۱) -	لارستان	۶۱۹/۲۳	(۷) ۲۵۱/۰۵
داراب	۱۳۴۰/۰۳	(۴) ۷۸۵/۸۴	لامرد	۶۳۸/۰۲	(۷) ۲۸۳/۲۲
زرین‌دشت	۳۹۱/۶۷	(۷) ۱۵۱/۵۷	مرودشت	۱۰۹۲/۶۶	(۹) ۳۸۶/۰۱
سپیدان	۸۱۵/۲۳	(۱۰) ۳۵۵/۱۴	ممسنی	۶۵۳/۸۹	(۱۰) ۳۲۲/۶۷
شیراز	۷۱۵/۱۵	(۱۰) ۴۰۳/۹۷	سروستان	۴۰۸/۳۸	(۱) -
فراشبند	۵۶۰/۹۵	(۷) ۱۹۱/۷۸	رستم	۵۰۲/۳۴	(۵) ۱۸۷/۵۶
فسا	۱۰۴۲/۹۳	(۱) -	خنج	۹۷۴/۸۰	(۵) ۵۴۷/۳۳

۱-۳- آب مجازی سبز گندم دیم

آب مجازی سبز همان مصرف باران مؤثر در طی مراحل رشد گیاه تا برداشت در شرایط دیم است. پهنه‌بندی و تغییرات مکانی آب مجازی تولید گندم دیم به تفکیک شهرستان‌ها در بازه زمانی مورد مطالعه در شکل (۴) نشان داده شده است. در سال‌های زراعی مورد مطالعه، کم‌ترین آب مجازی سبز به ترتیب در (شهرستان‌هایی با بیش از یک سال آمار محصول مستند) داراب ($1/39 m^3 kg^{-1}$) و چهرم (m^3) $1/57 kg^{-1}$) و بیش‌ترین آب مجازی سبز به ترتیب در شهرستان سروستان ($3/69 m^3 kg^{-1}$)، زرین‌دشت ($3/62 m^3 kg^{-1}$)، رستم ($m^3 kg^{-1}$) $3/59$) و ممسنی ($3/51 m^3 kg^{-1}$) بوده است. کم بودن میزان آب مجازی در داراب و چهرم به علت محصول زیاد در مقایسه با سایر شهرستان‌ها (جدول ۱) و بالا بودن آب مجازی در سروستان و زرین‌دشت و رستم به علت میزان محصول کم می‌باشد (جدول ۱). در شهرستان ممسنی علی‌رغم بالا بودن سطح زیرکشت و شناخته شدن به عنوان یکی از قطب‌های تولید گندم دیم در استان فارس، مقدار آب مجازی سبز در آن بالاست. بررسی بیش‌تر اطلاعات و آمار نشان داد که بالا بودن آب مجازی سبز در این شهرستان به علت باران مؤثر زیاد و بر خلاف تصور محصول کم است. این واقعیت حاکی از آن است که در این شهرستان بارندگی‌های مؤثر در فرایند تولید محصول احتمالاً نقشی ندارند. لذا باید با مطالعات بیش‌تر و اعمال مدیریت‌های زراعی مناسب زمینه استفاده مؤثرتر از باران در این شهرستان به عمل آید.

