



Suitable Site Selection for Autumn Sugar Beet Cultivation in Golestan Province

Mohsen Azizi¹ | Hosein Mohammadi^{2✉} | Dariush Taleghani³

1. Ph.D. in Agricultural Meteorology, Kish International Campus, University of Tehran, Kish, Iran. **E-mail:** azizimohsen3@gmail.com
2. Corresponding author, Department of Physical Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran. **E-mail:** hmmohammadi@ut.ac.ir
3. Associate professor of Sugar Beet Seed Institute (SBSI), Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. **E-mail:** dftaleghani@yahoo.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article Article history: Received 2023/05/08 Received in revised 2024/02/15 Accepted 2024/09/07 Published 2024/09/08 Published online 2025/09/23 Keywords: Golestan province, rain, autumn sugar beet temperature, Susceptible areas.	The aim of this research is to identify potential areas for autumn sugar beet cultivation in Golestan Province, Iran, based on temperature and precipitation parameters. Temperature (daily) and precipitation (annual) data from a 15-year statistical period (2006–2020) were analyzed using methods such as thermal potential diagrams, deviation from optimal conditions, phenology, and zoning of irrigation requirements based on annual rainfall. The results of the temperature evaluation using the thermal potential method, based on thermal thresholds of 0°C, 4°C, and 10°C, revealed that Inche Brun station has the highest cumulative thermal units, while Aliabad Katul station has the lowest. Analysis of the probability of late spring frost at the 95% confidence level showed that frost events occurring at the end of April in the central, eastern, northern, northeastern, and western parts of Golestan Province coincide with the phenological stages of root bulking and sugar accumulation in sugar beet. Based on the deviation from optimal conditions, Inche Brun station exhibited the lowest deviation (-20.64), indicating more favorable conditions for sugar beet cultivation. Phenological analysis identified Gonbadkavus, Bandar Turkman, Kalaleh, Inche Brun, and Bandar Gaz as the most suitable areas for autumn sugar beet cultivation in Golestan Province. Rainfall evaluations using the annual rainfall zoning map of Golestan Province indicated that, while there are no significant limitations in terms of rainfall and water supply for autumn sugar beet cultivation, the recent multi-year droughts necessitate additional irrigation to ensure optimal growth. In conclusion, this study highlights the potential for autumn sugar beet cultivation in specific areas of Golestan Province, taking into account thermal conditions, frost risks, and rainfall patterns. However, supplementary irrigation is recommended to address water shortages caused by prolonged droughts.
Cite this article: Aziz, Mohsen., Mohammadi, Hosein., & Taleghani, Dariush. (2025). Suitable Site Selection for Autumn Sugar Beet Cultivation in Golestan Province. <i>Journal of Applied researches in Geographical Sciences</i>, 25 (78), 324-343. DOI: http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.78.8	
© The Author(s). Publisher: University of Kharazmi. DOI: http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.78.8	



Extended Abstract

Introduction

Sugar beet (*Beta vulgaris*) is a dicotyledonous plant belonging to the Chenopodiaceae family (Zicari et al., 2019). It is a versatile crop that can be integrated into agricultural rotation systems to optimize land and resource utilization (Pelka et al., 2015). Sugar beet is known for its adaptability to various environmental stresses, including water stress (Varucha et al., 2018), frost resistance (Webster et al., 2016), and even salt stress (Mall et al., 2021). Iran is one of the six countries globally where sugar beet can be cultivated in two distinct seasons: spring (planted in spring and harvested in autumn) and autumn (planted in autumn and harvested in spring) (Taleghani et al., 2016). Among these, autumn sugar beet cultivation offers significant advantages, particularly in terms of water use efficiency. The most critical factor that underscores the superiority of autumn sugar beet cultivation over spring cultivation in Iran is the optimal utilization of rainfall during the growth period, which enhances water consumption efficiency (Taleghani et al., 2016). This makes autumn cultivation a more sustainable and economically viable option for farmers in regions with specific climatic conditions.

Material and Methods

This study will employ Geographic Information System (GIS) software to examine the impact of temperature and precipitation on the cultivation of autumn sugar beet in Golestan province. A dataset spanning 15 years has been utilized to analyze the phenological stages of autumn sugar beet, assess thermal units, evaluate the thermal potential of the region, and determine deviations from optimal conditions along with the number of active growing days. To investigate the agroclimatic conditions pertinent to autumn sugar beet cultivation in the designated study areas, the required statistics and data from selected synoptic stations within the comprehensive network of meteorological stations across Golestan province were employed. This network includes eight synoptic stations: Hashemabad, Gonbadkavus, Kalaleh, Marave Tepe, Aliabad Katul, Bandar Turkman, and Gorgan Airport. Meteorological data collected during the statistical period from 2006 to 2020 were utilized for this research. Figure 1 illustrates the locations of the synoptic stations within Golestan province.

Results and Discussion

The results indicate that altitude is a significant factor influencing temperature and, consequently, cumulative heat units in Golestan Province. Among the studied stations, Inche Brun, with an elevation of 7 meters, recorded the highest cumulative thermal units for temperature thresholds of 4°C and 10°C, at 53,515.5 and 49,447 units, respectively. In contrast, Aliabad Katul station had the lowest cumulative thermal units for the same thresholds, at 48,883.3 and 45,262.3 units, respectively. Based on these findings, Inche Brun station exhibits the least deviation from optimal conditions and is the most suitable location for autumn sugar beet cultivation in Golestan Province. This station outperforms others during key phenological stages, including budding, eight-leaf formation, root bulking, sugar



accumulation, and full ripening. Other stations in the province show higher deviations from optimal conditions, making them less favorable for cultivation. In terms of phenological suitability, areas receiving less than 2,000 degree days of growth are deemed unsuitable for autumn sugar beet cultivation, as they would result in significantly lower yields. The optimal planting period for autumn sugar beet in Golestan Province is from mid to late autumn, before the onset of the first autumn frost. Specifically, the best planting times are early November for low-altitude and central regions of the province, and mid-October for higher-altitude areas. Favorable regions for autumn sugar beet cultivation in Golestan Province include the central, eastern, northern, northeastern, and western areas. These regions are well-suited for cultivation due to their environmental characteristics and alignment with the biological requirements of the autumn sugar beet plant. Conversely, the southern and southwestern parts of the province are unsuitable for this crop due to unfavorable climatic and phenological conditions. In summary, this study highlights the importance of altitude and thermal conditions in determining the suitability of regions for autumn sugar beet cultivation. Inche Brun emerges as the most optimal location, while other areas require careful consideration of planting times and environmental factors to achieve successful cultivation.

Conclusion

Favorable areas for autumn sugar beet cultivation in Golestan Province include the central, eastern, northern, northeastern, and western regions. These areas are well-suited for cultivation due to their alignment with the environmental and biological requirements of the autumn sugar beet plant. An analysis of rainfall patterns in Golestan Province, based on long-term average annual rainfall zoning maps, indicates that there are no significant limitations in terms of rainfall and water supply for autumn sugar beet cultivation. However, considering the recent multi-year droughts, additional irrigation is necessary to ensure optimal growth and yield of the crop. In summary, while Golestan Province generally has favorable conditions for autumn sugar beet cultivation, the increasing frequency of droughts necessitates supplementary irrigation to address water shortages and support sustainable agricultural practices. This approach will help maximize the potential of autumn sugar beet cultivation in the region.



پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت پاییزه چغندر قند در استان گلستان

محسن عزیزی^۱، حسین محمدی^۲، داریوش طالقانی^۳

۱. دکتری آب‌وهواشناسی کشاورزی، پردیس بین‌الملل کیش دانشگاه تهران، کیش، ایران. رایانامه: azizimohsen3@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: hmmohammadi@ut.ac.ir
۳. دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: dftaleghani@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	هدف از پژوهش حاضر نشان دادن مناطق مستعد برای کشت چغندر قند پاییزه در استان گلستان با توجه به پارامترهای دما و بارش است. بدین منظور از آمار درجه حرارت (روزانه) و بارش (سالانه) با طول دوره آماری ۱۵ ساله (۱۳۸۵-۱۳۹۹) استفاده شد. جهت تحلیل داده‌ها از روش‌های نمودارهای پتانسیل گرمایی، انحراف از شرایط بهینه، فنولوژی و پهنه‌بندی استان گلستان از نظر میزان آبیاری در طول رشد از داده‌های سالانه بارش استفاده شد. نتایج ارزیابی دما با استفاده از روش پتانسیل گرمایی بر اساس آستانه حرارتی، صفر، ۴ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد در سطح ایستگاه‌های استان گلستان نشان داد: ایستگاه اینکه برون دارای بیشترین واحد حرارتی تجمعی و ایستگاه علی‌آباد کنترل دارای کمترین واحد حرارتی تجمعی هستند. بررسی تاریخ احتمال وقوع یخبندان دیررس بهاری در سطح ۹۵ درصد نشان داد که به دلیل رخداد آن در اواخر فروردین‌ماه در مرکز، شرق و شمال و شمال شرقی و غرب استان گلستان مصادف با مرحله فنولوژیکی حجیم شدن ریشه و تجمع قند می‌باشد. همچنین بر اساس انحراف از شرایط بهینه در استان گلستان ایستگاه اینکه برون دارای کمترین انحراف (۲۰/۶۴-) محاسبه گردید. همچنین از نظر فنولوژی در مرحله جوانه زدن، شش برگ، حجیم شدن ریشه و تجمع قند و رسیدن کامل گیاه چغندر قند پاییزه در استان گلستان مناطق مساعد کشت چغندر قند پاییزه استان گلستان شامل گنبد کاووس، بندر ترکمن، کلاله، اینکه برون و بندر گز مشخص گردیدند. همچنین ارزیابی‌ها از نظر بارش با توجه به نقشه‌ی پهنه‌بندی سالانه بارش‌های استان گلستان می‌توان نتیجه گرفت از نظر بارشی و تأمین آب مورد نیاز چغندر قند پاییزه محدودیت زیادی متوجه استان گلستان نیست البته با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر چندساله کشت این گیاه در مناطق مستعد.
کلیدواژه‌ها: استان گلستان، بارش، چغندر قند پاییزه، دما، مناطق مستعد.	استان گلستان نیاز به آبیاری تکمیلی جهت رشد را دارد.

