به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۲ ■ شماره ٤ ■ زمستان ۱۳۹۹
صفحه‌های ٦١٥-٦٠١

مقاله پژوهشی:

پهنه‌بندی کشت چغندرقند در استان آذربایجان‌غربی براساس سیستم‌های کشت و آبیاری در سامانه اطلاعات جغرافیایی

یعقوب حبیب‌زاده[۱]، سکینه عبدی[۲*]، رؤیا عابدی[۲]
۱. محقق بخش نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌غربی، ارومیه، ایران.
۲. استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، اهر، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۲۲

چکیده
به‌منظور ارزیابی و پهنه‌بندی مناطق با بهره‌وری بالا کشت چغندرقند براساس شاخص‌های سیستم کشت، نوع کشت و روش‌های آبیاری تحقیقی در قالب طرح آشیانه‌ای در استان آذربایجان‌غربی در سال زراعی ۹۷-۱۳۹٦ انجام شد. از ۱۱ شهرستان استان و در هر شهرستان بسته به اقلیم از سه روستا و در هر روستا به‌صورت تصادفی از سه زارع پرسشنامه تکمیل و نمونه‌برداری لازم انجام شد. با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی پهنه‌بندی انجام شد و مناطق با بهره‌وری بالا برای صفات عملکرد ریشه، درصد و عملکرد قند، مقدار آب مصرفی، آب صرفه‌جویی و کارایی مصرف آب مشخص شد. در بین شهرستان‌های استان، شهرستان‌های پیرانشهر و نقده به‌دلیل بالاترین درصد و عملکرد قند و شهرستان پیرانشهر به‌دلیل دارابودن کم‌ترین مقدار مصرف آب در سیستم آبیاری مدرن و کشت ٤٠×٦٠ و پاییزه و هم‌چنین بیش‌ترین کارایی مصرف آب به‌روش مدرن آبیاری و کشت پاییزه و ٤٠×٦٠ به‌عنوان شهرستان‌های با بهره‌وری بالا معرفی شدند و از طرفی براساس نتایج پهنه‌بندی انجام‌شده شهرستان‌های پیرانشهر، نقده، خوی، اشنویه، مهاباد، میاندوآب و بوکان به‌عنوان مناطق با بهره‌وری بالا برای کشت این گیاه و شهرستان‌های شوط، سلماس، ارومیه و شاهین‌دژ به‌عنوان مناطق با بهره‌وری پایین بودند که با توجه به اهمیت آب در تولید چغندرقند، این شهرستان‌ها به‌ویژه شهرستان شوط برای تولید این محصول توصیه نمی‌شود.

کلیدواژه‌ها: آبیاری، بولین، درصد قند، کارایی مصرف آب، کشت پاییزه چغندرقند.

Zoning of Sugar Beet Cultivation in West Azarbaijan Province Based on Cultivation and Irrigation Systems in GIS

Yagoob Habibzadeh[1], Sakineh Abdi[2*], Roya Abedi[2]
1. Researcher, Seed and Plant Improvement Section, Agricultural Research Center of West Azarbaijan Province, Urmia, Iran.
2. Assistant Professor, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Ahar, Iran.
Received: January 5, 2020 Accepted: June 11, 2020

Abstract
For evaluation and zoning of sugar beet susceptible areas based on cultivation systems and irrigation regimes, a research has been conducted as a nested design in West Azarbaijan Province in 2017-2018. For this purpose, 11 counties have been used. In each county, based on the climate three villages have been visited, wherein three famers have been selected in random to complete the prepared questionnaires and take the samples. The measured traits from each field includes root yield, percent and yield of sugar, used water, water conservation, and water use efficiency in different cropping and irrigation systems. Geographic Information System (GIS) has been used for zoning and determining their susceptible areas. Results show that among the counties of the province, Piranshahr and Naghadeh have had the highest sugar content and yield with Piranshahr being introduced as the most susceptible counties, due to its lowest used water in modern irrigation and cultivation systems (60×40 and autumn) and highest water use efficiency in modern irrigation system and and 60 × 40 autumn cultivation systems. Based on the zoning, Piranshahr, Naghadeh, Khoy, Oshnaviyeh, Mahabad, Miandoab, and Bukan have had the most susceptible areas and Showt, Salmas, Urmia, and Shahindej have been unsuitable areas in this province for cultivation of this plant. Given the importance of water in sugar beet production, these counties, especially Showt, are not recommended for producing this plant.

Keywords: Autumn cultivation of sugar beet, booliean, Irrigation, percent of sugar, water use efficiency.

* نویسنده مسئول Email: s.abdi@tabrizu.ac.ir

۱. مقدمه

سطح زیر کشت چغندرقند در جهان حدود ۵/۰۶ میلیون هکتار با متوسط عملکرد ۵۳/۶۷ تن در هکتار است. این میزان در ایران حدود ۱۱۰ هزار هکتار با عملکرد ۴۲/۹ تن در هکتار می‌باشد (FAO, 2018). سطح زیر کشت چغندرقند در کشور طی سال‌های اخیر به کمتر از ۱۰۰ هزار هکتار کاهش یافته است (Ebadzadeh *et al*., 2017). محصول چغندرقند با ۴۹/۱ درصد از تولید محصولات صنعتی در جایگاه نخست قرار گرفته و محصول نیشکر با ۴۷/۴ درصد تولید در جایگاه بعدی می‌باشد. به‌عبارت دیگر، حدود ۹۶/۵ درصد از تولید محصولات صنعتی به دو محصول چغندرقند و نیشکر تعلق دارد و حدود ۷۶ درصد از تولید محصولات صنعتی در سه استان خوزستان با ۵۲/۱، آذربایجان‌غربی با ۱۵/۱ و خراسان رضوی با ۹/۲ درصد به‌دست آمده است (Ebadzadeh *et al*., 2017).

امکان کشت چغندرقند در پاییز و استفاده از عملکرد ریشه آن در بهار سال بعد در برخی از مناطق کشور وجـود دارد. کشـت پاییزه چغندرقند، در مقایسه با کشت بهاره، به‌دلیل استفاده از بارش‌های پاییزی و زمستانی و قرارنگرفتن دوره رشد گیاه در فصل تابستان، صرفه‌جویی قابل‌توجهی در مصرف آب دارد (Reinsdorf & Koch, 2013). مشخص شده است که در کشت پاییزه چغندرقند در نتیجه پوشش کانوپی سریع‌تر، افزایش عملکردی بیش از ۲۶ درصد نمایان شده است (Kirchhoff *et al*., 2009).

شناسایی مناطق مستعد کشت چغندرقند پاییزه از اولویت‌های وزارت جهاد کشاورزی و مؤسسه تحقیقات چغندرقند می‌باشد. با توجه به گستردگی استان‌های تحت مطالعه و وجود اقلیم‌های گوناگون در این مناطق اجرای طرح‌های تحقیقاتی زیادی لازم است تا مناطق مستعد شناسایی گردد. یکی از راه‌کارهایی که می‌تواند در زمان کوتاهی مسئولان را به جواب رسانده و زمینه توسعه این کاشت را فراهم نماید، استفاده از پهنه‌بندی می‌باشد (Javaheri *et al*., 2006). استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی برای یک محصول خاص، الگوی توزیع مناسب‌بودن آن محصول را برای هر واحد نقشه در واحدهای اراضی نشان می‌دهد (Sarmadian & Taghizadeh mehrjerdi, 2009). با استفاده از GIS پتانسیل‌های اقلیمی کشت گندم دیم در استان آذربایجان‌غربی توسط Bazgir (2000) پهنه‌بندی شده و اراضی استان در چهار طبقه مناسب، متوسط، ضعیف و نامناسب قرار گرفته است. پهنه‌بندی به‌منظور تعیین پتانسیل کشت بهاره چغندرقند در استان خراسان بزرگ نشان داد، چهار درصد از اراضی این استان کاملاً مناسب، ۱۸ درصد اراضی جزو پهنه مناسب و ۶۲ درصد اراضی نیز جزو پهنه متوسط کاشت می‌باشند. در نهایت ۶۴ درصد اراضی برای کاشت بهاره چغندرقند نامناسب می‌باشند (Sanjani, 2013). نقشه‌های پهنه‌بندی اطلاعات مهمی را در زمینه انتخاب و یافتن مناطق مناسب جهت کاربری‌های منطقه مطالعاتی، در اختیار کاربران قرار می‌دهد (Abbasi *et al*., 2014). یکی از مهم‌ترین کاربردهای GIS، در فنون درون‌یابی است که با روش‌های متعددی عملیات درون‌یابی را به‌منظور تهیه منحنی‌های هم‌ارزش توسعه و گسترش می‌دهد (Adab *et al*., 2008).

