

# پهنه‌بندی اقلیمی-زراعی و امکان سنجی کشت پاییزه چغندر قند در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی

## Agroclimatic zonation for evaluating autumn sugar beet sowing feasibility in Khorasan Razavi and Khorasan-e-Jonobi Provinces

محمدعلی جواهری<sup>۱\*</sup>، محمود رمودی<sup>۲</sup>، محمدرضا اصغری پور<sup>۳</sup>، مهدی دهمرده<sup>۳</sup> و علیرضا قائمی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۴/۷

م.ع. جواهری، م. رمودی، م.ر. اصغری پور، م. دهمرده و ع.ر. قائمی. ۱۳۹۴. پهنه‌بندی اقلیمی-زراعی و امکان سنجی کشت پاییزه چغندر قند در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی. چغندر قند، ۳۱(۱): ۱۷-۳۱

### چکیده

کشت پاییزه چغندر قند از نظر اقتصادی و کارایی مصرف آب مزیت بیشتری نسبت به کشت بهاره آن دارد. کشت چغندر قند در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی فقط به صورت بهاره انجام می‌شود، از این رو امکان سنجی کشت پاییزه چغندر قند در این مناطق ضرورت داشت. بهترین و کم هزینه‌ترین روش جهت شناسایی مناطق مستعد، استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی است. بدین منظور عناصر اقلیمی دما و بارش این استان‌ها جمع‌آوری گردید. سپس احتمال وقوع واحدهای حرارتی تجمعی، شاخص قابلیت تولید زیست توده، ساعات بهاره شدن، یخ‌زدگی، بارندگی و طول روز برای هر ایستگاه محاسبه گردید. لایه‌های شیب و ارتفاع مناطق از مدل رقومی ارتفاع استخراج گردید. سپس نقشه پهنه‌بندی لایه‌های مؤثر و هم‌چنین نقشه نهایی با استفاده از روش سلسله مراتبی در محیط ARC GIS تهیه گردید. نتایج نشان داد که در بسیاری از مناطق خراسان رضوی و نواحی مرکزی خراسان جنوبی احتمال ساقه‌وری بوته‌های چغندر قند وجود دارد. تنها در مناطق جنوب غربی استان خراسان جنوبی مجموع ساعات بهاره‌شدن کمتر از مقدار مورد نیاز چغندر قند می‌باشد. گرچه بارش کمتر از ۵۰ میلی‌متر در طول فصل زراعی در مناطق جنوبی استان خراسان جنوبی مزیت این کاشت را در این مناطق کاهش می‌دهد. بیشتر مناطقی که بارش بیش از ۱۹۰ میلی‌متر دارند با خطر یخ‌زدگی، عدم دریافت درجه روز رشد (GDD) مناسب و بهاره شدن مواجه می‌باشند. بر اساس نقشه نهایی پهنه‌بندی ۴/۹۰ درصد اراضی زراعی این استان‌ها بسیار مناسب، ۱۶/۷۴ درصد مناسب، ۴۷/۹۸ درصد متوسط و ۳۰/۳۸ درصد نامناسب برای کاشت پاییزه چغندر قند تخمین گردید.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی اقلیمی، چغندر قند، سیستم اطلاعات جغرافیایی، کاشت پاییزه

۱- دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه زابل \* نویسنده مسئول [javaheri310@yahoo.com](mailto:javaheri310@yahoo.com)

۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل- زابل

۳- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل- زابل

۴- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی- مشهد

## مقدمه

آب مهم‌ترین عامل محدودکننده کشاورزی در ایران می‌باشد، از این رو باید به افزایش کارایی مصرف آن در تولید محصولات کشاورزی توجه ویژه‌ای شود. کشت پاییزه چغندر قند به دلیل استفاده از نزولات جوی و هم‌چنین وقوع خشکسالی‌های اخیر مورد توجه بیشتری قرار گرفته است (Koulivand 1988). کشت پاییزه چغندر قند از منافع 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 چغندر قند به عنوان محصولی مناسب در کشاورزی پایدار یاد شده است. بهاره‌شدن (Vernalization) و ساقه‌روی (Bolting) به‌همراه خسارت یخ‌زدگی عامل اصلی در عدم گسترش کشت پاییزه چغندر قند می‌باشند (Reinsdorf and Koch 2013).

شناسایی مناطق مستعد کشت چغندر قند پاییزه از اولویت‌های وزارت جهاد کشاورزی و موسسه تحقیقات چغندر قند 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. هزینه بالای اجرای طرح‌های تحقیقاتی باعث شده، تاکنون بررسی جامعی در خصوص شناسایی مناطق مناسب کاشت پاییزه انجام نشود. یکی از راه‌کارهایی که می‌تواند در زمان کوتاهی مسئولان را به جواب رسانده و زمینه توسعه این کاشت را فراهم نماید، استفاده از پهنه‌بندی آگرواکولوژیک (Agro-ecological zoning) می‌باشد. پهنه‌بندی آگرواکولوژیک این قابلیت را دارد که بر اساس تحلیل تغییرات شاخص‌های اقلیمی و با توجه به دوره رشد و نمو گیاه، خطرات فرا روی 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).

پهنه‌بندی آگرواکولوژیک به‌منظور تعیین پتانسیل کشت بهاره چغندر قند در استان خراسان بزرگ نشان داد، چهار درصد از اراضی این استان کاملاً مناسب، ۱۸ درصد اراضی جزو پهنه مناسب و ۳۲ درصد اراضی نیز جزو پهنه متوسط کاشت می‌باشند. در نهایت ۴۶ درصد اراضی که عمدتاً در مناطق جنوبی استان خراسان رضوی و بخش عمده‌ای از خراسان جنوبی واقع شده‌اند برای کاشت بهاره چغندر قند نامناسب می‌باشند (Sanjani 2013). تحقیق دیگری به منظور بررسی تناسب منطقه تربت حیدریه برای کشت بهاره چغندر قند نشان داد که ۵۹/۶۱ درصد سطح این شهرستان از قابلیت خیلی خوب برای کشت بهاره برخوردار بوده و ۲۴/۴۹ درصد از سطح این شهرستان فاقد استعداد اراضی برای کشت بهاره این محصول است. مناطق دشت رخ و بخش کدکن در شمال این شهرستان به عنوان مستعدترین مناطق و پس از آن دشت مرکزی به عنوان مناطق مناسب کشت پهنه‌بندی گردیدند (Khosravi et al., 2014).

محققین گزارش کرده‌اند که شروع طویل شدن ساقه گل‌دهنده توسط دو ژن که یکی مسئول واکنش گیاه به سرما (مرحله بهاره‌شدن) و دیگری مسئول واکنش گیاه به طول روز (مرحله بعد از بهاره‌شدن) می‌باشند، کنترل می‌گردد (Van Dijk 2009; Marquardt et al. 2006). گیاهان یکساله چغندر قند دارای این توانایی می‌باشند که بدون نیاز به بهاره‌شدن و یا در شرایط روز کوتاه ساقه گل‌دهنده تولید می‌نمایند. گیاهان دو ساله چغندر قند برای تولید ساقه گل‌دهنده و گل، هم به بهاره‌شدن و هم به روز بلند نیاز دارند

کشور امکان پذیر بوده و توسعه آن باعث تحول در زراعت این محصول استراتژیک خواهد گردید.

