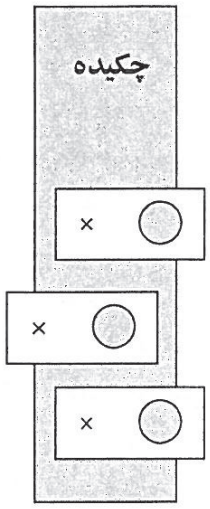
بررسی رابطه عوامل آب و هوایی و مراحل فنولوژیک گندم در استان گلستان

محمداسماعیل اسدی[1]، پریسا شاهین رخساراحمدی[2]،
معصومه صالحی[3]، مهدی کلاته عربی[4]، مریم نیکزادفر[5]

(تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۸۷/۵/۷)



اگرچه رشد و نمو گیاهان زراعی عمدتا تابع ویژگی‌های ژنتیکی می‌باشد ولی اثرات عوامل اقلیمی با توجه به روابط پیچیده آنها با مراحل رشد و نمو گیاهان نیز از اهمیت بسزایی برخوردار است. هریک از مراحل رشد گیاه باید دمای بهینه و درجه حرارت تجمعی معینی را برای ورود به مرحله بعدی دریافت کند. بنابراین باید تاریخ کاشت، عملیات زراعی و دوره رشد طوری تنظیم شود که مطابق با شرایط بهینه نمو گیاه باشد. برای این منظور مراحل فنولوژیک گندم رقم تجن در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ در ایستگاه هواشناسی هاشم آباد گرگان بررسی شد. در مرحله سبز شدن، گیاه میزان بارندگی مورد نیاز برای جوانه‌زنی یکنواخت را دریافت نکرد. در مرحله

۱- استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
۲- کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان
۳- دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه فردوسی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان
۴- کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان
۵- کارشناس اداره هواشناسی استان گلستان

پنجه‌زنی، گیاه با کمبود بارندگی و نور مواجه شد و دما در مرحله سبزشدن، ساقه رفتن کمتر از حد مطلوب بود. کاهش دما طی این دوره موجب کاهش آغازش سنبلچه‌ها و گلچه‌ها گردید و به علاوه دمای مورد نیاز برای ظهور برگ‌ها نیز تامین نشد. از طرفی افزایش ناگهانی دما موجب تنش حرارتی در طول دوره گرده افشانی و پرشدن دانه و درنتیجه کاهش وزن هزار دانه و عملکرد شد.

کلمات کلیدی: گندم، فنولوژی، درجه روز، دما، گرگان.

مقدمه

در ده سال اخیر تاثیر تغییرات اقلیمی بر تولیدات گیاهی مورد توجه جدی قرار گرفته است. در چرخه رشد و نمو گندم دو مرحله متوالی رویشی و زایشی دیده می‌شود. مرحله رویشی شامل جوانه زدن، تشکیل ریشه و پنجه‌زنی و مرحله زایشی با طویل شدن ساقه شروع شده و با تشکیل و ظاهر شدن سنبله، گرده افشانی، تشکیل دانه و رسیدن میوه تکمیل می‌شود. به منظور انجام عملیات داشت نظیر آبیاری و مصرف کود، مراحل مختلف رشد و نمو غلات می‌بایستی مشخص گردند و پیش‌بینی مراحل فنولوژیک گیاه در درک و فهم اکوسیستم‌های طبیعی نظیر کشاورزی و صنایع وابسته به آن بسیار مهم هستند. بدین منظور روش‌های کلیدی ساده‌ای برای بررسی مراحل فنولوژی (فیکس و زادوکس) ابداع شده است[۳]. فتوپریود و دما مهمترین عوامل محیطی تعیین کننده مراحل فنولوژی، سازگاری و عملکرد هستند[۲۰]. تحقیقات نشان داده است که اندازه گیری دمای تجمعی در طول مطالعه مراحل فنولوژیک و فیزیولوژیک بهتر از زمان تقویمی کاربرد دارد. پورویس[1] در سال ۱۹۴۱ اولین فردی بود که بیان کرد جوانه انتهایی گندم مستقیما دما را دریافت می‌کند[۱۷]. جوانه انتهایی گندم تا مرحله ساقه رفتن در زیر خاک قرار گرفته است. به نظر می‌رسد دمای خاک در عمق قرار گرفتن جوانه انتهایی شاخص بهتری برای پیش‌بینی مراحل فنولوژی نسبت به دمای هوا می‌باشد[۱۳]. هی[2] مشاهده کرد تا مرحله

