پهنه‌بندی اقلیمی و امکان سنجی کشت پاییزه چغندرقند در استان کرمان

Climatic zoning and evaluation of autumn-sown sugar beet planting in Kerman province

محمدعلی جواهری[1*]، مهدی نادی[2] و حمید نجفی نژاد[3]

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۷/۰۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۱۰

م.ع. جواهری، م. نادی و ح. نجفی نژاد. ۱۳۹٦. پهنه‌بندی اقلیمی و امکان سنجی کشت پاییزه چغندرقند در استان کرمان. **چغندرقند، ۳۳(۲): ۱٤۹- ۱٦۱.**
DOI:10.22092/jsb.2018.107335.1126

چکیده

کاشت پاییزه چغندرقند به دلیل کارایی بیشتر مصرف آب در مناطق نیمه‌خشک از اهمیت زیادی برخوردار است. کاشت چغندرقند در استان کرمان قبلاً فقط به‌صورت بهاره انجام می‌گرفت، لذا ضروری است امکان‌سنجی کاشت پاییزه چغندرقند در این مناطق صورت پذیرد. استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) با در نظرگیری هم‌زمان فاکتورهای مختلف مؤثر بر رشد چغندرقند بهترین و کم‌هزینه‌ترین روش جهت شناسایی مناطق مستعد کاشت پاییزه چغندرقند است. در این تحقیق به‌منظور پهنه‌بندی استان کرمان ازنظر شناسایی مناطق مستعد کشت چغندرقند، عناصر اقلیمی بلندمدت دما و بارش مناطق مختلف استان جمع‌آوری گردید. سپس احتمال وقوع واحدهای حرارتی تجمعی، شاخص قابلیت تولید زیست‌توده، ساعات بهاره شدن، یخزدگی، بارندگی و طول روز برای هر ایستگاه محاسبه و نقشه آن ترسیم گردید. پس از وزن دهی لایه‌های فوق با استفاده از روش سلسله مراتبی، نقشه پهنه‌بندی نهایی در محیط ARC-GIS تهیه گردید. نتایج نشان داد که در شهرستان‌های بافت، بردسیر و شهربابک بوته‌های چغندرقند ساقه گل دهنده تولید خواهند کرد. ولی در جنوب استان مجموع دماهای بهاره شدن برای ساقه‌روی کافی نیست. بارش کمتر از ۵۰ میلی‌متر در طول فصل زراعی در برخی مناطق جنوبی و شمال شرق استان مزیت کشت در این مناطق را کاهش می‌دهد. بیشتر اراضی که بارش بیش از ۲۰۰ میلی‌متر دارند با خطر یخزدگی، عدم دریافت GDD مناسب و بهاره شدن مواجه می‌باشند. بر اساس نقشه پهنه‌بندی نهایی ۱۹/٤۲ درصد اراضی استان کرمان شامل شهرستان کهنوج، منوجان، عنبر آباد، جنوب شهرستان جیرفت، شرق شهرستان بم و جنوب شهرستان بافت جزو مناطق بسیار مناسب، ۲۲/٦۷ درصد مناطق استان مناسب، ۲۱/۷٦ درصد متوسط و ۳٦/۱۵ درصد مساحت استان دارای شرایط نامناسب برای کاشت پاییزه چغندرقند می‌باشند. بنابراین امکان کاشت پاییزه چغندرقند در سطح نسبتاً وسیعی از استان کرمان وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: بهاره‌شدن، دماهای بحرانی، درجه روز رشد، کاشت پاییزه، سیستم اطلاعات جغرافیایی

۱- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران *- نویسنده مسئول
javaheri310@yahoo.com

۲- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشکده مهندسی زراعی، گروه مهندسی آب، کرمان، ایران.

۳ - استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.

مقدمه

خشکی یکی از عمده‌ترین محدودیت‌ها برای تولید موفق محصولات زراعی در ایران و جهان است. ایران در پهنه اقلیمی خشک و نیمه‌خشک دنیا قرار گرفته و میزان تبخیر آن نسبت به میانگین بارندگی بسیار زیاد است (Ilkaee *et al.* 2016). کاشت پاییزه چغندرقند به دلیل کارایی بیشتر مصرف آب در مناطق نیمه‌خشک از اهمیت زیادی برخوردار است. تولید این محصول در استان کرمان تنها به‌صورت بهاره انجام می‌شود. آب مهم‌ترین عامل محدودکننده کشاورزی در کاشت بهاره چغندرقند می‌باشد. ازاین‌رو باید به افزایش کارآیی مصرف آن توجه ویژه‌ای شود. کشت پاییزه چغندرقند به دلیل وقوع خشکسالی و استفاده از نزولات جوی مورد توجه بیشتری قرار گرفته است (Koulivand 1988).

کشت پاییزه چغندرقند از مزایای اقتصادی بیشتری نسبت به کشت بهاره برخوردار است (Jaggard and Werker 1999). در مطالعه‌ای که توسط کافکا (Kaffka 1996) در ایالات متحده آمریکا صورت گرفت، از کشت پاییزه چغندرقند به‌عنوان محصولی مناسب در کشاورزی پایدار یاد شده است. بهاره‌شدن (Vernalization) و ساقه‌روی (Bolting) به همراه خسارت یخزدگی عامل اصلی در عدم گسترش کشت پاییزه چغندرقند می‌باشند (Reinsdorf and Koch 2013). یکی دیگر از مشکلات برای توسعه کشت پاییزه چغندرقند علاوه بر ساقه‌روی، پایداری در یخبندان‌های زمستانه می‌باشد. ساقه‌روی موجب کاهش عملکرد محصول از طریق کاهش وزن ریشه و عیار قند و همچنین سخت و فیبری شدن ریشه‌ها می‌شود. گیاهان به ساقه رفته مشکلاتی در ماشین‌آلات برداشت در مزرعه و ماشین‌های تهیه خلال در کارخانه ایجاد می‌کنند (Azizpour *et al.* 2016).

محققین با انجام آزمایشی در چهار منطقه با شرایط مختلف آب و هوایی در اروپای مرکزی نشان دادند که ۱۰ تا ۳۵ درصد خسارت یخزدگی در مزارع کشت پاییزه چغندرقند اتفاق می‌افتد (Reinsdorf and Koch 2013). چغندرقند پاییزه از کاشت تا برداشت به ۲۵۰۰ تا ۲۹۰۰ درجه روز رشد نیاز دارد (Hosseinpour 2007; Javaheri *et al.* 2006). اثر تغییرات عرض جغرافیایی بر زمان گلدهی در گیاهان زراعی از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد (Franks *et al.* 2007; Reusch and Wood 2007). در رقم مقاوم به ساقه‌روی Saxon برای شروع ساقه‌روی و گلدهی به ترتیب حداقل هشت و ۲۱ روز با طول روز ۱۸ ساعت لازم است تا گیاه به طول روز واکنش نشان دهد. رقم حساس بلافاصله پس از بهاره‌شدن به طول روز بلند واکنش نشان می‌دهد در صورتی که رقم مقاوم برای تولید ساقه گل‌دهنده نیاز به هشت روز طول روز القاء کننده دارد (Chegini 1999).