### مواد و روش‌ها

این مطالعه در منطقه‌ای وسیع شامل دو استان خراسان رضوی و جنوبی انجام گردید. این دو استان جمعاً ۲۰۴۰۹۱ کیلومتر مربع وسعت دارند. در شکل ۱ مرز دو استان خراسان رضوی و جنوبی و نام شهرستان‌ها آمده است. نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس یک دویست و پنجاه هزارم از سازمان نقشه برداری تهیه شده است.

در این پژوهش، مبنای انتخاب ایستگاه‌های هواشناسی بر مبنای طول دوره آماری و پیوسته بودن (نبودن آمار) اطلاعات صورت گرفته است. در ضمن از آمار و اطلاعات بعضی از ایستگاه‌های خارج از محدوده مطالعاتی به جهت داشتن آمار بلند مدت و نزدیکی به منطقه مورد مطالعه، به‌عنوان نقاط کمکی و نشانه برای پیدا کردن مناطق هم‌دما و هم باران استفاده شده است (جدول ۱). برای بررسی همگنی داده‌ها از آزمون Run Test استفاده گردید.

ایستگاه‌های سینوپتیک درجه حرارت را هر سه ساعت یکبار ثبت می‌نمایند. با توجه به این که دسترسی به دماهای ساعتی امکان پذیر نبود، در این تحقیق دماهای ساعتی برآورد گردید. جهت این برآورد دماهای ساعتی بر اساس دماهای حداکثر و حداقل روزانه از مدل دو سینوسی استفاده گردید (Helali 2008).

جهت محاسبه طول روز و ساعت طلوع آفتاب از برنامه ارائه شده توسط سازمان ملی مطالعات اقیانوسی و اتمسفری آمریکا (National Oceanic and Atmospheric Administration) استفاده گردید (Cornwall et al. 2001). تاریخ کاشت و برداشت در اطراف هر ایستگاه هواشناسی بر

(Abe et al. 1977). زمان لازم جهت بهاره شدن بین هشت الی ۱۴ هفته متغییر است که به میزان مقاومت به ساقه‌روی مواد ژنتیکی ارقام بستگی دارد (Cooke and Scott 1993). آستانه تعداد ساعات بهاره شدن در زراعت پاییزه چغندر قند ۱۴۰ ساعت بوده و ارقام مقاوم تا ۱۶۵ ساعت را نیز تحمل می‌نمایند (Milford et al. 2010). محققین نشان دادند هرچه دما از ۶ درجه سانتی‌گراد زیر صفر کمتر شود ریشه بیشتر آسیب خواهد دید. آنان با انجام آزمایشی در چهار منطقه با شرایط مختلف آب و هوایی در اروپای مرکزی نشان دادند که در مزارع کاشت پاییزه چغندر قند ۱۰ تا ۳۵ درصد خسارت یخ‌زدگی (Freezing) اتفاق می‌افتد (Reinsdorf and Koch 2013).

اثر تغییرات عرض جغرافیایی بر زمان گلدهی در گیاهان زراعی از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد (Franks 2007; Reusch and Wood 2007). در رابطه با تغییرات نیاز طول روز یا نیاز توأم طول روز و بهاره شدن طی عرض‌های مختلف جغرافیایی گزارش‌های زیادی وجود ندارد (Heide and Sonstebly 2007). نیاز بهاره شدن و فتوپریود همراه با اثرات متقابل آن‌ها موجب شده است گیاهان با ژنوم یکسان bb، نیازمند طول مدت زمان بهاره شدن و به دنبال آن افزایش فتوپریود متفاوتی باشند (Van Dijk 2009). 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 بهاره شدن به طول روز بلند واکنش نشان می‌دهد در صورتی که گیاهان رقم مقاوم برای تولید ساقه گل‌دهنده نیاز به هشت روز طول روز القاء کننده دارد (Chegini 1999).

با در نظر گرفتن شرایط منحصر به فرد اقلیمی کشور به نظر می‌رسد که معرفی پهنه‌های جدید تولید چغندر قند پاییزه در

Tb: درجه حرارت پایه بر حسب درجه سانتی‌گراد(برای

چغندر قند پنج درجه سانتی‌گراد)

a: تاریخ شروع مرحله نمو گیاه زراعی

b: تاریخ پایان مرحله نمو

در این تحقیق شاخص تولید توده زیستی (Crop Biomass Productivity Indices) نیز برآورد 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 ۲ محاسبه می‌شود (Depauw 2002).

$$CBPI = \sum_{i=GPon}^{GPend} (ATI)_{i,j} \quad (2)$$

در رابطه فوق:

CBPI: شاخص قابلیت تولید زیست توده، z: 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 مجموعه معادلات ۳ محاسبه گردید.

$$\begin{aligned} &ATI = 0 \quad \text{اگر} \quad T_{day} \leq T_0 \quad (3) \\ &ATI = T_{day} - T_0 \quad \text{اگر} \quad T_{day} \geq T_X \\ &ATI = \frac{(T_{opt1} + T_{opt2})}{2} - T_0 \quad \text{و} \quad T_{day} > T_0 \quad \text{و} \quad T_{day} < T_{opt1} \\ &ATI = T_X - T_{day} \quad \text{و} \quad T_{day} \geq T_{opt1} \quad \text{و} \quad T_{day} \leq T_{opt2} \\ &ATI = T_X - T_{day} \quad \text{و} \quad T_{day} > T_{opt2} \quad \text{و} \quad T_{day} < T_x \end{aligned}$$

در روابط 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

اساس نتایج طرح‌های تحقیقاتی و هم‌چنین دماهای آستانه گیاهان در هنگام کاشت و برداشت تعیین گردید.

محاسبه‌های لازم از نرم‌افزار Matlab R2013b صورت گرفت. سپس احتمال وقوع هر کدام از عوامل در نرم‌افزار Easy Fit 5 محاسبه گردید. به منظور تعیین بهترین روش درون‌یابی، مدل‌های رگرسیونی، وزن‌دهی معکوس فاصله، کریجینگ و کوکریجینگ مورد ارزیابی قرار گرفتند. استخراج معادلات گرادبانی توسط نرم‌افزار 17 Minitab و تحلیل داده‌ها و پهنه‌بندی با نرم‌افزار ARC GIS10.2 انجام پذیرفت. نهایتاً با بهره‌گیری از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، پس از محاسبه وزن لایه‌های مؤثر، نقشه نهایی به‌دست آمد. مناطق مورد مطالعه بر اساس قابلیت کاشت به چهار کلاس، بسیار مناسب، مناسب، متوسط و نامناسب طبقه‌بندی گردیدند.