آب آبیاری مهم‌ترین نهاده تولید کشاورزی است. نیاز آبی چغندرقند در حدود ۵۵۰ (مناطق مرطوب) تا ۲۰۰۰ میلی‌متر (مناطق خشک) می‌باشد (Ebrahimipak *et al*., 2008). که در صورت بهینه‌سازی و افزایش کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی، می‌توان به استفاده بهینه از آب دست یافت. میزان مصرف آب چغندرقند علاوه بر این‌که در شهرستان‌های مختلف دارای مقادیر متفاوتی است، در یک شهرستان نیز این مقادیر مصرف در طول دوره رشد و

نوع سیستم آبیاری و زمان و آرایش کشت تغییرات زیادی دارد. کمبود منابع آب و نیاز بالای چغندرقند به آب، از مشکلات مهم تولید این گیاه در ایران است (Sadrghein, 2012)، از طرفی، با وجود برنامه‌های کشور مبنی بر توسعه سامانه‌های آبیاری مدرن، بیش‌ترین سطح زیرکشت چغندرقند به‌روش آبیاری سنتی اختصاص دارد. در این شرایط کشاورزان با مصرف بیش‌تر آب، به تولید محصول مبادرت می‌کنند. لذا کارایی مصرف آب کاهش می‌یابد. در شرایط آبیاری نشتی یکی از راه‌کارهای افزایش کارایی آبیاری، اعمال مدیریت صحیح زراعی از جمله استفاده از آرایش‌ها و سیستم‌های کاشت مناسب است (Nazarifar *et al.*, 2018; Javaheri *et al.*, 2006). با تغییر روش آبیاری سنتی به مدرن، لازم است که آرایش کاشت چغندرقند نیز تغییر پیدا کند و از طرفی مناطق با بهره‌وری بالا برای کشت این گیاه شناسایی گردد، بنابراین، این پژوهش با هدف پهنه‌بندی مناطق با بهره‌وری بالا کشت چغندرقند در شهرستان‌های استان آذربایجان‌غربی (به‌عنوان دومین استان مهم تولیدکننده چغندرقند کشور) براساس سیستم‌های مختلف کشت و آبیاری با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) اجرا شد.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ به‌منظور پهنه‌بندی و شناسایی مناطق با بهره‌وری بالای کشت چغندرقند براساس سیستم‌های مختلف آبیاری و کاشت، در شهرستان‌های استان آذربایجان‌غربی انجام شد. جهت جمع‌آوری اطلاعات، ۱۱ شهرستان تحت کشت چغندرقند استان‌های (اشنویه، خوی، بوکان، پیرانشهر، سلماس، شاهین‌دژ، شوط، مهاباد، میاندوآب، نقده و ارومیه) در نظر گرفته شد و در هر شهرستان بسته به اقلیم به سه روستا مراجعه گردید، از هر روستا سه زارع- به‌دلیل محدودبودن زارعین چغندرکار- انتخاب شد و پرسش‌نامه تهیه‌شده از قبل تکمیل و نمونه‌برداری‌های لازم انجام شد. لازم به ذکر است که برای انتخاب روستاها و زارعین از نظر و تجارب کارشناسان کشاورزی مجرب مناطق در مراکز خدمات جهاد کشاورزی و هم‌چنین درجه حرارت و بارندگی مناطق استفاده شد. یک گروه سه نفره به‌عنوان تصمیم‌گیرنده یا ستاد عملیاتی تشکیل شد که مسئولیت تهیه، توزیع و ارزیابی پرسش‌نامه‌ها را برعهده داشتند. پرسش‌نامه‌ها حاوی پرسش‌های زراعی در زمینه زراعت چغندرقند بود. مقدار آب مصرفی سنتی در هر هکتار بسته به منابع تأمین آب در مناطق مختلف استان از طریق کنتور آب (موتور پمپ از چاه) و پارشال فلوم (از آب‌های جاری) اندازه‌گیری شد. سطح زیر کشت و تحت آبیاری مدرن در شهرستان‌های مختلف استان در جدول (۱) آورده شده است. عملکرد چغندرقند با خوداظهاری زارعین و تکمیل فرم‌های تنظیم‌شده تعیین شد. کارایی مصرف آب از تقسیم مقدار محصول تولیدشده بر مقدار آب مصرفی در هکتار تعیین گردید (Golinedjad & Eivazi, 2019). میزان صرفه‌جویی در مصرف آب نیز در سیستم‌های مختلف آبیاری و نوع کشت براساس میزان آب مصرف‌شده در آن روش منهای آب مصرفی سنتی با مقیاس مترمکعب به‌دست آمد (Golinedjad & Eivazi, 2019).

برای تحلیل داده‌ها از طرح آشیانه‌ای با سه سطح شهرستان (کل ۱۱ شهرستان استان)، سه روستا در هر شهرستان و سه زارع در هر روستا استفاده شد (Yazdi Samadi *et al.*, 2006). تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. به‌منظور انجام پهنه‌بندی و شناسایی مناطق با بهره‌وری بالا کشت این گیاه، پس از تحلیل داده‌ها، نتایج به محیط نرم‌افزار GIS منتقل شدند.

جدول ۱. سطح زیر کشت و تحت آبیاری مدرن در شهرستان‌های مختلف استان آذربایجان‌غربی

شهرستان	سطح زیر کشت	سطح آبیاری مدرن
اشنویه	۲۴۰۰	۸۵۰
خوی	۱۰۰۰	۳۰۰
بوکان	۵۰۰۰	۱۸۵۰
پیرانشهر	۹۰۰۰	۱۴۵۰
سلماس	۴۲۰	۱۱۰
شاهین‌دژ	۸۰۰	۲۸۰
شوط	۱۰۵	۳۵
مهاباد	۱۸۵۰	۶۲۰
میاندوآب	۴۸۹۳	۱۲۰۰
نقده	۴۶۵۰	۱۱۰۰
ارومیه	۴۳۵	۱۵۰
استان	۳۰۵۵۳	۷۹۴۵

داده‌های مربوط به پارامترهای آب صرفه‌جویی‌شده، کارایی مصرف آب، آب مصرفی و صفات مربوط به عملکرد محصول (عملکرد ریشه، درصد قند و عملکرد قند) به تفکیک هر یک از سیستم‌های کشت و آبیاری در هر شهرستان به‌روش درون‌یابی معکوس فاصله وزن‌دار (IDW) به نقشه‌های رستری اولیه تبدیل شدند. مدل معکوس فاصله یا IDW یکی از معمول‌ترین روش‌های درون‌یابی نقاط پراکنده در فضاست که اساس آن بر مبنای این فرضیه است که در یک سطح درون‌یابی، اثر یک پارامتر بر نقاط اطرافش یکسان نیست و هر چه فاصله از مبدأ افزایش یابد، اثر کمتر خواهد شد (Maghami *et al.*, 2011). در روش IDW نیازی به تعیین الگوی تغییرات مکانی نیست، زیرا یک روش وزن‌دهی متوسط بوده که در آن داده‌ها از طریق رابطه انحراف معیار یک نقطه از سایر نقاط با استفاده از گره‌های شبکه‌بندی‌شده وزن‌دهی می‌شوند. به این مفهوم که وزن‌ها تنها با توجه به فاصله هر نقطه معلوم، نسبت به نقطه مجهول و بدون توجه به نحوه پراکندگی نقاط حول نقطه مورد تخمین، تعیین می‌شوند و به نقاط نزدیک‌تر وزن بیش‌تر و به نقاط دورتر وزن کم‌تری داده می‌شود (Fathi Hafshjani *et al.*, 2014). هم‌چنین این روش برای مناطق با وسعت کم نتایج بهتری دارد (Nekooamal Kermani & Mirabbasi, 2018). نقشه‌های نهایی پهنه‌بندی مناطق با بهره‌وری بالا کشت چغندرقند پس از کلاسه‌بندی مجدد، به‌روش بولین (Boolean) وزن‌دهی و هم‌پوشانی پارامترهای مذکور از روی نقشه‌های رستری اولیه تهیه شدند. وزن‌دهی لایه‌ها در روش بولین بنابر ماهیت این روش که دارای مجموعه‌ای است که فقط دو عنصر دارد که باید بـه هر یک از معیارها اهمیت برابـر داده شود و لذا برای انتخاب یک مکان، این محل یا مناسب است یا نامناسب و هیچ حالت دیگری ندارد (Musaviy *et al.*, 2010)، مقدار میانگین به‌عنوان حد معیار در نظر گرفته شد. به‌طوری‌که، وزن‌دهی لایه‌ها در این روش برحسب مقادیر بیش‌تر از میانگین برای پارامترهای آب صرفه‌جویی‌شده، کارایی مصرف آب برای تولید قند، عملکرد ریشه، عملکرد و درصد قند با ارزش وزنی یک، به‌عنوان مناطق با بهره‌وری بالا و مقدار کم‌تر از میانگین برای پارامتر مصرف آب با ارزش وزنی صفر به‌عنوان مناطق با بهره‌وری پایین انجام شد.