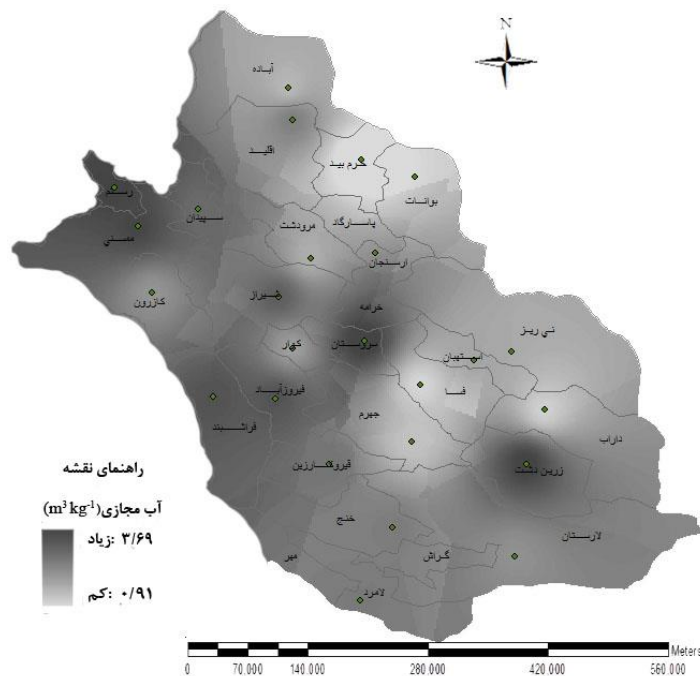
علی‌رغم اینکه فقط یک سال آمار محصول گندم دیم مستند برای شهرستان خرم‌بید وجود دارد با این حال میزان آب مجازی سبز آن کم است ($0/91 m^3 kg^{-1}$). این تحلیل آب مجازی سبز گویای این نکته است که شرایط اقلیمی (هوای خنک و پتانسیل تبخیر کم) خرم‌بید به گونه‌ای است که با کم‌ترین بارندگی موجود بیش‌ترین میزان محصول قابل تولید است. کشت گسترده سیب‌زمینی در این شهرستان که گیاهی است که به آب و هوای خنک نیاز دارد نیز نشان می‌دهد شرایط اقلیمی مناسبی برای توسعه کشت گندم دیم در شرایط کمبود آب آبی وجود دارد و در این زمینه باید آموزش‌ها و برنامه‌ریزی‌های ترویجی صورت گیرد. بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود که عواملی مانند کم بودن تبخیر از خاک (خنک و سرد بودن منطقه) و ذخیره مؤثر آب باران در محیط ریشه، و همچنین خنک بودن هوا شرایط مناسبی برای کشت گندم دیم در این شهرستان ایجاد می‌کند.

در شهرستان‌های داراب و چهرم محصول تولیدی بیش‌تر از یک تن در هکتار بوده و نسبت به شهرستان‌های دیگر در وضعیت بهتری نسبت به میزان تولید محصول قرار دارند. در واقع از یک میزان بارندگی پایین محصول بالایی تولید شده است. در این دو شهرستان جنوبی استان علی‌رغم گرم بودن هوا نسبت به سایر شهرستان‌ها محصول گندم دیم بالایی برداشت شده است. از آنجایی که به دلیل شرایط اقلیمی و جغرافیایی میزان تبخیر در این دو شهرستان بالا است محصول دیم قابل قبولی برداشت شده است و لذا این قابلیت

وجود دارد که با اعمال روش‌های مهندسی زراعی بارندگی بیش‌تری در محیط ریشه ذخیره شده و از تبخیر آن جلوگیری شود و از این رهگذر افزایش برداشت گندم دیم میسر شود. بنابراین از آنجایی که این دو شهرستان در سال‌های اخیر با بحران بسیار شدید آب آبی مواجه شده و بسیاری از منابع آب‌های زیر زمینی در آن‌ها تخلیه شده‌اند بنابراین برای حفظ بقای کشاورزی و تولید اقتصادی در این مناطق اجرای روش‌های حفاظت آب و خاک الزامی است.

در شهرستان رستم میزان بارندگی زیاد است اما از طرف دیگر به دلیل گرمی هوا در این شهرستان میزان تبخیر نیز بالا می‌باشد. بنابراین همین عامل موجب می‌شود تا آب کمی در دسترس باشد و گیاه نتواند از آن استفاده کند و لذا میزان محصول تولید شده کاهش می‌آید. در این شهرستان با توجه به میزان بارندگی زیاد این قابلیت وجود دارد که سطح زیر کشت گندم دیم از وضع موجود بیش‌تر گردد و یا اینکه با اتخاذ اصول به زراعی شرایط برای استفاده بهینه از بارندگی فراهم شده و محصول گندم دیم افزایش یابد. در شهرستان‌های رستم و ممسنی بارندگی زیاد است اما این بارندگی به طرق مختلف از جمله تبخیر از دست می‌رود. در این شرایط با اعمال روش‌های حفاظتی می‌توان آب را در خاک نگه داشت تا گیاه در زمان توسعه رشد رویشی از آن استفاده نماید.