به‌منظور دستیابی به توسعه پایدار در کشاورزی باید قبل از هرگونه برنامه‌ریزی، نواحی اقلیمی کشاورزی هر منطقه تعیین و تعریف گردد (Bishnoi 2010). پهنه‌بندی آگرواکولوژیک این قابلیت را دارد که بر اساس تحلیل تغییرات شاخص‌های اقلیمی و با توجه به دوره رشد و نمو گیاه، خطر تولید را پیش‌بینی نماید (Ati *et al.* 2002; Bishnoi 2010). محققین با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographic Information System) و مدل‌های شبیه‌سازی رشد اقدام به پهنه‌بندی اروپا برای کاشت گندم در شرایط پتانسیل و محدودیت آب نمودند (Reidsma *et al.* 2009). آن‌ها پس از پهنه‌بندی پارامترهای اقلیمی و خاک و همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی مورد مطالعه، عملکرد گندم را در هر واحد نقشه تخمین زدند و سپس نتایج خروجی مدل را به‌صورت نقشه نمایش دادند (Reidsma *et al.* 2009).

تحقیق دیگری به‌منظور بررسی تناسب تربت‌حیدریه برای کشت بهاره چغندرقند نشان داد که ۵۹/۶۱ درصد مساحت این شهرستان از قابلیت خیلی خوب برای کشت بهاره چغندرقند

بهاره برخوردار می‌باشد. همچنین ۲۴/۴۹ درصد از مساحت این شهرستان فاقد استعداد اراضی برای کشت این محصول است. مناطق دشت رخ و بخش کدکن در شمال این شهرستان به‌عنوان مستعدترین مناطق و پس از آن دشت مرکزی به‌عنوان مناطق مناسب کشت پهنه‌بندی گردیدند (Khosravi *et al.* 2014).

نتایج پهنه‌بندی اقلیمی کشت پاییزه چغندرقند در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی نشان داد در بسیاری از مناطق مورد مطالعه امکان بهاره شدن بوته‌های چغندرقند وجود دارد. بر اساس نقشه پهنه‌بندی نهایی ۴/۹۰ درصد اراضی این استان‌ها بسیار مناسب، ۱۶/۷۴ درصد مناسب، ۴۷/۹۸ درصد متوسط و ۳۰/۳۸ درصد نامناسب برای کشت پاییزه چغندرقند می‌باشند. مناطق بسیار مناسب بیشتر شامل قسمت‌هایی در جنوب غربی و جنوب شرقی استان خراسان جنوبی می‌باشد. در استان خراسان رضوی فقط قسمتی از جنوب غربی شهرستان بردسکن برای کشت پاییزه چغندرقند کاملاً مناسب می‌باشد (Javaheri *et al.* 2016).

در تحقیقی دیگری تهیه نقشه حاصلخیزی خاک در نواحی مرکزی استان گیلان جهت کاشت برنج، با استفاده از منطق فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در محیط نرم‌افزار ArcGIS صورت پذیرفت. به این منظور مقادیر کربن آلی، فسفر و پتاسیم خاک ۱۱۷ نقطه وارد مدل شدند. سپس به هر یک از پارامترهای مورد مطالعه با استفاده از روش AHP وزن داده شده و از روی هم اندازی لایه‌ها، نقشه حاصلخیزی خاک تهیه گردید. مقایسه نقشه فازی و نقشه تهیه شده به روش بولین با استفاده از مقادیر پارامترها در نقاط نمونه‌برداری مجدد برای کنترل دقت نقشه‌ها نشان داد که منطق فازی با AHP می‌تواند با افزایش دقت و کارایی نقشه، در استفاده بهینه از کودها مؤثر باشد. همچنین مقادیر معیارهای واریانس نسبی و ضریب توجیه‌پذیری نشان داد که نقشه فازی، تغییرات پارامترها را به خوبی تفکیک کرده است (Seyedmohammadi *et al.* 2016).

در استان کرمانشاه با استفاده از لایه های دما، بارندگی، بارندگی مؤثر و نیاز آبی پهنه‌بندی امکان کاشت چغندرقند بهاره صورت گرفت. پس از وزن دهی لایه‌های فوق با استفاده از روش سلسله مراتبی نقشه پهنه‌بندی نهایی در محیط ARC-GIS تهیه گردید. طبق نقشه حاصل استان به چهار حوزه با پتانسیل بالا، متوسط، کم و غیرقابل کشت تقسیم گردید (Parmah et al. 2014).

شناسایی مناطق مستعد کشت چغندرقند پاییزه از اولویت‌های وزارت جهاد کشاورزی و موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند می‌باشد. هزینه بالای اجرای طرح‌های تحقیقاتی باعث شده، تاکنون بررسی جامعی در خصوص شناسایی مناطق مناسب کاشت پاییزه انجام نشود. یکی از بهترین راه‌کارهایی که می‌توان در زمان کوتاهی مناطق مستعد کشت پاییزه را تعیین کرد، استفاده از پهنه‌بندی آگرواکولوژیک (Agro-ecological zoning) می‌باشد. با در نظر گرفتن شرایط منحصر به فرد اقلیمی استان کرمان به نظر می‌رسد که تولید چغندرقند پاییزه در این استان امکان‌پذیر بوده و توسعه آن باعث تحول در زراعت این محصول استراتژیک خواهد گردید.

مواد و روش‌ها

استان کرمان در جنوب شرقی فلات ایران واقع شده و به لحاظ وسعت مقام اول را حائز می‌باشد. ازنظر موقعیت جغرافیایی بین ۵۴ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی و ۲۶ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی، از شرق به استان سیستان و بلوچستان، از شمال غرب و غرب به استان یزد و از جنوب غرب به استان فارس و از جنوب به استان هرمزگان محدود می‌گردد (شکل ۱).

شکل ۱ نقشه مرز شهرستان و استان در منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش از نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس ۱ :۲۵۰۰۰۰ استفاده گردید. مبنای انتخاب ایستگاه‌های هواشناسی، طول دوره آماری و پیوسته بودن (نبود خلأ آماری) ملاک بوده است. در ضمن از آمار و اطلاعات بعضی از ایستگاه‌های خارج از محدوده مطالعاتی به جهت داشتن آمار بلندمدت و نزدیکی به منطقه مورد مطالعه، به‌عنوان نقاط کمکی و نشانه برای پیدا کردن مناطق هم‌دما و هم‌باران استفاده شده است (جدول ۱). برای بررسی همگنی داده‌ها از آزمون Run Test استفاده گردید.