۳. نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از شهرستان‌های تحت کشت چغندرقند در استان آذربایجان‌غربی نشان داد که صفات درصد قند، عملکرد قند و آب مصرفی در سیستم آبیاری سنتی، مدرن، کشت ۶۰×۴۰ (۶۰ سانتی‌متر فاصله بین ردیف و ۴۰ سانتی‌متر فاصله بین بوته) و کشت پاییزه و آب صرفه-جوبی‌شده در سیستم آبیاری مدرن، سیستم کشت ۶۰×۴۰ و کشت پاییزه و هم‌چنین کارایی مصرف آب برای تولید در سیستم‌های آبیاری سنتی، مدرن، کشت ۶۰×۴۰ و کشت پاییزه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده چغندرقند استان آذربایجان‌غربی

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد ریشه	درصد قند	عملکرد قند	آب مصرفی			
					آبیاری سنتی	آبیاری مدرن	کشت ۶۰×۴۰	کشت پاییزه
شهرستان‌ها در استان	۱۰	۴۳۸/۵ ns	۳/۶**	۱۵/۲۰*	۳۱۸۱۱۳۰*	۱۳۰۳۹۱۹۴*	۸۳۴۵۲۰۶*	۵۷۹۵۲۸۲*
روستاها در شهرستان‌ها	۲۲	۱۵۷/۱**	۰/۱**	۴/۴**	۳۳۳۱۲۱۱**	۱۸۷۳۷۷۷**	۱۱۹۹۲۳۶**	۸۳۲۸۰۲**
زارعین در روستاها	۶۶	۶/۷۹**	۰/۱۳**	۰/۳**	۱۰۸۶۴۵**	۶۱۱۱۵**	۳۹۱۱۲**	۲۷۱۶۱**

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵ و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

ادامه جدول ۲. نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده چغندرقند استان آذربایجان‌غربی

منابع تغییرات	درجه آزادی	آب صرفه‌جویی‌شده				کارایی مصرف آب	
		آبیاری مدرن	کشت ۶۰×۴۰	کشت پاییزه	آبیاری سنتی	آبیاری مدرن	کشت ۶۰×۴۰	کشت پاییزه
شهرستان‌ها در استان	۱۰	۱۴۴۸۷۹۱*	۳۶۳۰۲۳۳*	۵۷۹۵۲۸۲*	۰/۲۰*	۰/۳۵*	۰/۵۵*	۱/۱۳ns
روستاها در شهرستان‌ها	۲۲	۲۰۸۱۹۹**	۴۸۸۳۴۷**	۸۳۲۸۰۲**	۰/۰۳**	۰/۰۵**	۰/۰۸**	۰/۸۹**
زارعین در روستاها	۶۶	۶۷۹۰**	۲۸۶۹۶**	۲۷۱۶۱**	۰/۰۱**	۰/۰۱**	۰/۰۰۰۱**	۱/۰۹**

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵ و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

۳. ۱. درصد و عملکرد قند

بیش‌ترین درصد قند چغندرقند به‌ترتیب در شهرستان‌های نقده (۱۷/۲۳ درصد)، پیرانشهر (۱۷/۰۳ درصد)، اشنویه (۱۶/۸۷ درصد) و مهاباد (۱۶/۶۲ درصد) مشاهده شد (جدول ۳) و براساس نقشه (شکل ۱) این مناطق به‌عنوان مناطق با بهره‌وری بالا پهنه‌بندی شدند. کم‌ترین مقدار درصد قند نیز متعلق به شهرستان ارومیه (۱۵/۴۶ درصد) بود و شهرستان‌های ارومیه، سلماس، شوط، خوی، شاهین‌دژ و بوکان به‌عنوان مناطق با بهره‌وری پایین به‌لحاظ درصد قند پهنه‌بندی گردیدند. نقشه پهنه‌بندی عملکرد قند (شکل ۲) حاکی از قرارگیری شهرستان‌های پیرانشهر، بوکان، میاندوآب، نقده، مهاباد و شاهین‌دژ در منطقه با بهره‌وری بالا بود که در بین این شهرستان‌ها، پیرانشهر با عملکرد قند ۱۰/۳۵ تن در هکتار بیش‌ترین مقدار را داشت (جدول ۳). شوط، ارومیه، خوی و سلماس نیز به‌عنوان مناطق با بهره‌وری پایین عملکرد قند پهنه‌بندی شدند که شهرستان شوط با عملکرد ۶/۶ تن در هکتار کم‌ترین مقدار را به‌خود اختصاص داد (جدول ۳).

عملکرد ریشه و قند به‌عنوان یک پارامتر کمی مهم در زراعت چغندرقند می‌باشد (Ghaemi & Sadri, 2011). در پژوهش‌های چغندرقند همواره سعی بر این بوده است که ریشه‌هایی با شکل و وزن مطلوب و از نظر تکنولوژیک با کیفیت بالا تولید گردد. این موضوع با توجه به وجود همبستگی منفی بین وزن ریشه و درصد قند اهمیت به‌سزایی می‌یابد که باید بتوان تعادلی بین دو صفت پیدا کرد که کمیت و کیفیت آن در سطح مطلوبی باشد (Javaheri *et al.*, 2006). به‌نظر می‌رسد پتانسیل‌های محیطی مزارع (اقلیم، توپوگرافی و خاک) تحت کشت در شهرستان‌های با بهره‌وری پایین به لحاظ عملکرد این محصول، عامل اصلی کاهش عملکرد باشد که بهینه‌نمودن عملیات زراعی و تصمیمات مدیریتی مناسب در این زمینه می‌تواند کارگشا باشد (Mahmoudan *et al.*, 2017).

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده چغندرقند شهرستان‌های مختلف استان آذربایجان‌غربی

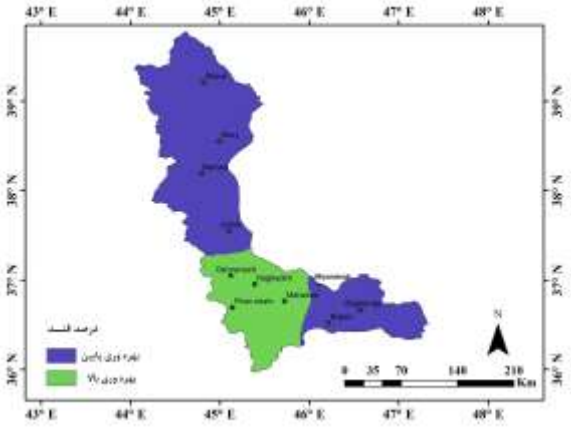
	عملکرد ریشه (ton.ha)	درصد قند	عملکرد قند (ton.ha)	آب مصرفی (m^3.ha)			
				آبیاری سنتی	آبیاری مدرن	کشت ۶۰×۴۰	کشت پاییزه
اشنویه	۵۲/۱۷	۱۶/۸۷ bc	۸/۸۱ b	۱۲۴۷۱/۱۱ g	۸۳۱۴/۰۷ g	۸۹۰۷/۹۴ g	۶۲۳۵/۵۶ g
خوی	۴۹/۲۲	۱۵/۹۴ f	۷/۸۴ c	۱۱۴۰۵/۵۶ h	۷۶۰۳/۷۱ h	۸۱۴۶/۸۳ h	۵۷۰۲/۷۸ h
بوکان	۶۲/۸۹	۱۶/۰۳ ef	۱۰/۰۹ a	۱۴۲۵۳/۳۳ d	۹۵۰۲/۲۲ d	۱۰۱۸۰/۹ d	۷۱۲۶/۶۷ d
پیرانشهر	۶۰/۷۸	۱۷/۰۳ ab	۱۰/۳۵ a	۱۰۲۱۱/۱۱ i	۶۸۰۷/۴۱ i	۷۲۹۳/۶۵ i	۵۱۰۵/۵۶ i
سلماس	۵۲/۲۲	۱۵/۲۳ g	۷/۹۶ c	۱۵۰۰۰ ab	۱۰۰۰۰ ab	۱۰۷۱۴/۲ ab	۷۵۰۰ ab
شاهین‌دژ	۵۸/۳۹	۱۵/۹۹ ef	۹/۳۴ b	۱۴۹۵۵/۵۶ b	۹۹۷۰/۳۷ b	۱۰۶۸۲/۵ b	۷۴۷۷/۷۸ b
شوط	۴۰/۴۴	۱۶/۳۱ df	۶/۶ d	۱۵۲۸۱/۱۱ a	۱۰۱۸۷/۴۱ a	۱۰۹۱۵/۰ a	۷۶۴۰/۵۶ a
مهاباد	۵۵/۴۴	۱۶/۶۲ cd	۹/۲۲ b	۱۳۰۶۶/۶۷ f	۸۷۱۱/۱۱ f	۹۳۳۳/۳۴ f	۶۵۳۳/۳۳ f
میاندوآب	۵۹/۷۲	۱۶/۳۲ de	۹/۹۴ a	۱۴۵۹۴/۴۴ c	۹۷۲۹/۶۳ c	۱۰۴۲۴/۶ c	۷۲۹۷/۲۲ c
نقده	۵۷/۳۳	۱۷/۲۳ a	۹/۸۸ a	۱۳۵۴۴/۴۴ e	۹۰۲۹/۶۳ e	۹۶۷۴/۶ e	۶۷۷۲/۲۲ e
ارومیه	۴۴/۸۳	۱۵/۴۶ g	۶/۹۴ d	۱۳۵۳۸/۸۹ e	۹۰۲۵/۹۳ e	۹۶۷۰/۶۴ e	۶۷۶۹/۴ e