آب مجازی گندم دیم



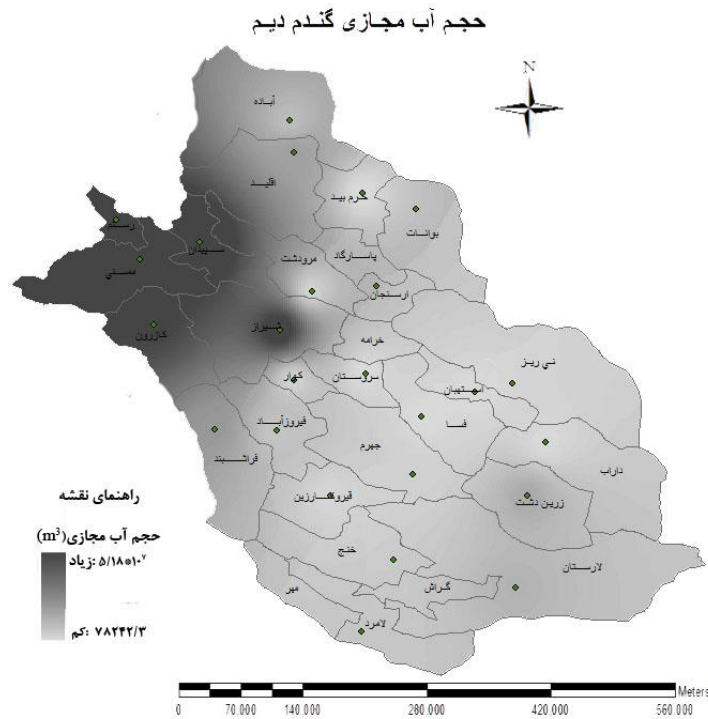
شکل (۴). میانگین آب مجازی سبز گندم دیم ($m^3 kg^{-1}$) در سال‌های زراعی ۸۱-۸۲ تا ۹۱-۹۲ برای شهرستان‌های استان فارس

۴-۱- حجم آب مجازی سبز گندم دیم

شکل (۵) حجم آب مجازی سبز تولید گندم دیم به تفکیک شهرستان‌ها را در بازه زمانی مورد مطالعه نشان می‌دهد. در محاسبه حجم آب مجازی گندم دیم سطح زیرکشت نیز براساس معادله (۴) نقش دارد و بنابراین با افزایش سطح زیرکشت گندم دیم حجم آب مجازی سبز به طور خطی افزایش می‌یابد. بر این اساس و مطابق شکل (۳) شهرستان‌های ممسنی، سپیدان، شیراز و کازرون به تبع دارای بیش‌ترین حجم آب مجازی سبز می‌باشند. حجم بالای آب مجازی در این شهرستان‌ها نشان‌دهنده قابلیت بهره‌برداری زیاد آب باران می‌باشد و می‌توان این شهرستان‌ها را به عنوان مناطق مستعد کشت گندم دیم معرفی کرد. اعمال روش‌های آبخیزداری و بالا بردن نفوذ آب باران در خاک منجر به استفاده بیش‌تر از باران مؤثر می‌شود و لذا در شرایطی که خشکسالی باعث کاهش منابع آب زیرزمینی و سطحی می‌شود استفاده مؤثرتر از باران بهره‌وری اقتصادی تولید گندم دیم را افزایش می‌دهد.

از لحاظ تأثیر اقلیم بر حجم آب مجازی سبز گندم دیم مطابق شکل (۵) در قسمت‌های شمال و شمال‌غرب استان فارس [دارای آب و هوای سرد و خنک (شمال) و معتدل (شمال‌غرب)] حجم آب مجازی سبز گندم دیم بیش‌تر بوده و هرچه به سمت شرق و جنوب (دارای آب و هوای گرم) استان پیش می‌رویم حجم آب مجازی سبز کاهش می‌یابد که یکی از علل اصلی کاهش حجم آب مجازی سبز کم شدن

سطح زیرکشت گندم دیم است که البته این قابلیت وجود دارد با ذخیره‌سازی مناسب بارندگی در خاک سطح زیرکشت در مناطق جنوب و شرق نیز افزایش یابد.