جهت استخراج معادلات و محاسبات لازم از نرم‌افزار Matlab R2013b برای محاسبه احتمال وقوع هر کدام از عوامل با استفاده از نرم‌افزار Easy Fit 5 محاسبه گردید. استخراج معادلات گرادیانی توسط نرم‌افزار Minitab 17 و تحلیل داده‌ها و پهنه‌بندی با نرم‌افزار ARC GIS10.2 انجام پذیرفت. در نهایت با بهره‌گیری از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy process)، پس از محاسبه وزن لایه‌های مؤثر، نقشه نهایی به دست آمد. مناطق مورد مطالعه بر اساس قابلیت کاشت به چهار کلاس، بسیار مناسب، مناسب، متوسط و نامناسب طبقه‌بندی گردید.

جدول ۱ مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک در استان کرمان و برخی ایستگاه‌های کمکی

ردیف	ایستگاه	طول جغرافیائی (درجه–دقیقه)		عرض جغرافیائی (درجه–دقیقه)		ارتفاع (متر)	نوع ایستگاه
۱	کرمان	۵۸	۵۶	۱۵	۳۰	۱۷۵۴	سینوپتیک
۲	سیرجان	۴۱	۵۵	۲۸	۲۹	۱۷۳۹	سینوپتیک
۳	بم	۲۴	۵۸	۰۶	۲۹	۱۰۶۷	سینوپتیک
۴	جیرفت	۴۸	۵۷	۳۵	۲۸	۶۰۱	سینوپتیک
۵	کهنوج	۱۹	۵۷	۵۸	۲۷	۴۷۰	سینوپتیک
۶	بافت	۴۳	۵۶	۱۴	۲۹	۲۲۸۰	سینوپتیک
۷	شهربابک	۰۸	۵۵	۰۶	۳۰	۱۸۲۴	سینوپتیک
۸	رفسنجان	۰۳	۵۶	۱۸	۳۰	۱۶۰۵	سینوپتیک
۹	انار	۱۵	۵۵	۵۳	۳۰	۱۴۰۹	سینوپتیک
۱۰	حاجی آباد	۲۶	۵۸	۱۹	۲۸	۹۳۰	کمکی
۱۱	طبس	۵۵	۵۶	۳۶	۳۳	۷۱۱	کمکی
۱۲	خور	۲۶	۵۸	۵۶	۳۲	۱۱۱۸	کمکی
۱۳	یزد	۱۷	۵۴	۵۴	۳۱	۱۲۳۷	کمکی

در بسیاری تحقیقات درصد بهاره‌شدن در زراعت چغندرقند پاییزه بر اساس تعداد روزهای سرد محاسبه می‌گردد. همچنین مدل‌های قبلی این حقیقت‌ها را که دماهای بین صفر و ۱۲ درجه سانتی‌گراد ازنظر کمی دارای اثر متفاوتی بر روی بهاره‌شدن می‌باشند، را در نظر نمی‌گیرد (Bosemark 1993). در این تحقیق از رابطه۱ برای تخمین بهاره‌شدن استفاده گردید که وزن‌های مختلفی برای دماهای مؤثر بر بهاره‌شدن (۰–۱، ۱–۲، ۲–۳ تا ۱۳–۱۴ درجه سانتی‌گراد) محاسبه می‌کند (Milford *et al.* 2010).

$$y= -1.256 + (1.260 + 0.131x) \times 0.9357x \qquad (۱)$$

در رابطه فوق y وزن سرمادهی و (x) دمای ساعتی ویژه می‌باشد. با استفاده از فرمول فوق وزن مؤثر هر دما در بهاره‌شدن محاسبه گردید. سپس وزن سرمادهی جایگزین دماهای ساعتی در طول روز گردید. با جمع جبری اعداد حاصل جمع ساعات بهاره‌شدن به دست آمد. نقشه پهنه‌بندی احتمال وقوع کمتر از ۲۵ درصد مجموع ساعات بهاره‌شدن در مناطق مورد مطالعه در محیط GIS رسم گردید. این روش نیاز به دماهای ساعتی روزانه دارد. برای محاسبه دماهای ساعتی روزانه از معادله زیر استفاده گردید (Milford *et al.* 2010).

$$T= f(h) = (Tm+ Ta \sin(\pi/12(h-hx+6)) \quad (۲)$$

در این رابطه: T دمای ساعت به ساعت، h ساعت روز، Tm میانگین دمای روزانه ((Tmax+ Tmin)/2)، Ta دامنه دمای روزانه (Tmax– Tmin) و hx ساعتی که در آن Tmax اتفاق می‌افتد، می‌باشد. برای محاسبه طول روز و ساعت طلوع آفتاب از برنامه ارائه‌شده توسط سازمان ملی مطالعات اقیانوسی و اتمسفری آمریکا (NOAA) استفاده گردید (Cornwall *et al.* 2001).

درجه روز رشد (رابطه ۳) بر اساس تاریخ کاشت هر ایستگاه و واحدهای حرارتی مورد نیاز برای عبور گیاه از یک مرحله نموی به مرحله بعد از رابطه ۳ انجام گردید (Hundal *et al.* 1997).

$$GDD= \sum_{a}^{b} \left(\frac{Tmax+Tmin}{2}\right) - Tb \quad (۳)$$

Tmax: حداکثر درجه حرارت روزانه بر حسب درجه سانتی‌گراد

Tmin: حداقل درجه حرارت روزانه بر حسب درجه سانتی‌گراد

Tb: درجه حرارت پایه بر حسب درجه سانتی‌گراد (۵ درجه سانتی‌گراد)

a: تاریخ شروع مرحله نموی گیاه زراعی

b: تاریخ پایان مرحله نموی

در این تحقیق شاخص تولید توده زیستی (Crop Biomass Productivity Indices) نیز محاسبه گردید. این شاخص بیانگر مجموع درجه حرارت مناسب رشد در طول فصل زراعی و تجمع ماده خشک می‌باشد. این شاخص بر اساس اختلاف دمای روزانه نسبت به دمای بهینه برای رشد عمل کرده و از معادله ۴ برآورد می‌شود (Depauw 2002).

$$CBPI = \sum_{i=GP\,on}^{GP\,end} (ATI)i.j \quad (۴)$$

در رابطه فوق CBPI: شاخص قابلیت تولید زیست توده، j: گروه گیاه زراعی، i: تعداد روند، ATI: درجه حرارت اصلاح شده، GPon: شروع دوره رشد و GPend: پایان دوره رشد می‌باشد.

ATI بر اساس متوسط درجه حرارت روزانه و طبق معادله ۵ محاسبه می‌گردد.