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

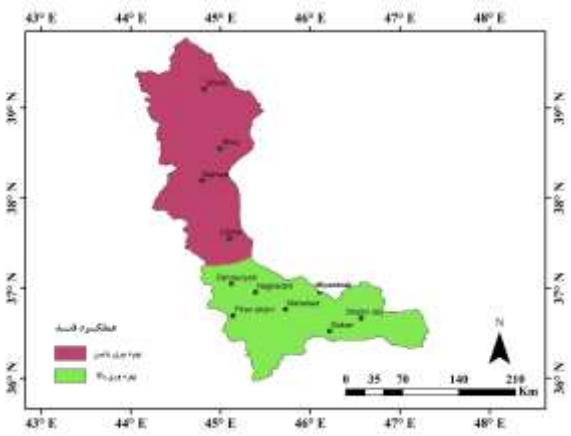
ادامه جدول ۳. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده چغندرقند شهرستان‌های مختلف استان آذربایجان‌غربی

	آب صرفه‌جویی‌شده (m^3.ha)			کارایی مصرف آب ($kg.m^3$)			
	آبیاری مدرن	کشت ۶۰×۴۰	کشت پاییزه	آبیاری سنتی	آبیاری مدرن	کشت ۶۰×۴۰	کشت پاییزه
اشنویه	۴۱۵۷/۰۴ g	۳۵۶۳/۱۸ e	۶۲۳۵/۵۶ g	۴/۱۸ d	۵/۵۸ d	۵/۸۶ d	۸/۳۶ d
خوی	۳۸۰۱/۸۵ h	۳۲۵۸/۷۳ f	۵۷۰۲/۷۸ h	۴/۴۵ b	۵/۹۴ b	۶/۰۴ b	۸/۹۱ b
بوکان	۴۷۵۱/۱۱ d	۴۰۷۲/۳۸ b	۷۱۲۶/۶۷ d	۴/۴۲ bc	۵/۸۸ bc	۶/۱۸ bc	۸/۸۳ bc
پیرانشهر	۳۴۰۳/۷۰ i	۲۹۱۷/۴۶ g	۵۱۰۵/۵۶ i	۵/۸۷ a	۷/۸۳ a	۸/۳۳ a	۱۱/۷۴ a
سلماس	۵۰۰۰ ab	۴۲۸۵/۷۲ a	۷۵۰۰ ab	۳/۴۸ f	۴/۶۴ f	۴/۸۷ f	۶/۹۷ f
شاهین‌دژ	۴۹۸۵/۱۹ b	۴۲۷۳/۰۲ a	۷۴۷۷/۷۸ b	۳/۹ e	۵/۲۲ e	۵/۴۷ e	۷/۸۳ e
شوط	۵۰۹۳/۷۰ a	۴۳۶۶/۰۳ a	۷۶۴۰/۵۶ a	۲/۶۴ g	۳/۵۲ g	۳/۷۱ g	۵/۲۹ g
مهاباد	۴۳۵۵/۵۹ f	۳۷۳۳/۳۳ d	۶۵۳۳/۳۳ f	۴/۲۴ cd	۵/۶۶ cd	۵/۹۴ cd	۸/۴۸ cd
میاندوآب	۴۸۶۴/۸۱ c	۴۱۶۹/۸۴ b	۷۲۹۷/۲۲ c	۴/۲ d	۵/۶۱ cd	۵/۷۳ cd	۸/۴۲ cd
نقده	۴۵۱۴/۸۱ e	۳۸۶۹/۸۴ c	۶۷۷۲/۲۲ e	۴/۲۲ d	۵/۶۴ cd	۵/۹۳ cd	۸/۴۶ cd
ارومیه	۴۵۱۲/۹۶ e	۳۸۶۸/۲۵ c	۶۷۶۹/۴۴ e	۳/۳۱ f	۴/۴۲ f	۴/۶۴ f	۶/۶۳ f

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.



شکل ۱. نقشه پهنه‌بندی درصد قند چغندرقند در شهرستان‌های مختلف استان آذربایجان‌غربی



شکل ۲. نقشه پهنه‌بندی عملکرد قند چغندرقند در شهرستان‌های مختلف استان آذربایجان‌غربی

در مطالعه Mohammadian & Sadrghaen (2013) بیش‌ترین عملکرد قند خالص در آرایش کاشت ۶۰×۴۰ با آبیاری یک در میان و آرایش کاشت با فاصله ردیف‌های ۵۰ سانتی‌متر به‌ترتیب ۹/۹۴ و ۹/۶۲ تن در هکتار و کم‌ترین آن در آرایش کاشت با فاصله ردیف‌های ۶۰ سانتی‌متر با آبیاری یک در میان به میزان ۸/۲۲ تن در هکتار مشاهده شد. بیش‌ترین عملکرد شکر سفید نیز در تیمار آرایش کاشت ۶۰×۴۰ به‌دست آمد.

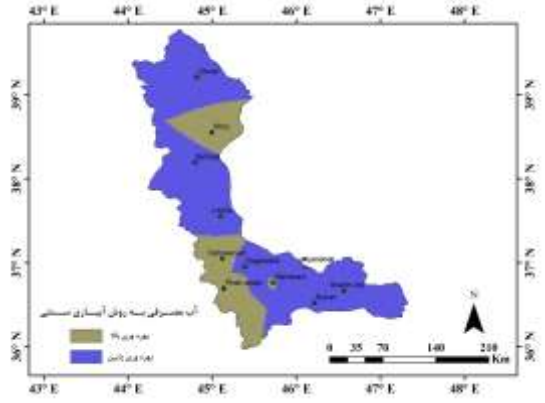
در پژوهش Mohammadian & Sadrghaen (2013) بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد ریشه به‌ترتیب در آرایش‌های کشت ۶۰×۴۰ به میزان ۵۸/۳۵ تن در هکتار در روش آبیاری مدرن مشاهده شد. هم‌چنین Moayeri & Sharifi (2008) تابع تولید چغندرقند پاییزه در صفی‌آباد دزفول را به‌دست آوردند. در تابع آب- عملکرد آنها حداکثر عملکرد ریشه در مقدار آب مصـرفی ۶۴۵ یلی‌متر به میزان ۸۲ تن در هکتار به‌دست آمده است، درحالی‌که در پژوهش حاضر در بین شهرستان‌های استان به لحاظ عملکرد ریشه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

۳. ۲. آب مصرفی

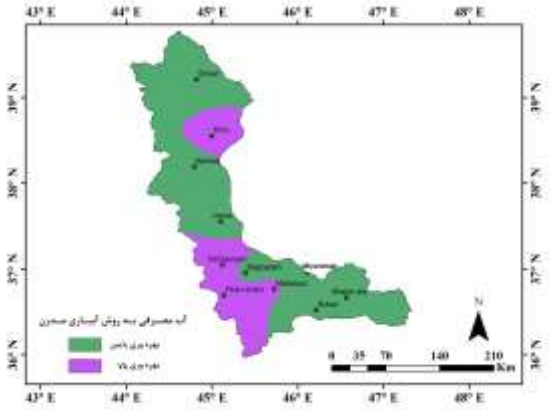
اصول علم آبیاری در جهت بهینه‌سازی مصرف آب می‌باشند و درواقع مصرف بهینه آب همان کاربرد عملی علم آبیاری در عرصه کشاورزی است. استفاده از راه‌کارهای مدیریتی به‌منظور افزایش شاخص کارایی مصرف آب در مزارع کشاورزی یکی از گزینه‌های عملی برای مقابله با کم‌آبی است. به‌طوری‌که، در پژوهش حاضر بیش‌ترین مقدار آب مصرفی در روش سنتی آبیاری این گیاه در شهرستان‌های شوط، سلماس، شاهین‌دژ، میاندوآب، بوکان، ارومیه و نقده بود (شکل ۳ و جدول ۳) و مناطق پیرانشهر، خوی، اشنویه و مهاباد به‌لحاظ میزان آب مصرفی در روش سنتی آبیاری در منطقه با بهره‌وری بالا پهنه‌بندی شدند (شکل ۳). آب مصرفی در روش آبیاری مدرن چغندرقند (جدول ۳) در شهرستان شوط با مقدار ۱۰۱۸۷/۴۱ مترمکعب در هکتار، بیش‌ترین مقدار را داشت. درحالی‌که، در شهرستان پیرانشهر این مقدار ۶۸۰۷/۴۱ مترمکعب در هکتار بود که به‌عنوان منطقه با بهره‌وری بالا در کنار شهرستان‌های خوی، اشنویه و مهاباد پهنه‌بندی شد (شکل ٤). مقدار آب مصرفی در روش مدرن آبیاری این گیاه در شهرستان پیرانشهر در مقایسه با روش آبیاری سنتی، ۳۳ درصد کاهش در آب مصرفی داشت.

