



Suitable Site Selection for Autumn Sugar Beet Cultivation in Golestan Province

Mohsen Azizi¹ | Hosein Mohammadi² | 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	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.
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.	

Cite this article: Aziz, Mohsen., Mohammadi, Hosein., & Taleghani, Dariush. (2025). Suitable Site Selection for Autumn Sugar Beet Cultivation in Golestan Province. *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences*, 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 چغندرقند در استان گلستان

محسن عزیزی^۱، حسین محمدی^{۲*}، داریوش طالقانی^۳

۱. دکتری آب و هواشناسی کشاورزی، پردیس بین‌الملل کیش دانشگاه تهران، کیش، ایران. رایانه: azizmohsen3@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانه: hmmohammadi@ut.ac.ir
۳. دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهییه بذر چغندرقند سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانه: dftaleghani@yahoo.com

چکیده	اطلاعات مقاله
<p>هدف از پژوهش حاضر نشان دادن مناطق مستعد برای کشت چغندرقند 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 اینچه برون دارای بیشترین واحد حرارتی تجمعی و ایستگاه علی‌آباد کتول دارای کمترین واحد حرارتی تجمعی هستند. بررسی تاریخ احتمال وقوع یخنندان دیررس بهاری در سطح ۹۵ درصد نشان داد که به دلیل رخداد آن در اوخر 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 اینچه برون دارای کمترین انحراف (۲۰/۶۴) محاسبه گردید. همچنین از نظر فنولوژی در مرحله جوانه زدن، شش برگی، حجیم شدن ریشه و تجمع قند و رسیدن کامل گیاه چغندرقند پاییزه در استان گلستان مناطق مساعد کشت چغندرقند پاییزه استان گلستان شامل گنبدکاووس، بندر ترکمن، کلاله، اینچه 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 موردنیاز چغندرقند 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 را دارد.</p>	<p>نوع مقاله: مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۸</p> <p>تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۲۶</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۷</p> <p>تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۶/۱۸</p> <p>تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۰۷/۰۱</p> <p>کلیدواژه‌ها: استان گلستان، بارش، چغندرقند پاییزه، دما، مناطق مستعد.</p>

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

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



© نویسنده‌گان.

ناشر: دانشگاه خوارزمی تهران.

