

DOI: <https://doi.org/10.22034/jmas.2026.571008.1263>

## تعیین تاریخ کشت بهینه تریتیکاله براساس نیاز گرمایی در شالیزارهای استان گیلان

سید محمد تقی سیدی<sup>۱</sup>، زهرا امین دلدار<sup>۲\*</sup>، محمدجواد زهدقدسی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد ریاضیات، گروه توسعه هواشناسی کاربردی، اداره کل هواشناسی استان گیلان، رشت، ایران

<sup>۲</sup> دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی، مرکز تحقیقات هواشناسی کشاورزی گیلان، رشت، ایران

<sup>۳</sup> کارشناس ارشد هواشناسی کشاورزی، مرکز تحقیقات هواشناسی کشاورزی گیلان، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۱۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۱۳

### چکیده

هدف از این تحقیق بررسی اثر تغییر تاریخ کشت بر طول دوره رشد تریتیکاله بر مبنای درجه-روز رشد در سطح استان گیلان است. آگاهی از درجه-روز رشد موجب بهبود مدیریت زراعی محصول می‌گردد. به این منظور از داده‌های میانگین دمای روزانه ۱۳ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک استان گیلان شامل آستارا، انزلی، تالش، جیرنده، دیلمان، فرودگاه، رودبار، رودسر، کشاورزی، کياشهر، لاهیجان، ماسوله و منجیل در یک دوره ۱۵ ساله ۱۴۰۱-۱۳۸۷ استفاده شد. درجه-روز رشد تریتیکاله، ۹۶۰ واحد با صفر فیزیولوژیکی ۵ درجه سلسیوس برای ۸ تاریخ کشت با فواصل ۱۵ روزه از ۱ شهریور تا ۱۵ آذر در نظر گرفته شد. با استفاده از تابع توزیع نرمال تاریخ‌های برداشت با احتمال‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد محاسبه و با کمک الگوریتم IDW برای استان گیلان درونیابی گردید. نتایج نشان داد در مناطق غربی استان تأخیر در کشت باعث افزایش قابل توجه دوره رشد می‌شود. همچنین در مناطق سرد استان که کشت برنج رایج نیست، فرصت مناسبی برای کشت بهاره فراهم است. در مجموع، توصیه می‌شود کشت تریتیکاله در استان تا پیش از آغاز پاییز و ترجیحاً در نیمه اول شهریور انجام گیرد. برای مثال، در شهر رشت اگر تاریخ کشت اول شهریور انتخاب گردد با احتمال ۵۰ درصد طول دوره رشد ۵۳/۴ روز با ۹۶۰ درجه-روز رشد و اگر تاریخ کشت ۱۵ آذر باشد، طول دوره رشد ۱۵۷/۲ روز با ۹۶۰ درجه-روز رشد خواهد بود. با انتخاب تاریخ کشت مناسب می‌توان ضمن بهره‌گیری از دمای مناسب و GDD کافی، حداکثر بهره‌وری در تولید علوفه دام را حاصل کرد.

== **کلمات کلیدی:** کشت دوم، درجه-روز رشد، تریتیکاله، تاریخ کاشت، طول دوره رشد

\* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکانته: [s\\_amineldar@yahoo.com](mailto:s_amineldar@yahoo.com)

گیلان با برخورداری از عرصه‌های کشاورزی و منابع طبیعی و شرایط آب‌وهوایی مطلوب برای تولیدات متنوع کشاورزی مناسب است. اما هنوز در اکثر اراضی مستعد کشاورزی گیلان فقط کشت اول انجام می‌گیرد و زمین‌هایی حاصلخیز در بقیه ایام سال بعد از برداشت برنج بدون استفاده رها می‌شوند. توسعه کشت دوم پس از برداشت محصول برنج در اراضی شالیزاری موجب افزایش مزیت‌های کشاورزی در استان گیلان می‌شود. بهره‌وری از اراضی کشاورزی و افزایش درآمد کشاورزان و افزون بر این کاهش جمعیت آفات، پایداری کشت اول، کاهش بیماری‌های مزارع نظیر کرم ساقه‌خوار و حفظ محیط‌زیست از جمله مزایای دیگر کشت دوم است. کشت دوم در راستای تولید و تامین بخشی از نیاز غذایی جامعه، بالابردن بازده نهاده‌ها و بهره‌وری از زمین‌های کشاورزی قابل اهمیت است. در این راستا و با توجه به دغدغه تغییر اقلیم و کمبود آب، کشت محصولات علوفه‌ای با حداقل نیاز آبی، راه‌حل مناسبی برای افزایش سطح کشت دوم در کشور و همچنین در شالیزارهای گیلان پس از برداشت برنج می‌باشد.

به نظر می‌رسد گیاه تربیتکاله می‌تواند به منزله یک جایگزین مطمئن در جیره غذایی دام و طیور جایگزین ذرت شده و برای تهیه سیلو از چاودار و یولاف مناسب‌تر باشد (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۹). تربیتکاله گیاهی ساخته دست بشر که از تلاقی گندم و چاودار حاصل شده است، که دارای خصوصیات مطلوب چاودار از جمله، رشد سریع و قابلیت تولید در اراضی فقیر و کم‌بازده و از طرف دیگر دارای خصوصیات برتر کیفی و زراعی گندم می‌باشد. تربیتکاله در هر خاکی رشد می‌کند، ولی خاک‌های متوسط تا بافت سنگین، عمیق و حاصلخیز و دارای زهکشی و با PH خنثی برای تربیتکاله مناسب‌تر بوده و در این شرایط حداکثر عملکرد حاصل می‌شود

(قدسی، ۱۳۸۹). تربیتکاله به دامنه وسیعی از شرایط اقلیمی متفاوت سازگاری دارد و همین عامل آن را به مثابه یک گیاه شاخص در بین غلات معرفی می‌کند. تربیتکاله در مقایسه با گندم دارای بالاترین میزان فتوسنتز خالص و راندمان مصرف آب است و ارقام مختلف آن دارای تحمل نسبت به تغییرات طول روز، درجه حرارت و ارتفاع بوده و در شرایط نامساعد با گندم عملکرد بالاتری دارند (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۹). با توجه به این که در شرایط کنونی امکان تأمین علوفه مورد نیاز دامداری‌ها به دلیل هزینه بالای حمل و نقل و واردات تا حد زیادی با مشکلات عدیده‌ای همراه است، توسعه کشت گیاهان علوفه‌ای یکساله مانند تربیتکاله در شالیزارهای برنج می‌تواند راهکاری مفید برای حل این دغدغه باشد (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۸). به طور کلی، کیفیت برتر پروتئین تربیتکاله در مقایسه با جو، ذرت، گندم و چاودار آن را به مثابه یک منبع بالقوه جهت تعلیف دام و طیور مطرح ساخت (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۸). در غلات دومنظوره، تربیتکاله بالاترین عملکرد را در تولید علوفه سبز و دانه دارا می‌باشد (لک زاده، ۱۳۹۲). گزارش شده است اگر به میزان ۱۰ درصد از کل ماده خشک جیره غذایی دام با علوفه تربیتکاله جایگزین شود می‌تواند تولید شیر روزانه را بیش از ۴۱ کیلوگرم در روز افزایش دهد (هارپر و همکاران، ۲۰۱۷).

تربیتکاله در مراحل اولیه رشد و در طی دوره رشد رویشی (مراحل سبز شدن و پنجه‌زنی) نیاز آبی کمی داشته و معمولاً بارندگی‌های پاییزه و زمستانه می‌تواند نیاز گیاه نسبت به رطوبت را تأمین نمایند. تربیتکاله راندمان مصرف آب بالا (نیلسون و همکاران، ۲۰۰۶) و همچنین مقاومت بالایی به خوابیدگی (اوتلر و همکاران، ۲۰۰۵) دارد. در مطالعه‌ای گزارش شده است که در تیمارهای بدون آبیاری در مقایسه با تیمار شاهد آبیاری شده،

کاهش جزئی و غیرمعنی داری در عملکرد دانه تریتیکاله مشاهده شده است (فیاض و همکاران، ۲۰۱۱).

تریتیکاله به مثابه گیاه جدید با داشتن دامنه سازگاری وسیع تر از هریک از والدین خود (مقاومت به سرما، مقاومت به زنگ زرد و سیاهک و رشد سریع) ایجاد شده است که قادر است سطح کشت بیشتری را به خود اختصاص دهد (فیاض و همکاران، ۲۰۱۱) ولی متأسفانه برخلاف سایر نقاط دنیا هنوز در سطح کشور به صورت تجاری اقدام به کشت نشده است (قوشچی، ۲۰۰۰). ملاک انتخاب گیاه تریتیکاله در این تحقیق، کمترین تداخل با تقویم زراعی برنج، طول دوره رشد کم و مقرون به صرفه بودن کشت برای کشاورزان از نظر هزینه‌های تولید، به ویژه درآمد خالص و چگونگی آماده‌سازی زمین زراعی بود. تقویم زراعی تریتیکاله به مثابه یک گیاه علوفه‌ای قابل سیلو از اواسط پاییز تا اوایل فروردین بوده و می‌توان زمان برداشت آن را با توجه به نوع مصرف و علوفه‌ای بودن، مدیریت کرد برای اینکه کمترین تداخل را با تقویم زراعی برنج داشته باشد. مکان‌یابی و بررسی مناطق مستعد کشت همراه با به‌کارگیری فنون زراعی مناسب می‌تواند عامل عمده‌ای در موفقیت زراعت محصول و عملکرد نهایی باشد. پارامترهای اقلیمی جزء مهم‌ترین عامل‌های مؤثر بر رشد گیاهان زراعی می‌باشد. طوری که، گیاهان زراعی برای رسیدن به هر یک از درجات مختلف فنولوژیکی رشد، نیاز به میزان واحد گرمایی معینی دارند (صفریان زنگیر و همکاران، ۲۰۱۶؛ کوچکی و همکاران، ۲۰۰۶). از بین عوامل محیطی، عوامل اقلیمی به ویژه دمای هوا بیشترین اثر را بر روی نمو گیاهان از جمله بر طول دوره رویش و مراحل فنولوژی دارد بنابراین با در نظر داشتن مقدار درجه-روز رشد دریافتی می‌توان برای برآورد زمان مراحل فنولوژیکی و رسیدن گیاه بهره برد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۴). زمانی یک گیاه به مرحله‌ای از نمو