در پژوهشی که توسط Ghadami Firouzabadi *et al.* (2017) انجام شده است اثرات سه نوع سامانه آبیاری بارانی، قطره‌ای (تیپ) و جویچه‌ای بر چندین رقم گندم موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد تفاوت بین ارقام از نظر عملکرد معنی‌دار نبود. مقدار بهره‌وری مصرف آب آبیاری در روش آبیاری تیپ، بارانی و جویچه‌ای (بدون درنظرگرفتن بارندگی مؤثر) به‌ترتیب ۱/٦، ۱/۱ و ۰/٦۹ کیلوگرم بهازای واحد آب مصرفی بود. در پژوهش حاضر استفاده از سیستم آبیاری مدرن بـا تأمین نیاز آبی کامل گیاه، در مقایسه با آبیاری سنتی باعث کاهش ۳۷ تا ٦۰ درصد در مصرف آب می‌شود. این با نتایج Hanson (2004) & May، Hanon & Kaffka (2004) و Tiwari *et al.* (2003) مطابقت دارد.

پهنه‌بندی انجام‌شده در شهرستان‌های تحت کشت چغندرقند استان (شکل‌های ۵ و ٦) نشان داد که در سیستم کشت ٦۰×٤۰ و پاییزه، شهرستان‌های پیرانشهر، خوی، اشنویه و مهاباد به‌ترتیب کم‌ترین مقدار آب مصرفی را داشتند و در پهنه منطقه با بهره‌وری بالا تولید چغندرقند قرار گرفتند. در شهرستان پیرانشهر در سیستم کشت ٦۰×٤۰ نسبت به سنتی ۲۸/۵۷ درصد کاهش نشان داد که این مقدار کاهش در کشت پاییزه ٤۹/۹۹ درصد بود. تابع تولید چغندرقند پاییزه، همانند توابع تولید سایر گیاهان، یک تابع درجه دو است. با مشـتق‌گیری از این ابع و مساوی صفر قراردادن آن، مختصات نقطه بیشینه تابع در آب مصرفی ۱۰٦۵ میلی‌متر با عملکرد ریشه ٦۷/۵ تن در هکتار به‌دست می‌آید (Haghayeghi *et al.*, 2015). نتایج پژوهش Torabi & Jahad Akbar (2005) حاکی از آن بود که مقدار آب مصرفی در تیمار ٦۰×٤۰ تقریباً ۳۸ درصد کم‌تر از میانگین آب مصرفی در تیمار ۵۰×۵۰ بوده است.

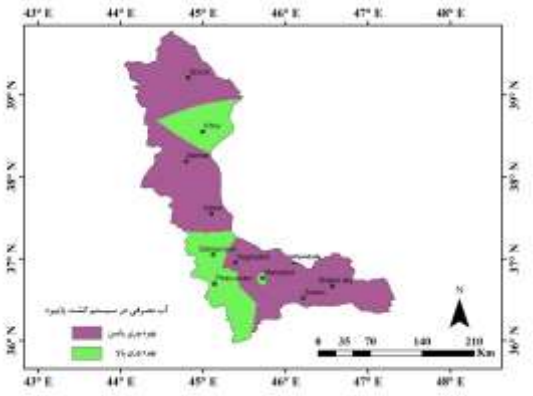


شکل ۳. نقشه پهنه‌بندی آب مصرفی به‌روش آبیاری سنتی چغندرقند در شهرستان‌های مختلف استان آذربایجان‌غربی



شکل ٤. نقشه پهنه‌بندی آب مصرفی به‌روش آبیاری مدرن چغندرقند در شهرستان‌های مختلف استان آذربایجان‌غربی

شکل ۵. نقشه پهنه‌بندی آب مصرفی در سیستم کشت ٦۰×٤۰ چغندرقند در شهرستان‌های مختلف استان آذربایجان‌غربی

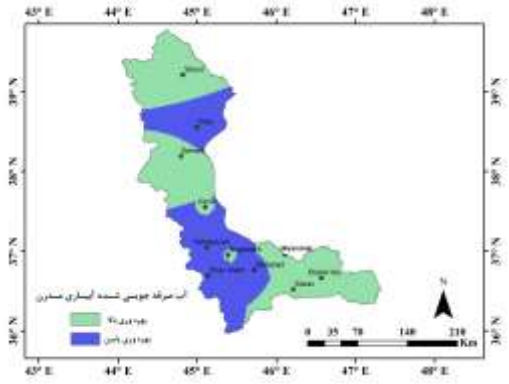


شکل ٦. نقشه پهنه‌بندی آب مصرفی در سیستم کشت پاییزه چغندرقند در شهرستان‌های مختلف استان آذربایجان‌غربی

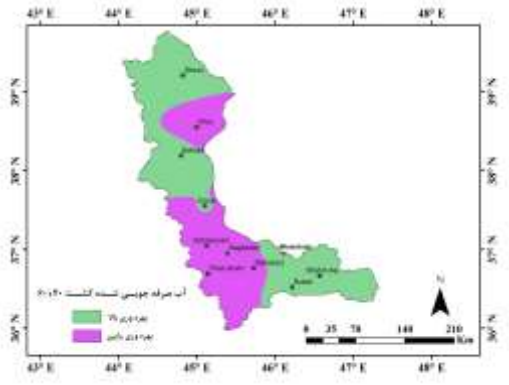
۳. ۳. آب صرفه‌جویی‌شده

آب صرفه‌جویی‌شده در روش آبیاری مدرن چغندرقند (جدول ۳) در شهرستان‌های شوط، سلماس، شاهین‌دژ، میاندوآب و بوکان به‌ترتیب با مقادیر ۵۰۹۳/۷۰، ۵۰۰۰، ٤٩٨٥/١٩، ٤٨٦٤/٨١ و ٤٧٥١/١١ بیش‌ترین مقدار را داشته و به‌عنوان مناطق با بهره‌وری بالا به‌لحاظ آب صرفه‌جویی‌شده پهنه‌بندی شده است (شکل ۷). این مقادیر در کشت ٦٠×٤٠ به‌ترتیب ٤٣٦٦/٠٣، ٤٢٨٥/٧٢، ٤٢٧٣/٠٢، ٤١٦٩/٨٤ و ٤٠٧٢/٣٨ بود (جدول ۳). شهرستان‌های پیرانشهر، خوی، اشنویه و مهاباد نیز به‌عنوان مناطق با بهره‌وری پایین به‌لحاظ آب صرفه‌جویی‌شده در آبیاری مدرن (شکل ۷) و کشت‌های مختلف (شکل‌های ۸ و ۹) پهنه‌بندی شدند.

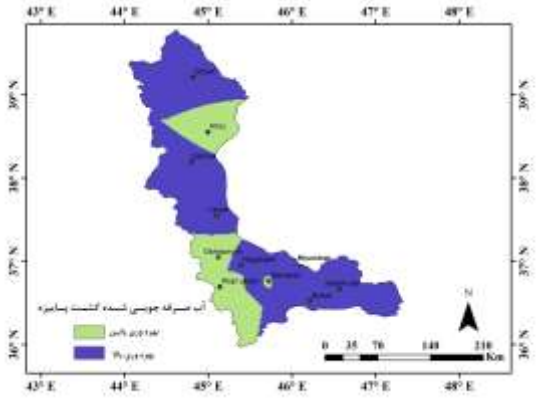
در شهرستان شوط، مقدار آب صرفه‌جویی‌شده در سیستم کشت پاییزه نسبت به کشت ٦٠×٤٠، ۷۵ درصد بود که حاکی از برتری کشت پاییزه نسبت به کشت ٦٠×٤٠ در این شهرستان بود. به‌طورکلی، با توجه به پهنه‌بندی انجام‌شده مشخص شد که در بین شهرستان‌های استان به لحاظ صرفه‌جویی در مصرف آب در کشت پاییزه ۷۱/۳۱۷ درصد مساحت استان جزو مناطق با بهره‌وری بالا این کشت بودند. با توجه به شیوه مدیریت آبیاری و روش‌های مورداستفاده که به‌طور عمده سطحی و سنتی هستند، مقدار حجم آب مصرفی در یک هکتار کشت چغندرقند در این استان حدود ۱۰ تا ۱۵ هزار مترمکعب برآورد می‌شود. امکان کشت چغندرقند در پاییز و استفاده از عملکرد ریشه آن در بهار سال بعد در برخی مناطق وجود دارد. در مقایسه با کشت بهاره، کشت پاییزه چغندرقند به‌دلیل استفاده از بارش‌های فصول پاییز و زمستان و قرارنگرفتن دوره رشد گیاه در فصل گرم تابستان، حداقل ۵۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب را به‌دنبال خواهد داشت (Haghayeghi & Ahmadi, 2013).