مقدمه

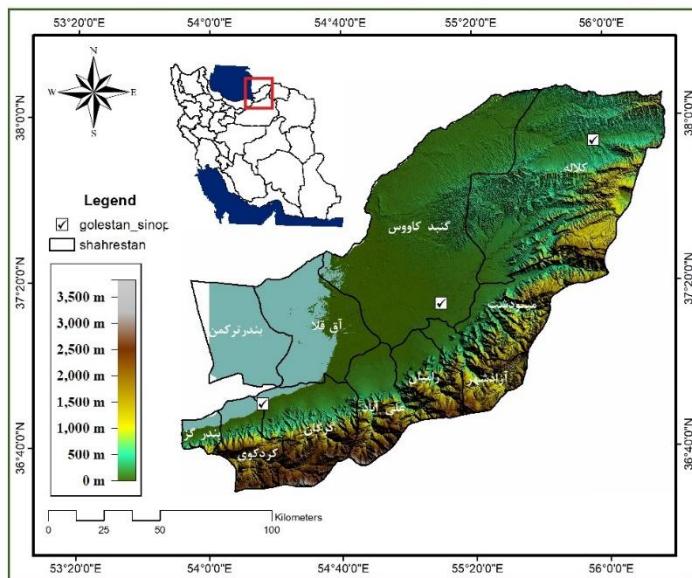
چندرقند یک گیاه دولپه‌ای متعلق به خانواده اسفنجیان است (زیکاری^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). چندرقند محصولی است که می‌توان آن را به عنوان یکی از محصولات تناوب متعدد به منظور بهره‌برداری کامل از زمین و منابع در یک سیستم کشاورزی کاشت (پلکا^۲ و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین، این گیاه بسیار سازگار در برابر تنفس آبی (میسرا^۳ و همکاران، ۲۰۲۳)، مقاوم در برابر یخ‌بندان (وبستر^۴ و همکاران، ۲۰۱۶)، یا حتی به تنفس شوری مقاوم است (زمارویوا^۵ و همکاران، ۲۰۱۸؛ مال و همکاران، ۲۰۲۱). ایران یکی از شش کشور جهان محسوب می‌شود که می‌توان چندرقند 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 به عنوان شاخصی بارز برای اولویت و برتری کشت پاییزه چندرقند نسبت به کشت بهاره معرفی کرد، استفاده بهینه از نژولات آسمانی در طول دوره رشد و کار آبی بیشتر مصرف آب در زراعت چندرقند پاییزه است (سلطانی و همکاران، ۱۴۰۰). پنهانه‌بندی 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). چندرقند 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، ۱۱؛ ساهین^۷ و همکاران، ۲۰۱۴). این گیاه به دامنه وسیعی از شرایط اقلیمی سازگار است و به محض استقرار، به شوری متحمل بوده و در تنفس آبی ملایم، می‌تواند عملکرد اقتصادی تولید کند (وامرالی^۸ و همکاران، ۲۰۰۹). در آب‌وهای گرم یا مدیترانه‌ای، چندرقند 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 چندرقند 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 قیروکارزین به عنوان مناطق مستعد جهت کشت چندرقند پاییزه شناسایی شدند. (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۹) در تحقیقی با عنوان مدل سازی پتانسیل و خلاً عملکرد چندرقند پاییزه در ایران را مورد بررسی قراردادند و به این نتیجه دست یافتند که مدل سازی میزان تولید پتانسیل و خلاً محاسبه شده عملکرد چندرقند پاییزه در ایران به ترتیب ۳۹/۱۱ و ۲۳/۶ میلیون تن برآورد کرد. عملکرد واقعی و عملکرد پتانسیل چندرقند پاییزه به ترتیب ۶۶/۴۶ و ۹۹/۱۰۲ تن در هکتار و درنتیجه خلاً عملکرد چندرقند پاییزه در ایران با ۳۲/۵۶ تن در هکتار با عملکرد نسبی ۴۵ درصد برآورد شد. پنهانه‌بندی اگرواکولوژیک به منظور تعیین امکان کشت پاییزه چندرقند 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 (جوهاری و همکاران، ۱۳۹۴)). (حسین زاده فضل و همکاران، ۱۳۹۹) در آزمایشی برای ارزیابی امکان کاشت پاییزه چندرقند پاییزه در استان البرز نشان دادند کاشت پاییزه چندرقند پاییزه را در منطقه کرج و مناطق مشابه ازنظر اقلیمی، به دلیل سرمزدگی و درصد ساقه روحی بالا توصیه نمی‌کند. مناسب‌ترین شرایط جغرافیایی برای رشد چندرقند 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 Zymaroieva⁶ 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 چغندرقند 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 چغندرقند پاییزه در استان گلستان با استفاده از نرم‌افزار GIS انجام خواهد شد. برای بررسی مرحله فنولوژی چغندرقند 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 آگرولیمایی کشت چغندرقند پاییزه در مناطق موردمطالعه، آمار و داده‌های لازم ایستگاه‌های سینوپتیکی منتخب از شبکه جامع ایستگاه‌های هواشناسی برای کل استان گلستان شامل ۸ ایستگاه سینوپتیک هاشم‌آباد، گنبد‌کاووس، کلاله، مراوه‌تپه، علی‌آباد کتول، بندر ترکمن، فرودگاه گرگان، اینچه بروون 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 ۳۶۵۰۰ مورد دیده‌بانی روزانه هشت ایستگاه هواشناسی منتخب از سال ۱۳۹۹ تا ۱۳۸۵ میانگین آن‌ها در محیط نرم‌افزار Excel بررسی شده است. پس از آن تاریخ‌های وقوع حدود موردنظر (صفه، 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 محاسبه شده 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 محاسبه شده است. برای محاسبه معادله خط از رابطه شماره (۱) استفاده شده 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)

$$a = \frac{\sum(y) \sum(X^2) - \sum(x) \sum(xy)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad \text{رابطه (۳)}$$

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

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 هرماه محاسبه گردد، بدین منظور ابتدا هرماه را به سه دهه مختلف تقسیم کرده و سپس میانگین هرکدام 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 درنتیجه میزان انحراف از شرایط بهینه برای مقاطع زمانی فوق به دست می‌آید و نتایج آن به صورت جدول مشخص می‌گردد (شائمه بزرگی 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 استفاده شده است. در این تحقیق از بین روش‌های متدائل جهت برآورد واحدهای حرارتی از روش فعال استفاده شده 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)

$$\frac{TMin + TMax}{2} \text{ در صورتی که } \frac{TMin + TMax}{2} > -Tt$$

که در رابطه (۴) به ترتیب $tmax$, $tmin$ معادل حداقل دما روزانه و حداکثر دمای روزانه و Tt 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 مشیت به کاررفته؛ 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 درجه حرارت روزانه. (T)