مراحل رشدی چغندر قند، شامل مرحله جوانه‌زنی (از کاشت تا سبز شدن)، مرحله رشد اولیه (از دو برگگی تا پایان شش برگگی) و مرحله رشد اصلی (از شش برگگی تا برداشت) نیز در هر ایستگاه تخمین گردید. برای تعیین شروع و پایان هر مرحله رشدی چغندر قند از درجه روزهای رشد (GDD) استفاده گردید. محاسبه درجه روز رشد بر اساس تاریخ کاشت در هر ایستگاه شروع شده و سپس واحدهای حرارتی مورد نیاز برای عبور گیاه از یک مرحله نمو به مرحله بعد به روش معادله ۱ انجام گردید، در این معادله درجه حرارت پایه برای چغندر قند پنج درجه سانتی‌گراد منظور شده است (Hundal et al. 1997).

$$GDD = \sum_a^b \left( \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_b \quad (1)$$

در این رابطه:

Tmax: حداکثر درجه حرارت روزانه بر حسب درجه سانتی‌گراد

Tmin: حداقل درجه حرارت روزانه بر حسب درجه سانتی‌گراد

مشخص گردد. به این منظور پرسشنامه‌ای تهیه و در بین خبرگان توزیع گردید. پس از تکمیل پرسشنامه توسط کارشناسان، نظرات ارائه شده وارد ماتریس مقایسات زوجی در نرم افزار Expert Choice شد. وزن هریک از پارامترها (عوامل اصلی) و عوامل فرعی (طبقات هر عامل اصلی) محاسبه گردید، و وزن نهایی از حاصل ضرب این دو به دست آمد (جدول ۳). پس از انجام مقایسات زوجی پارامترها در نرم افزار Expert Choice، نرخ ناسازگاری مقایسات ۰/۰۶ گردید. با توجه به این که مقدار نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ برآورد شده است، مقایسات انجام گرفته قابل پذیرش می باشد (Saaty 1980).

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 چهار طبقه بسیار مناسب، مناسب، متوسط و نامناسب تقسیم بندی گردید.

### نتایج و بحث

اغلب پارامترهای هواشناسی از ارتفاع تأثیر می پذیرند و استفاده از ارتفاع به همراه طول و عرض جغرافیایی برای درون یابی داده‌ها، مناسب ترین روش می باشد (Taiti et al. 2006).

جدول ۲ محاسبه معادلات گرادیانی را که به منظور درون یابی پارامترها از آنها استفاده گردیده است را نشان می دهد. همچنین دامنه و استعداد هر کدام از لایه‌های مطالعاتی به تفکیک در جدول ۳ آورده شده است.

آستانه که در بالاتر از آن سرعت تجمع ماده خشک کاسته می شود و Tx؛ دمایی است که در بالاتر از آن هیچ گونه تجمعی از ماده خشک اتفاق نمی افتد.

برای گیاه چغندر قند  $T_0$ ،  $T_{opt1}$ ،  $T_{opt2}$  و Tx به ترتیب ۵، ۱۵، ۲۰ و ۳۳ درجه سانتی گراد می باشد (Depauw et al. 2000).

مدل های قبلی این حقیقت را که دماهای بین صفر و ۱۲ درجه سانتی گراد از نظر کمی دارای اثر متفاوتی بر روی بهاره شدن می باشند، را در نظر نمی گیرد (Stout 1946; Bosemark 1993; Bell 1946). لذا در این تحقیق برای اولین بار در ایران از مدل زیر برای تخمین بهاره شدن استفاده گردید که وزن های مختلفی را برای دماهای مؤثر بر بهاره شدن (۱-۰، ۲-۱، ۳-۲، ۴-۳، ۵-۴، ۶-۵، ۷-۶، ۸-۷، ۹-۸، ۱۰-۹، ۱۱-۱۰، ۱۲-۱۱، ۱۳-۱۲، ۱۴-۱۳، ۱۵-۱۴، ۱۶-۱۵، ۱۷-۱۶، ۱۸-۱۷، ۱۹-۱۸، ۲۰-۱۹، ۲۱-۲۰، ۲۲-۲۱، ۲۳-۲۲، ۲۴-۲۳، ۲۵-۲۴، ۲۶-۲۵، ۲۷-۲۶، ۲۸-۲۷، ۲۹-۲۸، ۳۰-۲۹، ۳۱-۳۰، ۳۲-۳۱، ۳۳-۳۲، ۳۴-۳۳، ۳۵-۳۴، ۳۶-۳۵، ۳۷-۳۶، ۳۸-۳۷، ۳۹-۳۸، ۴۰-۳۹، ۴۱-۴۰، ۴۲-۴۱، ۴۳-۴۲، ۴۴-۴۳، ۴۵-۴۴، ۴۶-۴۵، ۴۷-۴۶، ۴۸-۴۷، ۴۹-۴۸، ۵۰-۴۹، ۵۱-۵۰، ۵۲-۵۱، ۵۳-۵۲، ۵۴-۵۳، ۵۵-۵۴، ۵۶-۵۵، ۵۷-۵۶، ۵۸-۵۷، ۵۹-۵۸، ۶۰-۵۹، ۶۱-۶۰، ۶۲-۶۱، ۶۳-۶۲، ۶۴-۶۳، ۶۵-۶۴، ۶۶-۶۵، ۶۷-۶۶، ۶۸-۶۷، ۶۹-۶۸، ۷۰-۶۹، ۷۱-۷۰، ۷۲-۷۱، ۷۳-۷۲، ۷۴-۷۳، ۷۵-۷۴، ۷۶-۷۵، ۷۷-۷۶، ۷۸-۷۷، ۷۹-۷۸، ۸۰-۷۹، ۸۱-۸۰، ۸۲-۸۱، ۸۳-۸۲، ۸۴-۸۳، ۸۵-۸۴، ۸۶-۸۵، ۸۷-۸۶، ۸۸-۸۷، ۸۹-۸۸، ۹۰-۸۹، ۹۱-۹۰، ۹۲-۹۱، ۹۳-۹۲، ۹۴-۹۳، ۹۵-۹۴، ۹۶-۹۵، ۹۷-۹۶، ۹۸-۹۷، ۹۹-۹۸، ۱۰۰-۹۹) محاسبه می کند (Milford et al. 2010). معادله ۴ وزن سرمادهی را بر اساس دمای ساعتی ویژه نشان می دهد (Jaggard et al. 1983).

$$y = -1.256 + (1.260 + 0.131x) \times 0.9357^x \quad (4)$$

در معادله فوق  $y$ : وزن سرمادهی، و  $x$  دمای ساعتی ویژه می باشد.

این روش نیاز به دماهای ساعتی روزانه دارد، که محاسبات آن با مدل ارائه شده توسط Khalili در سال ۲۰۰۵ صورت پذیرفت.

