مطالعه شرایط اقلیمی استان فارس برای توسعه کشت پاییزه چغندرقند با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)

Study of the climatic condition of Fars province for the development of autumn-sown sugar beet planting using Geographic Information System (GIS)

نوید ادیبی فرد[۱*]، داوود حبیبی[۲] محسن بذرافشان[۳] داریوش طالقانی[۴] و محمدنبی ایلکایی[۵]

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۰۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۲۲

نوع مقاله: پژوهشی

DOI: 10.22092/jsb.2019.116356.1169 ; DOR: 20.1001.1.17350670.1398.35.1.2.4

ن. ادیبی فرد، د. حبیبی، م. بذرافشان، د. طالقانی و م.ن. ایلکایی. ۱۳۹۸. مطالعه شرایط اقلیمی استان فارس برای توسعه کشت پاییزه چغندرقند با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). **چغندرقند، ۳۵(۱): ۱۳- ۳۱.**

چکیده

شناسایی پهنه‌های جدید تولید چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) پاییزه که نسبت به کشت بهاره نیاز آبی کم‌تری دارد، این امکان را به وجود می‌آورد تا سطح زیرکشت این محصول افزایش یابد. بهترین و کم هزینه‌ترین روش برای شناسایی مناطق کشت، استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی می‌باشد. جهت شناسایی مناطق مناسب کشت پاییزه در استان فارس داده‌های اقلیمی طولانی مدت ۱۹ ساله، شامل دما و بارش از ۱۳ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک استان فارس شامل اقلید، جهرم، زرین‌دشت، فراشبند، فسا، فیروزآباد، قیر و کارزین، کازرون، لار، لامرد، نورآباد و نیریز منتهی به سال ۱۳۹۵ جمع‌آوری شد. سپس لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز شامل شاخص‌های واحدهای حرارت تجمعی، ساعات بهاره شدن، توده زیستی و ارتفاع با سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) محاسبه گردید. لایه‌های شیب و ارتفاع از مدل رقومی آنها استخراج و نقشه پهنه‌بندی لایه‌های مذکور و نقشه نهایی پهنه‌بندی با کمک روش سلسله مراتبی در محیط سامانه تحلیل اطلاعات مکانی (ArcGIS) رسم گردید. بر اساس نتایج به دست آمده مناطق مرکزی، شرقی، غربی و تا حدودی مناطق جنوبی شامل شهرستان‌های فیروزآباد، فسا، نی‌ریز، جهرم، فراشبند، زرین‌دشت، داراب و قیروکارزین به عنوان مناطق مستعد جهت کشت چغندرقند پاییزه شناسایی شدند. مناطق شمال غربی (کازرون)، جنوب شرقی (داراب، نی‌ریز و حاجی‌آباد) و مناطق جنوب و جنوب غربی (قیروکارزین، لار و لامرد) از نظر تعداد ساعات سرمای مؤثر بین ۱۷۰-۱۴۰ ساعت را دریافت نمودند و جزء مناطق مساعد کشت پاییزه چغندرقند قلمداد شدند. مناطق شمالی و حاشیه جنوبی استان فارس به عنوان مناطق نامناسب جهت کشت این محصول شناخته شدند. طبق نقشه نهایی پهنه‌بندی این استان ۱۳ درصد اراضی بسیار مناسب، ۲۳ درصد مناسب، ۳۱ درصد متوسط و ۳۳ درصد نامناسب جهت کشت چغندرقند پاییزه تخمین زده شدند.

واژه‌های کلیدی: بهاره شدن، ساقه‌روی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، کشت پاییزه

۱ - دانش آموخته دکترای زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران. *- نویسنده مسئول navid_af@yahoo.com

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج ،ایران

۳- استادیار بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

۴- دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات ،آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۵- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج ، کرج، ایران.

مقدمه

خشکی و کم‌آبی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده و چالش‌های اصلی تولید چغندرقند و سایر محصولات در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا از جمله ایران است. به ویژه به دلیل نیاز آبی نسبتاً زیاد در بهار و تابستان، در شرایط اقلیمی خشک کشور و در مناطقی که با مشکل کم‌آبی روبرو هستند (Deihimfard and Rahimi Moghadam 2015). یکی از راهکارهای اساسی برای مقابله با این چالش در گیاه چغندرقند، توسعه کشت پاییزه و استفاده از نزولات آسمانی می‌باشد. چغندرقند پاییزه را می‌توان به عنوان محصولی مهم در سامانه تناوبی مناطق مستعد جهت کشت معرفی کرد (Taleghani 2003). مهم‌ترین عاملی که می‌توان آن را به عنوان شاخصی بارز برای اولویت و برتری کشت پاییزه چغندرقند نسبت به کشت بهاره معرفی کرد، استفاده بهینه از نزولات آسمانی در طول دوره رشد و کارآیی بالای مصرف آب آن می‌باشد (Ahmadi *et al*. 2017). بنابراین می‌توان با ایجاد کارخانه‌های قند جدید و افزایش ظرفیت کارخانه‌های قند بهاره در خارج از فصل بهره‌برداری، در جنوب استان‌های خراسان، فارس، کرمانشاه و شمال شرق گلستان اقدام به توسعه کشت پاییزه چغندرقند نمود (Sadeghzadeh Hemayati and Taleghani 2015). چغندرقند گیاهی است که با اقلیم‌های معتدل نیز سازگار است و به طور عمده در بهار کشت شده و در پاییز برداشت می‌گردد. چغندرقند به دماهای سرد نیمه‌حساس بوده و در یخبندان هم می‌تواند به رشد خود ادامه دهد (Sadeghian *et al*. 2015). کشت پاییزه علاوه بر استفاده بهینه از نزولات آسمانی در طول دوره رشد، دارای مزایای دیگری از جمله کم‌بودن میزان تنفس گیاه و در نتیجه کاهش نیاز آبی، بالا بودن کارآیی مصرف آب و عملکرد، کم‌بودن مصرف علف‌کش به دلیل پایین بودن جمعیت علف‌های هرز در پاییز و افزایش دوره بهره‌برداری کارخانه‌های قند می‌باشد (Sharifi *et al*. 2000). یکی از عوامل مهم محدودکننده کشت چغندرقند پاییزه، دمای پایین و طولانی در طول فصل زمستان است. چنانچه مزارع چغندرقند به مدت طولانی در فصل زمستان در معرض دمای بهاره شدن (۸-۶ درجه سانتی‌گراد) یا کم‌تر قرارداشته باشند، پس از سپری شدن دوره سرما، پدیده ساقه‌روی (Bolting) و گلدهی در سال اول رخ خواهد داد. درصد ساقه‌روی در رقم‌های مختلف متفاوت است. اگرچه چغندرقند می‌تواند در شرایط روزکوتاه نیز ورنالیزه شود، اما این گیاه اساساً جزو گیاهان روزبلند بوده و برای رشد ساقه گل‌دهنده و گلدهی به روزهای بلند نیاز دارد. در ورنالیزاسیون چغندرقند دمای بین ۵ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین اثربخشی را در القای گلدهی دارد و بوته‌ها به ندرت به دمای کم‌تر از ۲/۵ درجه سانتی‌گراد واکنش نشان می‌دهند (Sadeghzadeh Hemayati *et al*. 2014). روزهای بلند باعث افزایش اثر سرما شده و نقش اساسی در رشد طولی ساقه گل دهنده و تولید گل‌ها دارند. گیاهان دوساله چغندرقند برای تولید ساقه گل دهنده و گل، هم به بهاره شدن و هم به روز بلند نیاز دارند (Abe *et al*. 1997). زمان لازم جهت بهاره شدن بین هشت تا ۱۴ هفته متغیر است که به میزان مقاومت به ساقه‌روی و ارقام بستگی دارد (Cooke and Scott 1993). فنولوژی از مباحث علم اکولوژی بوده که در آن دوره زندگی گیاه مورد بررسی قرار می‌گیرد. تاریخ آغاز و پایان هر دوره با توجه به تغییرات اقلیمی به ویژه دمای هوا و رطوبت خاک در سال‌های مختلف متفاوت می‌باشد (Mirhaji *et al*. 2009). با تعیین مراحل فنولوژی در هر منطقه و دانستن نیاز دمایی در هر مرحله فنولوژی و در کل دوره رشد گیاه، می‌توان بسیاری از مسائل به‌زراعی از جمله تاریخ کاشت مناسب،

آبیاری به موقع، زمان مناسب برداشت، زمان مبارزه با آفات و بیماری‌ها و انتخاب ارقام مناسب را انجام داده و به بیشترین عملکرد دست یافت (Hosseini 2008). از میان عوامل اقلیمی، دما بیشترین تأثیر را روی مراحل مختلف نمو گیاهان دارد و طبق اصل ثبات حرارتی، هر گیاه زمانی به مرحله خاصی از نمو خود می‌رسد که مقدار مشخص حرارت از محیط دریافت نماید. بنابراین در هر مرحله از نمو، مقدار معینی گرما لازم است که با توجه به تغییرات دمایی و طول روز و عدم امکان تخمین دقیق مراحل فنولوژی گیاه، استفاده از درجه ـ روز رشد (GDD) جهت تعیین مراحل مختلف فنولوژی گیاه امری ضروری است (Hosseini 2008).