پهنه‌بندی استان از نظر میزان آبیاری در طول رشد چغندرقند پاییزه بر اساس بارش آگاهی از دوره‌های مرطوب و خشک به میزان زیاد عامل افزایش کارایی آبیاری در کشت آبی برای افزایش عملکرد چغندرقند پاییزه می‌گردد. بر اساس داده‌های بارش سالانه ۱۵ ساله نمودار بارش برای هر استگاه 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 چغندرقند 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 درنهایت نقشه مناطق مساعد کشت چغندرقند پاییزه از نظر بارش در استان گلستان تعیین گردید (عزیزی، محمدی، طالقانی، ۱۴۰۱).

نتایج و بحث

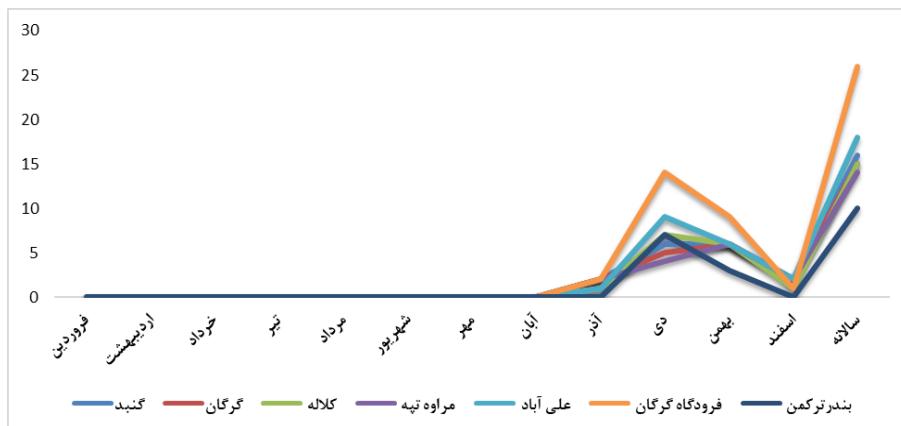
نتایج ارزیابی پهنه‌بندی کشت چغندرقند پاییزه از نظر دما در استان گلستان یخنبدان

یخنبدان پارامتری است که می‌تواند در ابعاد کمی و کیفی مورد مطالعه قرار گیرد. کمیت یخنبدان در ابعاد زمانی منحصر به تعداد روزهای پیدایش این پدیده می‌گردد. در ابعاد مکانی یخنبدان با سطوح آزاد آب بخزده و همچنین با وسعت زمین‌هایی که ذرات آب موجود در خاک آن‌ها بخسته است، کمیت مقداری می‌باشد. تعیین تعداد روزهای یخنبدان از نقطه‌نظر تعیین شرایط اقلیمی واجد اهمیت به سزاوی است. در ارتباط با اهداف طرح مطالعاتی نگرش به مسئله یخنبدان از دایره دید کشاورزی شایان ارزش است. تعیین فصل رویش در کشاورزی با توجه به اینکه تاریخ‌های مربوط به آخرین یخنبدان مهلك در بهار و نخستین سرمای مرگ‌آور در پاییز در اغلب سال‌ها متفاوت است، دشواری عمدت‌های 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
مراوه‌تپه	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۴	۶	۲	۱۴
علی‌آباد	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: نگارندها، سال ۱۴۰۱