می‌رسد که مقدار مشخصی گرما گرفته باشد. استفاده از درجه-روز رشد (GDD) برای بیان طول مراحل نمو گیاهان نسبت به تقویم زمانی ترجیح داده می‌شود (سیدی شال و همکاران، ۱۴۰۰). GDD، (Growing degree day) می‌تواند تخمین به موقعی از مراحل کلیدی رشد محصول مانند جوانه‌زنی، گلدهی، تشکیل میوه و بلوغ ارائه دهد که برای تصمیم‌گیری مرتبط هستند (پاریدس و همکاران، ۲۰۲۵؛ بانهم، ۲۰۰۰). همچنین با دانستن نیاز گرمایی کل دوره رشد گیاه، می‌توان بسیاری از مسایل به زراعی از جمله تاریخ کاشت مناسب، آبیاری به موقع، زمان مناسب برداشت، زمان مناسب مبارزه با آفات و بیماری‌ها و انتخاب ارقام مناسب در بهترین زمان ممکن انجام و بیشترین تولید را از محصول زراعی را برداشت نمود (حسینی، ۱۳۸۸). از نظر فیزیولوژی گیاهان زراعی، هر تغییر محیطی می‌تواند بر فرایندهای رشد و نمو گیاهان و در نهایت بر تولید و عملکرد گیاه زراعی مؤثر باشد (مزا و همکاران، ۲۰۰۸). بنابراین برنامه‌ریزی برای انتخاب تاریخ کشت مناسب هر محصول تاثیر بسزایی در کسب سود اقتصادی و جلوگیری از اتلاف منابع دارد. با توجه به شرایط جوی موجود در هر مکان، تاریخ کشت می‌تواند متفاوت باشد. تاریخ کشت نامناسب سبب بهم خوردن تعادل و موازنه اجزای عملکرد در گیاه می‌شود (سیدی و همکاران، ۱۴۰۱). اعلام یک تاریخ کشت مناسب طوری که، میزان گرمای دریافتی تا پایان برداشت گیاه تامین شود، می‌تواند گیاه را از مخاطرات ناشی از رخدادهای جوی ابتدا و انتهای کشت مصون نگه داشته و باعث کاهش مصرف آب و سایر نهاده‌ها و در نتیجه کاهش هزینه‌ها گردد (یاسری و همکاران، ۲۰۱۴). بر این اساس، تعیین GDD و پهنه‌بندی مناطق بر اساس آن‌ها در انجام عملیات زراعی به موقع و صحیح و همچنین استفاده بهتر از زمین‌های کشاورزی دارای اهمیت ویژه‌ای است (یاسری و همکاران، ۲۰۱۴). از جمله نوآوری

تالش، گیلان غربی و گیلان شرقی تقسیم می‌شوند. اقلیم سرزمین گیلان به آب و هوای معتدل خزری معروف است. کوهستان تالش با جهت شمالی-جنوبی و کوهستان البرز با امتداد غربی- شرقی، مانند سدی از عبور بخار آب دریای مازندران و بادهای مرطوب شمال غربی به مرکز ایران جلوگیری می‌کند و به علت ارتفاع زیاد موجب بارندگی‌های فراوان در استان گیلان می‌شود. با توجه به اقلیم بیان شده در استان گیلان و همچنین با نظر به این که هنوز در اراضی شالیزاری گیلان فقط کشت اول انجام می‌گیرد و این اراضی شالیزاری در بقیه ایام سال بدون استفاده رها می‌شوند، با توسعه کشت دوم پس از برداشت محصول برنج در این اراضی می‌توان سبب افزایش مزیت‌های کشاورزی در این استان شد. پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت تربیتکاله در گیلان به کمک GIS (سیستم اطلاعات جغرافیایی) می‌تواند به کشاورزان و برنامه‌ریزان در تصمیم‌گیری‌های بهتر و افزایش بهره‌وری کمک کند. پهنه‌بندی می‌تواند با شناسایی مناطق مناسب برای کشت، بهینه‌سازی مدیریت منابع، افزایش عملکرد و کیفیت محصول و همچنین با کاهش هزینه‌ها و در نهایت کمک به کشاورزی پایدار به کشاورزان یاری رساند. با استفاده از GIS و تحلیل داده‌های مربوط به خاک، آب و هوا و سایر عوامل محیطی، می‌توان مناطقی که بیشترین پتانسیل را برای کشت تربیتکاله دارند، شناسایی کرد. این امر باعث می‌شود که کشاورزان بتوانند به جای کشت تصادفی در هر منطقه‌ای، در مناطقی که احتمال موفقیت بیشتری دارند، سرمایه‌گذاری کنند. با پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت، می‌توان منابعی مانند آب، کود و سموم را به صورت بهینه‌تر مدیریت کرد و عملکرد و کیفیت محصول را افزایش داد. خصوصیات جغرافیایی و اقلیمی ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول (۱) و موقعیت آن‌ها در شکل (۱) نشان داده شده است.

پژوهش که می‌توان اشاره کرد آن است که علی‌رغم توصیه‌های کلی برای کشت دوم در بسیاری از مطالعات پژوهشی و کاربردی، پهنه‌بندی احتمال رخداد طول دوره رشد تربیتکاله بر مبنای توابع توزیع احتمال (نرمال) و الگوریتم‌های دورن‌یابی فضایی (IDW) در استان گیلان تاکنون صورت نگرفت. این پهنه‌بندی نقشه‌های تفکیک شده‌ای از طول دوره رشد در ۸ تاریخ کشت مختلف ارائه می‌دهد که تاکنون مشابه آن برای تربیتکاله در منطقه منتشر نشده است. همچنین در این تحقیق تاریخ برداشت در سه سطح احتمال (۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) برآورد شده است که این روش به کشاورزان اجازه می‌دهد تا بر اساس سطح ریسک‌پذیری، بهترین تاریخ کشت را بر اساس نیاز گرمایی انتخاب کنند. از آنجا که، طبق بررسی‌های انجام گرفته دمای هوا مهم‌ترین پارامتر هواشناسی اثرگذار بر تمامی مراحل فنولوژیکی است و همچنین با توجه به این که کشاورز دنبال محصول کم هزینه در مراحل کاشت، داشت و برداشت و همچنین عدم تداخل با کشت برنج در فصل بهار است، در این تحقیق تصمیم گرفته شد اثر درجه-روز رشد که به نوعی اثر دمای هوا بر طول دوره رشد است، در گیاه تربیتکاله مورد بررسی قرار گیرد.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

استان گیلان از استان‌های شمالی کشور است. ناهمواری‌های آن از غرب به شرق شامل تالش، ماسوله، پشته کوه و رشته کوه البرز است که از سه بخش غربی، مرکزی و شرقی تشکیل شده است. البرز غربی مانند حصاری استان گیلان را در بر گرفته است و بلندترین قله آن درفک نام دارد. جلگه‌های استان گیلان در میان دریا و کوهستان تا ارتفاع یکصد متری سطح دریا گسترده شده است. مساحت این جلگه‌ها به بیش از پنج هزار کیلومترمربع می‌رسد. این زمین‌ها به سه قسمت عمده

جدول ۱ - خصوصیات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه (دوره آماری ۱۴۰۱-۱۳۸۷)

| نام ایستگاه | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی | ارتفاع از سطح دریا | میانگین دمای سالانه (سلسیوس) |
|-------------|---------------|---------------|--------------------|------------------------------|
| انزلی       | ۴۹/۴۵         | ۳۷/۴۷         | -۲۳/۶              | ۱۶/۹                         |
| آستارا      | ۴۸/۸۵         | ۳۸/۳۵         | -۲۱/۱              | ۱۵/۷                         |
| تالش        | ۴۸/۸۸         | ۳۷/۸۳         | ۷/۳                | ۱۶/۵                         |
| جیرنده      | ۴۹/۸          | ۳۶/۷          | ۱۵۸۱               | ۱۲/۴                         |
| دیلمان      | ۴۹/۵۵         | ۳۶/۵۳         | ۱۴۴۸               | ۱۲/۰                         |
| رودبار      | ۴۹/۴۲         | ۳۶/۸۲         | ۲۰۵                | ۱۸/۷                         |
| رودسر       | ۵۰/۳۲         | ۳۷/۱۳         | -۲۲                | ۱۶/۸                         |
| فرودگاه رشت | ۴۹/۶۲         | ۳۷/۳۲         | -۸/۶               | ۱۶/۷                         |
| کشاورزی رشت | ۴۹/۶۳         | ۳۷/۲          | ۲۴/۹               | ۱۶/۹                         |
| کیاشهر      | ۴۹/۸۸         | ۳۷/۳۸         | -۲۲                | ۱۷/۲                         |
| لاهیجان     | ۵۰/۰۲         | ۳۷/۱۹         | ۳۴/۲               | ۱۶/۷                         |
| ماسوله      | ۴۸/۹۸         | ۳۷/۱۵         | ۱۱۱۹               | ۱۲/۳                         |
| منجیل       | ۴۹/۴          | ۳۶/۷۲         | ۳۳۸                | ۱۸/۰                         |