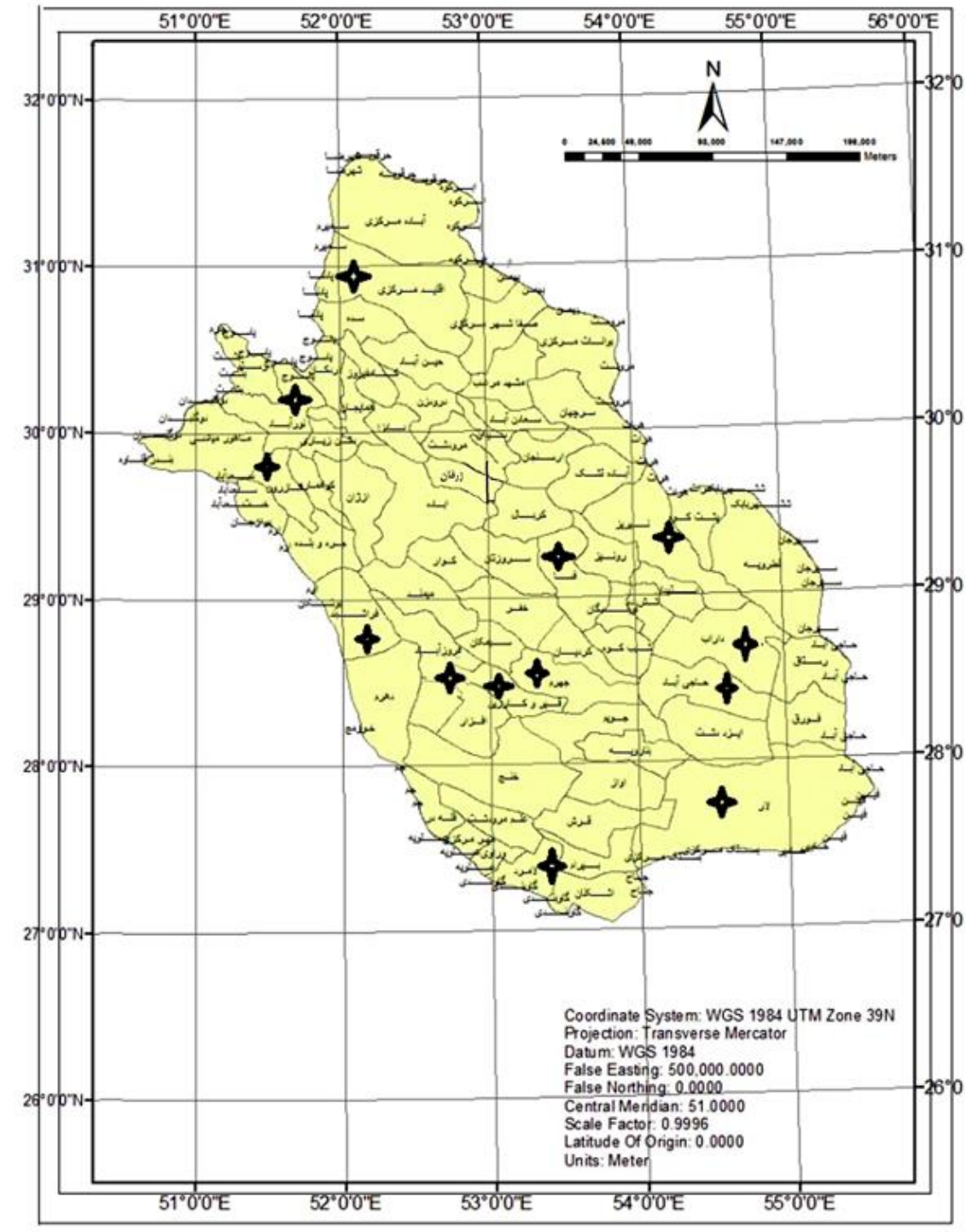
استفاده از پهنه‌های جدید تولید چغندرقند پاییزه، این امکان را به وجود می‌آورد که سطح زیرکشت و تولید این محصول در مناطق مختلف کشور نیز افزایش یابد. بیشترین سهم کشت پاییزه در کل سطح زیرکشت چغندرقند ۵/۷ درصد، تولید ریشه ۶/۲ درصد و تولید شکر ۴/۳ درصد بوده است (Taleghani *et al*. 2015). با توجه به گستردگی استان‌های مورد مطالعه و وجود اقلیم‌های گوناگون در این مناطق، لازم است طرح‌های تحقیقاتی زیادی اجرا شود تا مناطق مستعد کشت پاییزه شناسایی گردند. هزینه بالا و زمان طولانی مورد نیاز اجرای این طرح‌ها باعث می‌شود که بررسی‌های جامعی در خصوص شناسایی مناطق مساعد کشت پاییزه چغندرقند انجام نپذیرد (Deihimfard and Rahimi Moghadam 2015). از راهکارهای مناسبی که با صرف وقت و هزینه کم‌تری امکان شناسایی مناطق مستعد کشت پاییزه و زمینه توسعه این کشت را فراهم می‌کند استفاده از پهنه‌بندی آگرواکولوژیک (Agro-ecological zoning) می‌باشد. پهنه‌بندی اکولوژیک این امکان را دارد که بر اساس تحلیل تغییرات شاخص‌های اقلیمی و با توجه به دوره رشد و نمو گیاه، خطراتی را که باعث کاهش تولید می‌شوند، شناسایی و پیش‌بینی کرد (Ati *et al*. 2002; Bishnoi 2010). در همین زمینه محققین با کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی (Geografic Information System GIS) و مدل‌های شبیه‌سازی رشد اقدام به پهنه‌بندی قاره اروپا جهت کاشت گندم در شرایط پتانسیل کم و محدودیت آب نمودند (Reidsma *et al*. 2009). در ایـران نیز پهنه‌بندی آگرواکولوژیک به منظور تعیین پتانسیل کشت چغندرقند پاییزه در تربت حیدریه نشان داد که ۵۹/۶۱ درصد سطح این شهرستان از قابلیت خیلی خوب برای کشت بهاره برخوردار بوده و ۲۴/۴۲ درصد آن فاقد استعداد کشت برای چغندرقند بهاره می‌باشد (Khosravi *et al*. 2013). شاخص‌های حرارتی (حداقل‌ها و حداکثرهای مطلق دما) و شاخص‌های رطوبتی (درجه خشکی در ارتباط با نیاز آبی چغندرقند) از شاخص‌های مهم در تعیین قابلیت‌های توسعه زمین‌های زیرکشت چغندرقند می‌باشند که در آینده با کمک آن‌ها شناخت و بهره‌برداری از اراضی مستعد جهت توسعه کشـــــت چغندرقند پاییزه امکان‌پذیر خواهد شد (Harpal and Taper 2010). در این تحقیق با توجه به پارامترهای اقلیمی، مناطق مستعد برای کشت چغندرقند پاییزه در استان فارس مشخص گردید. با توجه به شرایط اقلیمی منحصر به فرد کشور معرفی و شناسایی مناطق جدید تولید چغندرقند پاییزه در کشور و استان‌های مستعد کاشت این محصول، می‌تواند تحولی در زراعت این محصول استراتژیک را در کشور به وجود آورد.

مواد و روش‌ها

استان فارس در حدود ۱۲۲,۶۰۸کیلومتر مربع وسعت دارد که در شکل ۱ محدوده استان و شهرستان‌ها نمایش داده شده است. برای انجام این تحقیق آمار هواشناسی مورد نیاز به صورت روزانه، ساعتی و طولانی مدت ۱۹ ساله که در آن اطلاعات نه ساله نیز هم‌خوانی داشت (۱۳۹۵-۱۳۷۵، دوره‌ای که تمامی ایستگاه‌ها اعم از جدیدالتاسیس و قدیمی امکان ثبت اطلاعات را داشتند) از ایستگاه‌های سینوپتیک دریافت گردید (این ایستگاه‌ها معمولاً کامل‌ترین مجموعه تجهیزات هواشناسی را دارا بوده و به صورت شبانه‌روزی و هر ساعت نسبت به ثبت اطلاعات و ارسال گزارشات هواشناسی اقدام می‌نمایند). در این ایستگاه‌ها علاوه بر موارد ایستگاه‌های تکمیلی، شدت تابش آسمان، خورشید و بازتابش سطح زمین نیز اندازه‌گیـری می‌شود (جدول ۱). در مطالعات اقلیمی همواره این موضوع پیش می‌آید که ایستگاه‌های مورد بررسی سال‌های آماری متفاوتی دارند. برای انجام تحلیل‌های یکپارچه لازم است یک محدوده سال آماری از بین داده‌های موجود طوری انتخاب شود که ضمن استفاده از حداکثر سال‌های آماری موجود، سال‌های مبنا برای این مطالعات نیز تعیین شود (Ahmadi 2010).

جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در تحقیق (Iran Meteorological Organization 2018)

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	سال‌های آماری موجود	سال تأسیس	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
اقلید	سینوپتیک اصلی خودکار	۲۳	۱۳۷۲	۲۳۰۰	۵۲ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی	۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی
جهرم	تحقیقات هواشناسی سینوپتیک تکمیلی	۲۲	۱۳۸۳	۱۰۸۲	۵۳ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی	۲۸درجه و ۲۹ دقیقه شمالی
داراب	تحقیقات هواشناسی کشاورزی سینوپتیک اصلی	۲۱	۱۳۷۳	۱۰۹۴	۵۴ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی	۲۸ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی
زریندشت(حاجی آباد)	سینوپتیک تکمیلی خودکار	۹	۱۳۸۶	۱۰۲۹	۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی	۲۸ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی
فراشبند	سینوپتیک خودکار	۷	۱۳۸۸	۷۸۲	۵۲ درجه و ۰۶ دقیقه شرقی	۲۸ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی
فسا	سینوپتیک اصلی فرودگاهی خودکار	۴۲	۱۳۵۳	۱۲۸۸	۵۳ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی	۲۸ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی
فیروزآباد	سینوپتیک تکمیلی خودکار	۷	۱۳۶۲	۱۳۶۲	۵۲ درجه و ۳۳ دقیقه شرقی	۲۸ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی
قیر و کارزین	سینوپتیک تکمیلی خودکار	۷	۱۳۸۸	۷۴۶	۵۳ درجه و ۰۳ دقیقه شرقی	۲۸ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی
کازرون	سینوپتیک اصلی خودکار	۱۱	۱۳۸۴	۸۶۰	۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی	۲۹ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی
لار	سینوپتیک اصلی فرودگاهی	۳۱	۱۳۶۴	۷۹۲	۵۴ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی	۲۷ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی
لامرد	سینوپتیک تکمیلی فرودگاهی خودکار	۲۳	۱۳۷۲	۴۰۵	۵۳ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی	۲۷ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی
نورآباد	سینوپتیک تکمیلی خودکار	۹	۱۳۸۶	۹۷۲	۵۱ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی	۳۰ درجه و ۰۴ دقیقه شمالی
نیریز	سینوپتیک اصلی خودکار	۱۷	۱۳۷۸	۱۶۳۲	۵۴ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی	۲۹ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی



شکل ۱ تقسیم‌بندی و مرز شهرستان‌های استان فارس

پس از جمع آوری داده‌های هواشناسی طولانی مدت، نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون شاپیروویلک (Shapiro-Wilk) (Soltani 2015) و با استفاده از نرم‌افزار تحلیل آماری (Statistical Analysis System, SAS) انجام شد (جدول۲) و

این داده‌ها در محاسبات آماری و نهایتاً رسم نقشه‌های پهنه‌بندی در محیط سامانه تحلیل اطلاعات مکانی مورد استفاده قرار گرفتند. در این پژوهش به دلیل ساده‌تر بودن و دقیق‌تر بودن روش درون‌یابی کریجینگ (Kriging) از این روش استفاده شد. درون‌یابی فرآیندی است که طی آن می‌توان مقدار کمیتی را در نقاطی با مختصات معلوم با استفاده از مقدار همان کمیت در نقاط دیگر با مختصات معلوم به دست آورد. میان‌یابی با روش کریجینگ جزو روش‌های زمین آمار است که مبتنی بر مدل‌های آماری شامل خودهمبستگی می‌باشند. از این روش‌ها نه تنها برای برآورد رویه یک سطح استفاده می‌شود بلکه به کمک این روش‌ها پارامترهایی مثل قطعیت و دقت نتایج خروجی حاصل از میان‌یابی را نیز می‌توان محاسبه نمود. یک فرمول کلی برای روش کریجینگ وجود دارد که برای تعیین ارزش هر عامل، به ارزش‌های خروجی نقاط نمونه‌برداری شده انتخابی مجاور، وزن‌هایی را می‌دهند تا مقدار ارزش هر عامل یا شاخص را به این طریق برآورد نمایند (Qahroodi 2002).

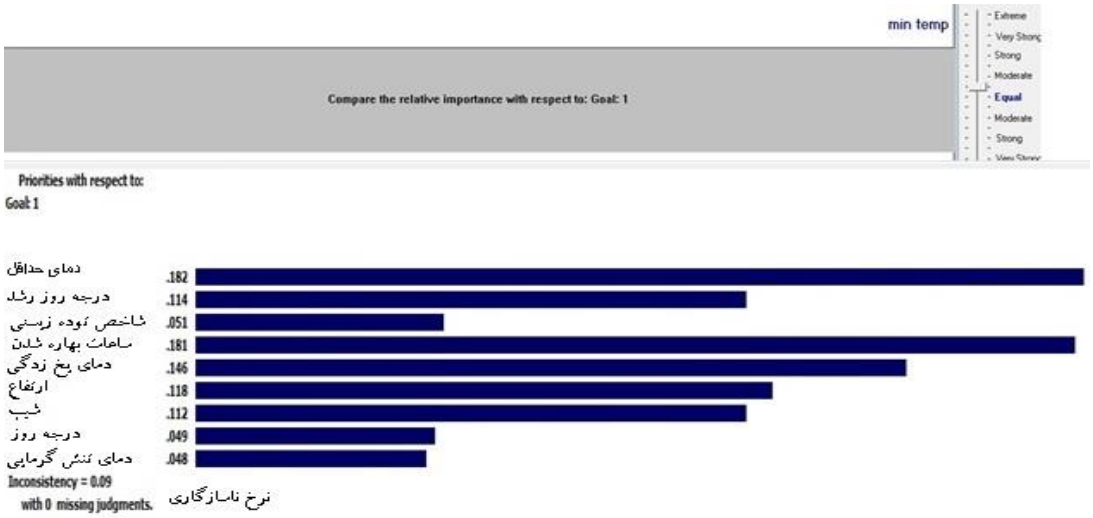
جدول ۲ آزمون نرمال بودن داده‌های ساعات بهاره شدن، ارتفاع(متر)، درجه ـ روز رشد و شاخص توده زیستی

شاخص	ارزش احتمالی (P value)		آماره آزمون		آزمون
ساعات بهاره شدن	<0.0001	Pr < W	0.587621	W	Shapiro-Wilk
ارتفاع	0.1473	Pr < W	0.903066	W	Shapiro-Wilk
واحدهای حرارت تجمعی	<0.0001	Pr < W	0.525796	W	Shapiro-Wilk
شاخص توده زیستی	<0.0001	Pr < W	0.579068	W	Shapiro-Wilk

در مرحله بعد با استفاده از نرم‌افزار تحلیل سلسله مراتبی، وزن‌دهی لایه‌ها انجام شد و مقدار نرخ ناسازگاری (Inconsistency Ratio) به دست آمد. این نرخ ناسازگاری باید از مقدار ۰/۱ کم‌تر باشد (Saaty 2012) (در این پژوهش برابر با ۰/۰۹ به دست آمد). نرخ ناسازگاری بیان می‌دارد که تا چه اندازه می‌توان به داده‌های گردآوری شده از دیدگاه هر کارشناس اعتماد کرد. نرخ ناسازگاری شاخصی است که میزان سازگاری پاسخ‌های خبرگان به ارزیابی‌ها و مقایسات زوجی را اندازه‌گیری می‌کند و با کمک این شاخص سازگاری یا عدم سازگاری بین مقایسه‌های دو به دو و زوجی در پرسشنامه‌ها مشخص می‌گردد (شکل ۲). در نهایت تحلیل داده‌ها جهت پهنه‌بندی کشت چغندرقند پاییزه در ۱۳ ایستگاه هواشناسی در استان فارس (جدول ۱) با نرم‌افزار تحلیل اطلاعات مکانی نسخه ۱۰,۱,۱ (ArcGIS10.1.1) انجام پذیرفت (Javaheri *et al.*2006) و نقشه‌های پهنه‌بندی برای هر کدام از شاخص‌های مورد نظر رسم گردید.

به کمک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process, AHP) (Ishizaka and Labib 2009) و تعیین ترتیب ارجحیت هر کدام از شاخص‌ها، ارجحیت و اولویت شاخص‌ها با توجه به پاسخ پرسشنامه تعیین اولویت شاخص‌های مربوطه که توسط کارشناسان خبره پهنه‌بندی کشت پاییزه چغندرقند تکمیل گردید، تعیین و در نرم‌افزار تحلیل سلسله مراتبی (Expert Choice) بر اساس این اولویت‌ها برای هریک از شاخص‌ها عدد وزنی محاسبه شد. از پاسخ‌ها و تحلیل‌های ۱۰

پرسشنامه که به خبرگان وکارشناسان گیاه چغندرقند و صاحب نظران پهنه‌بندی توزیع گردید، از مدل AHP استفاده شد و نتایج تحلیل آنها وارد ماتریس مقایسه زوجی Expert Choice گردید. وزن هریک از پارامترها (عوامل اصلی) و عوامل فرعی (طبقات هر عامل اصلی) محاسبه گردید (جدول ۲). بنابر نتایج این پرسشنامه‌ها چهار معیار: ساعات بهاره شدن، (Crop Biomass Productivity Index, CBPI) یا شاخص توده زیستی، بهاره شدن، ارتفاع، به عنوان عوامل مؤثر در محدود کردن کشت چغندرقند پاییزه مشخص شدند و مورد آزمون قرار گرفتند. سایر شاخص‌های سطح دوم مدل (فاکتورهای فرعی) که زیر معیارهای هر یک از معیارهای اصلی را تشکیل می‌دادند نیز تعیین و اولویت‌بندی شدند. پس از به دست آوردن اهمیت نسبی هر یک از فاکتورها در نرم‌افزار Expert Choice مرحله بعدی استفاده از لایه‌های رقومی شده در محیط نرم‌افزار ArcGIS بود که با همپوشانی لایه‌ها و تلفیق آنها با هم نقشه کلی پهنه‌بندی به دست آمد. در انتها نقشه هر یک از لایه‌ها و عوامل از لحاظ اهمیت و ارزش وزن‌دهی برای فاکتورهای مؤثر بر کشت چغندرقند پاییزه در منطقه استان فارس بر اساس مدل‌های AHP در محیط ArcGIS تهیه شدند.



شکل ۲ مقادیر ارزیابی شده تمامی شاخص‌ها و نرخ ناسازگاری در نرم‌افزار Expert choice

پس از محاسبه وزن لایه‌های مؤثر (جدول ۳)، مقادیر به دست آمده از وزن هر لایه و شاخص‌های مورد بررسی در مقادیر میانگین عددی به دست آمده آن شاخص در هریک از ایستگاه‌های مورد بررسی (جدول ۳) ضرب شد و با این اعداد، در نرم‌افزار تحلیل اطلاعات مکانی رسم نقشه پهنه‌بندی نهایی که در آن استعداد کشت چغندرقند پاییزه در مناطق مختلف استان فارس نشان داده شده است، انجام پذیرفت (Jifroudi and Ariamanesh 2015). پس از به دست آوردن وزن‌های نهایی لایه‌های مورد بررسی، در سامانه تحلیل اطلاعات مکانی با هم تلفیق شده (میانگین مقادیر جدول ۴) و عرصه‌های مناسب کشت چغندرقند پاییزه در استان فارس معیارها رسم گردید.