قبل از مکانی کردن داده های بارندگی، از نرمال بودن آنها اطمینان حاصل گردید. سپس درون یابی داده های بارندگی به روش کریجینگ صورت پذیرفت. به منظور پهنه بندی نهایی لازم است ابتدا وزن هر لایه تعیین گردیده و اهمیت نسبی آن

جدول ۱ مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی (X) (درجه-دقیقه)	عرض جغرافیایی (Y) (درجه-دقیقه)	ارتفاع از سطح دریا (Z) (متر)
۱	تربت جام	۶۰ ۳۵	۳۵ ۱۵	۹۵۰/۴
۲	کاشمر	۵۸ ۲۸	۳۵ ۱۲	۱۱۰۹/۷
۳	نهبندان	۶۰ ۰۲	۳۱ ۲۲	۱۱۸۸
۴	بیرجند	۵۹ ۱۷	۳۲ ۵۳	۱۵۰۴
۵	مشهد	۵۹ ۳۸	۳۶ ۱۶	۹۹۹/۲
۶	قوچان	۵۸ ۳۰	۳۷ ۰۴	۱۲۸۷
۷	سبزوار	۵۷ ۴۳	۳۶ ۱۲	۹۷۷/۶
۸	بجنورد	۵۷ ۱۹	۳۷ ۲۸	۱۰۹۱
۹	سرخس	۶۱ ۱۰	۳۶ ۳۲	۲۳۵
۱۰	گناباد	۵۸ ۴۱	۳۴ ۲۱	۱۰۵۶
۱۱	زابل	۶۱ ۲۱	۳۱ ۲۰	۴۸۹/۲
۱۲	قائن	۵۹ ۱۱	۳۳ ۴۴	۱۴۳۹
۱۳	نیشابور	۵۸ ۴۸	۳۶ ۱۶	۱۲۱۳
۱۴	بشرویه	۵۷ ۲۵	۳۳ ۵۱	۸۷۹
۱۵	فردوس	۵۸ ۱۱	۳۴ ۰۱	۱۲۹۲
۱۶	تربت حیدریه	۵۹ ۱۳	۳۵ ۱۶	۱۴۵۰/۸
۱۷	طبس	۵۵ ۵۶	۳۳ ۳۶	۷۱۱
۱۷	خور بیرجند	۵۸ ۲۶	۳۲ ۵۶	۱۱۱۷/۴
۱۸	گلمکان	۵۹ ۱۷	۳۶ ۲۹	۱۱۷۶
۱۹	سربیشه	۵۹ ۴۷	۳۲ ۳۶	۱۸۴۶

جدول ۲ معادلات استفاده شده جهت درون‌یابی پارامترها به روش گرادیانی

پارامتر	معادله	ضریب تبیین (R <sup>2</sup> )
احتمال وقوع دمای کمتر از ۱۵- در دوره رشد	$P1 = -3/15 + 0.0317X + 0.0342Y + 0.000194Z$	۰/۶۶
طول روز (۱۴ روز قبل از برداشت)	$P2 = 2/74 + 0.0545X + 0.2016Y + 0.000737Z$	۰/۸۵
GDD از کاشت تا برداشت	$P3 = 7740 - 30/7X - 96/2Y - 0.345Z$	۰/۷۲
شاخص قابلیت تولید زیست توده از کاشت تا برداشت	$P4 = 4043 - 15/6X - 32/38Y - 0.1171Z$	۰/۶۵
مجموع ساعات بهاره‌شدن	$P5 = -770 + 5/62X + 16/95Y + 0.0522Z$	۰/۹۱

در جدول فوق X طول جغرافیایی، Y عرض جغرافیایی و Z ارتفاع از سطح دریا می‌باشد.

### ارتفاع از سطح دریا

با استفاده از مدل رقومی ارتفاع، نقشه ارتفاع در استان‌های مورد مطالعه رسم گردید (شکل ۲). مناطقی که کمتر از ۱۰۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا دارند، کاملاً مناسب کاشت پاییزه چغندقند می‌باشند. این اراضی بیشتر در جنوب استان

### خراسان جنوبی واقع شده‌اند. با افزایش ارتفاع خصوصاً در ارتفاع

بیش از ۱۸۰۰ متری به دلیل کاهش دما خطر سرمازدگی افزایش می‌یابد. نواحی مرکزی دو استان مرتفع بوده و مناسب کاشت پاییزه نمی‌باشند.

**شیب**

نواحی جنوبی شهرستان‌های بیرجند و نهبندان سایر مناطق درجه روز رشد کمتری دریافت می‌نمایند. مناطقی که کمتر از ۲۰۰۰ واحد درجه روز رشد دریافت می‌نمایند جزو مناطق نامناسب کاشت پاییزه می‌باشند. اگر کاشت 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 می‌گردند. لذا نمی‌توان عملکرد بالایی را مشابه دزفول و ارزویه انتظار داشت (Orazizadeh 1997; Javaheri *et al.* 2006). انتظار بیشتری می‌توان در مناطق جنوب‌غربی خراسان جنوبی، پس از آن در جنوب خراسان رضوی، شرق، غرب و جنوب خراسان جنوبی می‌توان انتظار عملکرد بیشتری داشت (شکل ۴).

**شاخص تولید توده زیستی**

شکل ۵ نقشه پهنه‌بندی احتمال وقوع بیشتر از ۷۵ درصد شاخص قابلیت تولید زیست توده از کاشت تا برداشت در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی را نشان می‌دهد. نواحی که این شاخص در آن‌ها کمتر از ۱۷۵۰ واحد است، شرایط مناسبی برای رشد چغندرقد 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 مناسب‌تر برای کاشت پاییزه چغندرقد می‌باشند که شامل نواحی جنوبی شهرستان درگز و شمال شهرستان‌های قوچان و چناران و نوار باریکی در مرکز استان خراسان رضوی می‌باشند (شکل ۵).

**بهاره‌شدن**

شکل ۶ نقشه پهنه‌بندی احتمال وقوع کمتر از ۲۵ درصد مجموع ساعات بهاره‌شدن در مناطق مورد مطالعه را نشان می‌دهد. ارقام چغندرقد فقط در مناطق کوچکی از جنوب

چغندرقد در مرحله جوانه‌زنی به تغییرات رطوبتی حساس می‌باشد. در شیب‌های بالا روان آب افزایش یافته و استفاده از مکانیزاسیون بسیار مشکل می‌شود. هم‌چنین در اراضی شیب‌دار فرسایش به شدت افزایش می‌یابد. اراضی که شیب کمتر از هشت درصد دارند، مناسب کاشت بسیاری از گیاهان زراعی می‌باشند (Makhdoom 1995).

شکل ۳ نقشه شیب استان‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. اراضی که شیب کمتر از چهار درصد دارند جزو مناطق کاملاً مناسب جهت کاشت چغندرقد طبقه‌بندی می‌گردند. جنوب خراسان رضوی و شرق استان خراسان جنوبی بیشترین اراضی شیب کاملاً مناسب را دارا هستند. مناطقی که شیب بین چهار تا هشت درصد دارند برای زراعت چغندرقد مناسب هستند. شیب‌های بیش از ۱۲ درصد نامناسب کاشت بوده و جزو مناطق نامناسب کاشت پهنه‌بندی می‌گردند.

**درجه روز رشد**

چغندرقد برخلاف گیاهان گل انتهایی تاریخ رسیدگی تکنولوژیکی مشخصی ندارد. بنابراین مناطقی که محدودیت دماهای آخر فصل دارد محصول زودتر برداشت می‌گردد، در صورتی که درجه روز رشد کافی را دریافت نمایند جزو اراضی مستعد کاشت پاییزه می‌باشند. حتی این مناطق به علت اشغال کمتر زمین زراعی مزیت نسبی بهتری نیز دارند.