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک گیلان

روش پژوهش

در این تحقیق برای شروع کار از داده‌های میانگین دمای روزانه ۱۳ ایستگاه آستارا، انزلی، تالش، جیرنده، دیلمان، فرودگاه، رودبار، رودسر، کشاورزی، کياشهر، لاهیجان، ماسوله و منجیل در یک دوره ۱۵ ساله (۱۴۰۱-۱۳۸۷) استفاده شد. سپس میزان درجه-روز رشد (GDD) لازم گیاه تریپیکاله از کشت بذر تا زمان برداشت علوفه (مرحله خمیری نرم) ۹۶۰ واحد با احتساب صفر فیزیولوژیکی ۵ درجه سلسیوس در نظر گرفته شد (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۹). البته در مطالعه‌ای میزان درجه-روز رشد تا مرحله خمیری به مقدار ۸۰۰ واحد اشاره شده است (کوبلنتز و همکاران، ۲۰۱۸). اما در این تحقیق عدد ۹۶۰ واحد در نظر گرفته شد چون با استفاده از تاریخ‌های کاشت و برداشت چندین مزرعه داخل استان به کمک اطلاعات به دست آمده از جهاد کشاورزی و محاسبه میزان درجه-روز رشد تا مرحله خمیری نرم به عدد ۹۶۰ رسیدیم. بنابراین در این تحقیق میزان درجه-روز رشد تا مرحله خمیری ۹۶۰ واحد در نظر گرفته شد. در مرحله بعد ۸ تاریخ کشت به صورت ۱ شهریور، ۱۵ شهریور، ۱ مهر، ۱۵ مهر، ۱ آبان، ۱۵ آبان، ۱ آذر و ۱۵ آذر انتخاب گردید. سپس برای هر یک از ۱۳ ایستگاه سینوپتیک هواشناسی با توجه به ۸ تاریخ کشت معرفی شده طول دوره رشد تا زمان برداشت علوفه محاسبه گردید و در پایان نتایج با استفاده از تابع توزیع نرمال در ۳ سطح احتمال ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد برآورد شد. محاسبه درجه-روز رشد (GDD)

درجه-روز رشد یک روش استاندارد برای ردیابی و پیش‌بینی رشد گیاه بر اساس تجمع دما ارائه می‌دهد که

می‌تواند به کشاورزان و محققان کمک کند که نیازهای گرمایی هر محصول را درک کرده و مراحل رشد آنها را به طور دقیق پیش‌بینی کنند (پاریدیس و همکاران، ۲۰۲۵). برای محاسبه درجه-روز رشد تریپیکاله رقم پاژ از رابطه (۱) استفاده شد (سدیدی و همکاران، ۱۴۰۱):

$$GDD = \left[ \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right] - T_{base} \quad (1)$$

در رابطه فوق GDD، درجه-روز رشد،  $T_{\min}$  و  $T_{\max}$  دماهای بیشینه و کمینه روزانه (برحسب درجه سلسیوس) و  $T_{base}$  دمای پایه (برحسب سلسیوس) هستند. دمای پایه، دمایی است که پایین‌تر از آن گیاه رشدی نخواهد داشت. رقم پاژ مقاوم به خوابیدگی، بیماری زنگ زرد و سرما بوده و دوره رسیدگی فیزیولوژیک آن حدود ۲۱۰ روز است (قدسی و همکاران، ۱۳۹۵). در این مطالعه دمای پایه تریپیکاله ۵ درجه سلسیوس (کوبلنتز و همکاران، ۲۰۱۸) و چنانچه دمای میانگین روزانه برابر یا کمتر از دمای پایه باشد مقدار GDD برابر صفر در نظر گرفته شد (بازگیر، ۱۳۷۹). همچنین میزان درجه-روز رشد لازم جهت رسیدن به مرحله خمیری تریپیکاله رقم پاژ، ۹۶۰ واحد در نظر گرفته شد. در جدول ۲ به برخی از خصوصیات زراعی رقم پاژ اشاره گردید.

جدول ۲ - خصوصیات زراعی تریپیکاله رقم پاژ (ET-84-17)

| خصوصیات               | رقم پاژ (ET-84-17)                       |
|-----------------------|------------------------------------------|
| منشاء                 | مرکز بین‌المللی تحقیقات ذرت و گندم مکزیک |
| رنگ دانه              | قرمز                                     |
| مقاومت به خوابیدگی    | مقاوم                                    |
| مقاومت به سرما        | مقاوم                                    |
| میانگین عملکرد دانه   | ۷۲۶۹ کیلوگرم در هکتار                    |
| مقاومت به زنگ زرد     | مقاوم                                    |
| میانگین ارتفاع بوته   | ۱۱۶ سانتی‌متر                            |
| میانگین وزن هزار دانه | ۴۴ گرم                                   |

ابتدا در ۱۳ شهر مورد نظر ۸ تاریخ کشت به تاریخ‌های ۱ شهریور، ۱۵ شهریور، ۱ مهر، ۱۵ مهر، ۱ آبان، ۱۵ آبان، ۱ آذر و ۱۵ آذر در نظر گرفته شد، سپس درجه-روز رشد تجمعی برای تاریخ‌های کشت فوق محاسبه و تعداد روز تا رسیدن به ۹۶۰ واحد درجه-روز رشد به مثابه تاریخ برداشت علوفه تریتیکاله یادداشت شد، در پایان تاریخ برداشت با استفاده از تابع توزیع نرمال برآورد شد.

در پژوهش حاضر، برای شناخت مناسب‌ترین توزیع احتمال از آزمون نیکویی برازش کلموگروف-اسمیرنوف<sup>۱</sup> (K-S) و اندرسون-دارلینگ<sup>۲</sup> (A-D) استفاده شد. نتایج به دست آمده نشان داد توزیع نرمال<sup>۳</sup> مناسب‌ترین توزیع احتمالاتی برای برآورد بارش طول دوره رشد می‌باشد.

تابع توزیع نرمال

توزیع نرمال (Normal Distribution)، که با نام توزیع گاوسی (Gaussian Distribution) نیز شناخته می‌شود، یکی از اساسی‌ترین و پرکاربردترین توزیع‌های احتمال پیوسته در نظریه احتمالات و آمار است. قضیه حد مرکزی و ظهور توزیع نرمال بیان می‌کند که مجموع (یا میانگین) تعداد زیادی متغیر تصادفی مستقل که هر کدام دارای میانگین و واریانس متناهی هستند، صرف نظر از توزیع احتمالی اولیه آن‌ها، با افزایش تعداد این متغیرها، به یک توزیع نرمال میل می‌کند. این قضیه، دلیل اساسی مشاهده توزیع نرمال در بسیاری از پدیده‌های پیچیده است (بهبودیان، ۱۴۰۰). طبق قضیه حد مرکزی، مجموع این خطاهای کوچک و مستقل، منجر به یک خطای کلی می‌شود که توزیع آن به خوبی توسط توزیع نرمال تقریب زده می‌شود. میانگین این توزیع نرمال، همان میانگین خطای سیستماتیک خواهد بود و پراکندگی آن حول این میانگین را نشان می‌دهد. تابع چگالی احتمال توزیع نرمال

توسط دو پارامتر میانگین و انحراف معیار کاملاً مشخص می‌شود. میانگین موقعیت مرکز توزیع را تعیین می‌کند. منحني حول این مقدار متقارن است. انحراف معیار میزان پراکندگی داده‌ها حول میانگین را تعیین می‌کند. انحراف معیار بزرگ‌تر نشان‌دهنده پراکندگی بیشتر و منحني پهن‌تر است، در حالی که انحراف معیار کوچک‌تر نشان‌دهنده تمرکز بیشتر داده‌ها حول میانگین و منحني باریک‌تر است. تابع چگالی احتمال توزیع نرمال به صورت زیر است.

$$f(x; \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (۲)$$

در این رابطه  $f(x)$  تابعی متقارن حول  $\mu = x$  است، همچنین  $\mu$  میانگین،  $\sigma$  مد و میانه توزیع است. منحني توزیع نرمال در نقاط  $\mu - \sigma$  و  $\mu + \sigma$  دارای نقاط عطف است.