برای تعیین شروع و پایان هر مرحله رشدی چغندرقند از درجه ـ روزهای رشد (Growth Degree Days) استفاده گردید. محاسبه درجه ـ روز رشد بر اساس تاریخ کاشت در هر ایستگاه شروع شده و سپس واحدهای حرارتی موردنیاز برای عبور گیاه از یک مرحله نموی به مرحله بعد به روش رابطه ۱ محاسبه شد.

جدول ۳ محدوده‌های عددی طبقات شاخص‌ها و مساحت استعداد لایه‌های مطالعاتی

شاخص‌ها (عامل اصلی)	طبقه‌بندی لایه‌ها	طبقات هر عامل	وزن عامل اصلی	مساحت (درصد)	مساحت (کیلومترمربع)
ارتفاع (متر)	بسیار مناسب	۲۴۰-۱۰۰۰	۰/۱۱۸	۱۶	۲۰۴۶۶
	مناسب	۱۰۰۰-۱۴۰۰		۲۰	۲۵۵۸۲/۵
	متوسط	۱۴۰۰-۱۸۰۰		۲۴	۳۰۵۸۳
	نامناسب	۱۸۰۰-۳۲۴۹		۴۰	۵۱۱۶۵
بهاره شدن (ساعت)	بسیار مناسب	۱۴۰<	۰/۱۸۱	۷	۵۴۱۹
	مناسب	۱۴۰-۱۷۰		۱۹	۲۷۴۶۶
	متوسط	۱۷۰-۲۰۰		۷۰	۸۴۹۹۶
	نامناسب	۲۰۰>		۴	۴۷۹۹
واحدهای حرارت تجمعی (درجه روز)	بسیار مناسب	۲۶۰۰-۲۷۵۰	۰/۱۱۴	۲۸	۳۰۴۶۶
	مناسب	۲۳۰۰-۲۶۰۰		۶۰	۷۱۶۳۱
	متوسط	۲۰۰۰-۲۳۰۰		۹	۱۰۲۴۰
	نامناسب	۱۳۰۰-۲۰۰۰		۳	۱۰۳۴۳
شاخص توده زیستی (واحد)	بسیار مناسب	۲۰۰۰-۲۵۰۰	۰/۰۵۱	۵۹	۷۶۳۳۲
	مناسب	۱۹۰۰-۲۰۰۰		۲۵	۲۴۵۸۳
	متوسط	۱۸۰۰-۱۹۰۰		۶	۱۰۵۳۳
	نامناسب	۱۵۷۰-۱۸۰۰		۱۰	۱۱۲۳۲

در این تحقیق مراحل رشدی گیاه چغندرقند پاییزه شامل جوانه‌زنی (از کاشت تا سبز شدن(۱۰ روز)، مرحله رشد اولیه و استقرار کامل و توسعه پوشش مزرعه (از دو برگی تا پایان شش برگی، ۶۰ روز) و مرحله رشد اصلی (حجیم شدن ریشه و تجمع قند، از شش برگی تا برداشت، ۱۷۰ روز) در نظر گرفته شد (Sadeghian *et al.* 2015). در این معادله درجه حرارت پایه برای چغندرقند سه درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد (Jalilian *et al*. 2007; Durr and Boifin 1995).

$$GDD=\sum_{a}^{b}\frac{(Tmax+Tmin)}{2}-Tb \qquad (۱)$$

Tmax و Tmin به ترتیب حداکثر و حداقل دمای روزانه برحسب درجه سانتی‌گراد، Tb= دمای پایه بر اساس درجه سانتی‌گراد (برای چغندرقند سه درجه سانتی‌گراد) و a و b به ترتیب شماره روز شروع و پایان مرحله نموی گیاه زراعی. مراحل نموی چغندرقند شامل مرحله جوانه‌زنی (از کاشت تاسبز شدن)، مرحله رشد اولیه (از دو برگی تا پایان شش برگی)، و مرحله رشد اصلی (از شش برگی تا برداشت) برای هر ایستگاه در سال‌های مختلف محاسبه گردید و تاریخی که GDD مورد نظر در آن تأمین گردیده است به عنوان تاریخ پایان هریک از مراحل نموی در نظر گرفته شد. شاخص توده زیستی (CBPI) نیز محاسبه و به عنوان شاخصی برای ساقه‌روی ارزیابی گردید. این شاخص

مجموع دمای مناسب رشد در طول فصل زراعی و تجمع ماده خشک را بیان می‌کند و بر اساس اختلاف دمای روزانه نسبت به دمای بهینه برای رشد عمل کرده و از معادله زیر محاسبه می‌شود (Depauw 2002).

$$CBPI=\sum_{i=GP\ on}^{j=GP\ end}(ATI)_{i.j} \quad (۲)$$

ATI براساس متوسط درجه حرارت روزانه و طبق روابط ۳ تا ۶ محاسبه گردید:

$$ATI=0 \quad \text{اگر } Tday\geq Tx \text{ یا } Tday\leq T0 \quad (۳)$$

$$ATI=Tday-T0 \quad \text{اگر } Tday<Topt1 \text{ و } Tday>T0 \quad (۴)$$

$$ATI=(Topt1+Topt2)/2-T0 \quad \text{اگر } Tday\geq Topt1 \text{ و } Tday\leq Topt2 \quad (۵)$$

$$ATI=Tx-Tday \quad \text{اگر } Tday<Tx \text{ و } Tday>Topt2 \quad (۶)$$

Tday= دمای روزانه دریافتی و برای گیاه چغندرقند T0، T0,Topt1,Topt2و Tx به‌ترتیب سه، ۱۵، ۲۰ و ۳۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Depauw *et al*. 2000). در تحقیقات قبلی و مدل‌های پیشین اثرات کمی دماهای بین صفر و ۱۲ درجه سانتی‌گراد بر روی بهاره شدن را در نظر نمی گرفتند (Stout 1964; Bosemark 1993; Bell 1964) اما در این پژوهش از مدل میلفورد و همکاران (Milford *et al*. 2010) که وزن‌های مختلفی را برای دماهای مؤثر بر بهاره شدن (۰-۱، ۱-۲، ۲-۳، ..... ۱۳-۱۴ درجه سانتی‌گراد) محاسبه می‌کند، استفاده شده است. رابطه (۷) زیر وزن سرمادهی را بر اساس دمای ساعتی ویژه نشان می‌دهد (Jaggard *et al*. 1983).

$$Y= - 1.256 + (1.260 + 0.131x) \times 0.9357^{x} \quad (۷)$$

Y: وزن سرمادهی X: دمای ساعتی ویژه آستانه (میانگین دماهای ساعتی روزانه)

بر همین اساس، تعداد ساعات بهاره شدن در زراعت پاییزه چغندرقند ۱۴۰ ساعت بوده و ارقام مقاوم به بولتینگ تا ۱۶۵ ساعت را نیز تحمل می‌کنند (جدول ۳) (Milford *et al*. 2010).

جدول ۴ مقادیر محاسبه شده شاخص‌های مورد بررسی به تفکیک ایستگاه‌ها

ایستگاه / شاخص	داراب	اقلید	فراشبند	فسا	فیروزآباد	قیرو کارزین	جهرم	کازرون	لامرد	لار	نورآباد	نیریز	زرین دشت
ارتفاع (متر)	۱۰۹۸	۲۳۰۰	۷۸۲	۱۲۸۸	۱۳۶۲	۷۴۶	۱۰۸۲	۸۶۰	۴۰۵	۷۹۲	۹۷۲	۱۶۳۲	۱۰۲۹
بهاره شدن (ساعت)	۱۶۲/۷۵۴	۲۱۷/۳۳	۱۸۲/۵۷۸	۱۸۰/۳۷	۱۶۳/۰۱	۱۵۸/۴	۱۶۲/۶	۱۶۲/۲	۱۵۷/۶	۱۶۵/۸	۱۶۷	۱۵۸/۷	۱۶۲/۴
شاخص توده زیستی (واحد)	۲۰۱۳/۹	۱۱۲۰/۲	۲۰۴۴/۴	۱۸۴۶/۴	۱۹۳۶/۵	۲۰۹۵/۹	۱۹۸۳/۸	۲۰۶۹/۸	۲۰۷۶/۲۶	۲۰۳۹/۸	۱۹۸۴/۹	۱۸۵۳/۶	۲۰۶۲/۲۶
واحدهای حرارت تجمعی (درجه روز)	۲۳۹۹/۱	۱۳۲۹/۴	۲۶۰۲/۹	۲۲۴۴/۵	۲۴۳۵/۷	۲۶۷۶/۷	۲۷۳۵/۶	۲۶۰۴/۴	۲۵۳۰/۴	۲۵۷۲/۱	۲۶۹۶	۲۵۸۴/۳	۲۵۸۱/۶

نتایج

ارتفاع از سطح دریا

بیشتر پارامترهای اقلیمی و هواشناسی از ارتفاع تأثیر می‌پذیرند و استفاده از ارتفاع به همراه طول و عرض جغرافیایی برای درون‌یابی داده‌ها، مناسب‌ترین روش درون‌یابی می‌باشد