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

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

زمان	ایستگاه	۱۰ آذر	۱۱ آبان	۱۲ نوامبر	۱۳ دی	۱۴ بهمن	۱۵ آسفند	۱۶ فروردین	۱۷ اردیبهشت	۱۸ خرداد	۱۹ تیر	۲۰ مرداد	۲۱ شهریور
۱۰	نیبدگاروس	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۴۵۸۸,۹	۳۷۳۷,۴	۲۸۰,۸	۱۹۰۲,۶	۱۰۸۶,۳	۳۴۲,۱	۶۸۶۹	۶۵۵۶,۴	۶۳۰۰,۷	۶۰۳۹,۴	۵۷۲۲,۱	۵۲۴۵,۱	۴	-
۴۲۷۹,۴	۳۴۲۸	۲۴۹۸,۶	۱۴۶۰,۳	۶۴۴	۱۵۰,۷	۶۵۵۹,۵	۶۲۴۷	۵۹۹۱,۳	۵۷۲۹,۹	۵۴۱۲,۶	۴۹۳۵,۷	۱۰	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۴۴۹۶	۳۶۶۵,۵	۲۷۵۵,۶	۱۸۶۰,۹۴	۱۰۵۷,۹	۳۲۸	۶۷۷۱,۵	۶۴۵۱,۹	۶۱۹۲,۳	۵۹۳۶,۴	۵۶۲۲,۳	۵۱۴۸,۹	۴	کلده
۴۱۹۳,۴	۳۳۶۲,۸	۲۴۵۳	۱۴۳۱,۲	۶۲۸,۲	۱۴۳,۲	۶۴۵۳,۵	۶۱۴۹,۲	۵۸۷۴,۴	۵۶۳۳,۷	۵۳۰۴,۳	۴۸۴۶,۲	۱۰	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۴۸۴۰	۳۹۶۷,۴	۳۰۰۲,۲	۲۰۴۵,۶	۱۱۸۱,۱	۳۶۸	۷۱۰۶,۲	۶۷۶۸,۹	۶۵۱۶,۹	۶۲۵۹	۵۹۶۰,۹	۵۴۹۹,۲	۴	دی
۴۵۰۹,۶	۳۶۳۷	۲۶۷۱,۸	۱۵۷۳	۷۰۸,۴	۱۶۱,۹	۶۸۳۲,۳	۶۴۳۸,۵	۶۱۸۶,۵	۵۹۲۸,۶	۵۶۳۰,۵	۵۱۶۸,۸	۱۰	جنون
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۴۴۴۶,۸	۳۶۱۷,۸	۲۷۲۷,۱	۱۸۵۹,۶	۱۰۷۷,۸	۳۳۵,۷	۶۷۱۱,۲	۶۳۸۱,۱	۶۱۲۸	۵۸۷۳,۹	۵۵۶۲,۲	۵۰۹۲,۱	۴	تیر
۴۱۳۴,۷	۳۳۰۵,۷	۲۴۱۵	۱۴۱۸,۷	۶۲۶,۹	۱۴۵,۹	۶۴۶۳,۱	۶۰۶۹,۱	۵۸۱۶	۵۵۶۱,۹	۵۲۵۰,۱	۴۷۸۰	۱۰	جول
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۴۴۸۸	۳۶۵۶,۱	۲۷۵۳,۱	۱۸۶۳,۷	۱۰۵۸,۹	۳۲۴,۴	۶۶۵۴,۴	۶۳۳۶,۲	۶۰۹۹,۷	۵۸۶۹,۶	۵۵۷۹,۸	۵۱۲۷,۳	۴	گل
۴۱۸۸,۷	۳۳۵۶,۸	۲۴۵۳,۸	۱۴۳۹,۶	۶۳۴,۸	۱۴۱,۸	۶۳۷۰,۶	۶۰۳۶,۹	۵۸۰۰,۴	۵۵۷۰,۳	۵۲۸۰,۵	۴۸۲۸	۱۰	آشیان
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۴۳۸۶,۴	۳۵۶۸,۸	۲۶۸۲,۸	۱۸۲۲,۲	۱۰۴۵,۶	۳۳۰,۲	۶۵۹۴,۹	۶۲۸۹,۷	۶۰۴۹,۶	۵۸۰۳,۴	۵۴۹۴,۵	۵۰۲۴,۴	۴	آشیان آباد
۴۰۹۲,۶	۳۲۷۵	۲۳۸۹	۱۳۹۷,۶	۶۲۱,۱	۱۴۸,۳	۶۳۰,۱	۵۹۹۵,۹	۵۷۰۵,۸	۵۵۰۹,۶	۵۲۰۰,۷	۴۷۳۰,۶	۱۰	پل آباد
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۴۳۸۰,۹	۳۵۸۰,۸	۲۶۹۸,۱	۱۸۲۹,۲	۱۰۴۲,۸	۳۲۲,۲	۶۵۶۲,۶	۶۲۵۰	۶۰۰۲,۴	۵۷۵۷,۹	۵۴۵۳,۵	۵۰۰۲,۸	۴	پل آباد
۴۰۸۸,۱	۳۲۸۸	۲۴۰۵,۳	۱۴۰۹,۴	۶۲۲,۹	۱۴۴,۷	۶۳۰۱,۱	۵۹۵۷,۲	۵۷۰۹,۶	۵۴۶۵,۱	۵۱۶۰,۸	۴۷۱۰	۱۰	پل آباد
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۴۵۳۰,۱	۳۶۹۵,۸	۲۷۷۹,۱	۱۸۹۴,۴	۱۰۸۶	۳۴۲,۸	۶۷۲۰	۶۴۱۷,۱	۶۱۷۷,۴	۵۹۲۵,۲	۵۶۲۸	۵۱۷۰,۲	۴	پاوه
۴۲۲۱,۵	۳۲۸۷,۲	۲۴۷۰,۵	۱۴۵۲,۳	۶۴۳,۹	۱۵۱,۸	۶۴۷۸,۶	۶۱۰۸,۵	۵۸۶۸,۸	۵۶۱۶,۶	۵۳۱۹,۴	۴۸۶۱,۶	۱۰	پاوه