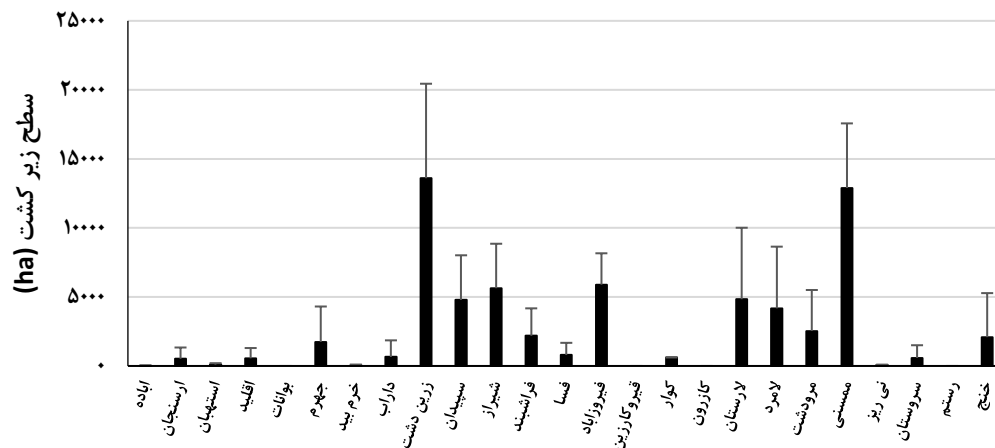


شکل (۵). میانگین حجم آب مجازی سبز گندم دیم (m³) در سال‌های زراعی ۸۱-۸۲ تا ۹۱-۹۲ برای شهرستان‌های استان فارس

۲- جو دیم

۲-۱- سطح زیرکشت جو دیم

سطح زیرکشت جو دیم در سال‌های زراعی ۸۱-۸۲ تا ۹۱-۹۲ در شهرستان‌های مختلف در شکل (۶) نشان داده شده است. طبق این آمار شهرستان‌های زرین‌دشت و ممسنی به ترتیب بیش‌ترین سطح زیرکشت جو دیم را در بازه زمانی مورد مطالعه داشته‌اند. همچنین کم‌ترین سطح زیرکشت جو دیم در شهرستان‌های خرم‌بید، آباد، نی‌ریز، و استهبان گزارش شده است.



شکل (۶). میانگین سطح زیرکشت جو دیم (ha) در سال‌های زراعی ۸۱-۸۲ تا ۹۱-۹۲ برای شهرستان‌های استان فارس



۲-۲- محصول جو دیم

میانگین محصول جو دیم در سال‌های زراعی ۸۱-۸۲ تا ۹۱-۹۲ در شهرستان‌های مختلف در جدول (۲) نشان داده شده است. طبق این آمار سه شهرستان خرم‌بید، اقلید و سپیدان به ترتیب بیش‌ترین مقدار جو دیم را در هر هکتار در سال‌های زراعی ۸۱-۸۲ تا ۹۱-۹۲ داشته‌اند. همچنین شهرستان آباد کم‌ترین مقدار تولید جو دیم را در هر هکتار دارا بوده است. هرچند سطح زیرکشت جو دیم در شهرستان استهبان کم است (شکل ۶) اما به نظر می‌رسد در این شهرستان شرایط اقلیمی و محیطی برای افزایش محصول جو دیم بالاست. لذا قابلیت افزایش سطح زیرکشت جو دیم در استهبان وجود دارد و محصول بیش‌تری قابل برداشت خواهد بود و از بارندگی به طور بهینه استفاده می‌گردد.

جدول ۲. میانگین محصول جو دیم (kg ha^{-1}) در سال‌های زراعی ۸۱-۸۲ تا ۹۱-۹۲ برای شهرستان‌های استان فارس. اعداد نشان داده شده در پرانتز نشان دهنده تعداد سال‌های دارای آمار مستند می‌باشد.

شهرستان	عملکرد (کیلوگرم/هکتار)	انحراف معیار	شهرستان	عملکرد (کیلوگرم/هکتار)	انحراف معیار
آباد	۲۵۰/۱۸	(۳) ۷۸/۲۷	فسا	۸۲۷/۴۳	(۷) ۵۴۱/۶۷
ارسنجان	۶۹۲/۴۰	(۴) ۸۵۵/۳۴	فیروزآباد	۶۱۰/۵۶	(۱۰) ۲۳۰/۵۳
استهبان	۹۲۲/۶۵	(۶) ۴۰۷/۹۸	کوار	۱۷۱/۴۵	(۱) -
اقلید	۱۲۳۰/۹۱	(۹) ۷۴۲/۸۵	لارستان	۵۶۳/۲۱	(۷) ۲۷۱/۵۸
چهرم	۶۲۳/۳۶	(۷) ۲۲۱/۵۹	لامرد	۵۳۳/۹۰	(۷) ۲۱۶/۶۷
خرم‌بید	۱۳۴۲/۰۱	(۴) ۸۶۳/۰۱	مرودشت	۹۵۵/۸۴	(۷) ۴۰۶/۷۳
داراب	۷۷۱/۵۳	(۵) ۵۴۱/۲۸	ممسنی	۵۷۶/۱۷	(۱۰) ۳۱۷/۱۶
زرین‌دشت	۴۱۴/۵۰	(۷) ۲۰۹/۵۶	نی‌ریز	۳۲۲/۸۴	(۱) -
سپیدان	۱۱۵۱/۸۴	(۱۰) ۴۶۶/۱۹	سروستان	۹۶۳/۲۱	(۳) ۸۲۵/۷۷
شیراز	۸۱۶/۵۶	(۱۰) ۳۸۰/۷۵	خنج	۵۶۹/۲۷	(۷) ۴۲۱/۵۰
فراشبند	۵۹۶/۳۷	(۷) ۲۰۶/۴۸			