استناد: عزیزی، محسن؛ محمدی، حسین؛ و طالقانی، داریوش (۱۴۰۴). پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت پاییزه چغندر قند در استان گلستان. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۵ (۷۸)، ۳۲۴-۳۴۳.

<http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.78.8>



© نویسندگان

ناشر: دانشگاه خوارزمی تهران.

مقدمه

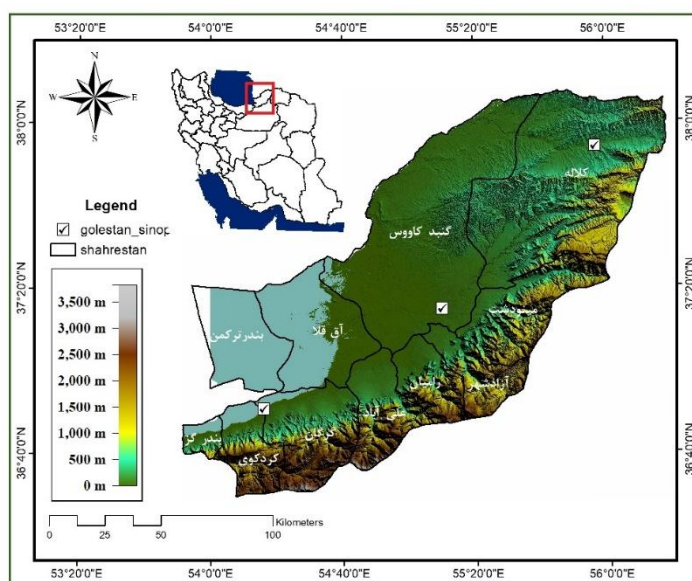
چغندر قند یک گیاه دولپه‌ای متعلق به خانواده اسفنجیان است (زیکاری^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). چغندر قند محصولی است که می‌توان آن را به‌عنوان یکی از محصولات تناوب متعدد به‌منظور بهره‌برداری کامل از زمین و منابع در یک سیستم کشاورزی کاشت (پلکا^۲ و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین، این گیاه بسیار سازگار در برابر تنش آبی (میسرا^۳ و همکاران، ۲۰۲۳)، مقاوم در برابر یخبندان (وبستر^۴ و همکاران، ۲۰۱۶)، یا حتی به تنش شوری مقاوم است (زیماریووا^۵ و همکاران، ۲۰۱۸؛ مال و همکاران، ۲۰۲۱). ایران یکی از شش کشور جهان محسوب می‌شود که می‌توان چغندر قند را به دو صورت بهاره (کاشت در بهار و برداشت در پاییز) و پاییزه (کاشت در پاییز و برداشت در بهار) کشت کرد (حسنوندی و همکاران، ۱۴۰۱). در ایران، مهم‌ترین عاملی که می‌توان آن را به‌عنوان شاخصی بارز برای اولویت و برتری کشت پاییزه چغندر قند نسبت به کشت بهاره معرفی کرد، استفاده بهینه از نزولات آسمانی در طول دوره رشد و کار آبی بیشتر مصرف آب در زراعت چغندر قند پاییزه است (سلطانی و همکاران، ۱۴۰۰). پهنه‌بندی اگرواکولوژیکی 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 کند (شفاپور و همکاران، ۱۴۰۱). چغندر قند پاییزه یکی از منابع اصلی تولید شکر است که آب مصرفی آن در نقاط مختلف دنیا بین ۵۵۰ تا ۲۱۰۰ میلی‌متر متغیر است (پجیک^۶ و همکاران، ۲۰۱۱؛ ساهین^۷ و همکاران، ۲۰۱۴). این گیاه به دامنه وسیعی از شرایط اقلیمی سازگار است و به‌محض استقرار، به شوری متحمل بوده و در تنش آبی ملایم، می‌تواند عملکرد اقتصادی تولید کند (وامرالی^۸ و همکاران، ۲۰۰۹). در آب‌وهوای گرم یا مدیترانه‌ای، چغندر پاییزه را می‌توان در پاییز کاشت و در بهار، تابستان یا پاییز آینده برداشت کرد (آبکووا^۹ و همکاران، ۲۰۱۹). (ادیبی فرد و همکاران، ۱۳۹۸) در تحقیقی با عنوان مطالعه شرایط اقلیمی استان فارس برای توسعه کشت پاییزه چغندر قند پاییزه با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی نتایج آن‌ها نشان داد مناطق مرکزی، شرقی، غربی و تا حدودی مناطق جنوبی شامل شهرستان‌های فیروزآباد، فسا، نیریز، جهرم، فراش بند، زرین‌دشت، داراب و فیروکارزین به‌عنوان مناطق مستعد جهت کشت چغندر قند پاییزه شناسایی شدند. (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۹) در تحقیقی با عنوان مدل‌سازی پتانسیل و خلأ عملکرد چغندر قند پاییزه در ایران را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه دست یافتند که مدل‌سازی میزان تولید پتانسیل و خلأ محاسبه‌شده عملکرد چغندر قند پاییزه در ایران به ترتیب ۳۹/۱۱ و ۲۳/۶ میلیون تن برآورد کرد. عملکرد واقعی و عملکرد پتانسیل چغندر قند پاییزه به ترتیب ۶۶/۴۶ و ۹۹/۱۰۲ تن در هکتار و در نتیجه خلأ عملکرد چغندر قند پاییزه در ایران با ۳۲/۵۶ تن در هکتار با عملکرد نسبی ۴۵ درصد برآورد شد. پهنه‌بندی اگرواکولوژیک به‌منظور تعیین امکان کشت پاییزه چغندر قند پاییزه در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی نشان داد ۴/۹ اراضی کاملاً مناسب، ۱۶/۷۴ مناسب و ۴۷/۹۸ درصد اراضی متوسط می‌باشند. ۳۰/۳۸ درصد کاملاً نامناسب است (جواهری و همکاران، ۱۳۹۴). (حسین زاده فضل و همکاران، ۱۳۹۹) در آزمایشی برای ارزیابی امکان کاشت پاییزه چغندر قند پاییزه در استان البرز نشان دادند کاشت پاییزه چغندر قند پاییزه را در منطقه کرج و مناطق مشابه از نظر اقلیمی، به دلیل سرمازدگی و درصد ساقه روی بالا توصیه نمی‌کند. مناسب‌ترین شرایط جغرافیایی برای رشد چغندر در جایی یافت می‌شود که خاک عمیق، شکننده، زهکشی شده و حاوی نسبت معینی آهک باشد (وارگا^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۰؛ راشوفسکی^{۱۱} و همکاران، ۲۰۲۱؛ استوشی^{۱۲} و همکاران، ۲۰۲۰).

¹ Zicari² Pelka³ Misra⁴ Webster⁵ Zymarioieva⁶ Pejic⁷ Sahin⁸ Vamerali⁹ Abekova¹⁰ Varga¹¹ Rašovský¹² Stoši

کریستک^{۱۳} و همکاران، ۲۰۲۰؛ جوگ^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۸). در ایران به علت سیاست‌گذاری‌های نادرست در مورد کشاورزی میزان برداشت محصولات کشاورزی بسیار کم و ناچیز یا به صورت نامرغوب انجام می‌شود. هدف از این مطالعه شناسایی توانمندی‌ها و محدودیت‌های اقلیم کشاورزی گیاه چغندر قند پاییزه در استان گلستان با توجه به پارامترهای اقلیمی (دما و بارش) و با روشن کردن مناطق مرغوب یا با کشف مناطق مناسب راهکارهای مناسب را در اختیار برنامه ریزان امر کشاورزی قرار دهد

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور تأثیر دما و بارش بر زراعت چغندر قند پاییزه در استان گلستان با استفاده از نرم افزار GIS انجام خواهد شد. برای بررسی مرحله فنولوژی چغندر قند پاییزه، تحلیل واحدهای گرمایی، پتانسیل گرمایی منطقه، انحراف از شرایط بهینه و درجه روزهای فعال از آمار ۱۵ ساله استفاده شده است. در این تحقیق به منظور بررسی شرایط آگروکلیمایی کشت چغندر قند پاییزه در مناطق مورد مطالعه، آمار و داده‌های لازم ایستگاه‌های سینوپتیکی منتخب از شبکه جامع ایستگاه‌های هواشناسی برای کل استان گلستان شامل ۸ ایستگاه سینوپتیک هاشم‌آباد، گنبد کاووس، کلاله، مراوه‌تپه، علی‌آباد کتول، بندر ترکمن، فرودگاه گرگان، اینچه برون استفاده شد. برای این پژوهش از داده‌های هواشناسی طی دوره آماری ۱۳۸۵-۱۳۹۹ استفاده گردید. شکل (۱) موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک استان گلستان را نشان می‌دهد.



شکل (۱). موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی منتخب استان گلستان منبع: نگارندگان، سال ۱۴۰۱

روش پتانسیل گرمایی

با توجه به اهمیت شرایط حرارتی در کشاورزی و برای بررسی خصوصیات حرارتی منطقه، از ۱۵ سال آمار درجه حرارت حداقل و حداکثر روزانه برابر با ۳۶۵۰ مورد دیده‌بانی روزانه هشت ایستگاه هواشناسی منتخب از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۹ میانگین آن‌ها در محیط نرم افزار Excel بررسی شده است. پس از آن تاریخ‌های وقوع حدود مورد نظر (صفر، ۴ و ۱۰) مشخص

¹³ Kristek

¹⁴ Jug

و سپس از طریق روش جمع‌بندی درجه حرارت تا تاریخ وقوع همان رخدادها مقادیر محاسبه و به صورت نمودار ارائه گردیدند. با شناسایی و تعیین پتانسیل‌های گرمایی هر منطقه می‌توان هرگونه گیاهی با داشتن شرایط فنولوژی با این نمودارها سنجید و ریتم و آهنگ رشد آن را به دست آورد. در این مورد مجموع ماهانه و سالانه درجه حرارت فعال و بالای صفر، ۴ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد و همین‌طور مجموع سالانه درجه حرارت‌های فعال و کمتر از صفر که از نقطه‌نظر کشاورزی حائز اهمیت است محاسبه‌شده و به صورت جدول پتانسیل گرمایی برای هر ایستگاه ترسیم گردید. (عزیزی، محمدی، طالقانی، ۱۴۰۱).