شکل ۷. نقشه پهنه‌بندی آب صرفه‌جویی‌شده در روش آبیاری مدرن چغندرقند در شهرستان‌های مختلف استان آذربایجان‌غربی



شکل ۸. نقشه پهنه‌بندی آب صرفه‌جویی‌شده در سیستم کشت ٦٠×٤٠ چغندرقند در شهرستان‌های مختلف استان آذربایجان‌غربی



شکل ۹. نقشه پهنه‌بندی آب صرفه‌جویی‌شده در سیستم کشت پاییزه چغندرقند در شهرستان‌های مختلف استان آذربایجان‌غربی

صرفه‌جویی در مصرف آب با استفاده از روش‌های نوین برای آبیاری می‌تواند در دوران کم‌آبی بسیار مؤثر باشد. برای مدیریت و صرفه‌جویی مصرف آب باید زمان و مقدار آب موردنیاز هر مزرعه مشخص شود. اگر بتوان مقدار آب مصرفی هر مزرعه را اعلام نمود، زارعین در مصرف و توزیع آب در مزرعه دقت بیش‌تری نموده و از تلفات آب به مقدار قابل‌توجهی کاسته خواهد شد. با توجه به تأکید سیاست‌گذاران آب کشور بر صرفه‌جویی و استفاده بهینه از این نهاده، به‌نظر می‌رسد که اصلاح سامانه‌های سنتی آبیاری و استفاده از الگوی کشت پاییزه، به‌عنوان عملی‌ترین راه‌کارهای موجود در این زمینه باشد (Jovzi & Zare abyaneh, 2016). الگوی کاشت روی مقدار آب مصرفی و کارایی مصرف آب مؤثر است.

در مناطقی که چغندرقند را در پاییز می‌کارند (به‌طور عمده خوزستان) چون گیاه در طول فصل زمستان در مزرعه باقی می‌ماند ممکن است در معرض درجه حرارت پایین قرار گیرد و در نتیجه ساقه‌روی ایجاد شود و به‌نظر می‌رسد که کاهش عملکرد کمتری نسبت به کشت بهاره (در صورت کشت زودهنگام در اواخر زمستان سرد) داشته باشد (Hosseinian *et al.*, 2015). نتایج پژوهش Sadrghein (2012) نشان داد که صرفه‌جویی در مصرف آب با استفاده از سیستم آبیاری مدرن در کشت پاییزه حدود دو برابر آب صرفه‌جویی‌شده در کشت بهاره است، لذا استفاده از آبیاری مدرن برای مناطقی مثل خوزستان و آذربایجان‌غربی که کشت پاییزه دارنـد، بیش‌تر بایستی موردتوجه قرار گیرد.

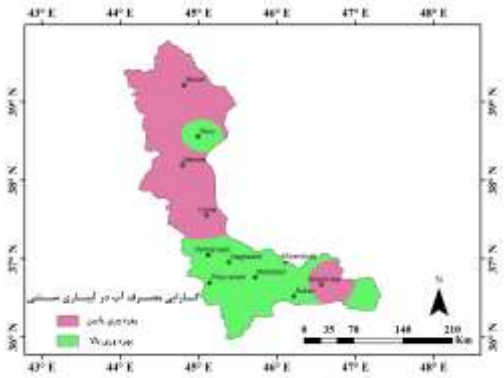
۳. ٤. کارایی مصرف آب

کارایی مصرف آب در سیستم آبیاری سنتی و مدرن (شکل‌های ۱۰ و ۱۱) و سیستم کشت ٤٠×٦٠ و کشت پاییزه (شکل‌های ۱۲ و ۱۳) در شهرستان‌های پیرانشهر، نقده، میاندوآب، مهاباد، بوکان، خوی و اشنویه بیش‌ترین مقدار را داشت که اختلاف بین پیرانشهر با سایر شهرهای پهنه‌بندی‌شده به‌عنوان مناطق با بهره‌وری‌بالا کشت چغندرقند به‌لحاظ کارایی مصرف آب معنی‌دار بود (جدول۳).

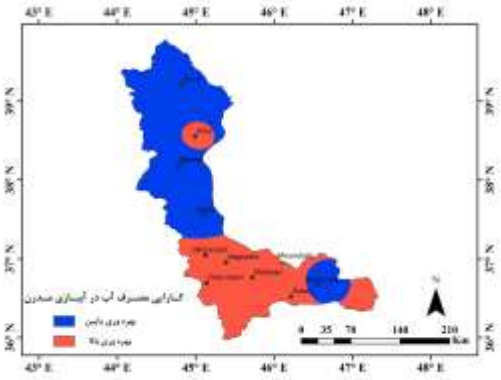
در شهرستان پیرانشهر کارایی مصرف آب در روش آبیاری مدرن نسبت به آبیاری سنتی و سیستم کشت ٤٠×٦٠ نسبت به کشت پاییزه به‌ترتیب افزایش ۳۳/۳۹ و ٤۰/۹۳ درصدی نشان داد که این میزان از افزایش در کارایی مصرف آب گامی عملی در جهت افزایش درآمد کشاورز، کمک به تداوم فعالیت‌های کشاورزی در روستاها، کاهش مصرف نهاده‌های کشاورزی (به‌ویژه آب) و درنهایت کمک به پایداری تولید محصولات کشاورزی در شرایط خشک‌سالی و کم‌آبی‌های اخیر محسوب می‌گردد. به‌طورکلی، پهنه‌بندی نهایی کارایی مصرف آب (شکل ١٤) نشان داد که شهرستان‌های پیرانشهر، نقده، خوی، اشنویه، مهاباد، میاندوآب و بوکان به‌عنوان مناطق با بهره‌وری بالا برای کشت این گیاه و شهرستان‌های شوط، سلماس، ارومیه و شاهین‌دژ به‌عنوان مناطق با بهره‌وری پایین بودند. به‌عبارت دیگر، می‌توان عنوان نمود که به‌لحاظ کارایی مصرف آب، از کل مساحت استان ٤٢/٦٠٣ درصد آن در منطقه با بهره‌وری بالا و ۵۷/۳۹۷ درصد در منطقه با بهره‌وری پایین برای کشت این

گیاه در استان قرار دارد که با توجه به اهمیت آب در تولید چغندرقند، این شهرستان‌ها به‌ویژه شهرستان شوط برای تولید این محصول توصیه نمی‌شود.

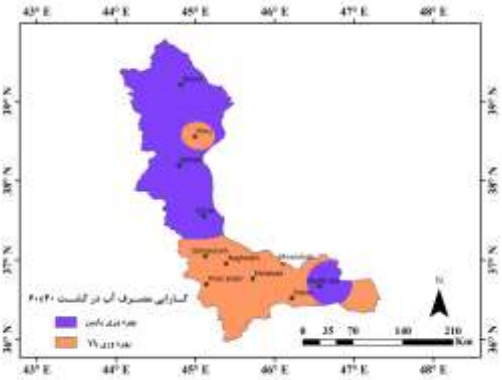
محدودیت منابع آب و پایین‌بودن عملکرد اغلب شبکه‌های آبیاری، ضرورت توجه بیش از پیش به بازنگری و اصلاح مدیریت توزیع و بهره‌برداری آب و اتخاذ رویه‌های اصولی و کارا به‌منظور استفاده بهینه از منابع آب موجود را ضروری می‌نماید (Nazarifar *et al.*, 2018). Rinaldi & Vonella (2006) طی پژوهشی در جنوب ایتالیا، پتانسیل تولید چغندرقند را در شرایط مختلف تاریخ کاشت (پاییزه و بهاره) و رژیم آبیاری (تأمین ۱۰۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی) بررسی کردند. آنها داده‌های سه مزرعه کشت پاییزه و سه مزرعه کشت بهاره را برای محاسبه کارایی مصرف آب ماده خشک و کارایی مصرف آب به‌کار گرفتند و نشان دادند که کارایی مصرف آب در دو رژیم آبیاری با هم تفاوت معنی‌داری ندارند. هم‌چنین، کارایی مصرف آب ماده خشک در کشت پاییزه و بهاره به‌ترتیب با مقادیر ۳/۰۹ و ۳/۰۸ کیلوگرم بر مترمکعب با هم تفاوتی نشان نمی‌دهند، اما کارایی مصرف آب در کشت پاییزه با مقدار ۱/۲۳ در مقایسه با کشت بهاره با مقدار ۰/۸۸ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب تفاوت معنی‌داری از خود نشان می‌دهد.