در این بررسی سه آستانه دمایی صفر، ۴ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد به صورت 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 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 روزهایی کمتر از آستانه دمایی ۴ درجه سانتی‌گراد بودند. در آستانه دمایی ۱۰ درجه سانتی‌گراد 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 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 چغnderقند 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 چغnderقند پاییزه است و بقیه ایستگاه‌ها به انحراف زیاد از نظر فنولوژیکی گیاه چغnderقند پاییزه شرایط کشت در رتبه‌های بعدی دارا هستند. درنتیجه 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 چغnderقند پاییزه برخوردار است.

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

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

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 موردمطالعه 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) چغnderقند پاییزه.

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

با بهره گیری از فرمول رگرسیون، جدول گردایان 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 R² بالا پهنه‌بندی در محیط GIS میسر شد.

نتایج فنولوژی

بهینه زمانی بر اساس روش درجه روزهای فعال تاریخ کاشت برای چند روز قبل از شروع بارش‌ها در هر ایستگاه درنظر گرفته شده است. برای به دست آوردن تاریخ تکمیل مرحله فنولوژیکی کشت (چغnderقند پاییزه) مرحله جوانه زدن، ۱۲۵ در شش برگی ۸۰۰ و حجم 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، حجم شدن ریشه و تجمع قند و رسیدن کامل گیاه چغnderقند پاییزه در استان گلستان در ایستگاه اینچه بروون، 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 چغnderقند پاییزه در ایستگاه‌های منتخب استان گلستان

ایستگاه	ارتفاع	جوانه زدن	حجم شدن ریشه و تجمع قند	رسیدن کامل
اینچه بروون	۳۷/۲	۲۷ مهر	۱۷ آبان	اوایل تیر ماه
کلاله	۱۲۷	۱ آبان	۲۵ آبان	اواسط تیر ماه
گنبدکاووس	۷	۱۰ آبان	۳۰ آبان	اوایل تیر ماه
بندر ترکمن	-۱۰	۳۰ مهر	۲۰ آبان	اوایل تیر ماه
گرگان	۲	۳۰ مهر	۲۶ آبان	اواسط تیر ماه
هاشمآباد	۱۳/۳	۲۷ مهر	۲۴ آبان	اواخر تیر ماه
علیآباد کتول	۱۸۴	۳۰ مهر	۲۷ آبان	اواخر تیر ماه
مراوه‌تپه	۴۵۰	۲۹ مهر	۲۶ آبان	اوایل مرداد

تاریخ تکمیل هر یک از مراحل فنولوژیکی نیز روشهای مساعد برای تعیین بهترین زمان کشت چغnderقند پاییزه بر اساس آستانه‌های حیاتی آن محسوب می‌گردد. تاریخ‌های بهدست آمده با بهینه‌های زمانی هم خوانی 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 چغnderقند 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 چغnderقند پاییزه را در سطح ایستگاه‌های منتخب استان گلستان نشان می‌دهد. واحد داده‌ها به روز است.

جدول (۷). طول درون مراحل فنولوژی چغندرقند پاییزه به روز در استان گلستان

ایستگاه	مرحله فنولوژیکی	جوانه زدن	شش برگی	حیم شدن ریشه و تجمع قند
اینچه برون		۲۰	۵	۱۶۸
کلاله		۲۴	۷	۱۸۰
گندکاووس		۲۰	۶	۱۷۸
بندر ترکمن		۲۲	۵	۱۷۱
گرگان		۲۶	۸	۱۸۴
هاشم آباد		۳۲	۱۲	۱۸۶
علی آباد کتول		۲۷	۹	۱۸۳
مراوه تپه		۲۷	۸	۱۹۱

برای طول درون مراحل در ایستگاه‌های منتخب رقم میان رس چغندرقند پاییزه در سطح ایستگاه‌های منطقه در نظر گرفته شده است بر اساس مدت زمانی که برای مراحل مختلف فنولوژی چغندرقند 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 چغندرقند پاییزه