1. Purvis
2. Hay

انتقال از مرحله رویشی به زایشی بویژه مرحله ساقه رفتن تا رسیدگی، مریستم انتهایی در معرض محیط کانوپی قرار می‌گیرد[۷]. آغازش سنبلچه زمانی اتفاق می‌افتد که جوانه انتهایی در زیر خاک قرار گرفته است.

از آنجایی که زمان حرارتی براساس درجه روز (GDD) بیان می‌شود، آغازش سنبلچه‌ها رابطه خطی با این پارامتر دارد[۱۱]. کربای[1] در سال ۱۹۸۵ در مطالعات مختلف ذکر کرد که در دمای بین ۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد به ازای هر درجه روز در حدود ۰/۰۷ سنبلچه آغازش می‌یابد[۱۰]. تاثیر فتوپریود بر آغازش سنبلچه‌ها نسبت به دما کمتر است. کاترل[2] و همکاران نشان دادند که سطح جیبرلین در نوک ساقه در روزهای بلند بیشتر بود و سرعت بالای آغازش سنبله بدلیل بالاتر بودن سطح جیبرلین است[۵]. شدت نور پایین موجب کاهش دمای گیاه و جوانه انتهایی می‌شود. با مرحله ساقه رفتن آغازش اولین گلچه‌ها آغاز می‌گردد. کربای و آپلیارد[3] اعتقاد دارند که آغازش گلچه‌ها برای تمام گلچه‌ها یکسان است و تخمین زده‌اند که آغازش سنبلچه‌ها از ۰/۰۲ تا ۰/۰۴ گلچه در درجه سانتیگراد در روز است[۹]. دمای بالای ۳۰ درجه سانتیگراد در طول تشکیل گلچه‌ها موجب ناباروری کامل می‌شود[۱۶ و ۱۸]. مطالعات مختلف نشان داد که واکنش فیلوکرون (ظهور برگهای متوالی) به دما، در گندم از ۱۰ درجه سانتیگراد تا ۲۵ درجه سانتیگراد بطور خطی افزایش و بعد از آن در ۳۰ درجه سانتیگراد کاهش می‌یابد[۴ و ۶].

ویلکنز و سینق[4] در سال ۲۰۰۳ بیان کردند که رشد رویشی گندم فقط تحت تاثیر زمان حرارتی نیست[۲۱] بلکه بطور وسیعی تحت تاثیر بهاره کردن و فتوپریود قرار می‌گیرد[۱۷]. همچنین دوره و سرعت پرشدن دانه تحت تاثیر دما قرار دارد. دمای بالاتر از ۲۵ درجه سانتیگراد موجب کاهش سرعت پرشدن دانه می‌شود. با افزایش دما سرعت پرشدن دانه افزایش ولی طول پرشدن دانه کاهش می‌یابد و درنهایت موجب کاهش وزن دانه در دمای بالاتر از بهینه می‌شود. هرچه اختلاف بین حداکثر و حداقل دمای روزانه در طول این دوره کمتر باشد، نشان دهنده بهترین دوره پرشدن دانه است[۸]. ویگاند و کیولار[5] در سال ۱۹۸۱

1. Kirby
2. Cottrell
3. Appleyard
4. Wilkens and Singh
5. Wiegand and Cuellar

مشاهده کردند که افزایش ۱ درجه سانتیگراد دمای هوا موجب کاهش طول دوره پرشدن دانه به اندازه ۳/۱ روز می‌شود و رابطه بین این پارامتر با درجه حرارت روز (GDD) بطور غیرخطی است[۱۹]. چنانچه دما افزایش یابد، درجه حرارت روز تجمعی (GDD) برای دوره پرشدن کاهش می‌یابد. بیشتر مطالعات دمای بین ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتیگراد را دمای مناسبی برای رسیدن به حداکثر وزن دانه بیان کرده اند[۸]. هدف از این مقاله بررسی تاثیر عوامل آب و هوایی بر مراحل فنولوژیک گندم در شرایط آب و هوایی گرگان است.