روش گرادیان حرارتی

با استفاده از روش رگرسیون خطی ضرایب تغییرات درجه حرارت همراه با ارتفاع برای ماه‌های سال و کل سال محاسبه‌شده است. برای محاسبه معادله خط از رابطه شماره (۱) استفاده‌شده است:

$$(y = ax + b) \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه (۱) (y) برای مقدار مورد انتظار (متغیر وابسته) (x) مهم‌ترین متغیری که بر اساس آن پیش‌بینی صورت می‌گیرد (متغیر مستقل) (a) ضریب ثابت که به عنوان عرض از مبدأ خوانده می‌شود و (b) شیب خط یا گرادیان حرارتی است. (عزیزی، ۱۳۹۲).

برای محاسبه a و b از روابط شماره (۲ و ۳) استفاده می‌شود:

رابطه (۲)

$$a = \frac{\sum(y) \sum(X^2) - \sum(x) \sum(xy)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

رابطه (۳)

$$b = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

روش انحراف از شرایط بهینه

در این روش برای به دست آوردن بهینه‌های مقاطع زمانی مختلف، ابتدا درجه حرارت‌های بهینه تعیین گردیده و سپس با در نظر گرفتن میانگین آمار روزانه، مقادیر انحراف از شرایط بهینه برای دهه‌های مختلف همراه محاسبه گردد، بدین منظور ابتدا همراه را به سه دهه مختلف تقسیم کرده و سپس میانگین هر کدام از دهه‌ها را محاسبه نموده؛ که جمعاً برای هر ایستگاه میانگین ۳۶ دهه محاسبه می‌شود. در مرحله بعد سپس اختلاف میانگین‌های به دست آمده از حدود بهینه محاسبه و در نتیجه میزان انحراف از شرایط بهینه برای مقاطع زمانی فوق به دست می‌آید و نتایج آن به صورت جدول مشخص می‌گردد (شائمی برزکی و همکاران، ۱۴۰۲).

روش ضریب حرارتی یا مجموع درجه روزهای فعال

با توجه به اینکه مجموع درجه حرارت‌های مثبت از آغاز بیداری تا برداشت و با توجه به اینکه قصد کشت چغندر قند پاییزه داریم، محصول چغندر قند پاییزه باید به ۲۹۰۰ درجه - روز برسد؛ بنابراین در این پژوهش از روش‌های محاسبه درجه روز استفاده‌شده است. در این تحقیق از بین روش‌های متداول جهت برآورد واحدهای حرارتی از روش فعال استفاده‌شده است.

الف- مجموع درجه روزهای فعال

برای جمع‌بندی درجه حرارت، کلیه مقادیر درجه حرارت‌های روزانه (بدون کسر کردن درجه حرارت‌های پایه) و در طی ایام رویش فعال با یکدیگر جمع می‌شود. رابطه (۴ و ۵) محاسباتی به ترتیب زیر استفاده شد.

رابطه (۴)

$$\frac{T_{Min} + T_{Max}}{2} > = T_t \text{ در صورتی که } \frac{T_{Min} + T_{Max}}{2}$$

که در رابطه (۴) به ترتیب t_{min} ، t_{max} معادل حداقل دما روزانه و حداکثر دمای روزانه و T_t دمای زیستی رابطه است. در روش درجه حرارت‌های فعال که در این تحقیق نیز از آن استفاده شده است؛ مجموع درجه حرارت‌های روزانه با مقادیر مثبت به کار رفته؛ اما فقط برای روزهایی که درجه حرارت متوسط از آستانه زیست‌شناسی یا نقطه صفر بیولوژیک بیشتر باشد. کلیه مقادیر بیشتر از ۴ درجه سانتی‌گراد محاسبه خواهد شد و کلیه مقادیر کمتر از ۴ درجه سانتی‌گراد محاسبه نخواهد شد. (حجازی زاده، علیقلی، فتح‌الله طالقانی، ۱۳۹۶)

ب- روش تعیین طول درون مراحل در مطالعات فنولوژی

به‌منظور تعیین مدت‌زمان لازم بین دو مرحله فنولوژیک یا (درون مرحله) بر اساس مینیمم درجه حرارت، از رابطه (۵) استفاده می‌شود: (عزیزی، محمدی، طالقانی، ۱۴۰۱).

$$n = \frac{A}{T - B} \quad \text{رابطه (۵)}$$

n مدت‌زمان لازم بین دو مرحله فنولوژی (A) ضریب حرارتی برای تکمیل آن مرحله (B) آستانه زیست‌شناسی محصولات (T) درجه حرارت روزانه.

پهنه‌بندی استان گلستان از نظر میزان آبیاری در طول رشد چغندر قند پاییزه بر اساس بارش

آگاهی از دوره‌های مرطوب و خشک به میزان زیاد عامل افزایش کارایی آبیاری در کشت آبی برای افزایش عملکرد چغندر قند پاییزه می‌گردد. بر اساس داده‌های بارش سالانه ۱۵ ساله نمودار بارش برای هر ایستگاه ترسیم شده و با استفاده از نرم‌افزار GIS نقشه‌های هم‌بارشی نیز با روش IDW ترسیم می‌گردد و بر اساس میزان بارش طی فصل رشد (بر اساس ۷۰۰ میلی‌متر بارش طی فصل رشد) به‌منظور میزان آبیاری چغندر قند پاییزه در استان گلستان از نظر بارشی تعیین شد. سپس با استفاده از روش ترکیب خطی وزن دهی شده (WLC) به فاکتورهای دما و بارش وزن داده شد و در نهایت نقشه مناطق مساعد کشت چغندر قند پاییزه از نظر بارش در استان گلستان تعیین گردید (عزیزی، محمدی، طالقانی، ۱۴۰۱).

نتایج و بحث

نتایج ارزیابی پهنه‌بندی کشت چغندر قند پاییزه از نظر دما در استان گلستان

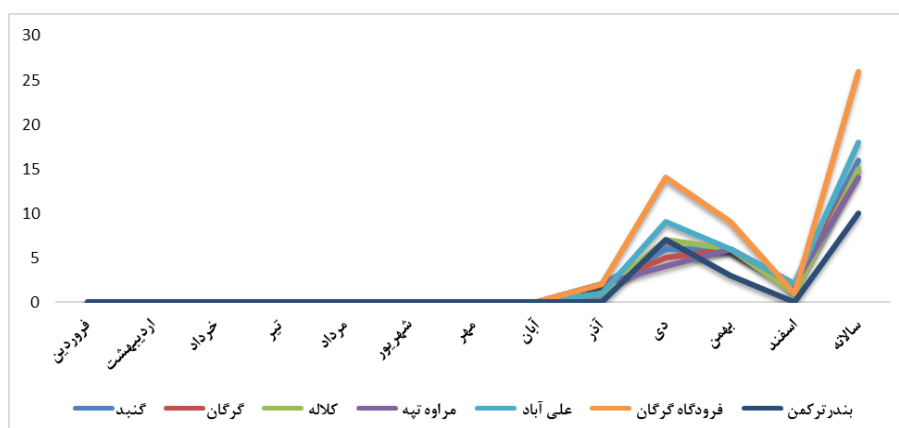
یخبندان

یخبندان پارامتری است که می‌تواند در ابعاد کمی و کیفی مورد مطالعه قرار گیرد. کمیت یخبندان در ابعاد زمانی منحصر به تعداد روزهای پیدایش این پدیده می‌گردد. در ابعاد مکانی یخبندان با سطوح آزاد آب یخ‌زده و همچنین با وسعت زمین‌هایی که ذرات آب موجود در خاک آن‌ها یخ‌بسته است، کمیت مقداری می‌یابد. تعیین تعداد روزهای یخبندان از نقطه‌نظر تعیین شرایط اقلیمی واجد اهمیت به سزایی است. در ارتباط با اهداف طرح مطالعاتی نگرش به مسئله یخبندان از دایره دید کشاورزی شایان ارزش است. تعیین فصل رویش در کشاورزی با توجه به اینکه تاریخ‌های مربوط به آخرین یخبندان مهلک در بهار و نخستین سرمای مرگ‌آور در پاییز در اغلب سال‌ها متفاوت است، دشواری عمده‌ای تلقی می‌گردد. شکل (۱) نمایانگر مقادیر

ماهانه و سالانه تعداد روزهای یخبندان در شهرهای استان گلستان است. در این شکل دیده می‌شود که بیشترین روزهای یخبندان سالانه در فرودگاه گرگان با ۲۶ روز و کمترین مربوط به بندر ترکمن با ۱۰ روز در سال است جدول (۱).

جدول (۱). یخبندان سالانه و ماهانه ایستگاه استان گلستان

ایستگاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	سالانه
گنبد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۶	۶	۲	۱۶
گرگان	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۵	۶	۲	۱۵
کلاله	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۷	۶	۱	۱۶
مراوه تپه	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۴	۶	۲	۱۴
علی آباد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۹	۶	۲	۱۸
فرودگاه گرگان	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۱۴	۹	۱	۲۶
بندر ترکمن	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۷	۳	۰	۱۰



شکل (۲). نمودار توزیع سالانه روزهای یخبندان در شهرهای استان گلستان منبع: نگارندگان، سال ۱۴۰۱

بررسی پتانسیل گرمایی منطقه (درجه حرارت‌های فعال)

در جدول (۲) تأثیر ارتفاع بر پتانسیل‌های گرمایی و ضرایب حرارتی بررسی و مجموع سالانه درجه حرارت‌های فعال در سطح ایستگاه‌های منتخب در ارتفاعات مختلف بررسی شده است. همچنین در جدول (۳) درجه حرارت‌های فعال و غیرفعال که بیانگر سکون بسیاری از فعالیت‌های گیاهی است برای استان گلستان محاسبه شده است.