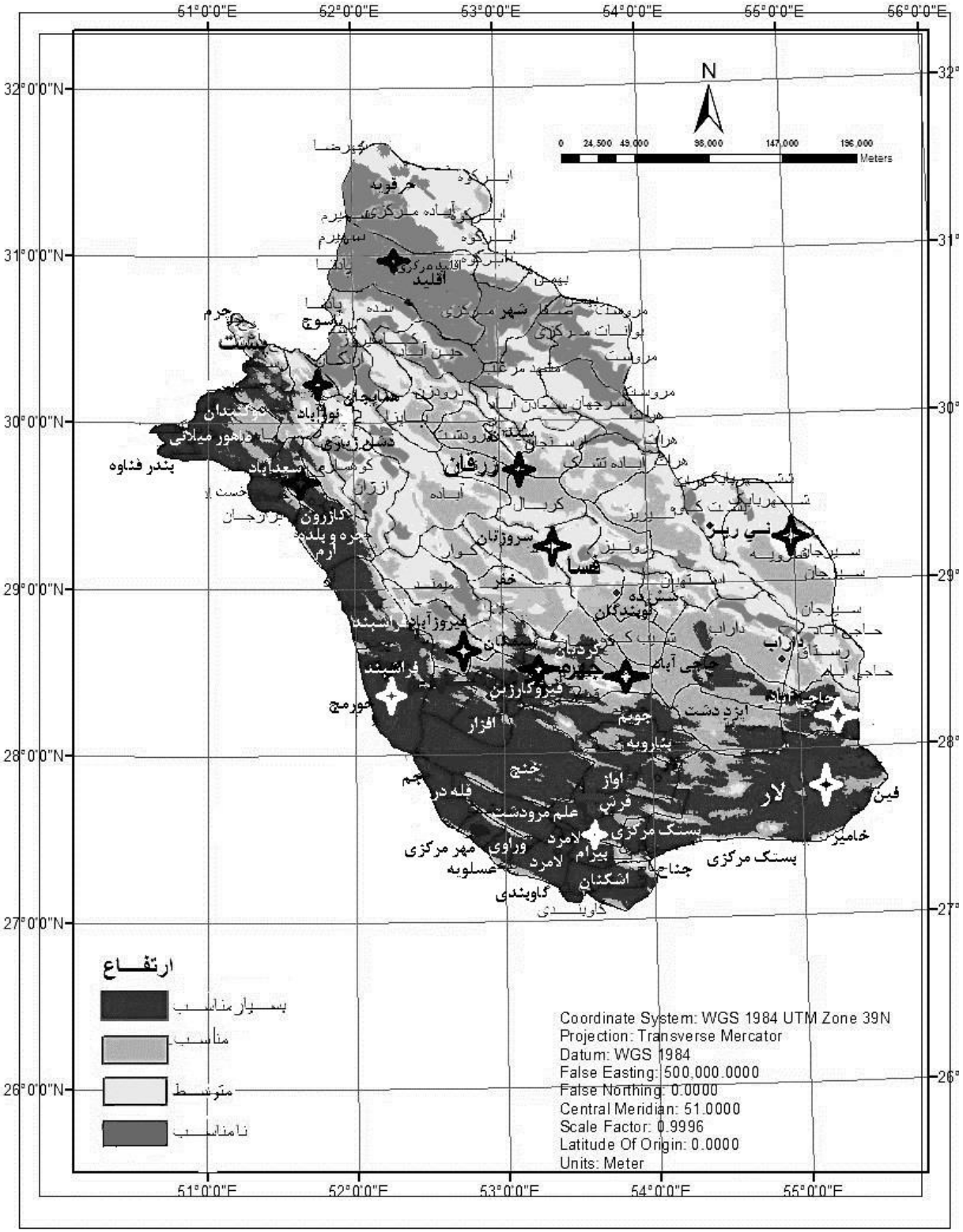
(Taiti *et al.* 2006). با استفاده از داده‌های موجود، نقشه نمایه ارتفاع در استان فارس با کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی رسم گردید (شکل ۳). با توجه به نقشه رسم شده مناطقی که کم‌تر از ۱۰۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا دارند (Javaheri *et al.*2006)، کاملاً مناسب کاشت پاییزه چغندرقند هستند و مناطقی با بیش از ۱۸۰۰ متر به علت کاهش دما و خطر سرمازدگی در مراحل ابتدایی رشد (از جوانه‌زنی تا ۴ الی ۶ برگی) امکان کشت چغندرقند پاییزه فراهم نمی‌باشد (جدول ۳ و ۴). مناطق مناسب کشت پاییزه از نظر ارتفاع از سطح دریا نوار حاشیه‌ای غرب، جنوب غرب، جنوب و جنوب شرقی استان فارس می‌باشد. نواحی شمالی و مقداری از نیمه شرقی و غربی مرتفع بوده و مناسب کشت پاییزه نمی‌باشند.

واحدهای حرارت تجمعی

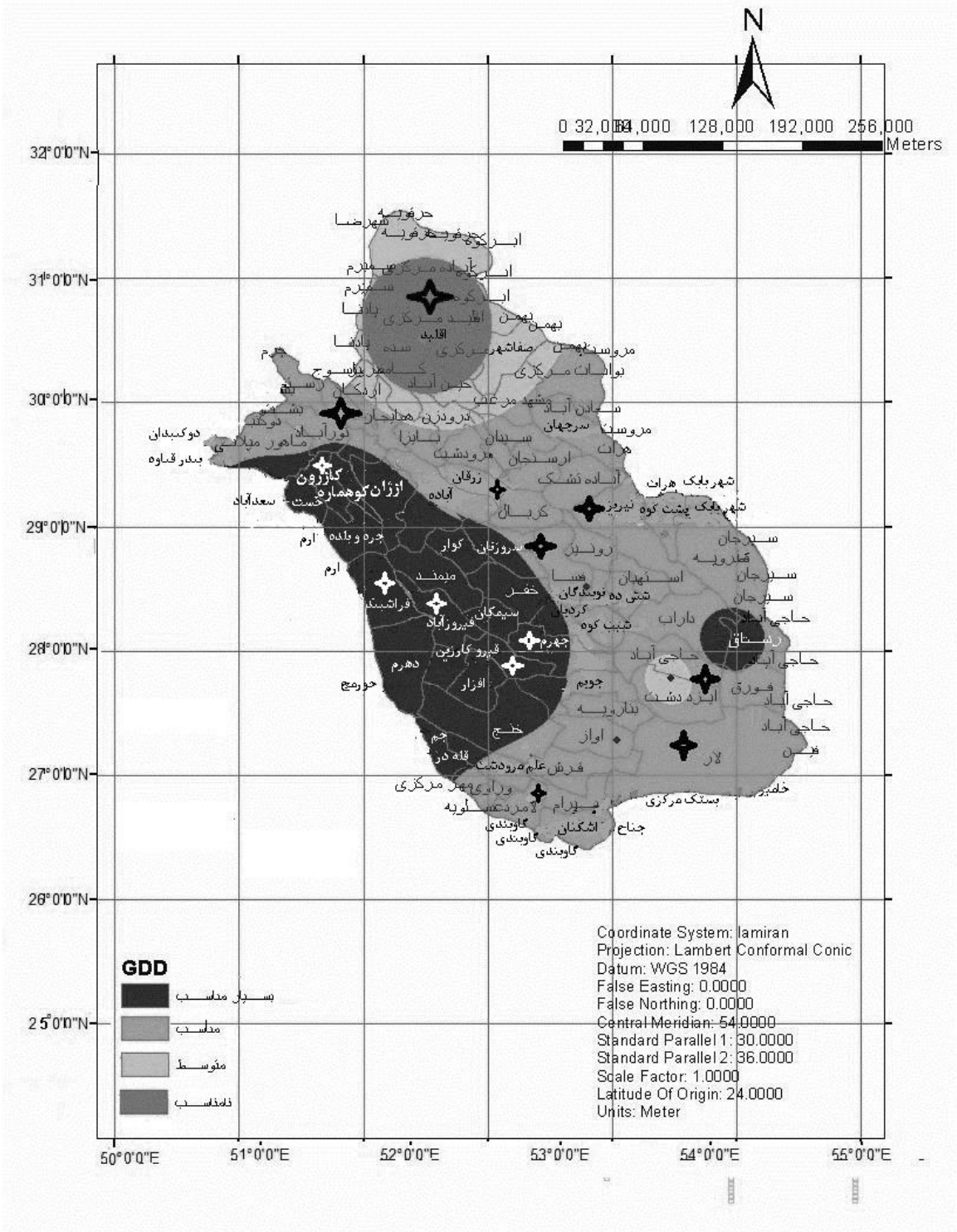
در این تحقیق ابتدا درجه روز رشد از کاشت تا برداشت برای هر ایستگاه محاسبه گردید و سپس نقشه‌های پهنه‌بندی واحدهای حرارت تجمعی بر حسب درجه روز رشد (ساعت) آن تهیه شد (شکل۴). چغندرقند پاییزه از کاشت تا برداشت به ۲۵۰۰ تا ۲۹۰۰ درجه روز رشد نیاز دارد (Hosseinpour 2007, Javaheri *et al.*2006). همانطور که در شکل۴ مشاهده می‌شود به جز نواحی مرکزی استان، سایر مناطق دارای درجه روز رشد کم‌تر از این مقدار می‌باشند. مناطقی که کم‌تر از ۲۰۰۰ واحد درجه روز رشد دریافت می‌نمایند جزو مناطق نامناسب کشت پاییزه قلمداد می‌شوند (جدول ۳) و اگر کشت پاییزه در این مناطق انجام شود عملکرد نهایی بسیار کم خواهد بود. مناطقی که بین ۲۰۰۰ تا ۲۳۰۰ درجه روز رشد را دارا هستند جزو مناطق متوسط پهنه‌بندی می‌کردند (Ashraf Mansouri *et al.*2013, Javaheri *et al.*2015). انتظار بیشترین عملکرد را می‌توان در مناطق داراب، قیر و کارزین و کازرون و کم‌ترین مقدار عملکرد را در مناطق شمالی استان فارس و شهرستان اقلید داشت (شکل ۴).