آزمون کولموگروف-اسمیرنوف

آزمون کلموگروف-اسمیرنوف بر پایه تابع توزیع تجمعی تجربی است. اگر فرض شود که یک نمونه تصادفی از  $x_1, \dots, x_n$  داشته باشیم، تابع توزیع تجمعی تجربی آن در نقطه  $x$  به صورت زیر است:

$$\hat{F}_n(x) = \frac{1}{n} [\text{Number of observation} \leq x] \quad (۳)$$

که آماره کلموگروف-اسمیرنوف ( $D_n$ ) بر پایه بیشترین فاصله عمودی بین تابع توزیع تجمعی تجربی و نظری به صورت معادله ۶ بیان خواهد شد:

$$D_n = \sup_x |\hat{F}_n(x) - F(x)| \quad (۴)$$

که در آن فرضیه صفر ( $H_0$ ) به صورت "داده‌ها از توزیع مطلوب پیروی می‌کنند؛ و فرضیه مقابل ( $H_1$ ) به صورت "داده‌ها از توزیع مطلوب پیروی نمی‌کنند" تعریف می‌شوند. بر اساس سطح معنی‌داری آزمون ( $\alpha$ ) و توزیع آماره  $D_n$ ، ناحیه بحرانی آزمون تعیین می‌شود. اگر مقدار

Normal<sup>۳</sup>

Kolmogorov-Smirnov.<sup>۱</sup>

Anderson-Darling.<sup>۲</sup>

## الگوریتم درونیابی IDW

برای تهیه نقشه یکپارچه و پیوسته از مکان مورد نظر نیاز به روش‌های درونیابی به منظور پیش‌بینی مقادیر نامعلوم می‌باشد. در این خصوص روش‌های مختلف درونیابی و تخمین‌های زمین آماری وجود دارد. برای درونیابی یک متغیر، روش‌های چند ضلعی‌های تیسن و وزن‌دهی بر مبنای عکس فاصله (IDW) از جمله روش‌های مرسوم می‌باشند. به هر حال این روش‌ها به دلیل در نظر نگرفتن همبستگی و بهینه نبودن اندازه و شکل همسایگی غالباً از دقت کافی برخوردار نمی‌باشند. با این حال هدف اصلی درونیابی مشخص کردن پارامتر و متغیر در جاهایی که توان و شرایط انجام نمونه‌برداری در آن میسر نبوده و به هر علت نمونه‌برداری در آن انجام نشده، می‌باشد (شام و همکاران، ۲۰۲۲). در روش درونیابی معکوس فاصله (IDW) فرض اساسی بر این است که میزان همبستگی و تشابه بین همسایه‌ها با فاصله بین آن‌ها متناسب است، که می‌توان آن را به صورت تابعی با معکوس فاصله از هر نقطه‌ای از نقاط همسایه تعریف کرد. لازم به یادآوری است که تعریف شعاع همسایگی و توان مربوط به تابع عکس فاصله از مسائل مهم در این روش محسوب می‌شود. این روش در حالتی که نقاط نمونه به اندازه کافی با پراکنش مناسب در سطوح مقیاس محلی باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرمول روش درونیابی معکوس فاصله به صورت زیر می‌باشد:

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^N Z_i d_i^{-n}}{\sum_{i=1}^N d_i^{-n}} \quad (6)$$

$Z_0$ : مقدار تخمین متغیر

$Z_i$ : مقدار نمونه در نقطه  $i$

$D_i$ : فاصله نقطه نمونه تا نقطه مورد تخمین

$n$ : ضریبی که وزن را بر اساس فاصله تعیین می‌کند.

بهترین نتایج از روش درونیابی معکوس وزنی فاصله‌ای (IDW) زمانی به دست خواهد آمد که نمونه‌گیری به اندازه کافی متراکم و بر اساس تغییرات

آماره آزمون در ناحیه بحرانی قرار بگیرد، فرضیه صفر رد می‌شود و به این معنی است که داده‌ها از توزیع مورد نظر پیروی نمی‌کنند. معمولاً سطح معنی‌داری آزمون برابر ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ در نظر گرفته می‌شوند که همان خطای نوع اول آزمون (خطای رد کردن فرضیه صفر وقتی فرضیه صحیح است) می‌باشد (توزی و همکاران، ۲۰۲۰).

## آزمون اندرسون دارلینگ

آزمون اندرسون دارلینگ برای بررسی این که آیا یک نمونه از داده‌ها ناشی از یک جمعیت با توزیع خاصی است، استفاده می‌شود. این آزمون تصحیحی از آزمون کولموگروف-اسمیرنف است و وزن بیشتری به داده‌ها نسبت به آزمون کولموگروف-اسمیرنف انجام می‌دهد، تخصیص می‌دهد. مزیت این روش این است که اجازه می‌دهد آزمون حساسیت بیشتری داشته باشد. تنها عیب این روش این است که مقادیر بحرانی باید برای هر توزیع محاسبه شود. آماره آزمون اندرسون دارلینگ به صورت زیر تعریف می‌شود.

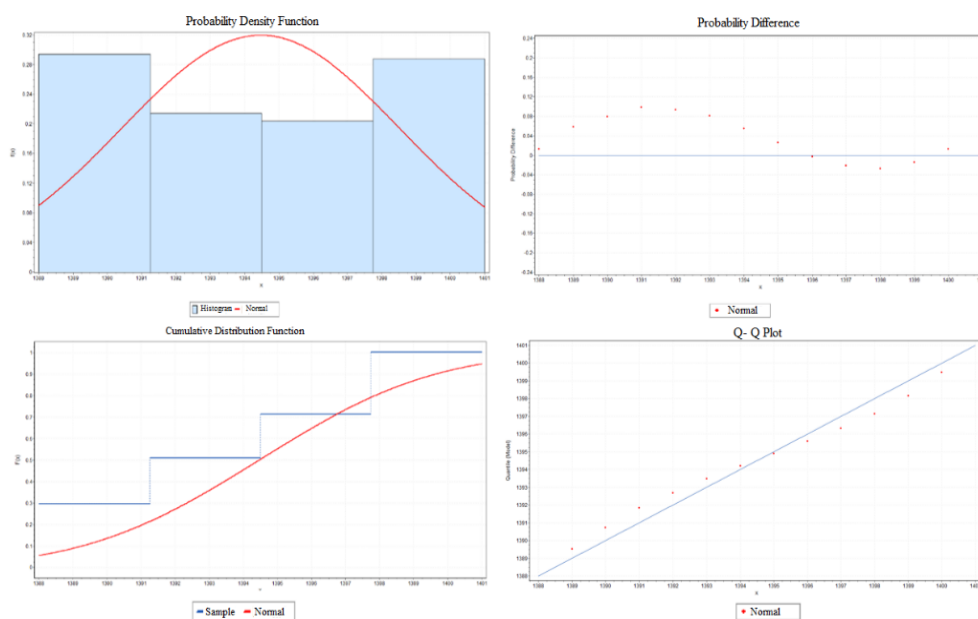
$$A^2 = -N - S \quad (5)$$

$$S = \sum_{i=1}^N \frac{2i-1}{N} [1nF(Y_i) + 1n(1 - F(Y_{N+1-i}))]$$

که در آن،  $F$  تابع توزیع تجمعی از توزیع مشخص شده‌ای است.  $Y_i$  داده‌های مرتب هستند. مقادیر بحرانی برای آزمون اندرسون دارلینگ به توزیع مشخصی که آزمون می‌شود، بستگی دارد. در شکل ۲ و جدول ۳ به ترتیب نتایج توزیع آماری نرمال و همچنین آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنف و اندرسون دارلینگ در ایستگاه رشت نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با توجه به آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنف و اندرسون دارلینگ (شکل ۳) توزیع نرمال مناسب‌ترین توزیع احتمالاتی برای برآورد طول فصل رشد تربیتکاله در شهر رشت می‌باشد.

فاصله، کاهش می‌یابد. جهت بررسی طول دوره رشد در سایر مناطق استان که فاقد ایستگاه هواشناسی هستند با استفاده از الگوریتم IDW و با تفکیک مکانی ۹۰۰ متر (۰/۰۱ درجه جغرافیایی) برای تمامی مناطق استان گیلان طول دوره رشد درونیابی شد.

محلی باشد. اگر نمونه‌برداری از نقاط ورودی کم یا ناهموار باشد، نتایج ممکن است به اندازه کافی سطح مورد نظر را نشان ندهند. در روش درونیابی IDW فرض ما براین است که تاثیر هر پدیده متناسب با توانی از معکوس فاصله آن است، بنابراین تاثیر پدیده مورد نظر با افزایش



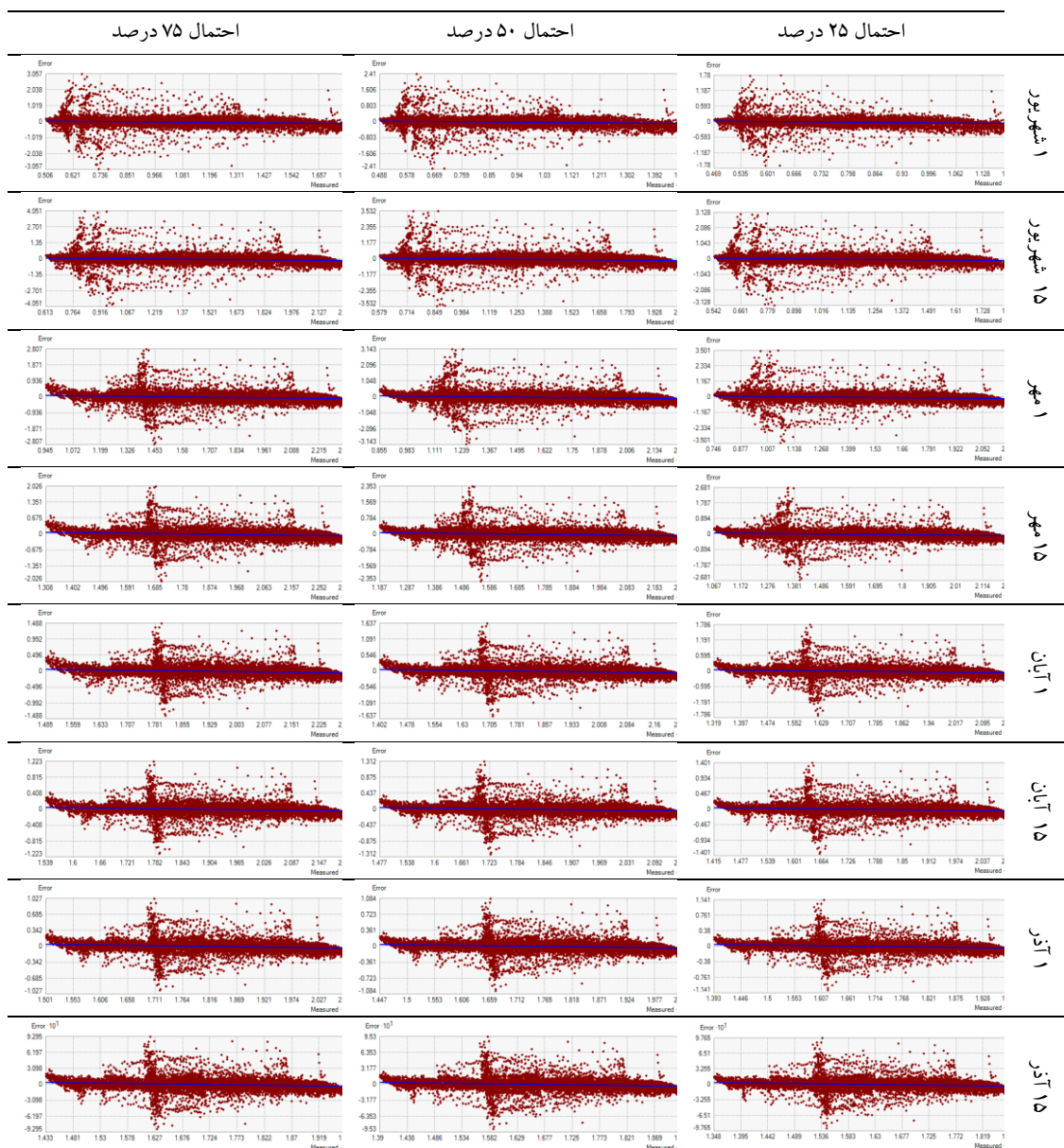
شکل ۲. نتایج توزیع احتمال نرمال در ایستگاه رشت