جدول (۲). تأثیر ارتفاع در مجموع سالانه درجه حرارت‌های فعال بیشتر از صفر، ۴ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد استان گلستان

ایستگاه	ارتفاع	$\sum t_{mean} > 0$	$\sum t_{mean} > 4$	$\sum t_{mean} > 10$
گنبد کاووس	۳۷/۲	۰	۵۱۱۹۷/۹	۴۷۳۳۷/۱
کلاله	۱۲۷	۰	۵۰۲۸۷/۷	۴۶۴۷۳/۱
اینچه برون	۷	۰	۵۳۵۱۵/۵	۴۹۴۴۷
بندر ترکمن	-۱۰	۰	۴۹۸۱۳/۳	۴۵۹۹۷
گرگان	۲	۰	۴۹۸۱۱/۱	۴۶۱۰۲/۱
هاشم‌آباد	۱۳/۳	۰	۴۹۰۹۲/۵	۴۵۴۱۷/۴
علی‌آباد کتول	۱۸۴	۰	۴۸۸۸۳/۳	۴۵۲۶۲/۳
مراوه تپه	۴۵۰	۰	۵۰۳۶۵/۹	۴۶۵۸۰/۵

جدول (۳) مجموع درجه حرارت‌های فعال بیشتر از صفر، ۴ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد ایستگاه‌های منتخب استان گلستان

زمان	۲۰ فروردین	۲۰ اردیبهشت	۲۰ مهر	۲۰ مهر	۲۰ مهر	۲۰ مهر	۲۰ مهر	۲۰ مهر	۲۰ مهر	۲۰ مهر	۲۰ مهر	ایستگاه
گنبدکاووس	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰
۴	۴۵۸۸٫۹	۳۷۳۷٫۴	۲۸۰۸	۱۹۰۲٫۶	۱۰۸۶٫۳	۳۴۲٫۱	۶۸۶۹	۶۵۵۶٫۴	۶۳۰۰٫۷	۶۰۳۹٫۴	۵۷۲۲٫۱	۵۲۴۵٫۱
۱۰	۴۲۷۹٫۴	۳۴۲۸	۲۴۹۸٫۶	۱۴۶۰٫۳	۶۴۴	۱۵۰٫۷	۶۵۵۹٫۵	۶۲۴۷	۵۹۹۱٫۳	۵۷۲۹٫۹	۵۴۱۲٫۶	۴۹۳۵٫۷
کاله	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰
۴	۴۴۹۶	۳۶۶۵٫۵	۲۷۵۵٫۶	۱۸۶۰٫۹۴	۱۰۵۷٫۹	۳۲۸	۶۷۷۱٫۵	۶۴۵۱٫۹	۶۱۹۲٫۳	۵۹۳۶٫۴	۵۶۲۲٫۳	۵۱۴۸٫۹
۱۰	۴۱۹۳٫۴	۳۳۶۲٫۸	۲۴۵۳	۱۴۳۱٫۲	۶۲۸٫۲	۱۴۳٫۲	۶۴۵۳٫۵	۶۱۴۹٫۲	۵۸۷۴٫۴	۵۶۳۳٫۷	۵۳۰۴٫۳	۴۸۴۶٫۲
اینچه برون	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰
۴	۴۸۴۰	۳۹۶۷٫۴	۳۰۰۲٫۲	۲۰۴۵٫۶	۱۱۸۱٫۱	۳۶۸	۷۱۰۶٫۲	۶۷۶۸٫۹	۶۵۱۶٫۹	۶۲۵۹	۵۹۶۰٫۹	۵۴۹۹٫۲
۱۰	۴۵۰۹٫۶	۳۶۳۷	۲۶۷۱٫۸	۱۵۷۳	۷۰۸٫۴	۱۶۱٫۹	۶۸۳۲٫۳	۶۴۳۸٫۵	۶۱۸۶٫۵	۵۹۲۸٫۶	۵۶۳۰٫۵	۵۱۶۸٫۸
بندر ترکمن	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰
۴	۴۴۴۶٫۸	۳۶۱۷٫۸	۲۷۲۷٫۱	۱۸۵۹٫۶	۱۰۷۷٫۸	۳۳۵٫۷	۶۷۱۱٫۲	۶۳۸۱٫۱	۶۱۲۸	۵۸۷۳٫۹	۵۵۶۲٫۲	۵۰۹۲٫۱
۱۰	۴۱۳۴٫۷	۳۳۰۵٫۷	۲۴۱۵	۱۴۱۸٫۷	۶۳۶٫۹	۱۴۵٫۹	۶۴۶۳٫۱	۶۰۶۹٫۱	۵۸۱۶	۵۵۶۱٫۹	۵۲۵۰٫۱	۴۷۸۰
گرگان	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰
۴	۴۴۸۸	۳۶۵۶٫۱	۲۷۵۳٫۱	۱۸۶۳٫۷	۱۰۵۸٫۹	۳۲۴٫۴	۶۶۵۴٫۴	۶۳۳۶٫۲	۶۰۹۹٫۷	۵۸۶۹٫۶	۵۵۷۹٫۸	۵۱۲۷٫۳
۱۰	۴۱۸۸٫۷	۳۳۵۶٫۸	۲۴۵۳٫۸	۱۴۳۹٫۶	۶۳۴٫۸	۱۴۱٫۸	۶۳۷۰٫۶	۶۰۳۶٫۹	۵۸۰۰٫۴	۵۵۷۰٫۳	۵۲۸۰٫۵	۴۸۲۸
هاشم‌آباد	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰
۴	۴۳۸۶٫۴	۳۵۶۸٫۸	۲۶۸۲٫۸	۱۸۲۲٫۲	۱۰۴۵٫۶	۳۳۰٫۲	۶۵۹۴٫۹	۶۲۸۹٫۷	۶۰۴۹٫۶	۵۸۰۳٫۴	۵۴۹۴٫۵	۵۰۲۴٫۴
۱۰	۴۰۹۲٫۶	۳۲۷۵	۲۳۸۹	۱۳۹۷٫۶	۶۲۱٫۱	۱۴۸٫۳	۶۳۰۱٫۱	۵۹۹۵٫۹	۵۷۵۵٫۸	۵۵۰۹٫۶	۵۲۰۰٫۷	۴۷۳۰٫۶
علی‌آباد کتول	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰
۴	۴۳۸۰٫۹	۳۵۸۰٫۸	۲۶۹۸٫۱	۱۸۲۹٫۲	۱۰۴۲٫۸	۳۲۲٫۲	۶۵۶۲٫۶	۶۲۵۰	۶۰۰۲٫۴	۵۷۵۷٫۹	۵۴۵۳٫۵	۵۰۰۲٫۸
۱۰	۴۰۸۸٫۱	۳۲۸۸	۲۴۰۵٫۳	۱۴۰۹٫۴	۶۲۲٫۹	۱۴۴٫۷	۶۳۰۱٫۱	۵۹۵۷٫۲	۵۷۰۹٫۶	۵۴۶۵٫۱	۵۱۶۰٫۸	۴۷۱۰
مراوه‌تپه	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰
۴	۴۵۳۰٫۱	۳۶۹۵٫۸	۲۷۷۹٫۱	۱۸۹۴٫۴	۱۰۸۶	۳۴۲٫۸	۶۷۲۰	۶۴۱۷٫۱	۶۱۷۷٫۴	۵۹۲۵٫۲	۵۶۲۸	۵۱۷۰٫۲
۱۰	۴۲۲۱٫۵	۳۳۸۷٫۲	۲۴۷۰٫۵	۱۴۵۲٫۳	۶۴۳٫۹	۱۵۱٫۸	۶۴۷۸٫۶	۶۱۰۸٫۵	۵۸۶۸٫۸	۵۶۱۶٫۶	۵۳۱۹٫۴	۴۸۶۱٫۶

در این بررسی سه آستانه دمایی صفر، ۴ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌صورت میانگین روزانه در نظر گرفته شده است. نتایج نشان داد که ارتفاع یکی از عوامل مؤثر بر دما و در نتیجه بر حرارت تجمعی است، در استان گلستان ایستگاه اینچه برون با ارتفاع ۷ متر دارای بیشترین واحد حرارتی تجمعی درجه حرارت ۴ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب به میزان ۵۳۵۱۵٫۵ و ۴۹۴۴۷ و ایستگاه علی‌آباد کتول کمترین واحد حرارتی تجمعی ۴ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد به میزان ۴۸۸۸۳٫۳ و ۴۵۲۶۲٫۳ را داشتند. در آستانه دمایی صفر درجه سانتی‌گراد تمام ایستگاه‌های منتخب استان گلستان فاقد روزهایی با میانگین روزانه کمتر از این آستانه بودند. در آستانه دمایی ۴ درجه سانتی‌گراد تمام ایستگاه استان گلستان فاقد روزهای کمتر از آستانه دمایی ۴ درجه سانتی‌گراد بودند. در آستانه دمایی ۱۰ درجه سانتی‌گراد ایستگاه مراوه‌تپه با حدود ۷۰۲ ماه بیشترین روزهای

آستانه دمایی ۱۰ و ایستگاه گرگان با حدود ۶۰۶ ماه در فصل‌های پاییز، زمستان و بهار بیشترین روزهای کمتر از آستانه دمایی ۱۰ درجه سانتی‌گراد را داشتند. به صورت کلی ایستگاه اینچه برون با ارتفاع ۷ متر دارای روزهای بیشتری با درجه حرارت‌های فعال روزانه است.

انحراف از شرایط بهینه

جدول (۴) میزان انحراف از شرایط بهینه برای هر مرحله فنولوژیکی گیاه چغندر قند پاییزه بر پایه میانگین درجه حرارت روزانه در سطح ایستگاه‌های منتخب را نشان می‌دهد. بر این اساس در استان گلستان در مرحله جوانه زدن، هشت برگی، حجیم شدن ریشه و تجمع قند و رسیدن کامل، ایستگاه اینچه برون دارای انحراف کمتر و شرایط بهینه بیشتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها برای کشت چغندر قند پاییزه است و بقیه ایستگاه‌ها به انحراف زیاد از نظر فنولوژیکی گیاه چغندر قند پاییزه شرایط کشت در رتبه‌های بعدی دارا هستند. در نتیجه ایستگاه اینچه برون نسبت به سایر ایستگاه‌ها دارای انحراف از شرایط بهینه کمتر است این به این معناست که این ایستگاه از شرایط بهینه دمایی برای کشت چغندر قند پاییزه برخوردار است.