شاخص توده زیستی

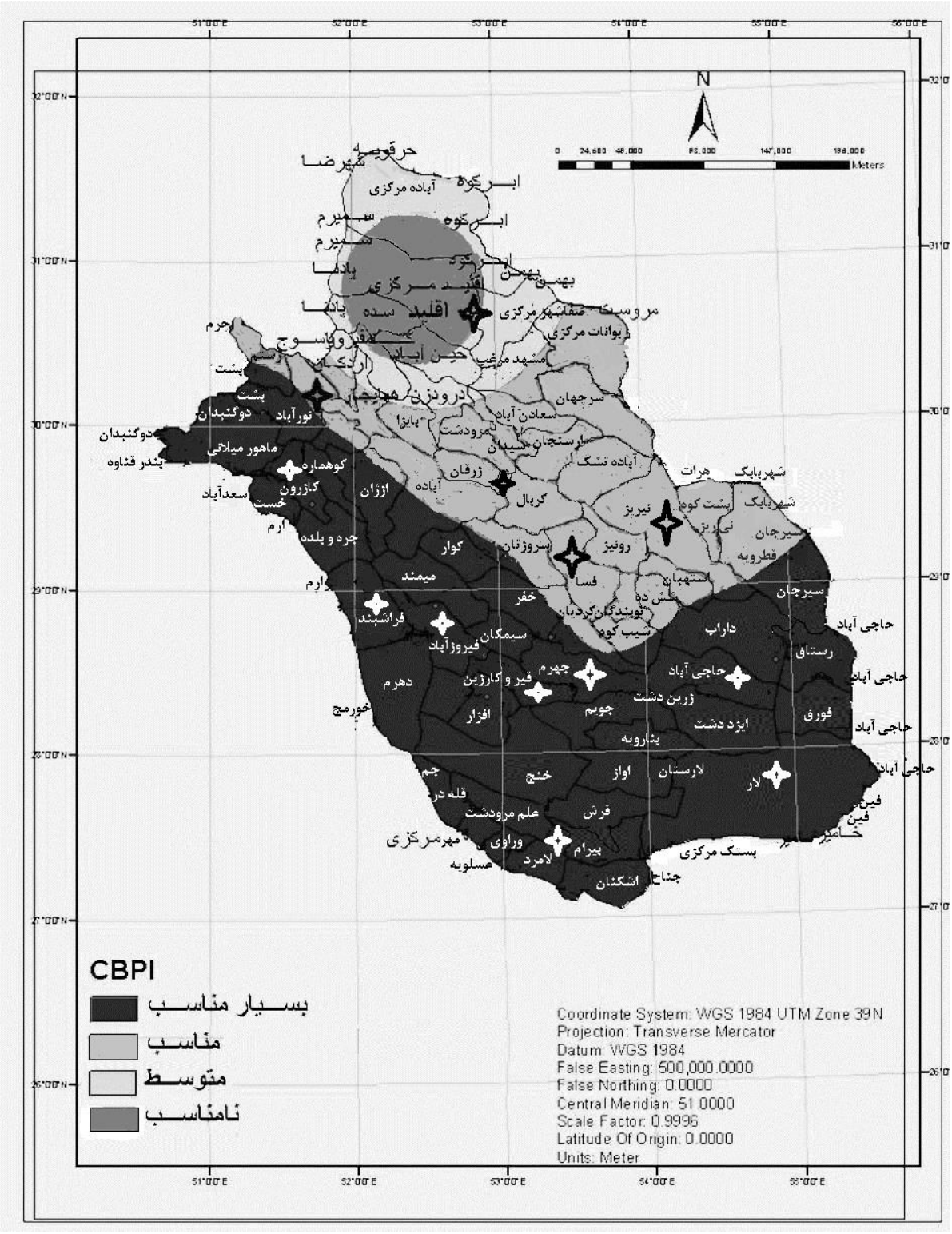
شکل ۵ نقشه ساقه‌روی درصد شاخص قابلیت تولید زیست توده از کاشت تا برداشت در استان فارس را نشان می‌دهد. نواحی که این شاخص در آنها از ۱۷۵۰ واحد کم‌تر است شرایط مناسبی برای رشد چغندرقند پاییزه ندارند (جدول ۳) (Javaheri *et al.* 2015). در مناطقی که از مرحله کاشت تا برداشت این شاخص مقدار بیشتری را دارا است مجموع دمای مناسب رشد در طول فصل زراعی و قابلیت تجمع ماده خشک بیشتر بوده و مناسب برای کشت چغندرقند پاییزه می‌باشند (شکل۵) و نواحی شرقی، غربی و جنوبی و تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی را (به جز اقلید که نامناسب است) در استان فارس شامل می‌شود. آب و هوا اولین عامل تعیین توان تولید زیست توده گیاهان و محصولات زراعی می‌باشد (FAO 1981). چرا که جذب دی اکسیدکربن و تبدیل آن به کربوهیدرات تحت تأثیر انرژی حرارتی جذب شده و آب قابل دسترس گیاه می‌باشد. لذا تولید زیست توده به فاکتورهای اقلیمی به خصوص دما (نماینده میزان جذب حرارت) و رطوبت خاک وابسته است. به جز این عوامل، نرخ جذب و تولید زیست توده توسط رفتار محیطی محصول نیز محدود می‌گردد.



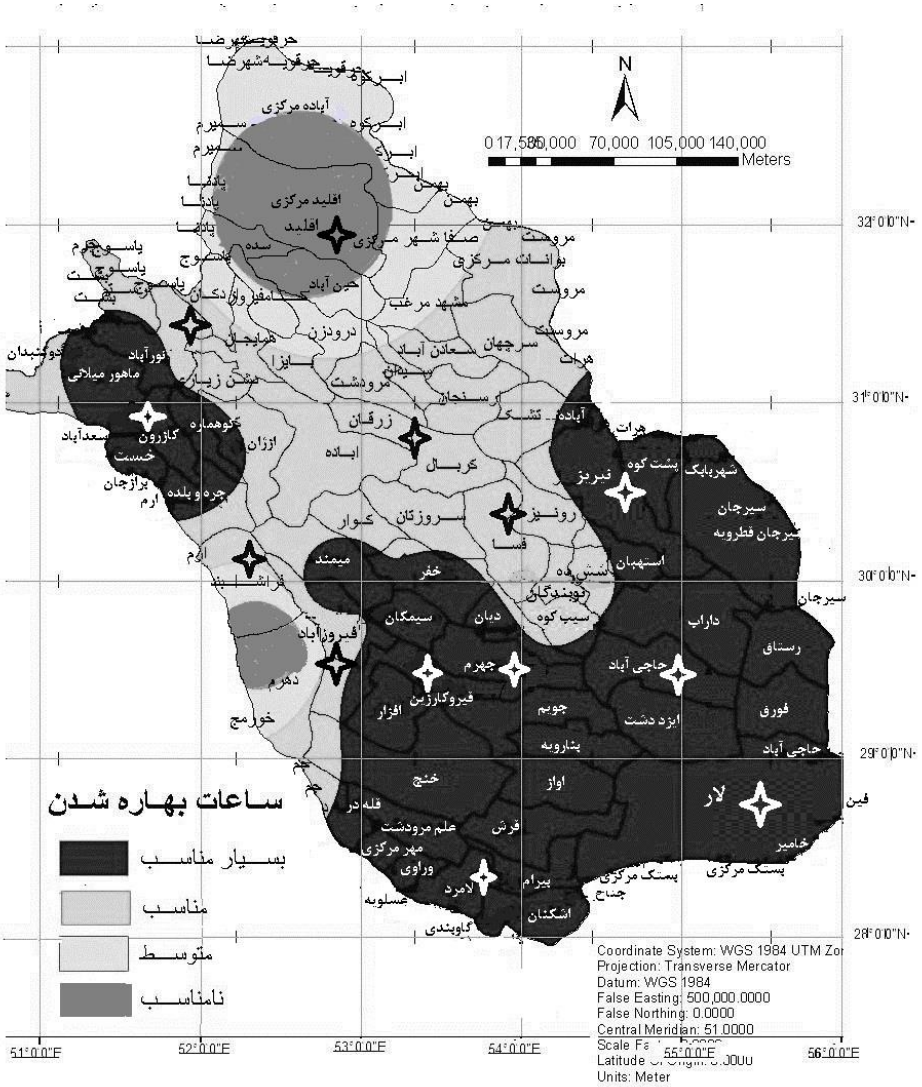
شکل۳ نقشه نمایه ارتفاع در استان فارس



شکل ۴ نقشه پهنه‌بندی واحدهای حرارت تجمعی بر حسب درجه روز رشد (ساعت) استان فارس



شکل ۵ نقشه پهنه‌بندی شاخص توده زیستی استان فارس



شکل ۶ نقشه پهنه‌بندی بهاره شدن استان فارس

بهاره شدن

با توجه به جدول ۳ و شکل ۶ که نقشه پهنه‌بندی مجموع ساعات بهاره شدن در استان فارس را نشان می‌دهد کشت چغندرقند پاییزه مناطق شمال غربی (کازرون)، جنوب شرقی (داراب، نی‌ریز و حاجی‌آباد) و مناطق جنوب و جنوب غربی (قیر و کارزین، لار و لامرد) از نظر تعداد ساعات سرمای مؤثر با کم‌تر از ۱۴۰ ساعت (Milford *et al*. 2010) جزء مناطق بسیارمناسب بوده که به آستانه بهاره شدن نرسیده و جزء مناطق مساعد کشت پاییزه چغندرقند قلمداد شدند (شکل۶). این مناطق با خطر کم‌تری برای ساقه‌روی مواجه بوده و از نظر امکان کشت پاییزه چغندرقند جزء مناطق کاملاً مناسب قلمداد می‌شوند. مناطق مناسب مناطقی هستند که چغندرقند در دوره رشد بیش از ۱۷۰ ساعت بهاره شدن را تجربه می‌کند (Javaheri et al 2015) که در نقشه پهنه‌بندی بهاره‌شدن، شهرستان‌های فراشبند و فسا در استان فارس را شامل می‌شوند. لازم به ذکر است که در این اراضی امکان کاشت ارقام متحمل به ساقه‌روی نیز وجود دارد. در مناطق با بیش از ۲۰۰