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

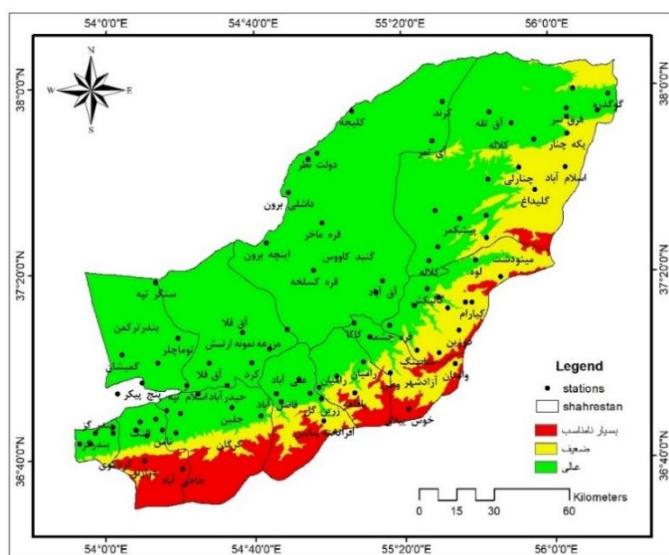
جدول (۸). تقویم کاشت و برداشت چغندرقند پاییزه در سطح ایستگاه‌های منتخب

ایستگاه	تاریخ کاشت	تاریخ برداشت	تاریخ کاشت
اینچه برون	۲۲ مهر	۲۲ تیر ماه	اوایل
کلاله	۲۵ مهر	۲۵ تیر ماه	اواسط
گندکاووس	۴ آبان	۴ تیر ماه	اوایل
بندر ترکمن	۲۵ مهر	۲۵ تیر ماه	اوایل
گرگان	۲۲ مهر	۲۲ تیر ماه	اواسط
هاشم آباد	۱۵ مهر	۱۵ تیر ماه	اوخر
علی آباد کتول	۲۱ مهر	۲۱ تیر ماه	اوخر
مراوه تپه	۲۲ مهر	۲۲ تیر ماه	اوایل مرداد

مناطق مناسب برای انواع کشت چغندرقند 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 بسزایی در تعیین زمان کاشت و برداشت و فصل رشد دارد. بر اساس تحلیل عناصر

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

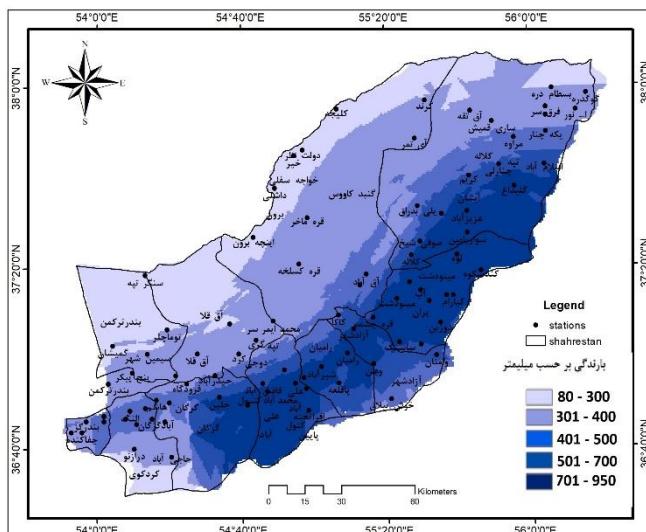


شکل (۳). پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت چغدرقند پاییزه در مراحل مختلف فنولوژیکی (جوانه زدن، هشت برگی، حجیم شدن ریشه و تجمع قند و رسیدن کامل) از نظر دمایی در استان گلستان منبع: نگارندگان، سال ۱۴۰۱

بررسی بارش استان گلستان برای زمان‌های مناسب آبیاری محصول چغدرقند پاییزه جهت برآورد نیاز آبی با استفاده از میانگین بلندمدت