جدول (۴). تعیین انحراف از شرایط بهینه مراحل فنولوژیکی در ایستگاه‌های منتخب استان گلستان

مراحل رشد	جوانه زدن	هشت برگی	حجیم شدن ریشه و تجمع قند	رسیدن کامل	مجموع انحرافات				
ایستگاه	بهینه	انحراف از شرایط بهینه	بهینه	انحراف از شرایط بهینه	انحراف از شرایط بهینه				
اینچه برون	۱۴	-۵/۴۸	۲۵	-۴/۹۷	۲۳	-۵/۱۵	۳۵	-۵/۴	-۲۰/۶۴
کلاله	۱۴	-۷/۶۷	۲۵	-۶/۳۴	۲۳	-۶/۴۰	۳۵	-۷/۲۱	-۲۷/۶۲
گنبدکاووس	۱۴	-۵/۸۲	۲۵	-۵/۴۰	۲۳	-۵/۶۱	۳۵	-۵/۳۲	-۲۲/۱۵
بندر ترکمن	۱۴	-۷/۳۷	۲۵	-۶/۷۵	۲۳	-۵/۸۷	۳۵	-۷/۳۷	-۲۷/۶
گرگان	۱۴	-۸/۴۲	۲۵	-۷/۶۱	۲۳	-۸/۲۲	۳۵	-۸/۱۴	-۳۲/۳۹
هاشم‌آباد	۱۴	-۶/۸۸	۲۵	-۶/۵	۲۳	-۵/۶۹	۳۵	-۶/۳۰	-۲۴/۹۲
علی‌آباد کتول	۱۴	-۷/۵۹	۲۵	-۷/۴۱	۲۳	-۶/۹۱	۳۵	-۷/۱۷	-۲۹/۸
مراوه‌تپه	۱۴	-۷/۴۷	۲۵	-۶/۲۲	۲۳	-۵/۸۲	۳۵	-۶/۱۸	-۲۵/۶۹

میزان انحراف از شرایط بهینه بر اساس ارتفاع (گرادیان حرارتی)

به منظور بررسی میزان انحراف از شرایط بهینه در ارتفاعات مختلف یا وضعیت بهینه‌های مکانی بر اساس ارتفاع، ابتدا با استفاده از روش رگرسیون خطی ضرایب تغییرات درجه روز با ارتفاع برای ماه‌های سال و کل سال محاسبه شده است. برای رسیدن به نتایج و محاسبه روابط بالا نخست جدول عناصر همبستگی برای ایستگاه‌های منتخب و تمامی مقاطع زمانی مورد مطالعه تشکیل گردیده؛ که خلاصه نتایج آن در جدول (۵) به صورت عناصر همبستگی سالانه ایستگاه‌های منتخب ذکر شده است.

جدول (۵). عناصر همبستگی سالانه ایستگاه‌های منتخب استان گلستان در دوره‌های فنولوژیکی (گرادیان حرارتی) چغندر قند

دوره	جوانه زدن	هشت برگی	حجیم شدن ریشه و تجمع قند	رسیدن کامل	ضرایب
B	۰/۲	۰/۸	۰/۱	۰/۱	
A	۵/۳۰	۵/۸۵	۳/۲۲	۳	
R	۰/۴۷	۰/۹۵	۰/۳۲	۰/۴۲	

با بهره‌گیری از فرمول رگرسیون، جدول گرادیان حرارتی که بیانگر وضعیت عامل درجه روز در ارتفاعات و ماه‌های مختلف سال است، در محیط اکسل و با استفاده از روش رگرسیون خطی معادلات مربوط به رابطه بین میزان انحراف از شرایط بهینه در هر مرحله فنولوژی و مجموع تمام مراحل را محاسبه نموده و نمودار آن را ترسیم شد. به دلیل R^2 بالا بهینه‌بندی در محیط GIS میسر شد.

نتایج فنولوژی

بهینه‌زمانی بر اساس روش درجه روزهای فعال

تاریخ کاشت برای چند روز قبل از شروع بارش‌ها در هر ایستگاه در نظر گرفته شده است. برای به دست آوردن تاریخ تکمیل مرحله فنولوژیکی کشت (چغندر قند پاییزه) مرحله جوانه زدن ۱۲۵، در شش برگی ۸۰۰ و حجیم شدن ریشه و تجمع قند ۲۰۰۰، در مرحله رسیدن کامل ۲۹۰۰ واحد حرارتی لازم است. با توجه به جدول (۶) در مرحله جوانه زدن، شش برگی، حجیم شدن ریشه و تجمع قند و رسیدن کامل گیاه چغندر قند پاییزه در استان گلستان در ایستگاه اینچه برون، مناسب است و در بقیه ایستگاه‌های استان گلستان مناطقی که کمتر از ۲۰۰۰ واحد درجه روز رشد دریافت می‌نمایند جزء مناطق نامناسب کاشت پاییزه می‌باشند. اگر کاشت پاییزه در این مناطق انجام شود، عملکرد نهایی بسیار کم خواهد بود.

جدول (۶). تاریخ تکمیل مراحل فنولوژیکی گیاه چغندر قند پاییزه در ایستگاه‌های منتخب استان گلستان

ایستگاه	ارتفاع	جوانه زدن	شش برگی	حجیم شدن ریشه و تجمع قند	رسیدن کامل
اینچه برون	۳۷/۲	۲۷ مهر	۱۷ آبان	۳ اردیبهشت ماه	اوایل تیر ماه
کلالة	۱۲۷	۱ آبان	۲۵ آبان	۳۰ اردیبهشت ماه	اواسط تیر ماه
گنبد کاووس	۷	۱۰ آبان	۳۰ آبان	۱۷ اردیبهشت ماه	اوایل تیر ماه
بندر ترکمن	-۱۰	۳۰ مهر	۲۰ آبان	۱۱ اردیبهشت ماه	اوایل تیر ماه
گرگان	۲	۳۰ مهر	۲۶ آبان	۲ خرداد ماه	اواسط تیر ماه
هاشم‌آباد	۱۳/۳	۲۷ مهر	۲۴ آبان	۱ خرداد	اواخر تیر ماه
علی‌آباد کتول	۱۸۴	۳۰ مهر	۲۷ آبان	۲۹ اردیبهشت ماه	اواخر تیر ماه
مراوه تپه	۴۵۰	۲۹ مهر	۲۶ آبان	۷ خرداد ماه	اوایل مرداد

تاریخ تکمیل هر یک از مراحل فنولوژیکی نیز روشی مساعد برای تعیین بهترین زمان کشت چغندر قند پاییزه بر اساس آستانه‌های حیاتی آن محسوب می‌گردد. تاریخ‌های به‌دست‌آمده با بهینه‌های زمانی هم‌خوانی دارد.

تعیین طول درون مرحله فنولوژی

برای بالا بردن راندمان و استفاده صحیح از آبیاری و انجام عملیات زراعی در هر مرحله از رشد گیاه چغندر قند پاییزه، می‌توان با تعیین مدت زمان لازم هر دو مرحله فنولوژیک بر اساس آمار درجه حرارت روزانه و مشخص نمودن طول درون مرحله بر نامه ریزی‌های لازم برای رشد و نمو محصول به عمل آورد. به‌منظور تعیین مدت زمان لازم بین دو مرحله فنولوژیک (درون مرحله) از دمای زیستی و ضریب حرارتی هر مرحله فنولوژی استفاده می‌شود. (عزیزی، محمدی، طالقانی، ۱۴۰۱) جدول (۷) مدت زمان درون مرحله بین مراحل فنولوژی چغندر قند پاییزه را در سطح ایستگاه‌های منتخب استان گلستان نشان می‌دهد. واحد داده‌ها به روز است.

جدول (۷). طول درون مراحل فنولوژی چغندر قند پاییزه به روز در استان گلستان			
ایستگاه	مرحله فنولوژیکی	جوانه زدن	شش برگی
اینچه برون	۵	۲۰	۱۶۸
کلاله	۷	۲۴	۱۸۰
گنبد کاووس	۶	۲۰	۱۷۸
بندر ترکمن	۵	۲۲	۱۷۱
گرگان	۸	۲۶	۱۸۴
هاشم آباد	۱۲	۳۲	۱۸۶
علی آباد کتول	۹	۲۷	۱۸۳
مراوه تپه	۸	۲۷	۱۹۱

برای طول درون مراحل در ایستگاه‌های منتخب رقم میان رس چغندر قند پاییزه در سطح ایستگاه‌های منطقه در نظر گرفته شده است بر اساس مدت زمانی که برای مراحل مختلف فنولوژی چغندر قند پاییزه به دست آمده می‌توان پیش‌بینی‌های لازم برای مدیریت کشاورزی از جمله مبارزه با آفات، آبیاری کود دادن و دیگر اعمال زراعی به عمل آورد.

بهترین تقویم کاشت و برداشت چغندر قند پاییزه

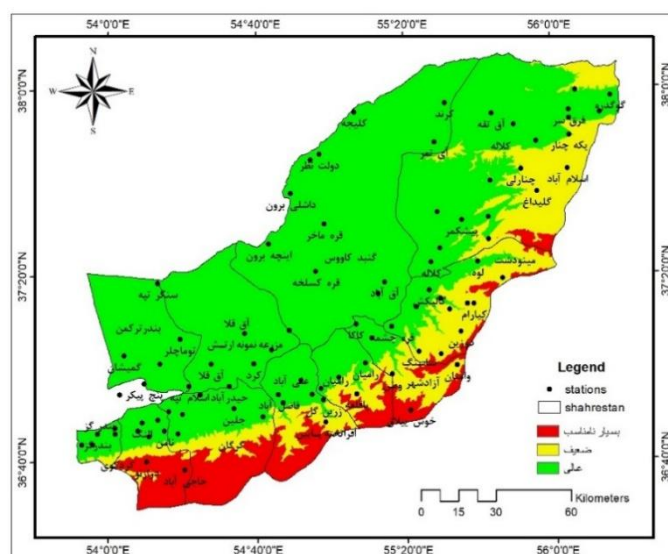
تعیین زمان کاشت و برداشت یک محصول که یکی اهداف تحقیقات آگروکلیمایی به حساب می‌آید؛ اصلی‌ترین عامل برای کشت و توسعه‌ی یک محصول در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. چون با بررسی شرایط اقلیمی بهینه زمانی برای کشت محصول به دست می‌آید. برای تقویم کشت، شرایط اقلیمی اصلی‌ترین عامل محسوب می‌شود؛ در بین عناصر اقلیمی درجه حرارت از نقش بسزائی برخوردار است. باتوجه به تحلیل‌های انجام شده بر اساس روش‌های مختلف آگروکلیمایی و مطالعات فنولوژی، بهترین تقویم کاشت و برداشت محصول چغندر قند پاییزه در سطح ایستگاه‌های منتخب منطقه مورد مطالعه که در مناطق مختلف واقع شده‌اند بهترین زمان برای کاشت چغندر قند پاییزه در استان گلستان از اواسط تا اواخر پاییز و پیش از شروع اولین یخبندان پاییزی است همچنین با توجه به شرایط ارتفاعی منطقه مورد مطالعه بهترین زمان کاشت برای ارتفاعات پایین و مرکز استان گلستان اوایل آبان ماه و ارتفاعات بالای استان گلستان اواسط مهرماه است. جدول (۸).