۲-۳- آب مجازی جو دیم

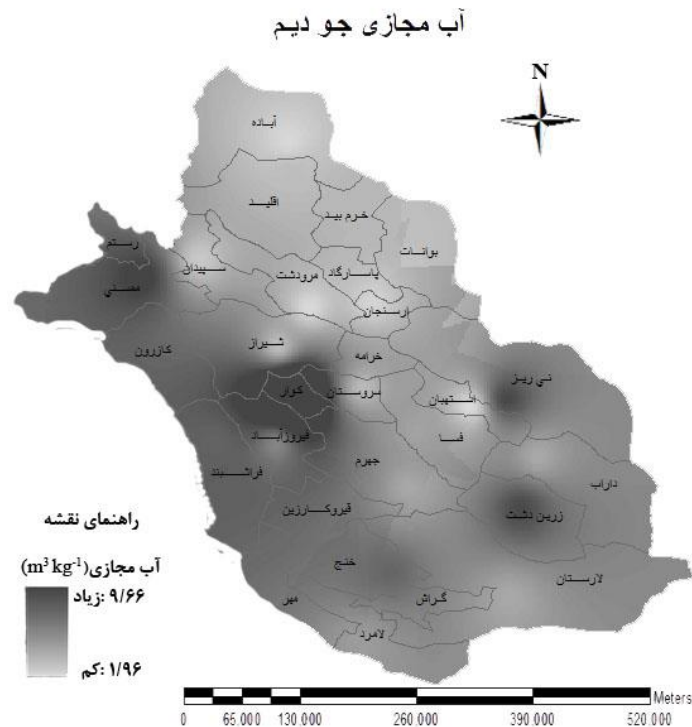
پهنه‌بندی و تغییرات مکانی آب مجازی تولید جو دیم به تفکیک شهرستان‌ها در بازه زمانی مورد مطالعه در شکل (۷) نشان داده شده است. نقاط روشن در شکل (۷) نشان‌دهنده این است که آب مجازی سبز جو دیم در آن مناطق کم است و این موضوع گویای این حقیقت است که این مناطق می‌تواند به عنوان مناطق تولید جو دیم با استفاده بهینه از بارندگی استفاده شود. این مناطق عمدتاً مناطقی هستند که با باران کمی دارای پتانسیل تولید بالایی هستند.

در سال‌های زراعی مورد مطالعه کم‌ترین میزان آب مجازی به ترتیب در شهرستان استهبان ($1/95 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$)، مرودشت ($1/98 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$)، آباد ($2/00 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$) و ارسنجان ($2/05 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$) و بیش‌ترین میزان آب مجازی به ترتیب در شهرستان ممسنی ($4/59 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$) و زرین‌دشت ($4/34 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$) بوده است. در شهرستان‌های استهبان و مرودشت با داشتن میزان آب مجازی پایین، محصول تولید شده بالا است و این نشان‌دهنده این است که در این شهرستان‌ها پتانسیل استفاده از آب باران زیاد است. با توجه با کم بودن آب مجازی سبز در استهبان و همچنین کم بودن سطح زیرکشت در این شهرستان، می‌توان استهبان را یکی از قطب‌های تولید جو دیم معرفی کرد که تاکنون مورد توجه جدی قرار نگرفته است.

از بین شهرستان‌های مورد مطالعه، شهرستان‌های اقلید، خرم‌بید، و سپیدان دارای آب مجازی سبز به ترتیب $2/39$ ، $2/45$ ، $2/21$ متر مکعب بر کیلوگرم می‌باشد و از آنجاییکه طبق جدول (۲) محصول جو دیم در این شهرستان‌ها بالا است و میزان بارش نیز در این سه شهرستان برای کشت جو قابل قبول است (شکل ۲) لذا کشت و توسعه جو دیم در آن‌ها توصیه می‌شود. به هر حال از آنجاییکه این سه

شهرستان دارای آب و هوای خنک و سرد می‌باشند لذا شدت تبخیر نیز در آنها کم است و این قابلیت وجود دارد تا با کشاورزی حفاظتی از آب ذخیره شده در خاک استفاده موثرتری گردد و محصول جو دیم بیش‌تری عاید شود.