جدول ۳- نتایج آماره‌های توزیع نرمال در ایستگاه رشت

|                    |         |         |        |        |         |
|--------------------|---------|---------|--------|--------|---------|
| Normal (# 42)      |         |         |        |        |         |
| Kolmogorov-Smirnov |         |         |        |        |         |
| Sample Size        | 14      |         |        |        |         |
| Statistic          | 0.09813 |         |        |        |         |
| P-Value            | 0.99717 |         |        |        |         |
| Rank               | 21      |         |        |        |         |
| $\alpha$           | 0.2     | 0.1     | 0.05   | 0.02   | 0.01    |
| Critical Value     | 0.27481 | 0.31417 | 0.3489 | 0.3897 | 0.41762 |
| Reject?            | No      | No      | No     | No     | No      |
| Anderson- Darling  |         |         |        |        |         |
| Sample Size        | 14      |         |        |        |         |
| Statistic          | 0.19388 |         |        |        |         |
| Rank               | 6       |         |        |        |         |
| A                  | 0.2     | 0.1     | 0.05   | 0.02   | 0.01    |
| Critical Value     | 1.3749  | 1.9286  | 2.2018 | 3.2892 | 3.9074  |
| Reject?            | No      | No      | No     | No     | No      |

در پایان به منظور نشان دادن میزان خطای روش درونبایی از آماره ریشه میانگین مربع خطا (RMSE) استفاده شد که نتایج آن در شکل (۳) ارائه شده است.

برای بررسی میزان خطای روش درونبایی از آماره RMSE برای هر سه سطح احتمال و برای ۸ تاریخ کشت استفاده شد (جدول ۴).



شکل ۳. نمودارهای ریشه میانگین مربع خطا در روش درونبایی IDW جهت سه سطح احتمال

جدول ۴- مقادیر ریشه میانگین مربعات خطا بر اساس تاریخهای کشت در سه سطح احتمال مورد مطالعه (بر حسب روز)

| سطوح احتمالی |           |        |        |        |         |        |        | تاریخهای کشت   |
|--------------|-----------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|----------------|
| ۱ شهریور     | ۱۵ شهریور | ۱ مهر  | ۱۵ مهر | ۱ آبان | ۱۵ آبان | ۱ آذر  | ۱۵ آذر |                |
| ۰.۱۳۲۷       | ۰.۲۶۸۶    | ۰.۲۹۳۴ | ۰.۲۲۴۵ | ۰.۱۴۹۵ | ۰.۱۲۰۱  | ۰.۰۹۹۸ | ۰.۰۸۷۵ | احتمال ۲۵ درصد |
| ۰.۱۹۰۳       | ۰.۳۰۴۵    | ۰.۲۶۶۳ | ۰.۱۹۹۹ | ۰.۱۳۹۲ | ۰.۱۱۳۷  | ۰.۰۹۶۰ | ۰.۰۸۶۴ | احتمال ۵۰ درصد |
| ۰.۲۵۰۱       | ۰.۳۴۰۸    | ۰.۲۴۲۲ | ۰.۱۷۶۴ | ۰.۱۲۹۴ | ۰.۱۰۷۷  | ۰.۰۹۲۵ | ۰.۰۸۵۵ | احتمال ۷۵ درصد |

## بحث و نتایج

نتایج حاصل از پهنه‌بندی صورت گرفته برای طول دوره رشد گیاه تربیتکاله، در هر سه سطح احتمال ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد و در ۸ تاریخ کشت مورد بررسی، نشان داد که مناطق خاصی در استان، در مقایسه با سایر نقاط، دوره رشد کوتاه‌تری دارند (جدول ۵). این مناطق شامل آستارا و تالش در غرب استان، جلگه و سواحل مرکزی استان شامل بندر انزلی، خمام و رشت، رودبار و لوشان در جنوب استان و لاهیجان، آستانه اشرفیه و شمال رودسر در شرق استان هستند. به نظر می‌رسد که شرایط محیطی در این مناطق جغرافیایی، چرخه رشد تربیتکاله را نسبت به سایر مناطق تسریع می‌کند.

برای مثال، در شهر رشت اگر تاریخ کشت ۱ شهریور انتخاب گردد با احتمال ۵۰ درصد طول دوره رشد ۵۳٫۴ روز با ۹۶۰ درجه-روز رشد و اگر تاریخ کشت ۱۵ آذر باشد، طول دوره رشد ۱۵۷٫۲ روز با ۹۶۰ درجه-روز رشد خواهد بود. نتایج نشان داد که در شهر رشت و همچنین در سایر مناطق استان هر چه تاریخ کشت زودتر انجام شود (شهریورماه) طول دوره رشد کوتاه‌تر خواهد بود. مناسب‌ترین تاریخ کشت برای شهر رشت تا ۱۵ شهریور می‌باشد زیرا اگر تاریخ کشت از ۱۵ شهریور به ۱ مهر منتقل شود طول دوره رشد ۴۹ روز افزایش پیدا می‌کند. همین امر برای سایر ایستگاه‌ها و مناطق استان نیز صادق است و بهتر است تاریخ کشت تا قبل از شروع پاییز صورت گیرد. شرایط گرمایی، به ویژه در دوره رشد اولیه، اثر تعیین کننده‌ای بر نمو و عملکرد گیاهان دارد (کاتارزینا و همکاران، ۲۰۲۰). هر چه دمای هوا در زمان کاشت بیشتر باشد جوانه‌زنی و رشد گیاه سریع‌تر صورت می‌گیرد و دوره رشد نیز کوتاه‌تر می‌شود (ابراهیمی قلعه لانی و همکاران، ۱۴۰۰). بنابراین در کشت زودتر با توجه به این که طول دوره رشد تا اولین برداشت کشاورز برای علوفه دام کوتاه می‌شود، با این اوصاف می‌توان چندین

مرحله برداشت دیگر علوفه یا حداقل چرای دام با توجه به شرایط آب و هوایی انجام داد و در فصل سرما علوفه دام را تا حد زیادی تامین کرد. قابل ذکر است در این تحقیق فقط بر اساس درجه-روز رشد این مطلب بیان شده است و می‌توان با اعمال پرامترهای دیگر هواشناسی، زراعی و غیره نتیجه را با قطعیت بیشتر اعلام داشت.

هرچقدر تاریخ کشت به سمت پاییز منتقل می‌شود طول دوره رشد در تمامی نقاط استان نیز طولانی می‌گردد که این امر طبیعتاً به دلیل کاهش دمای هوای استان در فصل پاییز بوده که گیاه میزان GDD کمتری را در طول روز دریافت می‌کند. البته لازم به ذکر است در مناطق جنوبی استان با توجه به شرایط آب و هوایی نسبتاً گرم‌تر، طول دوره رشد همچنان نسبت به سایر نقاط استان در همه تاریخ‌های کشت کوتاه‌تر می‌باشد. بررسی الگوی مکانی طول دوره رشد در استان گیلان نشان می‌دهد که اختلاف ارتفاع و شرایط کوهساری نقش تعیین کننده‌ای در سرعت تأمین نیاز گرمایی تربیتکاله دارد. به طوری که ایستگاه‌های مرتفع نظیر دیلمان، جیرنده و ماسوله در تمامی تاریخ‌های کشت دارای طول دوره رشد بیشتری نسبت به مناطق جلگه‌ای و جنوبی استان بودند. این موضوع بیانگر آن است که کاهش دمای متوسط روزانه در نواحی مرتفع موجب کندتر شدن تجمع درجه-روز رشد و در نتیجه تأخیر در رسیدن گیاه به مرحله برداشت علوفه می‌شود. در مقابل، مناطق کم‌ارتفاع و گرم‌تر نظیر رودبار، منجیل و بخش‌های مرکزی جلگه گیلان به دلیل دریافت حرارت مؤثر بیشتر، سریع‌تر به نیاز گرمایی ۹۶۰ درجه-روز رشد دست یافته و از این نظر برای توسعه کشت دوم پس از برداشت برنج از ظرفیت بالاتری برخوردار هستند. از طرفی در مناطق سرد استان مانند دیلمان، جیرنده و ماسوله که اتفاقاً کشت برنج هم ندارند و زمین خالی است می‌توانند کشت بهاره انجام داده و تا پایان تابستان برداشت را انجام دهند.