جدول (۸). تقویم کاشت و برداشت چغندر قند پاییزه در سطح ایستگاه‌های منتخب		
ایستگاه	تاریخ کاشت	تاریخ برداشت
اینچه برون	۲۲ مهر	اوایل تیر ماه
کلاله	۲۵ مهر	اواسط تیر ماه
گنبد کاووس	۴ آبان	اوایل تیر ماه
بندر ترکمن	۲۵ مهر	اوایل تیر ماه
گرگان	۲۲ مهر	اواسط تیر ماه
هاشم آباد	۱۵ مهر	اواخر تیر ماه
علی آباد کتول	۲۱ مهر	اواخر تیر ماه
مراوه تپه	۲۲ مهر	اوایل مرداد

مناطق مناسب برای انواع کشت چغندر قند پاییزه

هر منطقه‌ای پتانسیل گرمایی و شرایط اقلیمی خاص خود را دارد؛ که ناشی از عوامل محیطی مانند عرض جغرافیایی، ارتفاع، ناهمواری‌ها می‌باشد. شرایط اقلیمی نقش بسزائی در تعیین زمان کاشت و برداشت و فصل رشد دارد. بر اساس تحلیل عناصر

اقلیمی برای کشت چغندر قند پاییزه و شرایط آگروکلیمایی منطقه بر اساس روش های ذکر شده مناطق مساعد و نامساعد برای انواع کشت چغندر قند پاییزه در مقاطع زمانی سال در منطقه مورد مطالعه به صورت زیر بیان شد. با توجه به نقشه شکل (۳) مناطق مساعد برای کشت چغندر قند پاییزه شامل مرکز، شرق و شمال و شمال شرقی و غرب را در برمی گیرد؛ این مناطق با توجه به ویژگی‌های محیطی آن‌ها و شرایط زیستی گیاه چغندر قند پاییزه برای کشت این محصول مناسب می‌باشند؛ در حالی که مناطق دیگر مانند مناطق جنوب و جنوب غربی برای کشت این محصول مناسب نیستند.

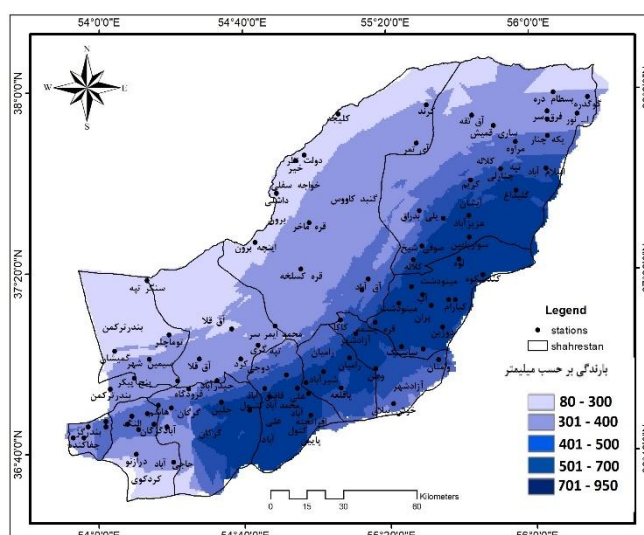


شکل (۳). پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت چغندر قند پاییزه در مراحل مختلف فنولوژیکی (جوانه زدن، هشت برگ، حجیم شدن ریشه و تجمع قند و رسیدن کامل) از نظر دمای در استان گلستان منبع: نگارندگان، سال ۱۴۰۱

برسی بارش استان گلستان برای زمان‌های مناسب آبیاری محصول چغندر قند پاییزه جهت برآورد نیاز آبی با استفاده از میانگین بلندمدت

برای برسی بارش استان گلستان از نظر زمان‌های مناسب آبیاری محصول چغندر قند پاییزه رسم نقشه از میانگین بارش سالانه استان گلستان استفاده شده سپس با ایجاد شبکه بین ایستگاه‌های استان نقشه با استفاده از نرم افزار GIS شکل (۴) ترسیم گردید. چغندر قند پاییزه در مراحل مختلف رشد مشابه اکثر گیاهان زراعی، نیازهای آبی متفاوتی دارد. برآورد صحیح از نیاز آبی گیاه با توجه به مراحل رشد برای برآوردن نیازهای گیاه و همچنین افزایش اثربخشی سایر نهاده‌ها مانند انواع کودها، روش‌های مبارزه با علف‌های هرز و... بسیار ضروری است. رشد و نمو چغندر قند پاییزه از دمای ۴ درجه سانتی‌گراد شروع و در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد متوقف می‌شود؛ اما این مقادیر در مرحله رشد سریع غده به ۸ الی ۴۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. بروز سرما یا گرما در این مرحله باعث خسارت به گیاه می‌شود و عملکرد کاهش می‌یابد. در مرحله اولیه یا استقرار گیاه چه با توجه به نزدیکی میانگین دمای روزانه به ۴ درجه سانتی‌گراد، چغندر قند پاییزه رشد کندی داشته و نیاز آبی کمی دارد، به گونه‌ای که طی حدود چهار ماه اول باگذشت نیمی از زمان رشد، حدود ۲۰ درصد آب مورد نیاز خود مصرف می‌کند اما از این زمان تا حدود ۱۹۰ روز پس از جوانه‌زنی که زمان رشد سریع غده چغندر قند پاییزه است، نیاز آبی گیاه افزایش می‌یابد. حداکثر نیاز آبی روزانه چغندر قند پاییزه در ماه‌های فروردین و اردیبهشت با متوسط روزانه ۴ تا ۶ میلی‌متر است (حسین‌پور و همکاران، ۱۳۹۶). یکی از ویژگی‌های چغندر قند پاییزه بهره‌مندی آن از بارش فصول پاییز، زمستان و بهار است که تقریباً شامل کل بارش‌های فصلی و سالیانه منطقه می‌شود. از این رو با توجه به پراکنش و شدت بارش‌ها و با نظر به ریشه

نسبتاً عمیق چغندر قند پاییزه و توانایی این گیاه در استفاده از آب موجود در خاک در عمق توسعه ریشه، متوسط حدود ۲۰۰ میلی‌متر از نیازهای آبی این گیاه از بارش‌های فصلی در استان گلستان تأمین شد. در استان گلستان بیشترین میزان بارش در جنوب، مرکز، جنوب شرقی و جنوب غربی این استان است (میانگین بارش بین ۹۵۰ - ۷۰۱ میلی‌متر)، عامل مؤثر دیگر در میزان بارش ارتفاع است که عامل کاهش میزان بارش در قسمت شمالی این استان یعنی در شهرستان اینچه برون می‌شود (میانگین بارش بین ۳۰۰ - ۸۰ میلی‌متر). قسمت جنوبی استان گلستان یعنی در محدوده شهرستان‌های مینودشت (میانگین بارش بین ۹۵۰ - ۷۰۱ میلی‌متر) و آزادشهر (میانگین بارش بین ۹۵۰ - ۷۰۱ میلی‌متر) با ارتفاع بیشتر و قرار گرفتن در مناطق جنوبی‌تر دارای بارش بیشتر و وضعیت مناسب‌تر کشت دیم هستند (میانگین بارش بین ۴۰۰ - ۳۰۱ میلی‌متر) در حالی که در قسمت شمالی این استان یعنی در ایستگاه اینچه برون به علت قرار گرفتن در قسمت‌های شمالی استان از بارش کمتری برخوردار هستند. با توجه به نقشه پهنه‌بندی سالانه بارش استان گلستان می‌توان نتیجه گرفت از نظر بارشی و تأمین آب مورد نیاز چغندر قند پاییزه محدودیت زیادی متوجه استان گلستان نیست البته با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر چندساله کشت این گیاه در استان احتیاج به آبیاری تکمیلی جهت رشد دارد. همچنین باید با توجه به نقشه‌های فوق مناطقی که از نظر شرایط دمایی مناسب کشت چغندر قند پاییزه می‌باشد از لحاظ بارش دارای بارش متوسط و حتی بسیار کمی هستند که این امر نشانگر موقعیت نامناسب منابع بارشی برای کشت چغندر قند پاییزه است که البته باید از طریق آبیاری تکمیلی این مشکل را حل نمود.



شکل (۴). پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت چغندر قند پاییزه از نظر بارش سالانه با استفاده از میانگین بلندمدت بارندگی استان

گلستان منبع: نگارندگان ۱۴۰۱

نتیجه‌گیری^{۱۵}

عملیات کشاورزی در بستر اقلیم صورت می‌پذیرد. بررسی و واکاوی سازه‌های جوی مؤثر بر محصولات کشاورزی با توجه به شرایط اقلیمی حال حاضر بیش از پیش ضروری به نظر می‌رسد. یکی از بخش‌های مهم در مطالعات اقلیم کشاورزی، مطالعه و کمی‌سازی شرایط حرارتی بر اساس آمار ایستگاه‌های هواشناسی و مطالعات فنولوژیکی می‌باشد. رشد و نمو چغندر قند پاییزه از دمای ۴ درجه سانتی‌گراد شروع و در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد متوقف می‌شود؛ اما این مقادیر در مرحله رشد سریع غده به ۸ الی ۴۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. بروز سرما یا گرما در این مرحله باعث خسارت به گیاه می‌شود و عملکرد کاهش می‌یابد. (کروپین و همکاران، ۲۰۲۳) بررسی آستانه دمایی صفر درجه سانتی‌گراد تمام ایستگاه‌های منتخب استان گلستان فاقد روزهایی با میانگین روزانه کمتر از این آستانه بودند. در آستانه دمایی ۴ درجه سانتی‌گراد تمام ایستگاه استان