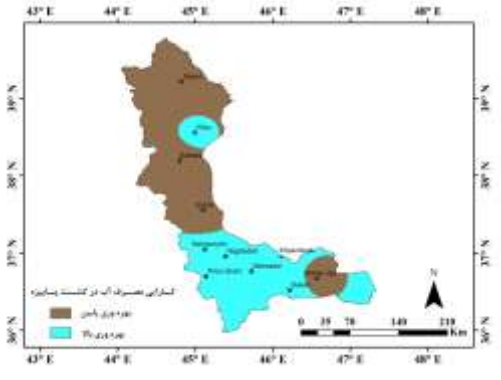
شکل ۱۰. نقشه پهنه‌بندی کارایی مصرف آب در روش سنتی آبیاری چغندرقند در شهرستان‌های مختلف استان آذربایجان‌غربی



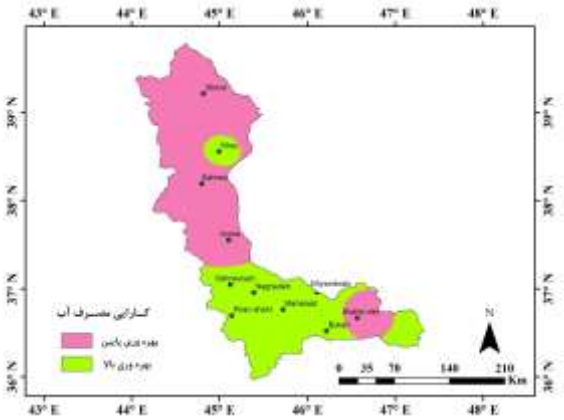
شکل ۱۱. نقشه پهنه‌بندی کارایی مصرف آب در روش مدرن آبیاری چغندرقند در شهرستان‌های مختلف استان آذربایجان‌غربی



شکل ۱۲. نقشه پهنه‌بندی کارایی مصرف آب در سیستم کشت ۴۰×۶۰ چغندرقند در شهرستان‌های مختلف استان آذربایجان‌غربی



شکل ۱۳. نقشه پهنه‌بندی کارایی مصرف آب در سیستم کشت پاییزه چغندرقند در شهرستان‌های مختلف‌استان‌آذربایجان‌غربی



شکل ١٤. نقشه پهنه‌بندی کارایی مصرف آب چغندرقند در شهرستان‌های مختلف استان آذربایجان‌غربی

الگوی کشت مناسب با میزان آب مصرفی و تولید در تعامل بوده و از این‌رو می‌تواند از جنبه افزایش کارایی مصرف آب، نقش قابل‌توجهی در بهبود مدیریت شبکه‌های آبیاری ایفا نماید (Nazarifar & Mommeni, 2011). Baghani (2009) در استان خراسان رضوی برای کشت بهاره چغندرقند با روش آبیاری مدرن، مقدار کارایی مصرف آب را ٥/٣ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش داده است. اما در این پژوهش مقدار کارایی مصرف آب در کشت پاییزه چغندرقند با روش مدرن به‌طور متوسط ٨/٠١ به‌دست آمده است که ٥٠ درصد افزایش کارایی مصرف آب آبیاری در مقایسه با کشت بهاره، نشان می‌دهد.

در مطالعه Fabeiro *et al.* (2003) تأثیر تنش آبی بر عملکرد و کیفیت چغندرقند بررسی گردید. نتایج نشان داد که حجم آب آبیاری بر عملکرد تأثیر معنی‌داری نداشته اما کارایی مصرف آب را تحت تأثیر قرار داد و تیمارهایی که آب کم‌تری دریافت کرده بودند دارای کارایی مصرف آب بیش‌تری بودند. Hassanli *et al.* (2010) اثرات روش‌های آبیاری جویچه‌ای (سنتی)، قطره‌ای سطحی و قطره‌ای زیرسطحی (مدرن) بر شاخص کارایی مصرف آب چغندرقند را مطالعه نمودند. مقدار این شاخص برای روش‌های آبیاری ذکرشده به‌ترتیب ٤/١٥، ٨/٢ و ٦/٩ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. Karim zadeh-Moghaddam (2006) نیز با مقایسه روش‌های آبیاری جویچه‌ای، بارانی و قطره‌ای در زراعت چغندرقند، نشان داد که بیش‌ترین کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری قطره‌ای و کم‌ترین آن در تیمار آبیاری جویچه‌ای به‌دست آمد. Baghan & Khoshbazm (2007) گزارش نمودند که در استان خراسان با تغییر روش آبیاری سنتی به آبیاری مدرن، میانگین آب مصرفی در زراعت چغندرقند، ذرت علوفه‌ای، گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی بین ٣٣/٩ تا ٤٤/١ درصد قابل کاهش بوده و عملکرد در چهار محصول مذکور بین ٩/٢ تا ٢١/١ درصد و کارایی مصرف آب آبیاری آنها بین ٨٣/٢ تا ١١٦/٣ افزایش می‌یابد.

Rezvani *et al.* (2009) در بررسی و ارزیابی روش‌های مختلف آبیاری و کارایی مصرف آب، طی آزمایشی در اصفهان روش‌های مختلف آبیاری بارانی (کلاسیک)، جویچه‌ای و آبیاری نواری- قطره‌ای را با یکدیگر مقایسه کردند. در این آزمایش بیش‌ترین کارایی مصرف آب در سیستم تیپ بود. براساس پژوهش Torabi & Jahad Akbar (2005) بیش‌ترین کارایی مصرف آب برای تولید ریشه در تیمار ٤٠×٦٠ به میزان ٣/١١ کیلوگرم در مترمکعب کم‌ترین مقدار در تیمار ٥٠×٥٠ معادل ١/٦٢ کیلوگرم در مترمکعب محاسبه شده است هم‌چنین بیش‌ترین کارایی مصرف آب برای تولید قند قابل‌استحصال در تیمار کشت ٤٠×٦٠ به‌دست آمده است. Hajipour *et al.* (2015) با شبیه‌سازی مصرف آب در دشت بجنورد و بررسی سناریوهای مختلف نشان دادند که با گسترش روش‌های نوین آبیاری که منجر به افزایش کارایی آبیاری از ٣٧ درصد به ٦٠ درصد می‌شود می‌توان سالانه ٠/٦٤ متر تراز آب در آبخوان‌های آبرفتی را افزایش داد.

٤. نتیجه‌گیری

ایران جزو معدود کشورهایی است که در آن تقریباً عمده نیاز آبی چغندرقند از طریق آب آبیاری تأمین می‌شود. از طرفی مقدار کارایی مصرف آب آبیاری در زراعت چغندرقند در ایران کم‌تر از بسیاری از مناطق دیگر جهان است. با توجه به اهداف کلان برنامه‌های ارتقای کارایی مصرف آب، باید در سال افق چشم‌انداز یعنی سال ١٤٠٤ بتوانیم به‌ازای هر مترمکعب آب آبیاری یک کیلوگرم شکر تولید کنیم. یکی از روش‌های افزایش کارایی مصرف آب، بهبود روش‌های آبیاری و سیستم کشت است. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، به‌نظر می‌رسد استفاده از آبیاری مدرن و کشت پاییزه در زمینه افزایش کارایی مصرف آب کارگشا باشد. بین شهرستان‌های استان، شهرستان‌های پیرانشهر و نقده به‌دلیل بالاترین درصد و عملکرد قند و شهرستان پیرانشهر به‌دلیل دارابودن کم‌ترین مقدار مصرف آب و بیش‌ترین مقدار کارایی مصرف آب در سیستم آبیاری مدرن و انواع کشت‌های موردمطالعه به‌عنوان شهرستان‌هایی با بهره‌وری بالا بودند و براساس نتایج پهنه‌بندی انجام‌شده شهرستان‌های پیرانشهر، نقده، خوی، اشنویه، مهاباد، میاندوآب و بوکان به‌عنوان مناطق با بهره‌وری بالا برای کشت این گیاه معرفی می‌شوند، به‌طوری‌که از کل مساحت استان ٤٢/٦٠٣ درصد استان در منطقه با بهره‌وری بالا به لحاظ کارایی مصرف آب قرار گرفت.

٥. تشکر و قدردانی

از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌غربی، بخش نهال و بذر، تشکر و قدردانی می‌گردد.

٦. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

٧. منابع

Abbasi, A. P., Amani, H., & Zareian, M. (2014). Quantitative assessment of desertification status using MEDALUS model and GIS (Case study: Shamil Plain- Hormozgan province). *Journal of RS and GIS for Natural Resources, 1*(5), 87-97.

Adab, H., Fallah Ghalhari, G. A., & Mirzabayati, R. (2008). Evaluation of the Kriging interpolation and linear regression analysis based on DEM in a mapping annual rainfall in Khorasan Razavi province. *Geomatics 2008 and 4th Conference unification geographical names*, 11 May, Tehran,Iran. (In Persian).

Baghani, J., & Khoshbazm, R. (2007). Effects of irrigation systems of surface and drip on row crops. *Ninth seminar of irrigation and reduce evaporation*. (In persian).

Baghani, J. (2009). Comparison of the effects of furrow irrigation to trickle irrigation method on water use efficiency and yield of row sowing crops. *Journal of Irrigation and Drainage, 2*(2), 9-11. (In persian).