(۵)

$$ATI = 0 \quad \text{اگر} \quad Tday \le T0 \text{ یا } Tday \ge TX$$

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

$$ATI = \frac{(Topt1+Topt2)}{2} - T0 \quad \text{اگر} \quad Tday \ge Topt1 \text{ و } Tday \le Topt2$$

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

در فرمول فوق Tday: دمای روزانه، T0: دمای پایه رشد، Topt1: حد پایینی دمای آستانه که بیش از آن سرعت تجمع ماده خشک به حداکثر می‌رسد، Topt2: حد بالایی دمای آستانه که در بالاتر از آن سرعت تجمع ماده خشک کاسته می‌شود و Tx: دمایی است که در بالاتر از آن هیچ‌گونه تجمعی از ماده خشک اتفاق نمی‌افتد.

برای گیاه چغندرقند T0، Topt1، Topt2 و Tx به ترتیب ۵، ۱۵، ۲۰ و ۳۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Depauw *et al.* 2000).

احتمال وقوع هرکدام از عوامل در هر ایستگاه توسط نرم‌افزار Easy Fit 5 محاسبه گردید. معادلات رگرسیونی برای برآورد متغیرهای موردنظر از چهار پارامتر تشکیل شده‌اند که این پارامترها بر اساس اصل کمترین مربعات خطا برآورد می‌شوند. این ضرایب شامل ضریب طول جغرافیایی (X) و عرض جغرافیایی (Y) و ارتفاع (Z) و مقدار ثابت عرض از مبدأ می‌باشند. اغلب پارامترهای هواشناسی از ارتفاع تأثیر می‌پذیرند، و استفاده از ارتفاع به همراه طول و عرض جغرافیایی برای درون‌یابی داده‌ها، مناسب‌ترین روش می‌باشد (Taiti *et al.* 2006). در این تحقیق پس از محاسبه معادلات گرادیانی از آنها به‌منظور درون‌یابی پارامترها استفاده گردید (جدول ۲). همچنین دامنه و استعداد هر کدام از لایه‌های مطالعاتی به تفکیک در جدول ۳ آورده شده است. به‌منظور پهنه‌بندی نهایی لازم است ابتدا وزن هر لایه تعیین گردیده و اهمیت نسبی آن

مشخص گردد. وزن هریک از پارامترها (عوامل اصلی) و عوامل فرعی (طبقات هر عامل اصلی) توسط نرم‌افزار Expert Choice محاسبه گردید، و وزن نهایی از حاصل ضرب این دو به دست آمد (جدول ۳). پس از انجام مقایسات زوجی پارامترها در نرم‌افزار Expert Choice، نرخ ناسازگاری مقایسات ۰/۰۷ برآورد گردید. با توجه به این که مقدار نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ برآورد شده است، مقایسات انجام گرفته قابل پذیرش می‌باشد (Saaty 1980). در این تحقیق از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (Analytic hierarchy process) استفاده گردید و پس از محاسبه وزن لایه‌های مؤثر، نقشه نهایی از طریق ضرب متوالی ماتریس‌ها به دست آمد. توسط این نقشه بر اساس قابلیت کاشت، استان به ۴ منطقه بسیار مناسب، مناسب، متوسط و نامناسب تقسیم‌بندی گردید.

جدول ۲ معادلات استفاده شده جهت درون‌یابی پارامترها به روش گرادیانی

ضریب تبیین (R^2)	معادله	پارامتر
۷۲/۳	P1= ۸۹/۷ - ۰/۹۱۳X – ۱/۲۴۱Y - ۰/۰۰۶۸۱Z	احتمال ۲۵ درصد وقوع کمترین دما در سال
۸۷/۲	P2= ۲/۷۴ + ۰/۰۳۸۲X + ۰/۳۵۲Y + ۰/۰۰۰۶۷۱Z	طول روز (۱۴ روز قبل از برداشت)
۶۵/۲	P3= ۵۲۲۰ - ۲۲/۹X - ۸۴/۷Y - ۰/۴۰۲Z	GDD از کاشت تا برداشت
۷۲/۳	P4= ۳۲۰۱ – ۱۷/۳X – ۲۹/۱Y - ۰/۱۳۰۵Z	شاخص قابلیت تولید زیست توده از کاشت تا برداشت
۹۰/۸	P5= -۵۸۳ + ۶/۳۶X + ۱۴/۴۳Y + ۰/۰۶۰۵Z	مجموع ساعات بهره‌شدن

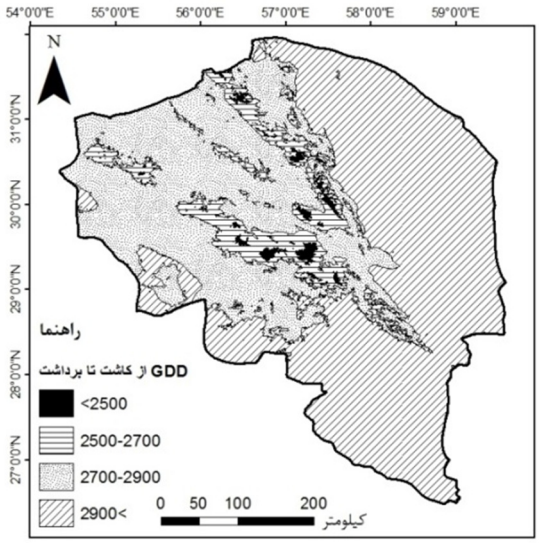
جدول ۳ وزن عوامل اصلی، طبقات شاخص‌ها و استعداد لایه‌های مطالعاتی (روش سلسله مراتبی)