علاوه بر این در غرب استان اگر تاریخ کشت از ۱۵ شهریور به ۱ مهر منتقل شود طول دوره رشد حدود ۷۰ روز افزایش پیدا می کند در حالی که در مناطق جلگه ای استان حدود ۵۰ روز می باشد. بنابراین پیشنهاد می گردد که در مناطق غربی استان کشت تربیتکاله در اوایل شهریور صورت گیرد و به فصل پاییز منتقل نشود که این امر به دلیل ورود سامانه های بارشی پاییزه و کاهش دما به ویژه از نیمه دوم شهریور به بعد در این مناطق می باشد. همچنین پیشنهاد می گردد در مزارعی که قابلیت کشت حتی قبل از ۱ شهریور را نیز دارند به دلیل گرمای هوا و دریافت GDD مناسب، کشت انجام گیرد. اما در مناطق جنوبی استان مانند منجیل و رودبار به دلیل بالا بودن میانگین دما تا ۱ مهر نیز می توان کشت تربیتکاله را انجام داد. از طرفی در مناطق جنوبی استان که کشت برنج صورت نمی گیرد می توان حتی در بهار تربیتکاله را کشت کرد.

اقلیم استان گیلان با توجه به بارندگی زیاد به ویژه در فصل پاییز و زمستان به دلیل ماندابی در مزارع شالیزاری، کشت دوم را سخت کرده که باید با انتخاب گیاه مقاوم به این شرایط و همچنین مدیریت زراعی این امر را تا حدودی تعدیل و ممکن ساخت. محدوده دمایی برای جوانه زنی تربیتکاله ۲ تا ۳ درجه سلسیوس است (سیبیان و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین در منطقه معتدل استان گیلان که زمستان های سختی ندارد، به راحتی می توانیم شاهد جوانه زنی و رشد آن باشیم. با توجه به خصوصیات رقم پاژ از نظر پتانسیل عملکرد بالا، زودرسی نسبی، مقاومت به خوابیدگی و بیماری های رایج گندم (به ویژه زنگ زرد) و تحمل قابل قبول به سرما، این رقم برای کاشت در اراضی کم بازده و مناطق معتدل پیشنهاد می شود. این رقم برای استفاده دو منظوره (علوفه سبز + دانه) نیز مناسب است و در اراضی کم بازده از موفقیت بیشتری نسبت به

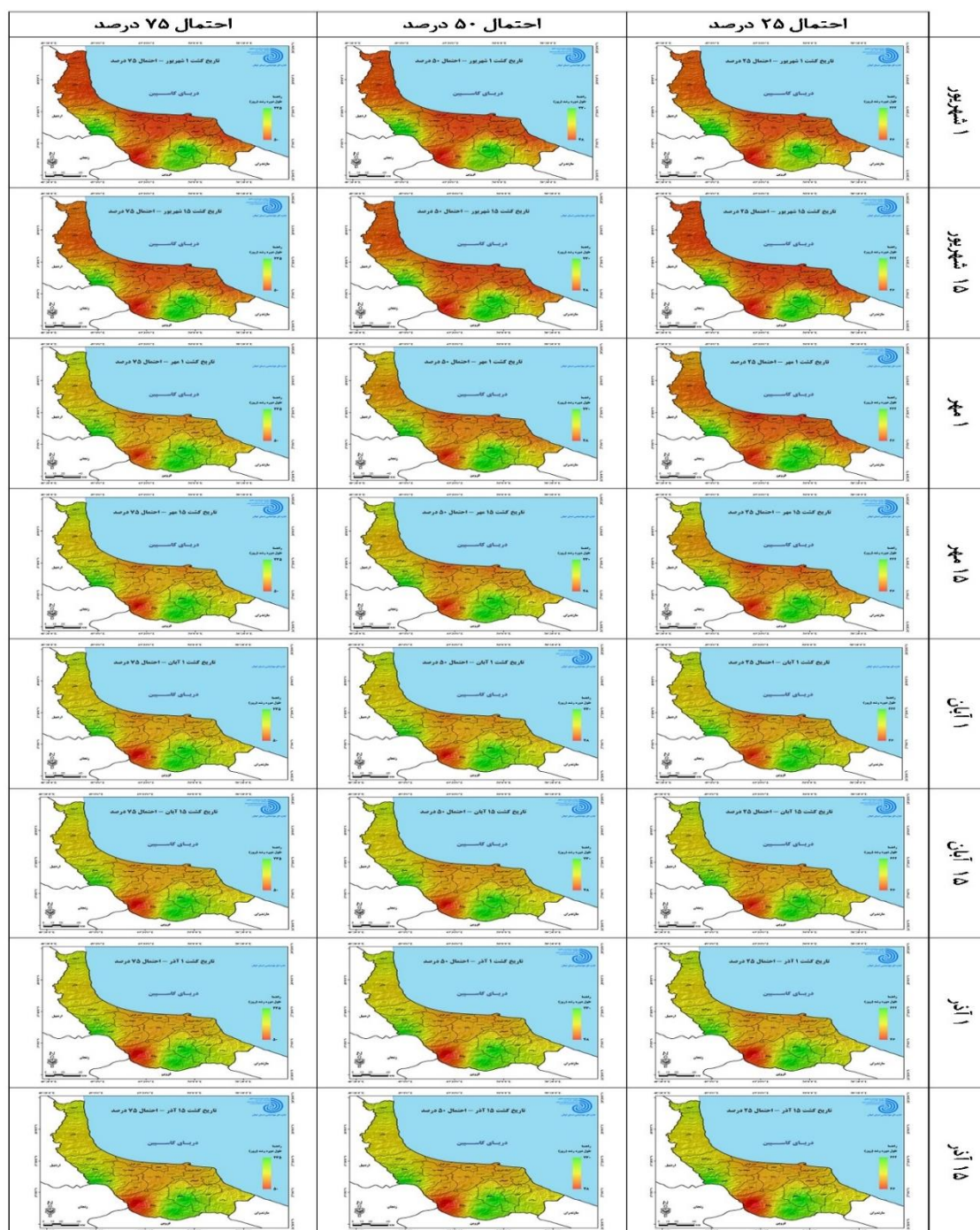
گندم و جو برخوردار است. از طرف دیگر دانه این رقم تربیتکاله برای خوراک طیور و دام های سبک نیز می تواند مورد استفاده قرار بگیرد و تهیه سیلوی آن هم موفقیت آمیز است (قدسی و همکاران، ۱۳۹۵). به نظر می رسد که برای گذار از کشاورزی سنتی به کشاورزی نوین و پیشرفته، باید حداکثر بهره وری را با رعایت ملاحظات زیست محیطی و با در نظر گرفتن تمامی محدودیت های حوزه کشاورزی به عمل آورد. در زمین های شالیزاری استان گیلان متناسب با مزیت نسبی هر منطقه و منابع موجود امکان کشت دوم و تولید محصولات متنوع پس از برداشت محصول برنج وجود دارد. در این راستا و با توجه به محدودیت مالکیت های اراضی کشاورزی گیلان، تنها راه نجات کشاورزی و مقرون به صرفه کردن آن، انجام کشت های متفاوت و ترکیبی در مزارع تحت عنوان کشت دوم است. قابل ذکر است تربیتکاله یک گیاه مقاوم به سرما است و می تواند در دمای پایین رشد کند. با این حال، دمای مطلوب برای رشد تربیتکاله بین ۱۵ تا ۲۵ درجه سلسیوس است (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۹) و در دماهای پایین تر، رشد تربیتکاله کند شده و عملکرد کاهش می یابد. در استان گیلان، با توجه به شرایط آب و هوایی، دمای هوا مهم ترین پارامتر هواشناسی برای عملکرد بهتر تربیتکاله است. دمای میانگین هوا در استان گیلان در شش ماه دوم سال (فصل رشد تربیتکاله) بین ۳ تا ۲۱ درجه سلسیوس می باشد (شناسنامه اقلیمی استان گیلان- اداره کل هواشناسی استان گیلان). این دما برای رشد مطلوب تربیتکاله مناسب است. برای بهبود عملکرد تربیتکاله در استان گیلان، می توان از روش های مدیریتی مانند انتخاب رقم مناسب، کاشت زود هنگام و استفاده از کودهای مناسب نیز استفاده کرد. پهنه بندی ارائه شده در این مطالعه (شکل ۴) بر اساس شاخص درجه-روز رشد می تواند به شالیکاران کمک کند تا تاریخ کشت مناسب را برای کشت