برای بررسی بارش استان گلستان از نظر زمان‌های مناسب آبیاری محصول چغدرقند پاییزه رسم نقشه از میانگین بارش سالانه استان گلستان استفاده شده سپس با ایجاد شبکه بین ایستگاه‌های استان نقشه با استفاده از نرم‌افزار GIS شکل (۴) ترسیم گردید. چغدرقند 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 چغدرقند 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، چغدرقند پاییزه رشد کندی داشته و نیاز آبی کمی دارد، به‌گونه‌ای که طی حدود چهار ماه اول باگذشت نیمی از زمان رشد، حدود ۲۰ درصد آب موردنیاز خود مصرف می‌کند اما از این زمان تا حدود ۱۹۰ روز پس از جوانه‌زنی که زمان رشد سریع غده چغدرقند پاییزه است، نیاز آبی گیاه افزایش می‌یابد. حداقل نیاز آبی روزانه چغدرقند پاییزه در ماههای فروردین و اردیبهشت با متوسط روزانه ۴ میلی‌متر است (حسین‌پور و همکاران، ۱۳۹۶). یکی از ویژگی‌های چغدرقند پاییزه بهره‌مندی آن از بارش فصول پاییز، زمستان و بهار است که تقریباً شامل کل بارش‌های فصلی و سالیانه منطقه می‌شود. از این‌رو با توجه به پراکنش و شدت بارش‌ها و با نظر به ریشه

نسبتاً عمیق چندرقند 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 بروون 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 دید هستند (میانگین بارش بین ۴۰۰ - ۳۰۱ میلی‌متر) در حالی که در قسمت شمالی این استان یعنی در ایستگاه اینچه بروون 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 موردنیاز چندرقند 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 شرایطی دمایی مناسب کشت چندرقند پاییزه می‌باشند از لحاظ بارش دارای بارش متوسط و حتی بسیار کمی هستند که این امر نشانگر موقعیت نامناسب منابع بارشی برای کشت چندرقند پاییزه است که البته باید از طریق آبیاری تکمیلی این مشکل را حل نمود.



شکل (۴). پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت چندرقند پاییزه از نظر بارش سالانه با استفاده از میانگین بلندمدت بارندگی استان گلستان منبع: نگارنده‌گان 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 کمی سازی شرایط حرارتی بر اساس آمار ایستگاه‌های هواشناسی و مطالعات فولوژیکی می‌باشد. رشد و نمو چندرقند 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 قادر روزهایی با میانگین روزانه کمتر از این آستانه بودند. در آستانه دمایی ۴ درجه سانتی‌گراد تمام ایستگاه استان

¹⁵ Kroupin

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. بهصورت 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 چغnderقند پاییزه گزارش کردند که شرایط توپوگرافی مناطق، تأثیر بسیار مهمی در پتانسیل‌های دمایی (درجه حرارت‌های فعال) چغnderقند داشته به‌گونه‌ای که در استان کرمانشاه ایستگاه سر پل ذهاب با ارتفاع کمتر دارای بیشترین تعداد روز فعال و ایستگاه کنگاور با ارتفاع بیشتر داری کمترین روزهای فعال و در استان اصفهان ایستگاه خور و بیانک 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 چغnderقند 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 چغnderقند پاییزه برای مناطق جنوب و جنوب غربی استان توصیه نمی‌گردد. تاریخ تکمیل مرحله جوانه‌زنی در مرکز، شرق 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 چغnderقند پاییزه و تولید محصول تجاری حائز اهمیت است. در تحقیقی جواهری و همکاران (۱۳۹۶) پهنه‌بندی اقلیمی- زراعی و امکان‌سنجی کشت پاییزه چغnderقند در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی نشان داد که تاریخ وقوع شروع آستانه زیستی پاییزه چغnderقند تابع ارتفاع بوده، مناطقی که کمتر از ۱۰۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا دارند، کاملاً مناسب کاشت پاییزه چغnderقند 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 چغnderقند نمی‌باشند. همچنین نتایج حاکی از آن است که در سطح ۹۵ درصد، تاریخ آخرین یخبندان‌های دیررس بهاری در اوخر فروردین‌ماه در مناطق جنوبی استان تا دهه اول اردیبهشت‌ماه در مناطق مرکز، شرق 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 اوخر فروردین‌ماه در مرکز، شرق 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 چغnderقند را داشتند. همچنین تاریخ تکمیل مراحل فنولوژیکی در منطقه از اولین مرحله یعنی مرحله جوانه‌زنی از اوخر مهرماه آغاز شده و به تدریج تا آخرین مرحله (رسیدن کامل) تا اواسط تیرماه به طول می‌انجامد. بر این اساس، طول فصل رشد چغnderقند پاییزه در منطقه موردمطالعه ۲۲۰ روز می‌باشد. میزان انحراف از بهینه‌های دمایی در هر مرحله فنولوژیکی چغnderقند 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 موردنبررسی 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 بهینه‌demایی 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 به‌گونه‌ای 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 چغندرقند پاییزه است و بقیه ایستگاهها به انحراف زیاد از نظر فنولوژیکی گیاه چغندرقند پاییزه شرایط کشت در رتبه‌های بعدی دارا هستند. درنتیجه 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 چغندرقند پاییزه برخوردار است این دستاوردها در مدیریت زمین‌های زیرکشت چغندرقند پاییزه از نظر استفاده بهینه از منابع، بخصوص، آبیاری حائز اهمیت می‌باشد. با در نظر گرفتن آستانه‌ها و بهینه‌های دمایی هریک از مراحل فنولوژیکی چغندرقند پاییزه در منطقه، مناسب‌ترین زمان برداشت چغندرقند پاییزه از اوایل تا اواسط تیرماه پیشنهاد می‌گردد.