در شهرستان ممسنی محصول جو و گندم دیم علی‌رغم بارندگی سالانه خوب نسبت به سایر شهرستان‌ها (شکل ۲)، مقدار مناسب و قابل قبول نیست. به نظر می‌رسد که در این شهرستان از باران استفاده موثر نمی‌شود و بالا بودن آب مجازی سبز تولید جو دیم نیز حاکی از عدم استفاده مناسب از بارش‌های جوی است. لذا در این شهرستان پتانسیل تولید جو برآورده نمی‌شود و لازم است که با بررسی دقیق‌تر از شرایط اقلیمی و همچنین اجرای روش‌های مهندسی حفاظت آب در خاک به منظور جلوگیری از تبخیر و رواناب زمینه تولید حداکثری جو دیم در این شهرستان که سطح زیرکشت بالایی را نیز به خود اختصاص داده حاصل شود. با این حال کشت جو دیم مناسب‌تر است. به طور کلی بالا بودن آب مجازی سبز یا ناشی از کم بودن محصول می‌باشد و یا به دلیل گرم و خشک بودن هوا و بالا بودن پتانسیل تبخیر از سطح خاک است که راندمان مصرف آب باران را در تولید محصول کاهش می‌دهد. لذا اگر عامل دوم یعنی گرم و خشک بودن هوا باعث بالا رفتن آب مجازی شده باشد در این صورت باید کشت محصول مقاوم‌تر مانند جو به جای گندم جایگزین گردد. به طور کلی، در شرایطی که واقعا امکان کشت گندم دیم وجود ندارد و یا بهره اقتصادی آن کم است، کشت جو به دلیل اینکه جو نسبت به گندم به خشکی خاک مقاوم‌تر می‌باشد، مناسب‌تر می‌باشد. مطابق شکل (۷) و با توجه به اینکه جو دیم نسبت به گندم دیم، خشکی و کم آبی را بیشتر تحمل می‌کند، از قسمت‌های شمال غرب و غرب به سمت جنوب و جنوب شرق را می‌توان "هلال قطب تولید جو دیم ناحیه گرم و خشک استان" نام نهاد. به هر حال در این مناطق آب مجازی جو دیم نسبت به سایر مناطق استان بیش‌تر بوده که عمدتاً ناشی از گرم و خشک بودن منطقه و تبخیر بالا از سطح خاک است و لذا برای افزایش تولید جو دیم اعمال روش‌های کشاورزی حفاظتی به منظور نگهداشت بیش‌تر باران در لایه‌های خاک توصیه می‌شود. باید توجه داشت در مناطقی که گندم دیم برای رشد با مشکل ممکن است مواجه شود، جو دیم می‌تواند شرایط سخت محیطی را بهتر تحمل کند.

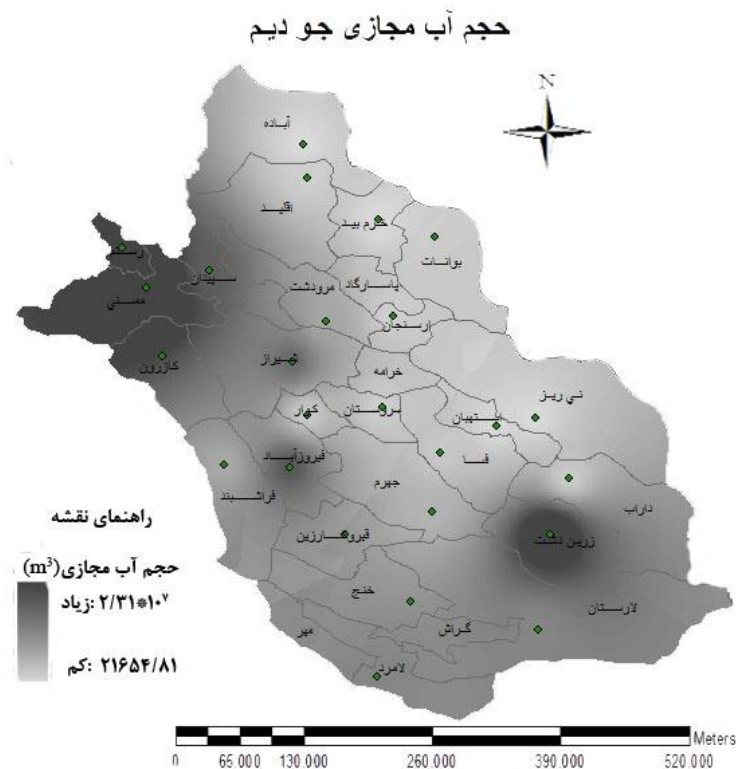


شکل (۷). میانگین آب مجازی سبز جو دیم ($m^3 kg^{-1}$) در بازه زمانی سال زراعی ۸۱-۸۲ تا ۹۱-۹۲ برای شهرستان‌های استان فارس