چغندرقد پاییزه از کاشت تا برداشت به ۲۵۰۰ تا ۲۹۰۰ درجه روز رشد نیاز دارد (Hossein pour 2007; Javaheri *et al.* 2006). در این تحقیق ابتدا درجه روز رشد از کاشت تا برداشت برای هر ایستگاه محاسبه گردید. سپس نقشه پهنه‌بندی رقومی احتمال وقوع بیشتر از ۷۵ درصد، واحدهای حرارتی جمعی بر حسب درجه روز رشد (ساعت) آن تهیه گردید (شکل ۴). همان‌طور که در شکل مشخص است به جز

و در صورت وقوع دماهای کمتر از ۱۵- درجه خسارت غیر قابل برگشت و بسیار شدیدی به زراعت پاییزه چغندر قند وارد خواهد گردید. شناسایی مناطق مناسب و کاملاً مناسب از روی شکل ۷ امکان‌پذیر می‌باشد.

### طول روز

شکل ۸ نقشه طول روز برحسب ساعت را دو هفته قبل از برداشت چغندر قند در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی نشان می‌دهد. مناطقی که طول روز در آن‌ها کمتر از ۱۳ ساعت است با خطر ساقه‌روی کمتر مواجه می‌باشند. جهت کاشت در این اراضی می‌توان از ارقام متحمل به ساقه‌روی نیز استفاده نمود. با افزایش طول روز احتمال ساقه‌روی به تدریج زیادتر شده و در صورتی که چغندر قند در طول فصل رشد بهاره شده باشد به راحتی تولید ساقه گل‌دهنده خواهد نمود. بنابراین در مناطقی که طول روز بیش از ۱۵ ساعت است ارقام بسیار مقاوم به ساقه‌روی بایستی کشت شوند.

### بارندگی

شکل ۹ پهنه‌بندی بارندگی را از کاشت تا برداشت در استان‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. جنوب شرقی استان خراسان جنوبی که جزو مناطق بسیار مطلوب برای کاشت پاییزه چغندر قند می‌باشد، کمترین بارندگی را دریافت می‌نماید و از این نظر جزو مناطق نامناسب به‌شمار می‌آید. مناطقی که به احتمال بالای ۷۵ درصد در طول فصل زراعی بارندگی بیش از ۱۹۰ میلی‌متر را داشته و جزو مناطق کاملاً مناسب طبقه‌بندی می‌گردند، اکثراً با ریسک بهاره‌شدن و یخ‌زدگی مواجه می‌باشند. در صورتیکه برای میزان بارندگی اهمیت بیشتری قائل شویم، بایستی به پهنه‌های مناسب کاشت که در مناطقی با بارش بیش از ۵۰ میلی‌متر واقع شده‌اند بیشتر توجه گردد. این پهنه‌ها که شرایط مناسبتری از نظر دریافت بارش بیشتر و همچنین خطر بهاره‌شدن و سرمازدگی کمتری دارند، بیشتر در جنوب و

استان خراسان جنوبی به آستانه بهاره‌شدن نرسیده و کمتر از ۱۴۰ ساعت سرمای مؤثر دریافت می‌کنند. این مناطق با ریسک کمی برای ساقه‌روی مواجه بوده و کاملاً مناسب کاشت پاییزه می‌باشند. مناطق مناسب مناطقی هستند که گیاه در دوره رشد خود تا ۱۷۰ ساعت بهاره‌شدن را تجربه می‌نماید (جنوب خراسان جنوبی). در این اراضی امکان کاشت ارقام متحمل به ساقه‌روی نیز وجود دارد. در مناطق با بیش از ۲۰۰ ساعت ارقام مقاوم هم بهاره شده و تولید ساقه گل‌دهنده خواهند نمود. لذا پیشنهاد می‌گردد در این مناطق کاشت ارقام بسیار مقاوم که به طول روز بالا برای ساقه‌روی نیاز دارند صورت پذیرد.

### یخ‌زدگی

یکی دیگر از مشکلات برای توسعه کاشت پاییزه چغندر قند علاوه بر ساقه‌روی، بقاء از نظر وقوع یخبندان در طی زمستان می‌باشد. 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 ۷).

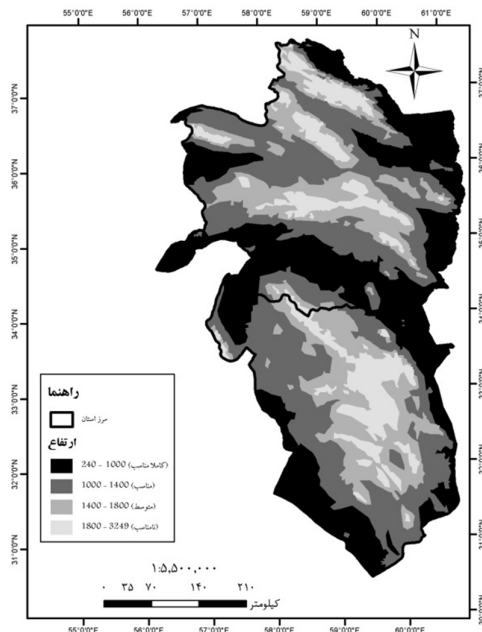
مناطق کاملاً مناسب محدوده‌هایی می‌باشند که به احتمال بالای ۷۵ درصد دما در طول فصل رشد به کمتر از ۷- نخواهد رسید. قسمت‌هایی از جنوب شهرستان بردسکن، نهبندان و بیرجند جزو این مناطق بوده و کاشت پاییزه در آن‌ها با مشکل یخ‌زدگی مواجه نمی‌گردد. مناطق مناسب نیز شامل شرق، غرب و جنوب استان خراسان جنوبی و جنوب خراسان رضوی و نواحی کوچکی در شمال شرق سرخس و غرب شهرستان سبزوار می‌باشد. در این نواحی نیز امکان کاشت پاییزه وجود دارد و خسارت سرما قابل برگشت می‌باشد، هرچند بر عملکرد اثر منفی می‌گذارد. مناطقی که به احتمال بالای ۲۵ درصد دمای آن‌ها به کمتر از ۱۵- درجه می‌رسد (بیشتر نواحی مرکزی دو استان) ریسک بسیار بالایی برای کاشت وجود دارد



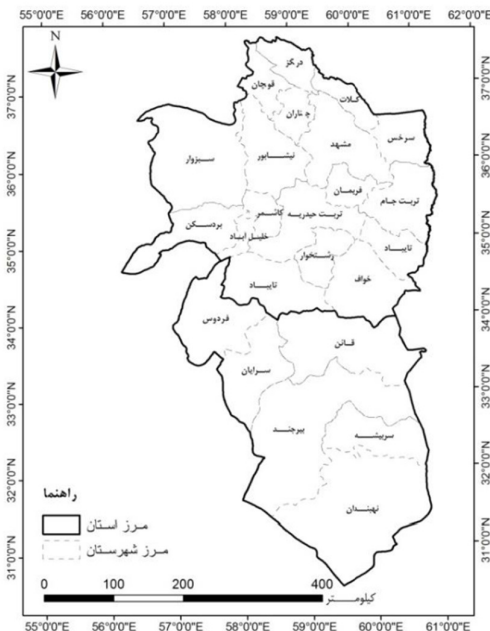
جنوب شرقی استان خراسان شمالی و همچنین در غرب و شرق خراسان جنوبی واقع شده اند (شکل ۹). مساحت و درصد کلاس‌های بارندگی در جدول ۲ آمده است.