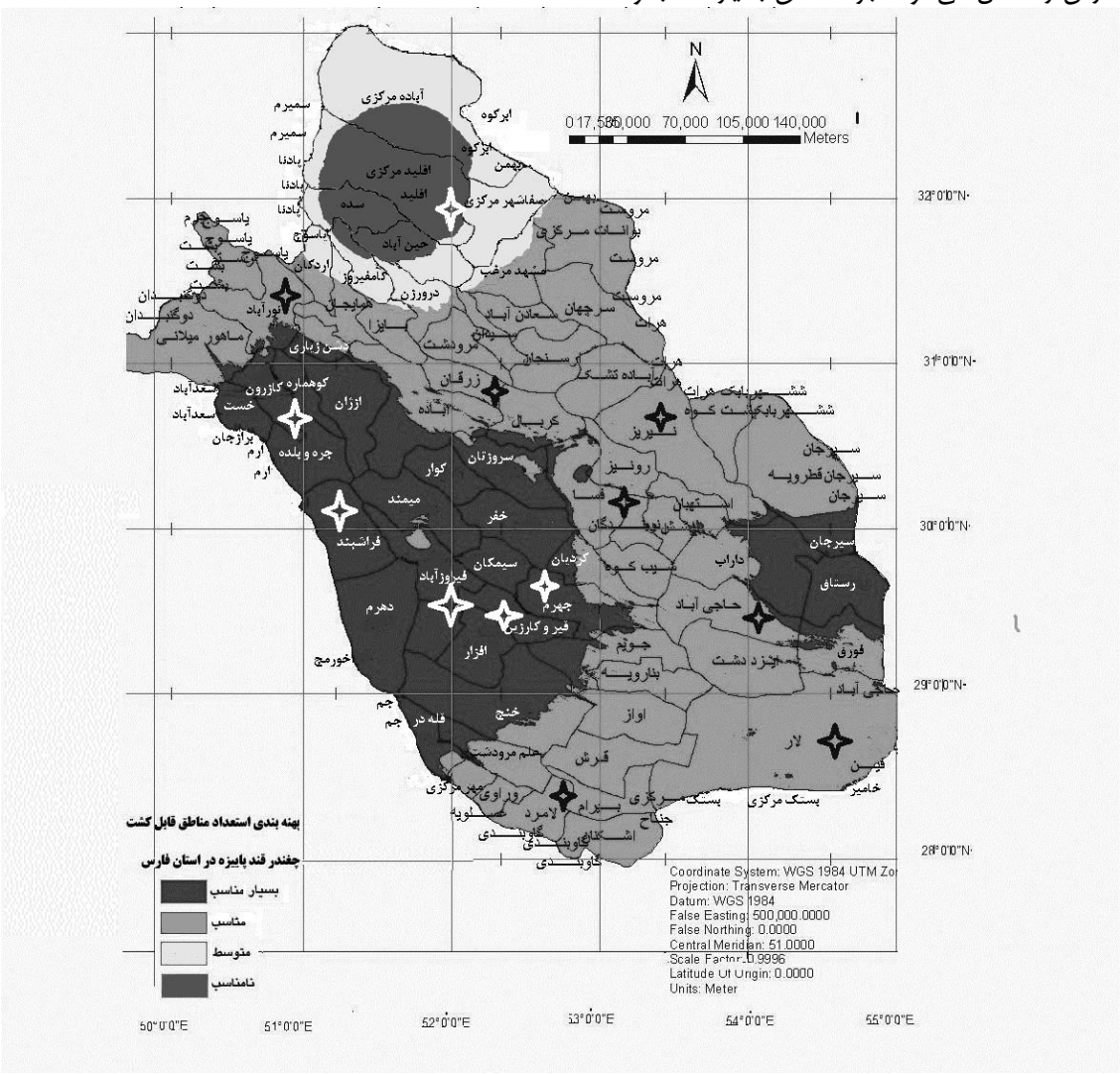
ساعت دریافت سرمای مؤثر (مناطق شمالی شامل اقلید) ارقام مقاوم نیز بهاره شده و تولید ساقه گل‌دهنده خواهند نمود پس در این مناطق کاشت ارقام بسیارمقاوم که به طول روز بالایی برای ساقه‌روی نیاز دارند توصیه می‌گردد.

بحث

ساقه‌روی مناطق مساعد کشت چغندرقند پاییزه در استان فارس

با توجه به نقشه پهنه‌بندی نهایی پتانسیل کشت پاییزه چغندرقند، لایه‌های اطلاعاتی و شاخص‌های مورد بررسی در استان فارس (شکل ۷) این استان از نظر استعداد کشت چغندرقند پاییزه به چهار منطقه کاملاً مناسب، مناسب، متوسط و نامناسب طبقه بندی گردید. مناطق بسیارمناسب و مناسب با استعداد کشت بالا جهت کشت چغندرقند پاییزه در استان فارس به ترتیب حدود ۱۳ و ۲۳ درصد اراضی این استان را در مناطق مرکزی، شرقی، غربی و تا حدودی مناطق جنوبی شامل شهرستان‌های فیروزآباد، فسا، نی‌ریز، جهرم، فراشبند، زرین دشت، داراب، شیراز و قیروکارزین شامل شدند. با توجه به نتایج به دست آمده از پهنه‌بندی اقلیمی استان فارس این‌گونه به نظر می‌رسد که اغلب شاخص‌های مورد بررسی در مناطق غرب و جنوب غرب تا جنوب و کمی از شرق استان در وضعیت بسیارمناسب و مناسب قرار گرفته‌اند. این مناطق با دارا بودن شرایط بسیارمناسب یا مناسب جهت کاشت پاییزه چغندرقند با توجه به شاخص‌های مورد بررسی (ارتفاع، واحدهای حرارت تجمعی، شاخص توده زیستی و ساعات بهاره شدن) جز نواحی شناسایی شدند که مستعد کشت پاییزه چغندرقند به شمار می‌آیند. از نظر عوامل اقلیمی مناطق بسیارمناسب و مناسب بیشتر تحت تأثیر دما قرار می‌گیرند و شاخص‌های مورد بررسی از جمله ساعات بهاره شدن، واحدهای حرارت تجمعی و شاخص توده زیستی که همگی تحت تأثیر دما می‌باشند نیز در این مناطق در محدوده بسیارمناسب و مناسب واقع شده‌اند. با توجه به این که پارامترهای ارتفاع، بهاره شدن، واحدهای حرارت تجمعی و شاخص توده زیستی نیز در این مناطق در محدوده بسیار مناسب به دست آمده لذا تطابق نقشه پهنه‌بندی این شاخص‌ها با نقشه پهنه‌بندی مناطق مساعد برای کشت پاییزه چغندرقند، استعداد کشت پاییزه چغندرقند را در این محدوده از استان فارس نشان می‌دهد و می‌تواند الگوی مناسبی برای کاشت در این مناطق باشد. منطقه شمال استان فارس که در پهنه‌بندی نهایی نیز جزء مناطق نامناسب کشت پاییزه چغندرقند شناسایی شده است در کلیه شاخص‌های محاسبه شده نیز در وضعیت نامناسب قرار دارد. این موضوع نشان‌دهنده آن است که در کلیه عوامل اقلیمی مورد بررسی مانند دما، ارتفاع، ساعات بهاره شدن، واحدهای حرارت تجمعی و شاخص توده زیستی مقادیر به دست آمده در این منطقه نتوانسته در محدوده بسیارمناسب و مناسب قرار گیرد و لذا جزء مناطق نامناسب کشت پاییزه چغندرقند معرفی شده است. نشان داده شده است که درصد بوته‌های به ساقه رفته، همبستگی مثبت با تعداد روزهای دارای حداقل دمای هوای زیر هفت درجه سانتی‌گراد در طول چهار الی شش هفته پس از کاشت و همبستگی منفی با تعداد روزهای دارای حداکثر دمای بیش از ۱۳ درجه سانتی‌گراد دارد. این یافته به عنوان نشانه‌ای دال بر خنثی شدن اثرات سرمای شبانه توسط گرمای روز بعد تلقی می شود (Margara 1960). آستانه تعداد ساعات بهاره شدن در زراعت چغندرقند پاییزه ۱۴۰ ساعت بوده و ارقام مقاوم تا ۱۶۵ ساعت را نیز تحمل می‌نمایند (Milford *et al.* 2010). جهت کشت پاییزه چغندرقند ارتفاع مناسب (کم‌تر از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا)، شاخص بهاره شدن (کم‌تر از ۱۴۰ ساعت سرمای مؤثر) و واحدهای حرارت تجمعی (در محدوده ۲۳۰۰ تا ۲۷۰۰ درجه روز دریافت) می‌توانند از مهم‌ترین عوامل

تطابق امکان کشت در هر منطقه باشند که در مناطق غربی، جنوب غرب تا جنوب و کمی از شرق استان، مقادیر این عوامل در سطح مطلوب و بسیارمناسب به دست آمدند. جهت کشت پاییزه چغندرقند به دلیل اینکه سرمای مؤثر محیط خطر ساقه‌روی را افزایش می‌دهد لذا شاخص ساعات بهاره‌شدن از اهمیت به سزایی جهت بررسی امکان کشت در هر منطقه برخوردارشد. مناطق نی‌ریز، داراب، لار و لامرد، فسا، نورآباد، حاجی‌آباد، زرقان قیر و کارزین و فراشبند که محدوده مرکزی و نوار غربی، جنوبی و شرقی استان فارس را شامل می‌شوند جزء مناطق بسیارمناسب و مناسب از نظر شاخص توده زیستی به حساب می‌آیند. لذا در این مناطق تجمع ماده خشک و عملکرد ریشه مطلوب بوده و شرایط مناسب برای رشد گیاه چغندرقند فراهم خواهد بود. قیروکارزین، نورآباد، حاجی‌آباد، زرقان، لار و لامرد، قیر و کارزین و داراب در محدوده مناسب و بسیارمناسب کشت پاییزه چغندرقند از نظر شاخص ساعات بهاره شدن قرار گرفتند که در این مناطق با حداقل خطر برای بهاره‌شدن مواجه خواهیم بود و این مناطق مستعدکشت پاییزه چغندرقند در استان فارس می‌باشند.