۲-۴- حجم آب مجازی جو دیم

حجم آب مجازی تولید جو دیم به تفکیک شهرستان‌ها در بازه زمانی مورد مطالعه در شکل (۸) نشان داده شده است. براساس این شکل و نقاط تیره شهرستان‌های ممسنی، زرین‌دشت، فیروزآباد و شیراز دارای حجم بالای آب مجازی سبز می‌باشند. در این شهرستان‌ها سطح زیر کشت جو دیم بالا می‌باشد و به همین دلیل باعث افزایش حجم آب مجازی سبز شده است. حجم بالای آب مجازی در این شهرستان‌ها نشان‌دهنده قابلیت بهره‌برداری زیاد آب باران می‌باشد و در مقایسه با سایر شهرستان‌ها محصول قابل قبولی در تولید جو دیم حاصل می‌شود. لذا این چهار شهرستان به عنوان مناطق مستعد کشت جو دیم معرفی می‌شوند و انجام اصول ترویجی به منظور افزایش محصول در واحد سطح و واحد بارندگی مؤثر در این شهرستان‌ها توصیه می‌شود. با این حال شهرستان‌های دیگری مانند استهبان، آباده و ارسنجان نیز که در حال حاضر سطح زیر کشت جو بسیار کمی دارند از این قابلیت برخوردارند که توسعه کشت دیم جو در آن‌ها توصیه شود زیرا در این سه شهرستان آب مجازی سبز کم است و نشان‌دهنده این موضوع است که آب باران در این مناطق می‌تواند به نحو مؤثری در تولید جو دیم به کار برده شود.

با توجه به شکل (۸) حجم آب مجازی سبز در کشت جو دیم در مناطق مختلف استان فارس باهم تفاوت فاحشی دارند و این تفاوت بیش‌تر ناشی از اقلیم‌های مختلف در سطح استان است. با توجه به این که گیاه جو نسبت به گندم تنش‌های سخت محیطی از قبیل کم آبی و سرمازدگی را بهتر تحمل می‌کند لذا توسعه کشت جو دیم در مناطقی که از بارندگی کم‌تری نسبت به سایر شهرستان‌ها برخوردارند توصیه می‌شود زیرا جو تنش آبی را بهتر از گندم تحمل می‌کند و لذا به ازای یک مقدار بارندگی ثابت محصول بیش‌تری از جو می‌توان انتظار داشت. در این شرایط ارائه نظام‌های به‌زراعی مانند شناسایی ارقام مقاوم به خشکی که در مناطق گرم و خشک با حداقل بارندگی می‌توانند محصول قابل قبولی تولید کنند، توصیه می‌شود. پس در مناطق جنوب و جنوب‌شرق استان که معمولاً بارندگی نسبت به مناطق شمال، شمال‌غرب و مرکز استان کم‌تر است توصیه می‌شود که جو دیم بیش‌تر کشت گردد.



شکل (۸). میانگین حجم آب مجازی سبز جو دیم (m^۳) در سال‌های زراعی ۸۱-۸۲ تا ۹۱-۹۲ برای شهرستان‌های استان فارس



نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تحلیل نتایج این پژوهش نشان داد که بارش نقش بسیار مهمی در انتخاب مناطق و شهرستان‌های مستعد کشت و توسعه گندم و جو داریم. به طور کلی می‌توان اذعان داشت در مناطقی از استان فارس که بارش مناسبی در فصل زراعی دارند، محصول گندم و جو در آن‌ها مناسب است. اما باید میزان تبخیر در مناطق مختلف را نیز در نظر داشت. زیرا در بعضی مناطق علی‌رغم بارش خوب میزان تولید گندم و جو پایین است و این حاکی از تبخیر زیاد در شهرستان مورد نظر باشد. هم چنین مواردی همچون رواناب به دلیل مسطح نبودن زمین می‌تواند بر کاهش پتانسیل استفاده از آب باران و نفوذ آن به خاک در منطقه تحت مطالعه تأثیرگذار باشد. برای استفاده بهتر از آب باران راهکارهای حفاظتی عملیات خاکورزی برای افزایش نفوذپذیری خاک جهت جلوگیری از رواناب و افزایش قابلیت نگهداری آب در خاک، انتخاب تاریخ کشت مناسب، و انتخاب ارقام مناسب با شرایط آب و هوایی هر منطقه توصیه می‌شود.