گلستان فاقد روزهای کمتر از آستانه دمایی ۴ درجه سانتی گراد بودند. در آستانه دمایی ۱۰ درجه سانتی گراد ایستگاه مراوه‌تپه با حدود ۷/۲ ماه بیشترین روزهای آستانه دمایی ۱۰ و ایستگاه گرگان با حدود ۶/۶ ماه در فصل‌های پاییز، زمستان و بهار بیشترین روزهای کمتر از آستانه دمایی ۱۰ درجه سانتی گراد را داشتند. به صورت کلی ایستگاه اینچه برون با ارتفاع ۷ متر دارای روزهای بیشتری با درجه حرارت‌های فعال روزانه است. همچنین نتایج این تحقیق نشان‌دهنده نقش شرایط توپوگرافیکی (ارتفاع) در کاهش پتانسیل گرمایی در مناطق نیمه شمالی استان، می‌باشد. در تحقیقی حجازی زاده و همکاران (۱۳۹۶) در ارزیابی قابلیت‌های آگروکلیمایی استان‌های کرمانشاه و اصفهان از نظر استعداد کشت چغندر قند پاییزه گزارش کردند که شرایط توپوگرافی مناطق، تأثیر بسیار مهمی در پتانسیل‌های دمایی (درجه حرارت‌های فعال) چغندر قند داشته به گونه‌ای که در استان کرمانشاه ایستگاه سر پل ذهاب با ارتفاع کمتر دارای بیشترین تعداد روز فعال و ایستگاه کنگاور با ارتفاع بیشتر دارای کمترین روزهای فعال و در استان اصفهان ایستگاه خور و بیابانک با قرار گرفتن در عرضه‌ای پایین‌تر و ارتفاع کمتر دارای بیشترین تعداد روزهای فعال و ایستگاه خوانسار با قرار گرفتن در عرضه‌ای بالاتر و ارتفاع بیشتر دارای کمترین تعداد روزهای فعال برای چغندر قند پاییزه است. با توجه به اینکه از مرکز، شرق و شمال و شمال شرقی و غرب استان گلستان، از میزان پتانسیل گرمایی کاسته می‌شود، کشت چغندر قند پاییزه برای مناطق جنوب و جنوب غربی استان توصیه نمی‌گردد. تاریخ تکمیل مرحله جوانه‌زنی در مرکز، شرق و شمال و شمال شرقی و غرب استان، با یخبندان‌های زودرس پاییزه مصادف می‌باشد. قابل توجه است که از جنوب به شمال استان، زمان تکمیل مراحل فنولوژیکی ۱۳ روزه تأخیر می‌افتد. این مسئله از لحاظ تعیین مکان بهینه کشت چغندر قند پاییزه و تولید محصول تجاری حائز اهمیت است. در تحقیقی جواهری و همکاران (۱۳۹۴) پهنه‌بندی اقلیمی- زراعی و امکان‌سنجی کشت پاییزه چغندر قند در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی نشان داد که تاریخ وقوع شروع زیستی پاییزه چغندر قند تابع ارتفاع بوده، مناطقی که کمتر از ۱۰۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا دارند، کاملاً مناسب کاشت پاییزه چغندر قند 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. همچنین نتایج حاکی از آن است که در سطح ۹۵ درصد، تاریخ آخرین یخبندان‌های دیررس بهاری در اواخر فروردین‌ماه در مناطق جنوبی استان تا دهه اول اردیبهشت‌ماه در مناطق مرکز، شرق و شمال و شمال شرقی و غرب استان گلستان منطقه متغیر می‌باشد. بررسی تاریخ احتمال وقوع یخبندان دیررس بهاری در سطح ۹۵ درصد نشان داد که به دلیل رخداد آن در اواخر فروردین‌ماه در مرکز، شرق و شمال و شمال شرقی و غرب استان گلستان مصادف با مرحله فنولوژیکی حجیم شدن ریشه و تجمع قند می‌باشد. در این راستا حجازی زاده و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که مناطقی که دارای ارتفاع بالاتری هستند بیشترین تعداد روز یخبندان و زودترین احتمال وقوع یخبندان پاییزه و دیرترین احتمال وقوع یخبندان بهاره (در احتمال وقوع ۹۹ درصد) در کشت چغندر قند را داشتند. همچنین تاریخ تکمیل مراحل فنولوژیکی در منطقه از اولین مرحله یعنی مرحله جوانه‌زنی از اواخر مهرماه آغاز شده و به تدریج تا آخرین مرحله (رسیدن کامل) تا اواسط تیرماه به طول می‌انجامد. بر این اساس، طول فصل رشد چغندر قند پاییزه در منطقه مورد مطالعه ۲۲۰ روز می‌باشد. میزان انحراف از بهینه‌های دمایی در هر مرحله فنولوژیکی چغندر قند پاییزه، در مناطق نیمه شمالی استان گلستان بیشتر از مناطق نیمه جنوبی آن می‌باشد. در تحقیقی گزارش گردید که انحراف از شرایط بهینه دمایی هر منطقه مورد بررسی برای کشت سیب‌درختی در استان چهارمحال و بختیاری نشان‌دهنده این واقعیت است که ایستگاه‌هایی با کمترین مقدار انحراف، بیشترین استعداد را برای توسعه باغات سیب‌درختی دارند که بر این اساس بالاترین سطح زیر کشت سیب‌درختی در این استان به شهرستان لردگان و بروجن تعلق دارد که کمترین مقدار انحراف از شرایط بهینه‌دمایی را داشت (علیخانی، ۱۳۹۰). نتایج حاکی از آن است که میزان انحراف از شرایط بهینه‌های دمایی در هر مرحله فنولوژیکی، در نیمه شمالی استان بیشتر از نیمه جنوبی می‌باشد به گونه‌ای که در استان گلستان در مرحله جوانه زدن، هشت برگی، حجیم شدن ریشه و تجمع قند و رسیدن کامل، ایستگاه اینچه برون دارای انحراف کمتر و شرایط بهینه بیشتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها

برای کشت چغندر قند پاییزه است و بقیه ایستگاه‌ها به انحراف زیاد از نظر فنولوژیکی گیاه چغندر قند پاییزه شرایط کشت در رتبه‌های بعدی دارا هستند. در نتیجه ایستگاه اینچه برون نسبت به سایر ایستگاه‌ها دارای انحراف از شرایط بهینه کمتر است این به این معناست که این ایستگاه از شرایط بهینه دمایی برای کشت چغندر قند پاییزه برخوردار است این دستاوردها در مدیریت زمین‌های زیر کشت چغندر قند پاییزه از نظر استفاده بهینه از منابع، بخصوص، آبیاری حائز اهمیت می‌باشد. با در نظر گرفتن آستانه‌ها و بهینه‌های دمایی هریک از مراحل فنولوژیکی چغندر قند پاییزه در منطقه، مناسب‌ترین زمان برداشت چغندر قند پاییزه از اوایل تا اواسط تیرماه پیشنهاد می‌گردد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌هاست.

مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در مقاله مستخرج از پایان‌نامه تقریباً به شکل زیر باشد:

نویسنده اول: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها،

تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیش‌نویس مقاله

نویسنده دوم: استاد راهنمای اول پایان‌نامه، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج،

اصلاح، بازبینی و نهایی سازی مقاله

نویسنده سوم: استاد راهنمای دوم پایان‌نامه، مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

سپاسگزاری

از داوران محترم به خاطر ارائه نظرهای ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود.

منابع

- ادیبی فرد، نوید، حبیبی، داوود، بذرافشان، محسن، طالقانی، داریوش، ایلکایی، محمد نبی. (۱۳۹۸). مطالعه شرایط اقلیمی استان فارس برای توسعه کشت پاییزه چغندر قند با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). چغندر قند، ۳۵(۱)، ۱۳-۳۱. doi: 10.22092/jsb.2019.116356.1169
- جواهری، محمدعلی، رمرودی، محمود، اصغری پور، محمدرضا، دهمرده، مهدی، قائمی، علیرضا. (۱۳۹۴). پهنه‌بندی اقلیمی-زراعی و امکان‌سنجی کشت پاییزه چغندر قند در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی. چغندر قند، ۳۱(۱)، ۳۱-۱۷. doi: 10.22092/jsb.2015.101436
- حجازی زاده، علیقلی، فتح‌الله طالقانی. (۱۳۹۶). ارزیابی قابلیت‌های آگروکلیمایی استان‌های کرمانشاه، اصفهان از نظر استعداد کشت چغندر قند پاییزه. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی ۱۷ (۴۶): ۱۵۹-۱۷۵
- حسنوندی، محمد سعید، حسین پور، مصطفی، رجبی، اباذر، محمودی، سید باقر، طالقانی، داریوش، صادق زاده حمایتی، سعید، & پرمون، قاسم. (۱۴۰۱). ارزیابی عملکرد کمی و کیفی ارقام جدید چغندر قند پاییزه در استان خوزستان. به زراعی کشاورزی، ۲۴(۴)، ۱۱۱۷-۱۱۳۲. doi: 10.22059/jci.2022.329580.2606
- حسین پور، مصطفی، حسینیان، سید حمزه، & یوسف‌آبادی، ولی اله. (۱۳۹۶). تأثیر مدیریت آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند کشت پاییزه. چغندر قند، ۳۳(۲)، ۲۲۱-۲۳۵. doi: 10.22092/jsb.2018.115067.1163