شاخص‌ها (عامل اصلی)	وزن عامل اصلی	کلاسه‌بندی لایه‌ها	طبقات هر عامل	واحد	وزن طبقات هر عامل	وزن نهایی	مساحت (درصد)	مساحت (کیلومترمربع)
بارندگی	۰/۲۳	بسیار مناسب	>۲۰۰	میلی‌متر	۰/۵۴۶	۰/۱۲۵۵۸	۸	۱۵۰۰۶
		مناسب	۱۵۰-۲۰۰		۰/۲۳۲	۰/۰۵۳۳۶	۲۸	۴۹۸۳۸
		متوسط	۱۰۰-۱۵۰		۰/۱۳۸	۰/۰۳۱۷۴	۴۱	۷۴۱۴۸
		نامناسب	<۱۰۰		۰/۰۸۴	۰/۰۱۹۳۲	۲۳	۴۰۴۶۲
بهاره‌شدن	۰/۲۷	بسیار مناسب	<۱۴۰	ساعت	۰/۵۱۰	۰/۱۳۷۷	۲۷/۳	۴۷۲۱۵
		مناسب	۱۴۰-۱۷۰		۰/۲۷۱	۰/۰۷۳۱۷	۱۵/۱	۲۷۱۴۱
		متوسط	۱۷۰-۲۰۰		۰/۱۵۲	۰/۰۴۱۰۴	۱۴	۲۵۱۶۷
		نامناسب	>۲۰۰		۰/۰۶۷	۰/۰۱۸۰۹	۴۴/۶	۷۹۹۳۶
دمای حداقل	۰/۱۱	بسیار مناسب	> -۷	درجه	۰/۵۸۷	۰/۰۶۴۵۷	۳۱	۵۶۴۳۷/۴۵
		مناسب	-۷ - -۱۱		۰/۲۲۵	۰/۰۲۴۷۵	۲۵	۴۵۰۷۶/۳۷
		متوسط	-۱۱ - -۱۵	سانتی‌گراد	۰/۱۳۱	۰/۰۱۴۴۱	۲۵	۴۵۱۱۴/۸۴
		نامناسب	<-۱۵		۰/۰۵۷	۰/۰۰۶۲۷	۱۹	۳۳۳۲۹/۱۴
درجه-روز رشد	۰/۱۱	بسیار مناسب	>۲۹۰۰	درجه روز رشد	۰/۶۰۴	۰/۰۶۶۴۴	۵۴	۹۶۷۲۵/۸۳
		مناسب	۲۷۰۰-۲۹۰۰		۰/۲۰۱	۰/۰۲۲۱۱	۳۶	۶۵۵۳۹/۸۱
		متوسط	۲۵۰۰-۲۷۰۰		۰/۱۲۱	۰/۰۱۳۳۱	۹	۱۵۴۶۹/۶۸
		نامناسب	<۲۵۰۰		۰/۰۷۴	۰/۰۰۸۱۴	۱	۱۷۲۶/۰۴
شاخص زیست توده	۰/۰۸	بسیار مناسب	>۲۱۵۰	درجه سانتی‌گراد	۰/۵۴۶	۰/۰۴۳۶۸	۱۱	۲۰۱۱۰/۰۲
		مناسب	۲۰۰۰-۲۱۵۰		۰/۲۳۲	۰/۰۱۸۵۶	۵۳	۹۴۱۹۵/۲۹
		متوسط	۱۸۵۰-۲۰۰۰		۰/۱۳۸	۰/۰۱۱۰۴	۳۴	۶۱۶۰۶/۴۹
		نامناسب	<۱۸۵۰		۰/۰۸۴	۰/۰۰۶۷۲	۲	۳۵۴۴/۴
طول روز	۰/۲۰	بسیار مناسب	<۱۳	ساعت	۰/۴۸۶	۰/۰۹۷۲	۱۰	۱۷۳۹۹
		مناسب	۱۳-۱۳/۵		۰/۲۸۵	۰/۰۵۷	۴۸	۸۶۳۷۱
		متوسط	۱۳/۵-۱۴		۰/۱۷۳	۰/۰۳۴۶	۴۰	۷۲۳۳۲
		نامناسب	> ۱۴		۰/۰۵۶	۰/۰۱۱۲	۲	۳۳۵۳

نتایج و بحث

درجه روز رشد

چنانچه مجموع درجه روز رشد در محدوده ۱۶۰۰ تا ۳۲۰۰ بیشتر باشد عملکرد در هکتار بیشتر خواهد بود. سپس نقشه پهنه‌بندی احتمال وقوع بیشتر از ۷۵ درصد، واحدهای حرارتی تجمعی برحسب درجه روز رشد (ساعت) آن تهیه گردید (شکل ۲).

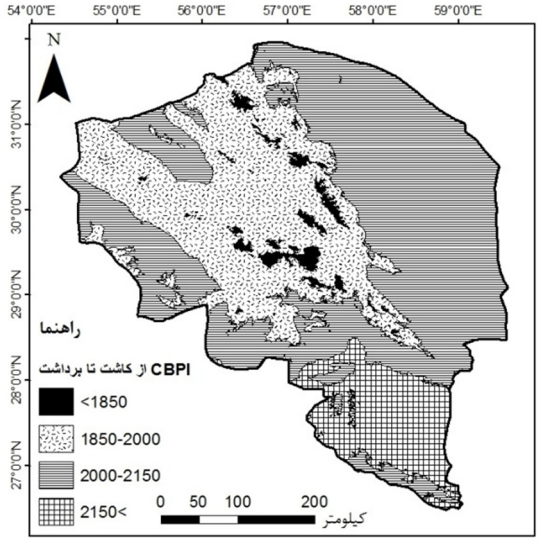


شکل۲ نقشه پهنه‌بندی احتمال وقوع بیشتر از ۷۵ درصد واحدهای حرارتی تجمعی بر حسب درجه روز رشد (ساعت) از کاشت تا برداشت در استان کرمان

همان‌طور که در شکل مشخص است مناطق جنوبی استان کرمان به دلیل محدودیت‌های دمایی از طول دوره رشد کمتری نسبت به نواحی مرکزی برخوردار هستند. با این حال این اراضی درصد روزهای مناسب رشد و همچنین GDD بیشتری نسبت به نواحی مرکزی داشته‌اند. بنابراین بیشتر بودن طول دوره رویش بدون توجه به مقدار GDD مزیت محسوب نمی‌گردد. در حدود ۵۴ درصد مناطق (جدول ۳) از درجه روز رشد بسیار مناسب (۹۶۷۲۵/۸۳ کیلومترمربع)، برخوردار هستند (شکل ۲).

شاخص تولید توده زیستی

مناطق جنوبی استان کرمان مانند کهنوج، جیرفت و دشت ارزوییه بیشترین قابلیت تجمع ماده خشک در طول فصل زراعی را دارا می‌باشند (شکل ۳). مقدار این شاخص در شهرستان بافت، بردسیر و شهربابک کمترین مقدار را دارد (شکل ۱و ۳).

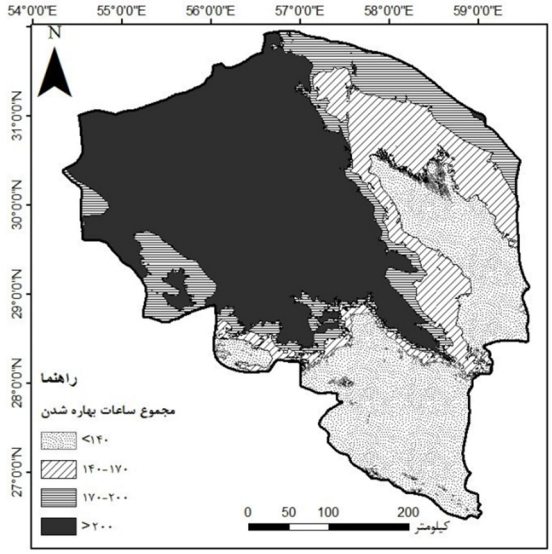


شکل ۳ نقشه پهنه‌بندی احتمال وقوع بیشتر از ۷۵ درصد شاخص قابلیت تولید زیست توده از کاشت تا برداشت در استان کرمان

شکل ۵ نقشه پهنه‌بندی احتمال وقوع بیشتر از ۷۵ درصد شاخص قابلیت تولید زیست توده از کاشت تا برداشت در استان کرمان را نشان می‌دهد. نواحی که این شاخص در آن‌ها کمتر از ۱۸۵۰ درجه روز رشد است، شرایط مناسبی برای رشد چغندرقند پاییزه ندارند. در مناطقی که از کاشت تا برداشت این شاخص بیشتر است، مجموع درجه حرارت مناسب رشد در طول فصل زراعی و قابلیت تجمع ماده خشک بیشتر بوده و برای کاشت پاییزه چغندرقند مناسب‌تر می‌باشند.