تحلیل‌ها نشان داد که در بعضی از مناطق کشت جو در آن‌ها نسبت به کشت گندم ارجحیت دارد و نسبت آب مجازی سبز جو به آب مجازی سبز گندم بیش‌تر از یک است و عمدتاً این شهرستان‌ها در مناطق جنوبی استان قرار گرفته‌اند که گرم و خشک می‌باشند و به طور ضمنی نشان می‌دهد که جو چنین اقلیم‌هایی را بهتر از گندم تحمل می‌کند و با شرایط کم آبی سازگاری بهتری دارد. شهرستان‌های جهرم، داراب، زرین‌دشت، فراه‌بند، لارستان، لامرد، خنج، ممسنی، مرودشت و آباده دارای نسبت آب مجازی جو به گندم بیش‌تر از ۱ می‌باشند که از مقدار ۱/۱ در مرودشت تا ۱/۹۳ در داراب متغیر است. بنابراین هرچند کشت گندم و جو در تمام مناطق استان نسبتاً میسر است ولی در مناطق فوق کشت جو ارجحیت دارد.

بر اساس بالا بودن حجم آب مجازی سبز ناشی از سطح زیرکشت زیاد، شهرستان‌های ممسنی، سپیدان، شیراز و کازرون از لحاظ کشت گندم در شرایط کنونی، جز شهرستان‌های مستعد کشت گندم داریم، و شهرستان‌های ممسنی، زرین‌دشت، فیروزآباد و شیراز نیز در حال حاضر دارای حجم آب مجازی سبز بالایی بوده و شهرستان‌های مستعد کشت جو داریم می‌باشند.

منابع

- دراجی، س.، گلچین، ا.، و احمدی، ش. (۱۳۸۹). تأثیر سطوح مختلف یک پلیمر سوپر جاذب (Superab A_{۲۰۰}) و شوری خاک بر ظرفیت نگهداشت آب در سه بافت شنی، لومی و رسی، نشریه آب و خاک، علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۲۴، شماره ۲، صص ۳۱۶-۳۰۶.
- دوست محمدی، م. م.، و ایزدپناه، ز. (۱۳۹۲). بررسی تغییرات میزان آب مجازی، میزان تولید، عملکرد، به ازای افزایش کارایی مصرف آب کشاورزی در گندم آبی و دیم. اولین همایش ملی بحران آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان).
- کمالی، غ. ع.، صدقیانی پور، ع. و صداقت کردار، ع. (۱۳۸۷). بررسی پتانسیل اقلیمی کشت گندم دیم در استان آذربایجان شرقی. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۲، شماره ۲، صص ۴۶۷-۴۸۳.
- کمالی، غ.، ملائی، پ.، و بهیار، م. (۱۳۸۹). تهیه اطلس گندم دیم استان زنجان با استفاده از داده های اقلیمی و GIS. نشریه آب و خاک دانشگاه فردوسی مشهد، جلد ۲۴، شماره ۵، صص ۹۰۷-۸۹۴.
- موسوی بایگی، م.، اشرف، ب. و رمضان زاده هژبر، ف. (۱۳۹۲). شناسایی مناطق مستعد و تعیین تاریخ مناسب کشت گندم در مناطق دیم‌کاری استان خراسان رضوی. نشریه زراعت، شماره ۹۹، صص ۱۴۰-۱۳۱.

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. قراردادهای با موضوع کشاورزی حفاظتی در سال ۱۳۹۵. قابل دسترسی در آدرس اینترنتی:

<http://areo.ir/DesktopModules/News/NewsView.aspx?TabID=۱&Site=AREEO&ItemID=۵۸۸۷۸&mid=۱۶۹۵۴&wVersion=Staging&lang=fa-IR>

Hoekstra, A.Y. (۲۰۰۳). *Virtual water trade: processing of the international expert meeting on virtual water trade*. Value of the Water Research Report Series No. ۱۲, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Norwood, C. (۲۰۰۰). A dry land winter wheat as affected by previous crops, *Agronomy Journal*, ۹۲(۱), ۱۲۱-۱۲۷.