جدول ۳ وزن عوامل اصلی، طبقات شاخص‌ها و استعداد لایه‌های مطالعاتی

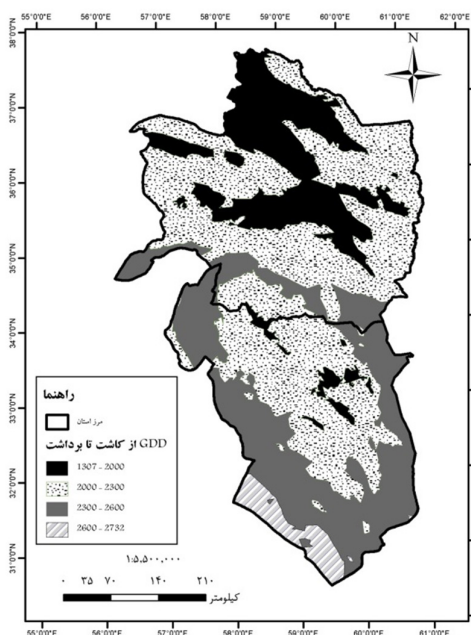
مساحت (کیومتر مربع)	مساحت (درصد)	وزن نهایی	درصد طبقات هر عامل	طبقات هر عامل	کلاس بندی لایه ها	وزن عامل اصلی	شاخص ها (عامل اصلی)
۲۴۴۳۸/۳۳	۱۲	۰/۱۰۳۹۵	۰/۴۹۵	۳۴۰-۱۰۰۰	بسیار مناسب	۰/۲۱	ارتفاع (متر)
۴۵۰۰۱/۸۱	۲۱	۰/۰۶۵۱	۰/۳۱۰	۱۰۰۰-۱۴۰۰	مناسب		
۷۵۸۹۳/۶۸	۳۶	۰/۰۲۸۱۴	۰/۱۳۴	۱۴۰۰-۱۸۰۰	متوسط		
۶۵۵۹۴/۶۴	۳۱	۰/۰۱۲۸۱	۰/۰۶۱	۱۸۰۰-۳۳۴۹	نامناسب		
۶۷۱۲/۰۲	۳	۰/۱۲۰۳۳	۰/۵۷۳	۰-۴	بسیار مناسب	۰/۲۱	شیب (درصد)
۱۰۶۰۱/۸۹	۵	۰/۰۵۶۹۱	۰/۲۷۱	۴-۸	مناسب		
۳۲۷۱۶/۴۳	۱۶	۰/۰۲۳۱	۰/۱۱۰	۸-۱۲	متوسط		
۱۵۴۰۳۶/۴	۷۵	۰/۰۰۹۴۵	۰/۰۴۵	>۱۲	نامناسب		
۱۰۱۶۸۰	۴۸	۰/۱۰۸۶۵۴	۰/۵۴۶	>۱۹۰	بسیار مناسب	۰/۱۹۹	بارندگی (میلیمتر)
۷۱۰۴۸	۳۴	۰/۰۴۶۱۶۸	۰/۲۳۲	۱۲۰-۱۹۰	مناسب		
۳۹۶۶۴	۱۴	۰/۰۲۷۴۶۲	۰/۱۳۸	۵۰-۱۲۰	متوسط		
۸۵۸۴	۴	۰/۰۱۷۶۴	۰/۰۸۴	<۵۰	نامناسب		
۱۲۵۷۱۳/۹	۶۰	۰/۰۵۸۱۴	۰/۵۱۰	<۱۴۰	بسیار مناسب	۰/۱۱۴	بهاره‌شدن (درجه روز رشد)
۵۷۹۳۸/۶۳	۲۷	۰/۰۳۰۸۹۴	۰/۲۷۱	۱۴۰-۱۷۰	مناسب		
۲۰۱۴۱/۲۶	۱۰	۰/۰۱۷۳۳۸	۰/۱۵۲	۱۷۰-۲۰۰	متوسط		
۷۱۶۴/۷۷۹	۳	۰/۰۰۷۶۳۸	۰/۰۶۷	>۲۰۰	نامناسب		
۱۰۲۶۴/۵۵	۵	۰/۰۴۱۶۷۷	۰/۵۸۷	>۷	بسیار مناسب	۰/۰۷۱	دمای حداقل (سانتیگراد)
۶۴۷۷۹/۳۱	۳۱	۰/۰۱۵۹۷۵	۰/۲۲۵	-۱۱-۷	مناسب		
۸۶۴۶۶/۹۴	۴۱	۰/۰۰۹۳۰۱	۰/۱۳۱	-۱۵-۱۱	متوسط		
۴۹۳۹۷/۶۴	۲۳	۰/۰۰۴۰۴۷	۰/۰۵۷	<-۱۵	نامناسب		
۲۴۴۳۸/۳۳	۱۲	۰/۰۴۲۸۸۴	۰/۶۰۴	۲۶۰۰-۲۷۳۳	بسیار مناسب	۰/۰۷۱	درجه-روز رشد (درجه روز)
۴۵۰۰۱/۸۱	۲۱	۰/۰۱۴۲۷۱	۰/۲۰۱	۲۳۰۰-۲۶۰۰	مناسب		
۷۵۸۹۳/۶۸	۳۶	۰/۰۰۸۵۹۱	۰/۱۲۱	۲۰۰۰-۲۳۰۰	متوسط		
۶۵۵۹۴/۶۴	۳۱	۰/۰۰۵۲۵۴	۰/۰۷۴	۱۳۰۷-۲۰۰۰	نامناسب		
۶۷۱۲/۰۲	۳	۰/۰۲۳۴۷۸	۰/۵۴۶	۲۰۰۰-۲۰۴۵	بسیار مناسب	۰/۰۴۳	شاخص زیست توده
۱۰۶۰۱/۸۹	۵	۰/۰۰۹۹۷۶	۰/۲۳۲	۱۹۰۰-۲۰۰۰	مناسب		
۳۲۷۱۶/۴۳	۱۶	۰/۰۰۵۹۳۴	۰/۱۳۸	۱۸۰۰-۱۹۰۰	متوسط		
۱۵۴۰۳۶/۴	۷۵	۰/۰۰۳۶۱۲	۰/۰۸۴	۱۵۶۳-۱۸۰۰	نامناسب		
۱۰۱۶۸۰	۴۸	۰/۰۳۹۸۵۲	۰/۴۸۶	۱۲/۷-۱۳	بسیار مناسب	۰/۰۸۲	طول روز (ساعت)
۷۱۰۴۸	۳۴	۰/۰۲۳۳۷	۰/۲۸۵	۱۳-۱۴	مناسب		
۳۹۶۶۴	۱۴	۰/۰۱۴۱۸۶	۰/۱۷۳	۱۴-۱۵	متوسط		
۸۵۸۴	۴	۰/۰۰۴۵۹۲	۰/۰۵۶	۱۵-۱۵/۷	نامناسب		



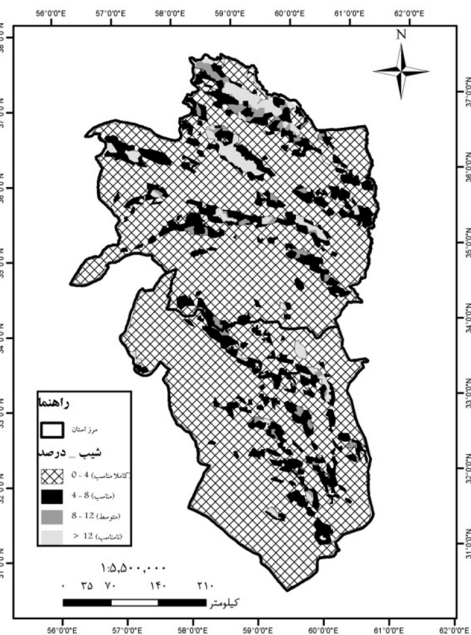
شکل ۲ نقشه کلاسه‌های ارتفاع (متر) استخراج شده از مدل رقومی ارتفاع در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی



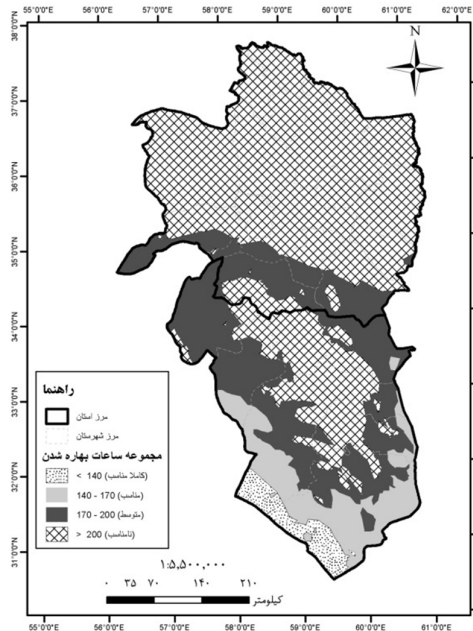
شکل ۱ نقشه مرز شهرستان و استان در مناطق مورد مطالعه



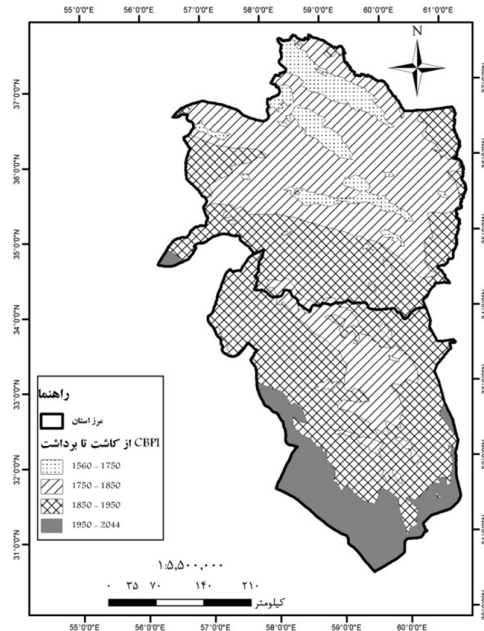
شکل ۴ نقشه پهنه‌بندی احتمال وقوع بیشتر از ۷۵ درصد واحدهای حرارتی تجمعی بر حسب درجه روز رشد (ساعت) از کاشت تا برداشت در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی



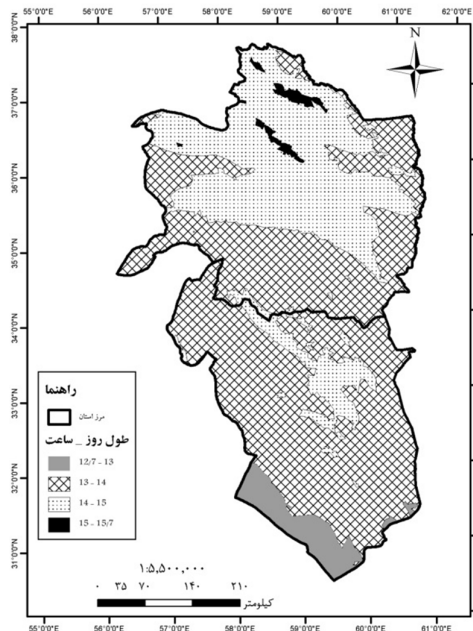
شکل ۳ نقشه کلاسه‌های شیب (درصد) استخراج شده از مدل رقومی ارتفاع در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی



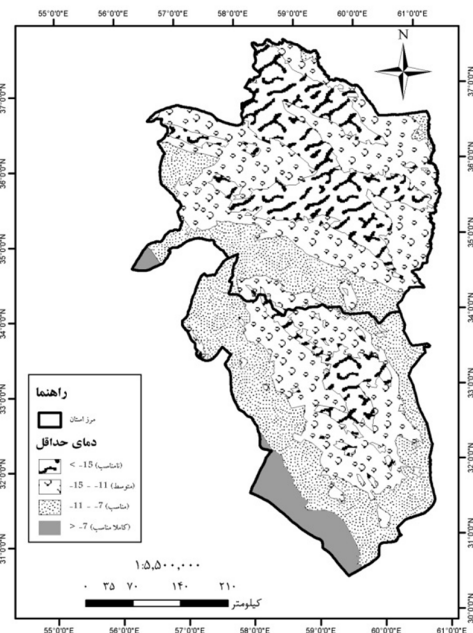
شکل ۶ نقشه پهنه‌بندی احتمال وقوع کمتر از ۲۵ درصد مجموع ساعات بهاره‌شدن از کاشت تا برداشت در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی



شکل ۵ نقشه پهنه‌بندی احتمال وقوع بیشتر از ۷۵ درصد شاخص قابلیت تولید زیست توده از کاشت تا برداشت در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی



شکل ۱ نقشه طول روز (ساعت) دو هفته قبل از برداشت در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی



شکل ۷ نقشه پهنه‌بندی احتمال وقوع ۲۵ درصد و کمتر، دماهای یخ زدگی بر حسب درجه سانتی‌گراد از کاشت تا برداشت در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی

## پهنه‌بندی مناطق مستعد

مناطق بسیار مناسب کشت چغندر قند فقط حدود پنج درصد کل مساحت استان‌های خراسان رضوی و جنوبی را تشکیل می‌دهند. این مناطق بیشتر شامل قسمت‌هایی در

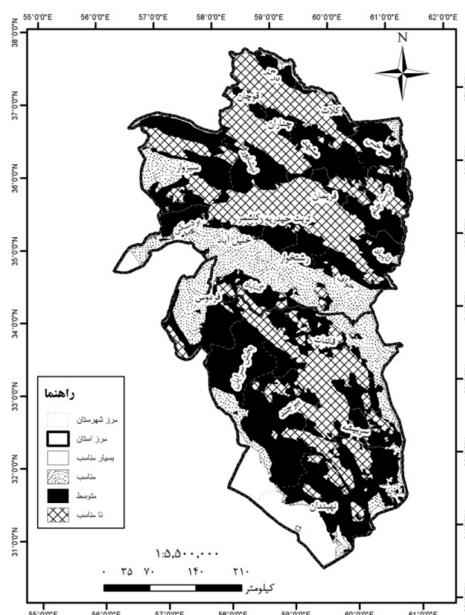
جنوب غربی و جنوب شرقی استان خراسان جنوبی می‌باشد (جدول ۴). در استان خراسان رضوی فقط قسمتی از جنوب غربی شهرستان بردسکن برای کاشت پاییزه چغندر قند کاملاً مناسب می‌باشد (شکل ۱۰).