مواد و روش‌ها

آزمایش مورد نظر در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ در ایستگاه تحقیقات هواشناسی کشاورزی هاشم آباد گرگان، واقع در شمال غرب شهرستان (فاصله از مرکز شهر ۸ کیلومتر) با عرض جغرافیایی ´۵۱ °۳۶ شمالی و ´۱۶ °۵۴ شرقی انجام شد. ارتفاع از سطح دریا ۱۳/۳۴ متر و نوع خاک منطقه خاک‌های عمیق لومی–رسی و براون جنگلی است. اقلیم کشاورزی ناحیه جنگلی پست تا نیمه استپی با زمستان معتدل و نباتات کشت شده گندم و جو، پنبه، سویا، برنج، مرکبات و زیتون است. این منطقه بخشی از حوضه آبریز رودخانه قره سو–دریای خزر می‌باشد. نبات کشت شده در کرت مشاهده‌ای گندم، واریته تجن است که از تیپ گندم‌های بهار و مقاوم به ورس و جوانه‌زنی روی سنبله و نیمه مقاوم به زنگ زرد و قهوه‌ای می‌باشد. این واریته توسط مرکز بین المللی سیمیت مکزیک معرفی گردید و در سال ۱۳۷۴ وارد ایران شد. این رقم برای مناطقی نظیر استان‌های گلستان، مازندران و برخی از مناطق گیلان و مغان توصیه شده است.

فاصله محل آزمایش تا ایستگاه هواشناسی ۵۰۰ متر است. پس از برداشت پنبه، دیسک و شخم زمین در تاریخ ۲۸ آذر سال ۱۳۸۲ انجام شد. میزان بذر مصرفی ۱۹۰ کیلوگرم در هکتار بصورت دستپاش و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم به زمین داده شد. مراحل فنولوژی شامل جوانه‌زنی تا سبزشدن، پنجه زنی، ساقه رفتن، سنبله رفتن، گلدهی، شیری شدن، خمیری شدن و رسیدگی کامل یادداشت برداری شد. از آنجایی که در هریک از مراحل رشدی میزان مشخص انرژی توسط گیاه جذب می‌شود، لذا با توجه به همبستگی هر مرحله از رشد با عامل حرارتی دما، میزان انرژی جذبی محاسبه و در مجموع از مرحله جوانه‌زنی تا مرحله برداشت این مقدار انرژی حرارتی مورد نیاز و قابل جذب

جمع بندی شد. درجه روز (GDD) با استفاده از فرمول (۱) محاسبه گردید.

فرمول (۱)
$$T_{avg} = \frac{T_{max} + T_{min}}{۲} - T_b$$

$T_{max} \geq 30 \longrightarrow T_{max}=30\ ^\circ C$

$T_{min} \leq 0 \longrightarrow T_{min}=0\ ^\circ C$

T_b صفر در نظر گرفته شد[۱۳]. درجه روز برحسب دمای خاک و دمای هوا محاسبه شد.