جدول ۵- طول دوره رشد گیاه تربیتکاله در سه سطح احتمال بر اساس ۸ تاریخ کشت

| ایستگاه          | سطوح<br>احتمال | تاریخ‌های کشت |           |       |        |        |         |        |
|------------------|----------------|---------------|-----------|-------|--------|--------|---------|--------|
|                  |                | ۱ شهریور      | ۱۵ شهریور | ۱ مهر | ۱۵ مهر | ۱ آبان | ۱۵ آبان | ۱۵ آذر |
| انزلی            | 25%            | 49.9          | 57.3      | 74.6  | 110.4  | 146.2  | 156.4   | 150.9  |
|                  | 50%            | 51.7          | 62.3      | 98.1  | 132.3  | 159.7  | 165.7   | 156.8  |
|                  | 75%            | 53.6          | 67.4      | 121.7 | 154.2  | 173.1  | 175.1   | 162.7  |
| آستارا           | 25%            | 54.8          | 64.5      | 119.7 | 169.2  | 182.3  | 183.3   | 167.7  |
|                  | 50%            | 56.7          | 78.5      | 146.7 | 182.5  | 190.4  | 188.4   | 171.1  |
|                  | 75%            | 58.7          | 92.5      | 173.7 | 195.8  | 198.4  | 193.4   | 174.5  |
| تالش             | 25%            | 53.1          | 61.5      | 92.3  | 137.5  | 165.5  | 170.7   | 159.7  |
|                  | 50%            | 55.0          | 69.6      | 118.0 | 155.6  | 175.6  | 177.4   | 163.9  |
|                  | 75%            | 56.9          | 77.7      | 143.7 | 173.7  | 185.8  | 184.0   | 168.0  |
| جیرنده           | 25%            | 85.1          | 175.0     | 215.6 | 220.0  | 216.8  | 209.8   | 185.7  |
|                  | 50%            | 117.6         | 200.8     | 224.9 | 227.1  | 223.1  | 214.8   | 190.2  |
|                  | 75%            | 150.1         | 226.6     | 234.2 | 234.2  | 229.5  | 219.8   | 194.8  |
| دیلمان           | 25%            | 119.2         | 184.8     | 218.4 | 222.0  | 217.3  | 209.9   | 186.6  |
|                  | 50%            | 148.0         | 206.4     | 226.2 | 228.3  | 223.6  | 215.4   | 191.7  |
|                  | 75%            | 176.8         | 228.0     | 234.1 | 234.6  | 229.9  | 220.9   | 196.8  |
| رودبار           | 25%            | 47.0          | 54.5      | 76.5  | 106.7  | 131.9  | 141.5   | 134.7  |
|                  | 50%            | 48.8          | 57.9      | 85.5  | 118.7  | 140.2  | 147.7   | 139.0  |
|                  | 75%            | 50.6          | 61.3      | 94.5  | 130.7  | 148.5  | 153.9   | 143.3  |
| رودسر            | 25%            | 51.7          | 59.2      | 85.6  | 131.6  | 161.2  | 167.6   | 158.3  |
|                  | 50%            | 53.5          | 66.3      | 110.9 | 150.7  | 172.4  | 175.1   | 162.8  |
|                  | 75%            | 55.3          | 73.4      | 136.3 | 169.7  | 183.5  | 182.5   | 167.2  |
| رشت<br>(فرودگاه) | 25%            | 52.0          | 60.3      | 92.4  | 135.6  | 161.7  | 165.7   | 155.2  |
|                  | 50%            | 53.9          | 68.1      | 117.1 | 153.2  | 171.6  | 172.1   | 158.8  |
|                  | 75%            | 55.9          | 76.0      | 141.9 | 170.8  | 181.4  | 178.6   | 162.4  |
| رشت<br>(کشاورزی) | 25%            | 51.3          | 59.5      | 93.3  | 134.9  | 159.2  | 163.8   | 153.5  |
|                  | 50%            | 53.4          | 67.7      | 116.9 | 152.1  | 169.4  | 170.5   | 157.2  |
|                  | 75%            | 55.5          | 75.9      | 140.6 | 169.2  | 179.5  | 177.2   | 160.9  |
| کیاشهر           | 25%            | 51.0          | 58.0      | 80.8  | 117.0  | 150.8  | 158.1   | 150.8  |
|                  | 50%            | 53.0          | 64.7      | 103.8 | 136.7  | 163.1  | 166.7   | 156.2  |
|                  | 75%            | 55.0          | 71.5      | 126.8 | 156.5  | 175.4  | 175.3   | 161.6  |
| لاهیجان          | 25%            | 51.1          | 58.5      | 88.3  | 130.7  | 157.8  | 162.2   | 154.0  |
|                  | 50%            | 53.7          | 67.2      | 112.8 | 148.1  | 168.6  | 169.9   | 158.4  |
|                  | 75%            | 56.2          | 75.9      | 137.3 | 165.6  | 179.4  | 177.6   | 162.8  |
| ماسوله           | 25%            | 119.3         | 179.5     | 212.7 | 217.6  | 213.4  | 207.8   | 185.2  |
|                  | 50%            | 148.3         | 200.7     | 222.1 | 224.1  | 219.4  | 212.1   | 189.6  |
|                  | 75%            | 177.2         | 222.0     | 231.6 | 230.7  | 225.5  | 216.5   | 194.1  |
| منجیل            | 25%            | 46.9          | 54.2      | 80.9  | 115.5  | 143.1  | 148.8   | 139.1  |
|                  | 50%            | 48.9          | 58.6      | 101.3 | 132.8  | 153.7  | 156.4   | 144.4  |
|                  | 75%            | 51.0          | 63.0      | 121.7 | 150.1  | 164.2  | 164.0   | 149.6  |

تریپیکاله بر اساس نیاز گرمایی انتخاب کنند، زیرا کشاورزان می‌توانند با انتخاب تاریخ کشت بهینه و با آگاهی از طول دوره رشد ضمن کاهش تداخل زمانی با

عملیات زراعی برنج، از منابع گرمایی موجود حداکثر استفاده را کرده و تولید علوفه را در دوره‌ای کوتاه‌تر و با ریسک کمتر انجام دهند.



شکل ۴. پهنه‌بندی طول دوره رشد گیاه تریپیکاله برای تاریخ کشت‌های مورد مطالعه به صورت احتمالات

## نتیجه گیری

در ابتدای نتیجه گیری اذعان به این نکته الزام می باشد که این مطالعه و نتایج حاصل از آن فقط بر اساس محاسبه شاخص درجه-روز رشد است و شاخص های دیگری از جمله پارامترهای دیگر هواشناسی، زراعی، دسترسی نهاده ها و سایر عوامل در این مطالعه در نظر گرفته نشده است. بنابراین با توجه به نتایج پهنه بندی دوره رشد تربیتکاله در استان بر اساس شاخص درجه-روز رشد، می توان نتیجه گرفت که تاریخ کشت نقش تعیین کننده ای در طول دوره رشد این گیاه دارد، به طوری که هرچه کشت زودتر (در شهریورماه) انجام شود، دوره رشد کوتاه تر و بهره برداری زودتر امکان پذیر خواهد بود. این امر به کشاورزان اجازه می دهد تا علاوه بر برداشت علوفه در زمان کوتاه تر، امکان برداشت های متعدد یا چرای دام را نیز فراهم کنند. مناطق جلگه ای و مرکزی، غربی و جنوبی استان از نظر شرایط اقلیمی تفاوت هایی دارند که باید در تعیین تاریخ بهینه کشت مدنظر قرار گیرد؛ به ویژه در مناطق غربی استان که تأخیر در کشت باعث افزایش قابل توجه دوره رشد می شود. همچنین در مناطق سرد استان (همچون دیلمان، جیرنده و ماسوله) که کشت برنج رایج نیست، فرصت مناسبی برای کشت بهاره فراهم است. در مجموع تنها با توجه به شاخص درجه-روز رشد اگر کشت تربیتکاله در استان تا پیش از آغاز پاییز و ترجیحاً در نیمه اول شهریور انجام گیرد ضمن بهره گیری از دمای مناسب و GDD کافی، حداکثر بهره وری در تولید علوفه دام را می توان انتظار داشت. البته مجدداً لازم به ذکر است که در این تحقیق فقط اثر درجه-روز رشد بر طول دوره رشد تربیتکاله مورد بررسی قرار گرفته و اثر عوامل دیگری مانند بارش، سرما، تبخیر و تعرق، دمای خاک و غیره در نظر گرفته نشد. لذا پیشنهاد می شود اثر این عوامل و سایر عوامل زراعی بر طول دوره رشد و عملکرد علوفه تربیتکاله نیز

مورد بررسی محققین قرار گیرد. امیدواریم در آینده ای نزدیک با کشت محصولات مناسب نظیر تربیتکاله در اراضی شالیزاری ضمن تامین علوفه دام، شاهد افزایش درآمد کشاورزان و استفاده مناسب از شالیزارهای شمال کشور در نیمه دوم سال باشیم.

## سپاسگزاری

در این بخش نویسندگان مراتب سپاس و قدردانی خود را از موسسه تحقیقات برنج کشور، به ویژه آقای دکتر محمد ربیعی، به پاس راهنمایی ها و همکاری های ارزشمند ایشان در انجام این پژوهش، ابراز می دارند.

## منابع

- ابراهیمی قلعه لانی، ز.، خوشحال دستجردی، ج.، و یزدان پناه، ح. (۱۴۰۰). تعیین مناطق مساعد کشت ذرت بر اساس تامین نیازهای گرمایی در شمال غرب ایران. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ۲۵(۷۷)، ۱-۲۷.
- بازگیر، س. (۱۳۷۹). بررسی پتانسیل اقلیمی زراعت گندم دیم (مطالعه موردی کردستان) پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.
- بهبودیان، ج. (۱۴۰۰). چند توزیع مهم و ارتباط آن ها با هم. آمار و احتمال مقدماتی. محاسبه احتمال برای متغیرهای غیر استاندارد: دانشگاه امام رضا (ع) مشهد. ص. ۲۰۴، شابک ۸-۰۲-۶۵۸۲-۹۶۴.
- حسینی، م. (۱۳۸۸). بررسی و مطالعه شاخص درجه-روز رشد پرتقال، پنبه، گندم، برنج و تأثیر آن در زمان رسیدن این گیاهان در منطقه قراخیل. نشریه اداره کل هواشناسی استان مازندران. ۱(۳)، ۳۶۶-۳۶۲.
- سدیدی، م. ت.، اسعدی اسکویی، ا.، امین دلدار، ز.، و یزدانی، م. (۱۴۰۱). بررسی اثر دمای هوای استان گیلان در تعیین زمان مناسب کشت برنج. نشریه پژوهش های اقلیم شناسی، ۱۳(۵۱)، ۲۲۱-۲۰۹.
- سدیدی، م. ت.، اسعدی اسکویی، ا.، زهدقدسی، م. ج.، و امین دلدار، ز. (۱۴۰۰). مقایسه درجه-روز رشد مراحل مختلف فنولوژیکی برنج رقم هاشمی در استان گیلان. نشریه پژوهش های اقلیم شناسی، ۱۲(۴۵)، ۱۵۲-۱۴۳.
- فلاحی، ح. ع.، رمضانپور، م. ر.، اندرخور، ع.، و کامل، م. (۱۳۹۸). زراعت تربیتکاله. مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی مازندران.