جدول ۴ استعداد اراضی استان‌های خراسان رضوی و جنوبی جهت کاشت پاییزه چغندر قند

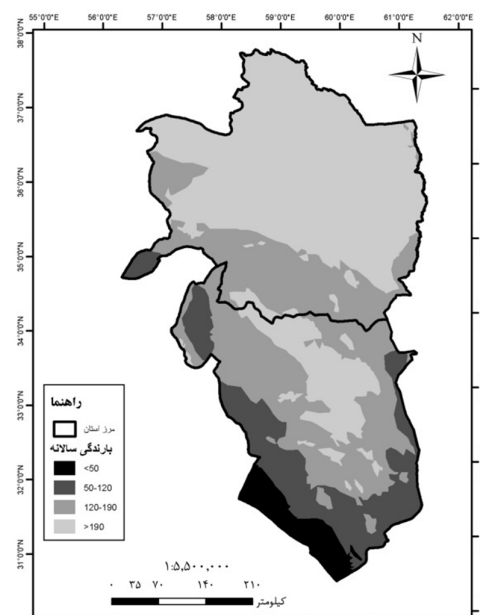
استعداد اراضی	استعداد اراضی به درصد	مساحت (کیلومتر مربع)
بسیار مناسب	۴/۹۰	۹۹۶۴/۲۵
مناسب	۱۶/۷۴	۳۴۱۷۶/۱۳
متوسط	۴۷/۹۸	۹۷۹۴۵/۶۹
نامناسب	۳۰/۳۸	۶۲۰۱۳/۸۸

مناطق مناسب نیز که ریسک قابل قبولی برای کاشت پاییزه چغندر قند داشته ولی از پتانسیل عملکرد و عملکرد شکر سفید کمتری در هکتار نسبت به مناطق بسیار مناسب برخوردار می‌باشند، این اراضی شامل قسمت‌هایی از شهرستان سبزوار، شمال شرقی شهرستان سرخس و همچنین نواری در جنوب

استان خراسان رضوی می‌باشد. همچنین قسمت‌های زیادی از شرق استان خراسان جنوبی این شرایط را دارد (شکل ۱۰). اراضی که استعداد متوسطی برای کاشت پاییزه چغندر قند را دارا می‌باشند قسمت بزرگی از خراسان رضوی و نواحی نزدیک به مرکز خراسان جنوبی و غرب آن را شامل می‌شوند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ نقشه پهنه‌بندی استعداد مناطق مستعد کاشت چغندر قند پاییزه در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی



شکل ۹ نقشه پهنه‌بندی مجموع بارندگی (میلیمتر) از کاشت تا برداشت در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی

و پابلوت‌های اجرا شده (بر اساس ساقه‌روی و خصوصیات کمی و کیفی ریشه) در این استان‌ها، به پهنه‌های مشابه محل‌های اجرای آزمایشات است.

### سیاسگزاری

بدین‌وسیله از مسئولین و محققین مؤسسه تحقیقات چغندر قند و سایر همکاران که در تمام مراحل اجرای این تحقیق همکاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد در صورت استفاده از ارقام مقاوم و متحمل به ساقه‌روی امکان کاشت پاییزه چغندر قند در مساحت قابل توجهی از مناطق مورد مطالعه وجود دارد. با توجه به تعداد کارخانه‌های قند استان‌های خراسان رضوی و جنوبی، کاشت پاییزه چغندر قند در این استان‌ها باعث افزایش بهره‌وری و اشتغال‌زایی مناسب می‌گردد. جهت توسعه این زراعت 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

### References:

### منابع مورد استفاده:

- Abe J, Guan GP, Shimamoto Y. A gene complex for annual habit in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Euphytica*, 1997.94: 129-135.
- 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.
- Bell GDJ. Induced bolting and anthesis in sugar beet and the effect of selection of physiological types. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 1946. 36, 167-83.
- Bishnoi OP. *Applied agro-climatology*. Oxford Book Company. Jaipur, India. 2010. pp540.
- 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.
- Cooke DA, Scott RK, *Sugar beet crop: Science in to practice*, Chapman and Hall, London. 1993.
- Cornwall C, Horiuchi A, Lehman C. "NOAA Solar Calculator". U.S.A: Department of Commerce. 27 Aug 21 12. [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.

- Franks SJ, Sim S, Weis AE. Rapid evolution of flowering time by an annual plant in response to a climate fluctuation. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*. 2007. 104: 1278–1282.
- Heide OM, Sonstebly A. Interactions of temperature and photoperiod in the control of flowering of latitudinal and altitudinal populations of wild strawberry (*Fragaria vesca*). *Physiologic Plant Arum*, 2007.130: 280–289.
- Helali J. Relationships GDD values (GDD) and growing degree hours (GDH) of wheat in two climatic zones (MA thesis), Department of Irrigation and Reclamation. Tehran University; 2008. (in Persian)
- Hossein poor M. Effect of nitrogen management of irrigation water and period growth during on water and light use efficiency in winter sugar beet (PhD thesis), Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University; 2007. (In Persian, abstract in English)
- Hundal SS, Singh R, Dhaliva L.K. Agro-climatic indices for predicting phenology of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Punjab. *Journal of Agricultural Sciences*, 1997.67: 265- 268.
- Jaggard KW, Werker AR. An evaluation at the potential benefits and of autumn–sown sugar beet in NW. *Journal of Agricultural Sciences*, 1999. 132: 91-102.
- 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 Sciences*, 1983. 161:101-147.
- 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)
- Kaffka S. Sugar beet production and the environment. 1996. Annual Report of the California Sugar Beet Growers Association.
- Khalili A. Anew index for quantifying human climate comfort and it's three-dimensional analysis for west zagros region (Iran), 17 th international congress of biometeorology ICB, Volume 1, 2005.pp267-269.
- 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, Abstract in English)
- Koulivand M. The sugar beet crop. Press and Cultural department of Shahid Beheshti University Jihad. 1988. pp 246. (in Persian)
- Makhdoom M. Infrastructure and land logistics. Tehran University Press. 1995. (in Persian)

- Milford GFJ, Jarvis PJ, Walters CA. Vernalization-intensity model to predict bolting in sugar beet. *Journal of Agricultural Sciences*, 2010. 148:127–137.
- Marquardt S, Boss PK, Hadfield J, Dean C. Additional targets of the Arabidopsis autonomous pathway members, FCA and FY. *Journal of Experimental Botany*, 2006. 57, 3379–3396.
- Orazizadeh MR. Determination of the most appropriate sowing date of seed of three monogerm cultivars of sugar beet for obtains the best plant density per hectare. Final report No. 7934 .Agricultural research center Safiabad of Dezful. 1997. (in Persian)
- 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 beet and 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.
- Sanjani S. Agro-Ecological zoning and yield gap for wheat, sugar beet and corn in Khorasan Province (PhD thesis). Faculty of Agriculture, Ferdosi University; 2013. (In Persian, abstract in English)
- 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 dailiny rainfall for New Zealand using a climatological rainfall surface. *International. Journal of Climatology*. 2006. pp 2097-2115.
- Van Dijk H. Evolutionary change in flowering phenology in the iteroparous herb *Beta vulgaris* ssp. *maritima*: a search for the underlying mechanisms. *Journal of Experimental Botany*, 2009. 60(11): 3143–3155.