ملاحظات اخلاقی

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

مشارکت نویسنده‌گان

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

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسنده‌گان این مقاله تعارض منافع ندارد.

سپاسگزاری

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

منابع

- ادبی فرد، نوید، حبیبی، داوود، بذرافشان، محسن، طالقانی، داریوش، ایلکایی، محمد نبی. (۱۳۹۸). مطالعه شرایط اقلیمی استان فارس برای توسعه کشت پاییزه چغندرقند با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). چغندرقند، ۳۵(۱)، ۱۳-۳۱.
doi: 10.22092/jsb.2019.116356.1169
- جواهری، محمدعلى، مرودی، محمود، اصغری پور، محمدرضا، دهمردہ، مهدی، قائمی، علیرضا. (۱۳۹۴). پهنه‌بندی اقلیمی-زراعی و امکان‌سنجی کشت پاییزه چغندرقند در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی. چغندرقند، 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 چغندرقند پاییزه. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی ۱۷(۴۶): ۱۵۹-۱۷۵
- حسنوندی، محمد سعید، حسین پور، مصطفی، رجبی، ابازد، محمودی، سید باقر، طالقانی، داریوش، صادق زاده حمایتی، سعید، & پرمون، قاسم. (۱۴۰۱). ارزیابی عملکرد کمی و کیفی ارقام جدید چغندرقند 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، ولی‌اله. (۱۳۹۶). تأثیر مدیریت آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقند کشت پاییزه. چغندرقند، ۳۳(۲)، ۲۲۱-۲۳۵.
doi: 10.22092/jsb.2018.115067.1163

- حسین زاده فضل، مجید، فتح الله طالقانی، داریوش، حبیبی، داود، صادق زاده حمایتی، سعید، اردکانی، محمد رضا. (۱۳۹۹). ارزیابی امکان کاشت پاییزه چغندرقند در استان البرز. *نهال و بذر*, ۱(۳۶)، ۸۷-۱۰. doi: 10.22092/sppi.2020.122889
- سلطانی، جمشید، حمیدی، حسن، احمدی، مسعود، رضایی، جواد، & کاکوئی نژاد، مژده. (۱۴۰۰). مقایسه خصوصیات کمی و کیفی ارقام چغندرقند 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
- شائیمی بزرگی، 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 چغندرقند پاییزه در منطقه خراسان بزرگ. *پژوهش‌های زراعی ایران*: 381-400. doi: 10.22067/jcesc.2022.74131.1127
- عزیزی، محسن، محمدی، حسین، & طالقانی، داریوش. (۱۴۰۱). شناسایی مناطق مستعد کشت پاییزه چغندرقند در استان‌های لرستان و ایلام بر اساس دما و بارش. *چغندرقند*, ۳۸(۱)، ۳۷-۵۴. doi: 10.22092/jsb.2022.358534.1305
- علیخانی، سحر. (۱۳۹۰). بررسی شرایط آگروکلیمایی سبب درختی در استان چهارمحال و بختیاری. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی*.
- محمدزاده، زهرا، سلطانی، افسین، عجم نوروزی، حسین، بذرگ، امیربهزاد. (۱۳۹۹). مدل‌سازی پتانسیل و خلاصه عملکرد چغندرقند در ایران. *چغندرقند*, ۳۶(۱)، ۲۷-۴۶.
- Abekova, A. M., Yerzhebayeva, R. S., Bastaubayeva, S. O., & Konybekov, 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(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.knu.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., Ćupurdija, 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.knu.ac.ir/article-1-3616-fa.html> (In Persian)
- Pejić, B., Ćupina, 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., Paèuta, 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., Pospišil, 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. [DOI: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