بهاره‌شدن

شکل ۴ نقشه پهنه‌بندی احتمال وقوع کمتر از ۲۵ درصد مجموع ساعات بهاره‌شدن را نشان می‌دهد. محدوده بهاره شدن از حداقل ۱۲۵ تا حداکثر ۲۷۸ ساعت در مناطق مرتفع متغیر است. مناطق جنوبی و شرق استان کرمان به آستانه بهاره‌شدن نرسیده و کمتر از ۱۴۰ ساعت سرمای مؤثر دریافت می‌کنند. این مناطق با ریسک کمی برای ساقه‌دهی مواجه بوده و کاملاً مناسب کشت پاییزه می‌باشند. این مناطق ۲۷/۳ درصد اراضی استان را شامل می‌شود (جدول ۳).



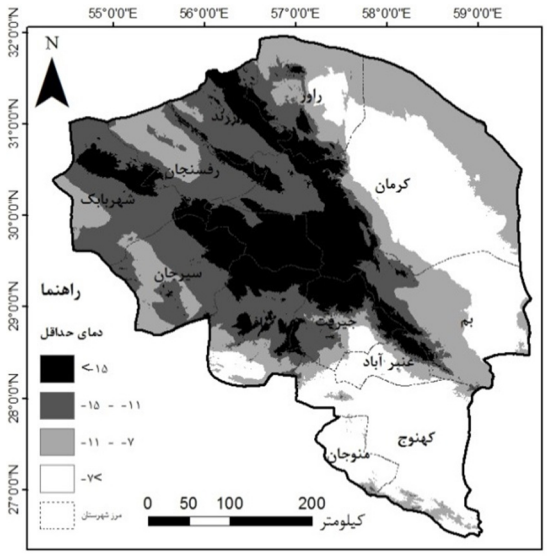
شکل ٤ نقشه پهنه‌بندی احتمال وقوع کمتر از ۲۵ درصد مجموع ساعات بهاره‌شدن از کاشت تا برداشت در کرمان

مناطق مناسب نیز شامل نواری در غرب و شرق شهرستان بم، مرکز شهرستان کرمان و شمال دشت ارزوییه می‌باشد و ۱۵/۱ درصد اراضی استان را شامل می‌شود (جدول ۳). در مناطقی با بیش از ۲۰۰ ساعت دمای بهاره شدن، ارقام مقاوم هم بهاره شده و تولید ساقه گل‌دهنده خواهند نمود. سهم این مناطق ۴۴/۶ درصد از اراضی استان را در برمی‌گیرد (شکل ۴).

نتایج تحقیقات در دشت ارزوییه نیز نتایج این پهنه‌بندی را در جنوب استان تائید می‌نماید (Javaheri *et al*. 2006).

یخزدگی

در این مطالعه احتمال وقوع ۲۵ درصد و کمتر، دماهای یخزدگی بر حسب درجه سانتی‌گراد از کاشت تا برداشت برای هر ایستگاه محاسبه گردید. سپس نقشه رقومی آن با استفاده از معادله استخراج شده (جدول ۲) در محیط GIS رسم گردید (شکل ۵).



شکل ٥ نقشه پهنه‌بندی احتمال وقوع ۲۵ درصد و کمتر، دماهای یخزدگی بر حسب درجه سانتی‌گراد از کاشت تا برداشت در استان کرمان

مناطق کاملاً مناسب، محدوده‌هایی می‌باشند که به احتمال بالای ۷۵ درصد دما در طول فصل رشد و در سردترین ماه سال که تقریباً مصادف با مرحله ۱۶ برگی چغندرقند پاییزه است (البته بسته به شرایط اقلیمی منطقه متفاوت خواهد بود)، به کمتر از منفی ۷ نخواهد رسید. این مناطق ۳۱ درصد (۵۶۴۳۷/۴۵ کیلومترمربع) از اراضی استان را در بر می‌گیرند (جدول ۳). این

مناطق شامل مناطق جنوبی و شرق استان می‌باشد که کشت چغندرقند پاییزه با مشکل یخزدگی مواجه نمی‌گردد (شکل ۵). مناطق مناسب نیز شامل غرب شهرستان بم، شمال رفسنجان، غرب شهرستان شهربابک و نیز شمال شهرستان سیرجان می‌باشد. این نواحی ۲۵ درصد از مناطق را پوشش می‌دهند. در این نواحی نیز امکان کاشت پاییزه وجود دارد و خسارت سرما قابل برگشت می‌باشد، هرچند بر عملکرد اثر منفی می‌گذارد (جدول ۴).

جدول ٤ اراضی مستعد کشت پاییزه چغندرقند در استان کرمان

استعداد اراضی	استعداد اراضی به درصد	مساحت (کیلومترمربع)
بسیار مناسب	۱۹/۴۲	۳۴۸۳۰
مناسب	۲۲/۶۷	۴۰۶۸۸
متوسط	۲۱/۷۶	۳۹۰۵۱
نامناسب	۳۶/۱۵	۶۴۸۸۸

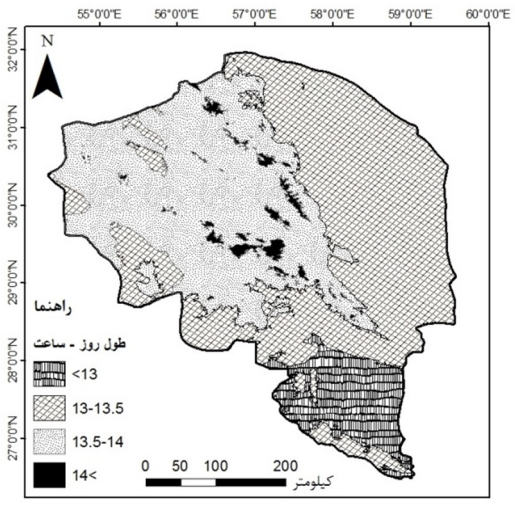
مناطقی که به احتمال بالای ۲۵ درصد دمای آن‌ها به کمتر از منفی ۱۵ درجه می‌رسد بیشتر شامل نواحی مرکزی استان کرمان می‌باشد.