Meza, F.J., Silva, D., & vigil, H. (2008). Climate change impacts irrigated maize in Mediterranean climates: on of double cropping as an emerging adaptation alternative. *Agricultural systems*, 98(1), 21 – 30.

Nielsen, D.C., Vigil, M.F., & Benjamin, J.G. (2006). Forage yield response to water use for dryland corn, millet, and triticale in the central great plains. *Agronomy*, 98(4), 992- 998.

Oettler, G. (2005). The fortune of a botanical curiosity – Triticale: past, present and future. *Agricultural Sciences*, 143(1), 329-346.

Paredes, P., López-Urrea, R., Martínez- Romero, A., Petry, M., Rosário Cameira, M., Montoya, F., Almeida, W., Salman, M., & Pereira, L. (2025). Base and upper temperature thresholds to support the calculation of growing degree days aiming at their use with the FAO56rev crop coefficients curve: A review. *Agricultural Water Management*, 319(109755), 1-23.

Safarian Zangir, V., Shokri, F., Rohi, F., & Naderi, B. (2016). Investigation of the role of climatic parameters and cultivation hazards, rice yield in Guilan province. *International Conference on Innovation in Science and Technology*.

Sibian, M.S., Saxena, D.C., & Riar, C.S. (2017). Effect of germination on chemical, functional and nutritional characteristics of wheat, brown rice and triticale: a comparative study. *Food and Agriculture*, 97(13), 4643-4651.

Sham, N.M., Annual, Z.F., & Shahrudin, R. (2022). GIS based interpolation method to urinary metal concentrations in Malaysia. *Food and Chemical Toxicology*, 163(1), 1-6.

Tozzi, L., Staveland, B., Holt-Gosselin, B., Chesnut, M., Chang, S., Choi, D., Shiner, M., Wu, H., Lerma-Usabiaga, G., Sporns, O., Barch, D., Gotlib, I., Hastie, T., Kerr, A., Poldrack, R., Wandell, B., Wintermark, M., & Williams, M. (2020). The human connectome project for disordered emotional states: Protocol and rationale for a research domain criteria study of brain connectivity in young adult anxiety and depression. *National Library of Medicine*. 214(17), 1-38.

Wang, R., Bai, Y., & Tanino, K. (2004). Effect of seed size and sub-zero imbibition temperature on the thermal time model of Winterfat (*Eurotia lanata*(pursh) Moq.). *Environmental and Experimental Botany*, 51(3), 183-197.

Yasari, T., & Shasavari, M. (2014). Zoning of Growing Degree Days values of spring safflower in Isfahan. *Production and Processing*, 3 (8), 61-71.

لک زاده، ا. (۱۳۹۲). تریتیکاله گیاه علوفه‌ای دو منظوره. سازمان جهاد کشاورزی خوزستان

قدسی، م. (۱۳۸۹). تریتیکاله، ویژگی‌ها و دستورالعمل فنی کاشت، داشت و برداشت. نشریه فنی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی.

قدسی، م.، زارع فیض آبادی، ا.، ناظری، م.، خدارحمی، م.، تجلی، ح.، و عزیزی ض. (۱۳۹۵). پاژ، رقم جدید تریتیکاله مناسب کشت در اراضی کم بازده مناطق معتدل کشور. نشریه یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان باغی و زراعی. ۹۷-۱۰۸. (۲)۵.

یوسفی، ر.، و حسینی، م. (۱۳۹۹). دستورالعمل فنی تولید تریتیکاله به مثابه کشت دوم در اراضی شالیزاری (اقلیم گرم و مرطوب). نشریه موسسه تحقیقات برنج کشور. ۲-۳۲.

یوسفی، ر.، حسینی، م.، عبادی، ع.، ا.، تجدیدی طلب، ک.، یزدانی، م.، مجیدی، ف.، شکری واحد، ح.، اله قلی پور، م.، جلائیان، م.، ربیعی، م.، علی پور، ف.، فرح دهر، ف.، فرح پور حقانی، آ.، خشکدامن، م.، و فرزین پور، ا. (۱۳۹۸). تریتیکاله گیاه مناسب جهت کشت دوم در اراضی شالیزاری. مجله ترویجی شالیزار. ۵۶-۴۸. (۲)۱.

Bonhomme, R. (2000). Bases and limits to using 'degree. day' units. *European Journal of Agronomy*, 13(1), 1-10.

Coblentz, W.K., Akins, M.S., Kalscheur, K.F., Brink, G.E., & Cavadini, G.S. (2018). Effects of growth stage and growing degree day accumulations on triticale forages: 1. Dry matter yield, nutritive value, and in vitro dry matter disappearance. *Dairy Science*, 101(10), 8965-8985.

Fayaza, N., & Arzania, A. (2011). Moisture stress tolerance in reproductive growth stages in triticale (X Triticosecale Wittmack) cultivars under field conditions. *Crop Breeding*, 1(1), 1-12.

Ghoshchi, Gh. (2000). Tritic osecale wittmack.x the first manipulation cereals. Kare-no Publications, Varamin Azad University, 76 p. (In Persian).

Harper, M. T., J. Oh., Giallongo, F., Roth, W., & Hristov, A. N. (2017). Inclusion of wheat and triticale silage in the diet of lactating dairy cows. *Dairy Science*, 100 (8):6151-6163.

Katarzyna, A.S., & Józef, S. (2020). Reaction of Sweet Maize to the Use of Polyethylene Film and Polypropylene Non-Woven Fabric in the Initial Growth Phase, *agronomy (mdpi)*, 10(1): 1-15.

Koocheki, A., Nassiri, M., Kamali, G.A., & Shahandeh, H. (2006). Potential impacts of climate change on agrometeorological indicators in Iran. *Arid Land Research and Management*, 20 (1):245-259.

# Determining the Optimal Sowing Date for Triticale Based on Thermal Requirements in the Paddy Fields of Guilan Province

Seyyed Mohammad Taghi Sadidi Shal<sup>1</sup>, Zahra Amin Deldar<sup>2\*</sup>, Mohammad Javad Zohde Qodsi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Seyyed Mohammad Taghi Sadidi Shal, M.Sc. in Mathematics, Applied Meteorology Development Group, Guilan Province Meteorological Department, Rasht, Iran

<sup>2</sup> Zahra Amin Deldar, PHD. in Crop Physiology, Guilan Agricultural Meteorology Research Center, Rasht, Iran

<sup>3</sup> Mohammad Javad Zohde Qodsi, M.Sc. in Agricultural Meteorology, Guilan Agricultural Meteorology Research Center, Rasht, Iran

\*Corresponding Author Email: [s\\_amineldar@yahoo.com](mailto:s_amineldar@yahoo.com)

Received: 07 January 2026, Accepted: 08 August 2026

## ABSTRACT

This study investigates the impact of varying planting dates on the triticale growth period, quantified by growing degree-days (GDD), at the provincial level. Accurate GDD estimation is essential for optimizing crop management. To this end, daily average temperature data from 13 synoptic meteorological stations across Guilan province (including Astara, Anzali, Talesh, Jirandeh, Deylaman, Airport, Rudbar, Rudsar, Keshavarzi, Kiashahr, Lahijan, Masouleh, and Manjil) were analyzed over a 15-year period (2008–2022). Triticale growth was modeled using a threshold of 960 GDD with a physiological zero of 5°C, evaluated across eight planting dates at 15-day intervals from September 1 to December 15. Harvest dates corresponding to 25%, 50%, and 75% probabilities were determined using the normal distribution function and spatially interpolated for Guilan province via the Inverse Distance Weighting (IDW) algorithm. The findings indicate that delaying planting significantly extends the growth period, particularly in the western regions of the province. Furthermore, in colder regions where rice cultivation is infrequent, there is substantial potential for spring planting. Overall, it is recommended that triticale cultivation in Guilan commence in early September. For instance, in Rasht, a September 1 planting date results in a 50% probability of a 53.4-day growth period to reach 960 GDD, whereas a December 15 planting date extends this period to 157.2 days. Selecting optimal planting dates can maximize fodder productivity by leveraging favorable thermal accumulation and GDD requirements.

**Keywords:** Second crop, growing degree-day, triticale, planting date, growing period length

## HOW TO CITE THIS ARTICLE

Sadidi Shal, S. M.T., Amin Deldar, Z., and Zohde Qodsi, M.J. (2026). Determining the Optimal Sowing Date for Triticale Based on Thermal Requirements in the Paddy Fields of Guilan Province. *Journal of Meteorology and Atmospheric Science*, 9(1): 26- 43. Doi: 10.22034/jmas.2026.571008.1263

## COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAS Journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