Bazgir, S. (2000). The potential of climatic zoning of dry land wheat (Case study Kurdistan province). *Master of science thesis*, Tehran University, 132p. (In Persian).

Ebadzadeh, H., Ahmadi, K., Mohammadnia Afrouzi, SH., Taghani, R. A., Abbasi, M., & Yari, SH. (2017). Agricultural Statistics. *Ministry of Agriculture-Jahad*, 401 p. (In Persian).

Ebrahimipak, N. A., Pazera, E., Kaveh, F., Abedi, M. J., Sabagh farshi, A. A., & Farshi, A. A. (2008). The effect of deficit irrigation in different growth stages on quantity and quality on yield sugar beet and water use efficiency. *Pajouhesh & Sazandegi, 78*, 63-73. (In Persian).

Fabeiro, C., Martin de Santa Olalla, F., Lopez, R., & Dominguez, A. (2003). Production and quality of the sugar beet cultivated under controlled deficit irrigation conditions in a semi-arid climate. *Agricultural Water Management, 62*, 215-227.

FAO. (2018). *World Food and Agriculture*-Statistical Pocketbook. Rome. 254 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Fathi hafshjani, E., Beygi Harchgani, H., Davoudian, A., & Tabatabaee, H. (2014). Comparison of spatial interpolation methods and selecting the appropriate method for mapping of nitrate and phosphate in the Shahrekord Aquifer. *Journal of Irrigation and Water Engineering, 4(3)*, 51-63. (In Persian).

Ghadami Firouzabadi, A., Chaychi, M., & Seyedan. M. (2017). Effects of different irrigation systems on yield, some agronomic traits, and water productivity of different wheat genotypes and their economic assessment in Hamedan. *Journal of Research in Agriculture, 31*(2), 139-149. (In Persian).

Ghaemi, A. A., & Sadri, S. (2011). Effect of deficit irrigation by both ordinary and alternative tape and farrow methods on yield of sugar beet. *Water & soil, 3*(21), 127-138. (In Persian).

Golinedjad, E., & Eivazi, A. (2019). The effect of super absorbant polymers and manure fertilizers on water use efficiency of wheat cultivars in different irrigation regimes. *Crop production*. In Press. (In Persian).

Haghayeghi, S. A., & Ahmadi, M. (2013). Study on water productivity and yield simulation of autumnsown sugar beet in Khorasane Razavi province-Case study: Torbate-jam region. Final Report. No. 44904. *Khorasane Razavi Agriculture Research Center*, Iran. (In Persian).

Hajipour, M., Zakerinia, M., Ziaee, A. N., & Hesam, M. (2015). Water demand management in agriculture and its impact on water resources of Bojnourd basin with WEAP and MODFLOW models. *Journal of Water and Soil Science*, *22*(4), 85-101. (In Persian).

Hanon, B., & Kaffka, S. (2004). *The use of drip irrigation for sugar beet production*. (On–line) http//www.use of drip irrigation .com.

Hanson, B., & May, D. (2004). Effect of subsurface drip irrigation on proceding tomato yield, water table depth, soil salinity, and profitability. *Agricultural water management, 48,* 1 -17.

Hassanli, A. M., Ahmadirad, Sh., & Beecham, S. (2010). Evaluation of the influence of irrigation methods and water quality on sugar beet yield and water use efficiency. *Agricultural Water Management, 97,* 357-362.

Hosseinian, S. H., Abdollahian, M., & Majnoun hosseini, N. (2015). Effect of bolting on the yield and quality of two sugarbeet varieties in autumn sowing areain Dezful region of Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences, 16*(4), 265-277.

Javaheri, M. A., Najafinezhad, H., & AzadShahraki, F. (2006). Study of autumn sowing of sugar beet in Orzouiee area (Kerman province). *Journal of Scientific and Research Quarterly of Agricultural Jahad.* ISSN:1019-9632. No 71. (In Persian).

Jovzi, M., & Zare abyaneh, M. (2016). Water productivity and water use efficiency indexes of Sugar beet under different levels of water and nitrogen fertilizer. *Journal of Water and Soil Conservation, 22*(5), 145-159.

Karim zadeh-Moghaddam, M. (2006). Effect of sprinkler and furrow irrigation systems on water use efficiency and yield of sugar beet quality and quantity. National conference of managing irrigation and drainage networks. *Chamran University, Faculty of Water Science*. http://www.civilica.com/Paper-IDNC01-IDNC01_099.html (In Persian).

Kirchhoff, M., Tränkner, C., Kopisch-Obuch, F., & Jung, Ch. (2009). Selection for cold hardiness and late bolting for breeding winter beets. *BAL Gumpenstein, 37,* 173-175.

Maghami, Y., Ghazavi, R., Vali, A. A., & Sharafi, S. (2011). Evaluation of spatial interpolation methods for water quality zoning using GIS Case study, Abadeh Township. *Geography and Environmental Planning, 22*(2), 171-182. (In Persian).

Mahmoudan, S., Kamkar, B., Abdi, O., & Bagherani, N. (2017). Comparison of wheat yield between common and modern management wheat cropping systems using Geographical Information System approach. *Journal of Crop Production, 10*(2), 1780-198. (In Persian).

Moayeri, M., & Sharifi, H. (2008). The determining of optimum level of water use of tow sugar beet varieties in north Khozestan. Final Report. No. 87/1183. *Agriculture Research Center of Safiabade Dezful*. Iran. (In Persian).

Mohammadian, R., Sadrghaen, H. (2013). Determination of suitable sowing pattern of sugar beet under tape drip irrigation system. *Journal of Suger Beet, 2* (28), 107-122.

Musaviy, M. N., Saeidabadi, R., & Fahr, R. (2010). Physical development modeling and determination of optimal location for the settlement of Sardasht population over the horizon of 1400 using Delphi and the Boolean Logic Methods in the GIS Environment. *Urnan Regional Studies and Research, 2*(6), 35-54. (In Persian).

Nazarifar, M. H., Salari, A., & Momeni, R. (2018). Development of a nonlinear programming model for determination of optimal cropping pattern based on deficit irrigation scenarios. *Iranian Journal of Soil and Water Research, 49*(5), 1055- 1070.

Nazarifar, M. H., & Momeni, R. (2011). Validation and evaluation of plant growth model of Crop System in determination of proper cropping pattern under deficit irrigation conditions. Case study of Shahid Chamran irrigation and drainage network. *Journal of Agricultural Science and Technology, 15*(56), 49-61. (In Persian).

Nekooamal Kermani, M., & Mirabbasi, R. (2018). Assessment of interpolation methods in estimation of groundwater level (Case study: Sarkhon plain). *Hydrogeology, 2*(2), 84-95. (In Persian).

Reinsdorf, E., & Koch, H. J. (2013). Modeling crown temperature of winter sugar beet and its application in risk assessment for frost killing in Central Europe. *Agriculture for Meteorology, 28,* 21-30.

Rezvani, S., Noroozi, A., & Azari, K. (2009). *Final report of impact of different irrigation system on nitrogen and water use efficiency and the quality and quantity of sugar beet*. S.B.S.I. Publishers, pp: 79. (In Persian).

Rinaldi, M., & Vonella, A. V. (2006). The response of autumn and spring sown sugar beet to irrigation in Southern Italy: Water and radiation use efficiency. *Journal of Field Crops Research, 95*, 103-114.

Haghayeghi, S. A., Alizadeh, A., Ahmadi, M., Bannayan, M., & Ansari, H. (2015). Effect of irrigation regimes on crop water use efficiency of autumn sugar beets grown on the Mashhad plain. *Journal of Agricultural Engineering Research, 16*(3), 15-30.

Sadrghein, H. (2012). Effects of drip tape irrigation on quantity and quality of sugar beet yield. *Journal of Water Research in Agriculture, 26*(3), 275-288.

Sanjani, S. (2013). Agro-Ecological zoning and yield gap for wheat, sugar beet and corn in Khorasan Province (Ph.D. thesis). *Faculty of Agriculture, Ferdosi University*. (In Persian).

Sarmadian, F., & Taghizadeh mehrjerdi, R. A. (2009). Accuracy assessment of geostatistical methods for zoning soil properties in Akhtaraba. *Journal of Rang Watershed Management, 5*, 377-388. (In Persian).

Tiwari, K., Ajai singh, N., & Mal, P. K. (2003). Effect of drip irrigation on yield of cabbage under mulch and no-mulch condition. *Agricultural water management, 58*, 19- 28.

Torabi, M., & Jahad Akbar, M. R. (2005). The effect of furrow irrigation, single row and double row planting on water use efficiency, quantity, and quality of sugar beet yield. *Journal of Agricultural Engineering Research, 6*(22), 15-22.

Yazdi Samadi, B., Rezaei, A., & Valyzadeh, M. (2006). *Statistical designs in agriculture research*, Tehran University Publications, Tehran, Iran. pp: 764. (In Persian).