طول روز

شکل ۶ نقشه طول روز برحسب ساعت در زمان برداشت چغندرقند پاییزه در استان کرمان را نشان می‌دهد. مناطقی که طول روز در آن‌ها کمتر از ۱۳ ساعت است با خطر ساقه‌دهی کمتر مواجه می‌باشند. جهت کاشت در این اراضی می‌توان از ارقام متحمل به ساقه‌دهی نیز استفاده نمود. با افزایش طول روز احتمال ساقه‌دهی به‌تدریج زیادتر شده و درصورتی‌که چغندرقند در طول فصل رشد ورنالیزه شده باشد به‌راحتی تولید ساقه گل‌دهنده خواهد نمود. بنابراین در مناطقی که طول روز بیش از ۱۴ ساعت است ارقام بسیار مقاوم به ساقه‌دهی بایستی کشت شوند. طبق اطلاعات مندرج در جدول ۳، ۱۰ درصد اراضی طول روز کاملاً مناسب، ۴۸ درصد مناسب، ۴۰ درصد متوسط و در ۲ درصد نامناسب می‌باشد.

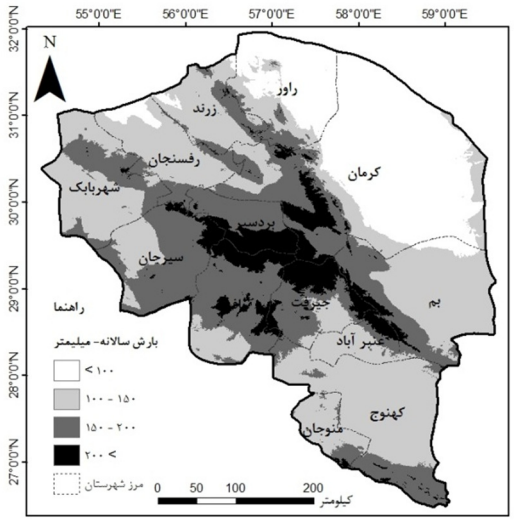
بارندگی

شکل ۷ پهنه‌بندی بارندگی را از کاشت تا برداشت در استان کرمان نشان می‌دهد. قسمت شرق و شمال شهرستان کرمان و همچنین قسمت شمال شهرستان رفسنجان و قسمت‌های وسیعی از شهرستان راور بارندگی کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر دارند.



شکل ٦ نقشه طول روز (ساعت) در زمان برداشت در استان کرمان

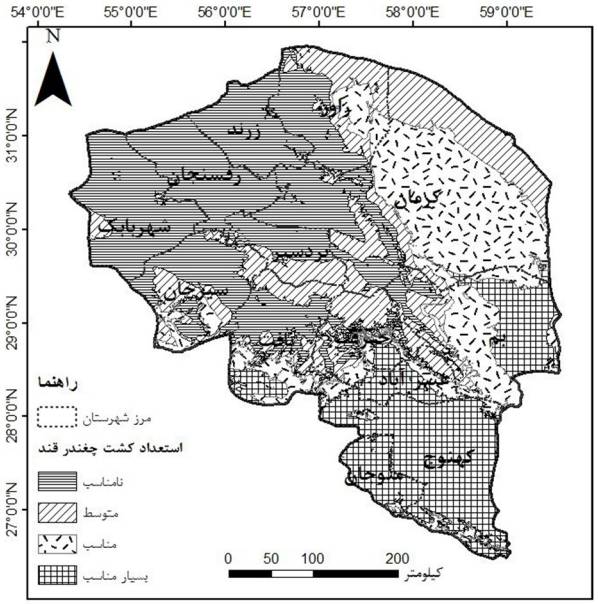
این مناطق به دلیل بارندگی بسیار کم مناسب کشت پاییزه چغندرقند نمی‌باشند. اما در مناطق گرم استان کرمان قسمت‌های جنوبی شهرستان کهنوج و منوجان و غرب شهرستان جیرفت بارندگی بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر می‌باشد. این مناطق با توجه به پتانسیل عملکرد و بارندگی و همچنین ریسک کمتر بهاره شدن برای کاشت پاییزه مناسب‌تر می‌باشند. مناطقی که بارندگی بیش از ۲۰۰ میلی‌متر دارند جزو مناطق مرتفع و بسیار سرد بوده که امکان کاشت پاییزه چغندرقند در آن‌ها وجود ندارد (شکل ۷).



شکل ۷ نقشه پهنه‌بندی مجموع بارندگی (میلی‌متر) از کاشت تا برداشت چغندرقند پاییزه در استان کرمان

پهنه‌بندی مناطق مستعد

در این تحقیق از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده گردید و پس از محاسبه وزن لایه‌های مؤثر، نقشه نهایی از طریق ضرب متوالی ماتریس‌ها به دست آمد. این نقشه بر اساس قابلیت کاشت به ۴ طبقه بسیار مناسب، مناسب، متوسط و نامناسب طبقه‌بندی گردید (شکل ۸).



شکل ۸ نقشه پهنه‌بندی مستعد کشت چغندرقند در استان کرمان

جدول ۵ مناطق مختلف مستعد استان کرمان کشت پاییزه چغندرقند

استعداد اراضی	شهرستان‌های واقع در هر پهنه
بسیار مناسب	شهرستان کهنوج، منوجان، عنبر آباد، جنوب شهرستان جیرفت، شرق شهرستان بم و جنوب شهرستان بافت
مناسب	قسمت‌هایی از نواحی مرکزی شهرستان کرمان، غرب شهرستان بم، قسمت‌هایی از مرکز شهرستان بافت، نواحی مرکزی شهرستان جیرفت و اراضی کوچکی در جنوب شهرستان سیرجان
متوسط	حاشیه شمال شرق استان کرمان، غرب شهرستان شهربابک، قسمتی از نواحی مرکزی شهرستان سیرجان، جنوب شهرستان بردسیر، شمال شهرستان جیرفت و غرب شهرستان راور
نامناسب	سایر مناطق استان

مناطق بسیار مناسب کشت چغندرقند ۱۹/۴۲ درصد کل مساحت استان کرمان را تشکیل می‌دهند (جدول ۴). این مناطق بیشتر شهرستان کهنوج، منوجان، عنبر آباد، جنوب شهرستان جیرفت، شرق شهرستان بم و جنوب شهرستان بافت را شامل می‌گردد (شکل ۸).