- حسین زاده فضل، مجید، فتح اله طالقانی، داریوش، حبیبی، داود، صادق زاده حمایتی، سعید، اردکانی، محمدرضا. (۱۳۹۹). ارزیابی امکان کاشت پاییزه چغندرقد در استان البرز. نهال و بذر، ۳۶(۱)، ۸۷-۱۰۴. doi: 10.22092/sppi.2020.122889
- سلطانی، جمشید، حمیدی، حسن، احمدی، مسعود، رضایی، جواد، & کاکوئی نژاد، مژده. (۱۴۰۰). مقایسه خصوصیات کمی و کیفی ارقام چغندرقد در کشت بهاره و پاییزه تحت شرایط آلوده به بیماری ریزومانیا. پژوهش‌های تولید گیاهی، 28(1)، 115-126. doi: 10.22069/jopp.2021.17470.2611
- شائمی برزکی، نیک اندیش، باغبانی آرانی، & علیقلی. (۱۴۰۲). ارزیابی و پهنه‌بندی شرایط حرارتی و فنولوژیکی کشت انگور در استان همدان. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی ۲۳ (۷۰): ۲۹۹-۳۲۱
- شفاپور، حسین، جهان، محسن، بنایان اول، محمد، & نصیری محلاتی، مهدی. (۱۴۰۱). تأثیر رقم و تاریخ کاشت بر خصوصیات کمی و کیفی چغندرقد پاییزه در منطقه خراسان بزرگ. پژوهش‌های زراعی ایران، 20(4)، 381-400. doi: 10.22067/jcsc.2022.74131.1127
- عزیزی، محسن، محمدی، حسین، & طالقانی، داریوش. (۱۴۰۱). شناسایی مناطق مستعد کشت پاییزه چغندرقد در استان‌های لرستان و ایلام بر اساس دما و بارش. چغندرقد، ۳۸(۱)، ۳۷-۵۴. doi: 10.22092/jsb.2022.358534.1305
- علیخانی، سحر. (۱۳۹۰). بررسی شرایط آگروکلیمایی سیب‌درختی در استان چهارمحال و بختیاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی.
- محمدزاده، زهرا، سلطانی، افشین، عجم نوری، حسین، بذرگر، امیربهزاد. (۱۳۹۹). مدل‌سازی پتانسیل و خلأ عملکرد چغندرقد در ایران. چغندرقد، ۳۶(۱)، ۲۷-۴۶.
- Abekova, A. M., Yerzhebayeva, R. S., Bastaubayeva, S. O., & Konysbekov, K. T. (2019). Molecular analysis of sugar beet samples for the presence of a resistance gene to bolting. Science Journal of Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical University, (3), 92-100. <https://bulletinofscience.kazatu.edu.kz/index.php/bulletinofscience/article/view/221>
- Adibifard, N., Habibi, D., Bazrafshan, M., Taleghani, D., & Ilkaee, M. (2019). Study of the climatic condition of Fars province for the development of autumn-sown sugar beet planting using Geographic Information System (GIS). Journal of Sugar Beet, 35(1), 13-31. doi: 10.22092/jsb.2019.116356.1169 (In Persian)
- Alikhani, Sahar. (2011). Investigating the agroclimatic conditions of sibderkhti in Chaharmahal and Bakhtiari province. Master's thesis, Payam Noor University, Faculty of Geography and Planning. (In Persian)
- Azizi, M., Mazreh, H., & F. Taleghani, D. (2022). Identification of prone areas to autumn cultivation of sugar beet in Lorestan and Ilam provinces based on temperature and precipitation. Journal of Sugar Beet, 38(1), 37-54. doi: 10.22092/jsb.2022.358534.1305 (In Persian)
- Hasanvandi, M. S., Hosseinpour, M., Rajabi, A., Mahmoudi, S. B., Taleghani, D., Sadeghzadeh Hemayati, S., & parmoon, G. (2022). Evaluation of New Autumn Sown Sugar Beet Cultivars for Quantitative and Qualitative Traits in Khuzestan Province. Journal of Crops Improvement, 24(4), 1117-1132. doi: 10.22059/jci.2022.329580.2606 (In Persian)
- hejazizadeh, z., fathollah, t. d., & aligholi, s. (2017). the evaluation of agro climatic potentials of kermanshah and isfahan provinces in autumn cultivation of sugar beet. Journal of Applied researches in Geographical Sciences, 17 (46):159-175URL: <http://jgs.khu.ac.ir/article-1-2773-fa.html> (In Persian)
- Hosseinpour, M., Hosseinian, S. H., & Yousefabadi, V. (2017). Effect of irrigation management on quantitative and qualitative parameters of autumn-sown sugar beet. Journal of Sugar Beet, 33(2), 221-235. doi: 10.22092/jsb.2018.115067.1163 (In Persian)
- Hosseinzadeh Fazl, M., Taleghani, D. F., Habibi, D., Sadeghzadeh Hemayati, S., & Ardakani, M. R. (2020). Assessment of Possibility of Autumn Sowing of Sugar Beet in Alborz Province in Iran. Seed and Plant Journal, 36(1), 87-104. doi: 10.22092/sppi.2020.122889 (In Persian)

- Javaheri, M., Ramroudi, M., Asgharipour, M., Dahmardeh, M., & Ghaemi, A. (2015). Agroclimatic zonation for evaluating autumn sugar beet sowing feasibility in Khorasan Razavi and Khorasan-e-Jonobi Provinces. *Journal of Sugar Beet*, 31(1), 31-17. doi: 10.22092/jsb.2015.101436 (In Persian)
- Jug, D., Jug, I., Brozović, B., Vukadinović, V., Stipešević, B., & Đurđević, B. (2018). The role of conservation agriculture in mitigation and adaptation to climate change. *Poljoprivreda*, 24(1), 35-44. <https://doi.org/10.18047/poljo.24.1.5>
- Kristek, S., Brkić, S., Jović, J., Stanković, A., Čupurdija, B., Brica, M., & Karalić, K. (2020). The Application Of Nitrogen-fixing Bacteria In Order To Reduce The Mineral Nitrogen Fertilizers In Sugar beet. *Poljoprivreda*, 26(2), 65-71. <https://doi.org/10.18047/poljo.26.2.8>
- Kroupin, P. Y., Kroupina, A. Y., Karlov, G. I., & Divashuk, M. G. (2023). Root Causes of Flowering: Two Sides of Bolting in Sugar Beet. *Agronomy*, 13(11), 2671. <https://doi.org/10.3390/agronomy13112671>
- Mall, A. K., Misra, V., Santeshwari, Pathak, A. D., & Srivastava, S. (2021). Sugar beet cultivation in india: prospects for bio-ethanol production and value-added co-products. *Sugar Tech*, 23, 1218-1234. <https://doi.org/10.1007/s12355-021-01007-0>
- Misra V, Mall AK, Pandey H, Srivastava S and Sharma A (2023). Advancements and prospects of CRISPR/Cas9 technologies for abiotic and biotic stresses in sugar beet. *Front. Genet.* 14:1235855. doi: 10.3389/fgene.2023.1235855 <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1235855>
- Mohammadzadeh, Z., Soltani, A., ajamnorozei, H., & Bazrgar, A. B. (2020). Modeling of sugar beet yield gap and potential in Iran. *Journal of Sugar Beet*, 36(1), 27-46. doi: 10.22092/jsb.2021.352324.1255 (In Persian)
- Nikandish, N., & Aligholi, S. (2023). Evaluation and zoning of thermal and phenological conditions of grape cultivation in Hamadan province. *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*, 23(70), 299-321. URL: <http://jgs.khu.ac.ir/article-1-3616-fa.html> (In Persian)
- Pejić, B., Čupina, B., Dimitrijević, M., Petrović, S., Milić, S., Krstić, Đ., & Jaćimović, G. (2011). Response of sugar beet to soil water deficit. *Romanian agricultural research*, (28), 151-155. <http://fiver.ifvcns.rs/handle/123456789/1053>
- Pelka, N., Buchholz, M., & Musshoff, O. (2015). Competitiveness of energy crop rotations with and without sugar beets for biogas production considering the individual risk tolerance. *Berichte über Landwirtschaft*, 93(1). <https://www.ifz-goettingen.de/images/poster/bis-2014/pelka%20poster%2074th%20iirb%20congress.pdf>
- Rašovský, M., Paěuta, V., Černý, I., Ernst, D., Michalska-Klimczak, B., & Wyszyòski, Z. (2021). Monitoring of influence of biopreparates, weather conditions and variety on production parameters of sugar beet. https://www.researchgate.net/publication/351358051_Monitoring_of_influence_of_biopreparates_weather_conditions_and_variety_on_production_parameters_of_sugar_beet
- Sahin, U., Ors, S., Kiziloglu, F. M., & Kuslu, Y. (2014). Evaluation of water use and yield responses of drip-irrigated sugar beet with different irrigation techniques. *Chilean journal of agricultural research*, 74(3), 302-310. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392014000300008>
- Shafapour, H., Jahan, M., Bannayan Aval, M., & Nasiri mahalati, M. (2022). Investigating the Possibility of Autumn-Sown and Determining the Most Suitable Planting Date and the Best Bolt-Resistant Cultivar of Sugar Beet in Khorasan Region. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 20(4), 381-400. doi: 10.22067/jcesc.2022.74131.1127 (In Persian)
- Soltani, J., Hamidi, H., Ahmadi, M., Rezaei, J., & Kakueinezhad, M. (2021). Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of sugar beet cultivars in spring and autumn cultivation under conditions of rhizomania infection. *Journal of Plant Production Research*, 28(1), 115-126. doi: 10.22069/jopp.2021.17470.2611 (In Persian)
- Stošić, M., Brozović, B., Vinković, T., Ravnjak, B., Kluz, M., & Zebec, V. (2020). Soil resistance and bulk density under different tillage system. *Poljoprivreda*, 26(1), 17-24. DOI: [10.18047/poljo.26.1.3](https://doi.org/10.18047/poljo.26.1.3)

- Vamerali, T., Guarise, M., Ganis, A., & Mosca, G. (2009). Effects of water and nitrogen management on fibrous root distribution and turnover in sugar beet. *European Journal of Agronomy*, 31(2), 69-76. DOI:[10.1016/j.eja.2009.03.005](https://doi.org/10.1016/j.eja.2009.03.005)
- Varga, I., Loncaric, Z., Pospisil, M., Rastija, M., & Antunovic, M. (2020). Dynamics of sugar beet root, crown and leaves mass with regard to plant densities and spring nitrogen fertilization. *Poljoprivreda*, 26(1), 32-39..DOI: [10.18047/poljo.26.1.5](https://doi.org/10.18047/poljo.26.1.5)
- Webster, T. M., Grey, T. L., Scully, B. T., Johnson III, W. C., Davis, R. F., & Brenneman, T. B. (2016). Yield potential of spring-harvested sugar beet (*Beta vulgaris*) depends on autumn planting time. *Industrial Crops and Products*, 83, 55-60. [10.1016/j.indcrop.2015.12.037](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.12.037)
- Zicari, S., Zhang, R., & Kaffka, S. (2019). Sugar beet. In *Integrated processing technologies for food and agricultural by-products* (pp. 331-351). Academic Press. DOI:[10.1016/B978-0-12-814138-0.00013-7](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814138-0.00013-7)
- Zymaroieva, A., Fedoniuk, T., Matkovska, S., Pinkin, A., & Melnychuk, T. (2022, June). Analysis of the spatio-temporal trend of sugar beet yield in Polissya and forest steppe ecoregions within Ukraine. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1049, No. 1, p. 012073). IOP Publishing. DOI 10.1088/1755-1315/1049/1/012073