شکل ۷ ساقه‌روی کشت چغندرقند پاییزه در استان فارس

با توجه به نتایج به دست آمده و شرایط اقلیمی استان فارس، به جز نواحی شمالی و حاشیه شمالی سایر مناطق این استان جهت کشت چغندرقند پاییزه مستعد می باشند. لذا با گسترش کشت پاییزه چغندرقند در این استان علاوه بر افزایش سطح زیرکشت پاییزه چغندرقند، کارآیی مصرف آب را نیز با توجه به نیاز آبی کم‌تر این کشت به میزان قابل توجهی افزایش خواهد داد. با توجه به بحران خشکسالی و کمبود آب در کشور، استفاده از بارندگی‌های فصول پاییز و زمستان نیز در این کشت کمک شایانی به بهینه‌سازی مصرف آب خواهد کرد. در نهایت می‌توان با شناسایی مناطق اقلیمی مناسب جهت کشت پاییزه چغندرقند نوید توسعه این کشت را برای افزایش صرفه اقتصادی تولیدکنندگان در مناطق مساعد کشت داد.

منابع مورد استفاده: References:

Abe J, Guan GP, Shimamoto Y. A gene complex for annual habit in sugar beet (Beta vulgaris L.). Euphytica. 1997; 94:129-135.

Ahmadi H, Evaluation of agro-silage condition of potato cultivation at selected stations in Ilam province. (Master's Thesis). Payam Noor University of Isfahan.2010. (in Persian, abstract in English)

Ahmadi M, Taleghani D, Shahbazi HA. Study of autumn Sugar beet sowing in southern Khorasan Razavi. Journal of Sugar Beet. 2017; 33(1): 33-46. (in Persian, abstract in English)

Ashraf Mansouri GR, Bahrani MJ, Jokar L. Effect of planting date and plant density on growth and yield of two sugar beet cultivars in Darab. Seventh Iranian Congress of Plant Breeding and Crop Production, Seed and Plant Improvement Research Institute, Karaj, Iran.2002. (in Persian, abstract in English).

Ati OF, Stigter CJ, Oladipo EO. A comparison of methods to determine the onset of the growing season in northern Nigeria. International Journal of Climatology. 2002; 22: 731-742

Bell GDJ. Induced bolting and anthesis in sugar beet and the effect of selection of physiological types. Journal of Agricultural Science. 1964; 36: 167-83

Bishnoi OP. Applied agro-climetology, Oxford Book Company, Jaipur, India, 2010; pp. 540

Bosemark NO. Genetics and breeding. in the sugar beet crop: Science into Practice (Eds D. A. Cooke &R. K. Scott). Chapman and Hall, London, 1993; pp. 67–119

Cooke DA, Scott RK. Sugar beet crop: Science in to practice. Chapman and Hall, London. 1993; pp. 675

Depauw E. An agro-ecological exploration of the Arabian Peninsula. ICARDA. Aleppo, Syria, 2002; pp. 77

De Pauw E, Göbel W, Adam H. Agro-meteorological aspects of agriculture and forestry in the arid zones. Agricultural Forestry Meteorology, 2000; 103:43–58.

Deihimfard R, Rahimi Moghadam S. Evaluation and comparison of sugar beet performance in spring and autumn crop in Mashhad and Neyshabur using by a simulation model making. Journal of Plant Production Rechearch. 2015; 23(3):157-180

Durr C, Boiffin J. Sugar beet seedling growth from germination to first leaf stage. Journal of Agricultural Science. 1995: 124: 427- 435

Food and Agriculture Organization of the United Nations [Internet]. 2018 [cited 2018 May 2018]. Available from: http://fao.org/statistics/standards/en

Harpal S, Taper GJ. Agricultural climates principles and applications of climate studies in agriculture. University of Tehran Publishers, Mohammadi H. 2010; pp. 450-455

Hosseini M. GDD study in oranges, cotton, wheat, rice and its effect on time to reach in these plants in Gharakheil. College Council Meteorological Organization of Mazandaran province, 2008; pp. 554

Hosseinpoor M, Effect of nitrogen management of irrigation water and period growth during on water and light use efficiency in winter sugar beet (PhD thesis). Tehran: Tarbiat Modares University; 2007. (in Persian, abstract in English).

Ishizaka A, Labib A. Analytic Hierarchy Process and Expert Choice. Benefits and Limitations, OR Insight. 2009; 22(4): 201–220

Iran Meteorological Organization. [Internet]. 2018 [cited 2018 mai 2018]. Available from: http:// irimo.ir/info/sn

Jaggard KW, Wickens R., Webb DJ, Scott, RK. Effects of sowing date on plant establishment and bolting and the influence of these factors on yields of sugar beet. Journal of Agricultural Science. 1983; 161: 101-147

Jalalian A, Rostaminia M, Ayyubi Sh, Mozafari A. Qualitative, quantitative and economical evaluation of land suitability for wheat, corn and sesame in Mehran Plain, Ilam province. Journal of Agricultural Science and Technology. 2007; 11 (42): 403-393. (in Persian, abstract in English)

Javaheri MA, Najafinezhad H, Azad Shahraki F. Study of autumn sowing of sugar beet in Orzouiee area (Kerman province). Applied Field Crops Research. 2006; 19 (2):85-93. (in Persian, abstract in English)

Javaheri MA, Ramroudi M, Asgharipour MR, Dahmardeh M, Ghaemi AR. Agroclimatic zonation for evaluating autumn sugar beet sowing feasibility in Khorasan Razavi and Khorasan-e-Jonobi Provinces. Journal of Sugar Beet. 2015; 31(1): 17-31.

Jifroudi HRM, Ariamanesh L. User guide to ArcGIS 10.x (Advanced), 2014; pp. 219-223.

Khosravi M, Amni M, Hosseini Kermani M. Assessment of environmental suitability for sugar beet planting in Torbat- e-Heydarieh city using Geographic Information System (GIS). Journal of Sugar Beet. 2013; 30(1): 101-116.

Margara J. Recherches sur le déterminisme de l'élongation et de la floraison dans le genre Beta. Annales Amélioration des Plantes.1960; 10: 362-471.

Milford GFJ, Jarvis PJ, Walters CA. Vernalization-intensity model to predict bolting in sugar beet. Journal of Agricultural Science. 2010; 148:127–137.

Mirhaji T, Sanadgol AA, Ghasemi MH, Nouri S. Application of growth degree days in determining phonological stages of four grass species in Homand Absard research station. Iranian Journal of Range and Desert Research. 2010; 17(3): 362-376.

Qahroodi Tali M. Crossing Evaluation by Kriging Method. Geographical Research. 2002; 43: 108-95.

Reidsma P, Ewert F, Boogaard HL, Van Diepen CA. Regional crop modeling in Europe. The impact of climatic conditions and farm characteristics on maize yields. Agricultural Systems. 2009; 100: 51-60.

Saaty TL. Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World. RWS Publications, Pittsburgh, 2012; Third Revised Edition.

Sadeghian SY, Sharifi H, Hosseinpoor M. Autumn sugar beet planting to harvesting autumn sugar beet cultivation guide, Unit 15., Office of Agricultural Extension and Education, Karaj, 2015. (in Persian)

Sadeghzadeh Hemayati S, Rajabi A, Aghaizade M, Orazi MR. Prone variety and suitable areas to the planting of autumn sugar beet in Iran.The thirty-sixth annual seminar of Iran's sugar factory. Sugar Beet Seed Institute. 2014. (in Persian)

Sadeghzadeh Hemayati S, Taleghani D. Autumn sowing sugar beet in Iran. Planting to harvesting autumn sugar beet cultivation guide. Science and Technology Vice Presidency Textbook, 2015. (in Persian)

Sharifi H, Sadeghian SY, Hosseinpoor M. Autumn-sown sugar beet production: present and future. Sugar Beet Seed Institute, Karadj, Iran, 2000. (In Persian)

Soltani A. Application of SAS in statistical analysis. Jahad Daneshgahi Publisher,University of Mashad, Iran., 2015. Pp. 31-46. (in Persian)

Stout M. Relation of temperature to reproduction in sugar beets. Journal of Agricultural Research. 1946; 72: 49-68.

Taiti A, Henderson R, Turner R, Zheng X. Thin-plate smoothing spline interpolation of daily rainfall for New Zealand using a climatological rainfall surface. International Journal of Climatology. 2006; 26(14): 2097-2115.

Taleghani D. Autumn sowing sugar beet extension in Iran. Proceedings of the 25th Annual Iranian Sugar Industries Conference; Mashad, Iran; 2003. (in Persian)

Taleghani D, Mohamadian R, Sadeghzadeh Hemayati S. Guide to the planting and harvesting of autumn sugar beet. Office of Agricultural Extension and Education, Karaj, 2015. (in Persian)