مناطق مناسب نیز که ریسک قابل قبولی برای کاشت پاییزه چغندرقند داشته ولی احتمالاً از پتانسیل عملکرد ریشه و شکرسفید کمتری در هکتار نسبت به مناطق بسیار مناسب برخوردار می‌باشند، در شکل ۸ نشان داده شده‌اند. این اراضی حدود ۲۲/۶۷ درصد سطح استان را تشکیل داده و شامل قسمت‌هایی از نواحی مرکزی شهرستان کرمان، غرب شهرستان بم، قسمت‌هایی از مرکز شهرستان بافت، نواحی مرکزی شهرستان جیرفت و بخش کوچکی از جنوب شهرستان سیرجان می‌باشند.

اراضی که استعداد متوسطی برای کشت پاییزه چغندرقند دارا می‌باشند، حدود ۲۲ درصد سطح استان را تشکیل می‌دهند (جدول ۴). حاشیه شمال شرق استان کرمان، غرب شهرستان شهربابک، قسمتی از نواحی مرکزی شهرستان سیرجان، جنوب

شهرستان بردسیر، شمال شهرستان جیرفت و غرب شهرستان راور جزو این اراضی هستند (شکل ۸). سایر مناطق استان برای کشت پاییزه نامناسب بوده و برای کشت توصیه نمی‌گردند (شکل ۸).

ارقام متحمل به بولت که پتانسیل عملکرد بالایی دارا هستند را می‌توان در مناطق کاملاً مناسب کشت نمود. با افزایش ریسک در مناطق مناسب می‌توان از ارقام مقاوم‌تر استفاده نمود. می‌توان انتظار داشت در مناطق متوسط که در نقشه مشخص شده‌اند کاشت ارقام کاملاً مقاوم به ساقه‌روی باشد.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد امکان کاشت پاییزه چغندرقند در سطح قابل‌توجهی از استان کرمان وجود دارد. جهت توسعه این کشت در مناطقی که ریسک بالایی دارند بایستی نسبت به اصلاح و کاشت ارقام مقاوم به ساقه‌روی اقدام نمود. یکی از کاربردهای مهم این پهنه‌بندی تعمیم نتایج طرح‌های تحقیقاتی اجرا شده در این استان‌ها به کلاسه‌های مشابه محل‌های اجرا است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مسئولین و محققین موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند و سایر همکاران که در تمام مراحل اجرای این تحقیق همکاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع مورداستفاده:

References:

Ati OF, Stigter CJ, Olandipo EO. A comparison of methods to determine the onset of the growing season in northern Nigeria.International Journal of Climatology, 2002. 22:732–742.

Azizpour MA, Taleghani D, Aghai zadeh M, Hoseinpour M. Evaluation of bolting, quantitative and qualitative traits of triploid hybrids in autumn- sowing sugar beet. Journal of Sugar beet, 2016. 32(2):99-106. (in Persian, abstract in English)

Bishnoi OP. Applied agro-climetology. Oxford book company. Jaipur, India. 2010. pp540.

Campbell GK, Russell GE. Breeding sugar beet. Report of the Plant Breeding Institute for 1963-64, 1965. pp6-32.

Bosemark NO. Genetics and breeding. In The Sugar Beet Crop : Science into Practice (Eds D. A. Cooke &R. K. Scott), 1993. pp. 67–119. London : Chapman and Hall.

Chegini MA. Effect of environment (Temperature and Photoperiod) on bolting, flowering and seed production in sugar beet. A thesis to The University of Reading for the Degree of Doctor of Philosophy. 1999. pp181–207.

Cornwall C, Horiuchi A, Lehman C. 2001."NOAA Solar Calculator". U.S.A: Department of Commerce.27 Aug 2001. [Online] <http:www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/sunrise.html.

De pauw E. An Agro-ecological exploration of the Arabian peninsula. ICARDA. Aleppo, Syria, 77 pp. ISBN. 2002. 92-9127-119-5.

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

Hossainpoor M. Effect of nitrogen management of irrigation water and period growth during on water and light use efficiency in winter sugar beet (Ph.D thesis), Facolty of Agriculture, Tarbiat Modares University; 2007. (in Persian)

Hundal SS, Singh R, Dhaliva L.K. Agro-climatic indices for predicting phonology of wheat (Triticumaestivum) in Punjab. Journal of Agricultural Sciences, 1997. 67: 265- 268.

Ilkaee MN, Forozesh, P, Habibi D, Taleghani D, Rajabi A. Response of different sugar beet genotypes to water deficit stress. Journal of Sugar beet, 2016. 32(2): 135-146. (in Persian, abstract in English)

Jaggard KW, Werker A.R. An evaluation at the potential benefits and of autumn–sown sugar beet in NW. Journal of Agricultural Sciences. 1999; 132: 91-102.

Javaheri MA, Najafinezhad H, AzadShahraki F. 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. 2006.(in Persian)

Javaheri MA, Ramrodi M, Azgharpour MR, Dehmardeh M,ghaemi A. Agroclimatic zonation for evaluating autumn sugar beet sowing feasibility in Khorasan Razavi and Khorasan-e-Jonobi Provinces. Journal of Sugar beet, 2016. 31(1):17-31. (in Persian, abstract in English)

Kaffka S. Sugar beet production and the environment. 1996. Annual Report of the California Sugar Beet Growers Association.

Khosravi M, Amani M, Hosseinzadeh Kermani M. Assessment of environmental suitability for sugar beet planting in Torbat- e- Heydarieh city using Geographic Information System (GIS). Journal of sugar beet, 2014. 30(1):101-116. (in Persian)

Koulivand M. The sugar beet crop. Press and Cultural department of Shahid Beheshti University Jihad. 1988. pp 246. (in Persian)

Milford GFJ, Jarvis PJ, Walters C. A vernalization-intensity model to predict bolting in sugar beet. Journal of Agricultural Sciences, 2010. 148:127–137.

Parmah E, Negaresh H, khosravi M. Agroclimatic zoning of sugar beet in Kermanshah province using GIS. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 2014. 4: 345-354.

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.

Reinsdorf E, Koch HJ. Modeling crown temperature of winter sugar beetand its application in risk assessment for frost killing in Central Europe. Agric. For Meteorology, 2013. 182–183, 21–30.

Reusch TBH, Wood TE. Molecular ecology of global change. Molecular Ecology, 2007. 3973–3992.

Saaty T.L. The Analytic hierarchy process: Planning, priority setting, Resource allocation. McGraw-Hill, New York. 1980.

Seyedmohammadi J, Esmaeelnejad L, Ramezanpour H. Increasing Efficiency of Soil Fertility Map for Rice Cultivation Using Fuzzy Logic, AHP and GIS. Journal of Water and Soil, 2016. 30(4): 1114-1129. (in Persian, abstract in English)

Taiti A, Henderson R, Turner R, Zheng X. Thin-plate smoothing spline interpolation of dailiny rainfall for New Zealand using a climatological rainfall surface. International. Journal of Climatology. 2006. pp 2097-2115.