نتایج و بحث

جوانه‌زنی تا شروع سبزشدن

تاریخ کاشت گندم ۲۸ آذر (۱۹ دسامبر) و طول دوره کاشت تا سبزشدن ۱۱ روز بود. میزان بارندگی در طول این مدت ۳۵/۶ میلیمتر و دمای حداقل، حداکثر و متوسط به ترتیب ۶/۰۳، ۱۳/۸ و ۹/۹ درجه سانتیگراد بود. میزان درجه روز تجمعی (GDD) در این مدت براساس دمای خاک ۱۳۲/۱۵ درجه سانتیگراد و براساس دمای هوا ۱۱۹ درجه سانتیگراد بوده است. میلر[1] و همکاران درجه روز مورد نیاز مربوط به هوا برای این دوره را ۱۲۵ تا ۱۶۰ درجه سانتیگراد تخمین زده‌اند[۱۵]. ویلکنز و سینق، دمای مطلوب سبزشدن گندم را ۱۵ درجه سانتیگراد بیان کردند[۲۱]. بنابراین با توجه به موارد ذکر شده حداقل و حداکثر دمای هوا برای سبز شدن کمتر از حد مطلوب بوده است. حداقل و حداکثر دمای خاک در عمق ۰ تا ۵ سانتیمتری به ترتیب ۴/۱۵ و ۱۷/۸۷ درجه سانتیگراد بود.

شروع مرحله سبزشدن تا سبز کامل ۲۲ روز طول کشید. میانگین، میانگین حداقل و حداکثر دما از شروع سبزشدن تا پایان آن به ترتیب ۹/۹۷، ۵/۱ و ۱۴/۸۵ درجه سانتیگراد بوده است. درجه روز تجمعی براساس دمای هوا و خاک به ترتیب ۷۶۱/۳ و ۸۴۸/۹ درجه سانتیگراد بود. در هر مترمربع ۴۸۷ بذر استفاده گردید که از این مقدار ۲۹۲/۷ بذر در مترمربع سبز شده است. بطور متوسط میزان سبزشدن بذور در حدود ۶۰ درصد می‌باشد و به نظر می‌رسد ۴۰ درصد بذور سبز نشده به دلیل شرایط محیطی نامناسب و قوه نامیه پایین

1. Miller

و یا از بین رفتن توسط حشرات می‌باشد. درصورتی که شرایط رطوبتی و دمایی خاک در طول دوره سبزشدن مناسب باشد، سبز یکنواختی خواهیم داشت. ویلکنز و سینق در سال ۲۰۰۳ بیان کردند که در طول مرحله جوانه‌زنی رطوبت خاک مهمتر از دمای خاک می‌باشد[۲۱]. با توجه به اینکه برای رویاندن بذر در اول فصل حداقل به ۲۵ میلیمتر بارندگی نیاز است. تقریبا میزان بارندگی در این دوره (۲۲میلیمتر) برای جوانه‌زنی درحد مطلوب، بوده است[۱].

مرحله سبزشدن تا پنجه زنی

قدرت پنجه‌زنی یک کیفیت ژنتیکی است که بسته به شرایط محیطی متفاوت بسیار متغیر است. درجه حرارت، نور، رطوبت، فضای تغذیه ای، اندازه بذر و تکنولوژی کاشت تاثیر مثبتی بر قدرت پنجه‌زنی دارند. مرحله پنجه‌زنی از۲ بهمن (۲۲ ژانویه) آغاز و پس از ۳۹ روز در اواسط اسفند ماه (پایان ماه فوریه) با شروع مرحله ساقه‌دهی پایان یافت. درجه روز تجمعی براساس دمای هوا و خاک به ترتیب ۷۶۱/۳ و ۸۴۸/۹ درجه سانتیگراد بود. میلر و همکاران درجه روز تجمعی مطلوب این مرحله را در گندم قرمز بهاره ۳۶۹ تا ۴۲۱ بیان کردند[۱۵]. ویلکنز و سینق بیان کردند که پتانسیل سرعت رشد و تعداد پنجه‌ها تحت تاثیر درجه روز تجمعی است[۲۱]. گیاه درصورتی که نور بیشتری در این مرحله دریافت کند، پنجه‌زنی مطلوبتری خواهد داشت. تعداد پنجه تولید شده بطور متوسط ۱/۶ عدد و میزان ساعات آفتابی در هر روز بطور میانگین ۵/۳۵ ساعت، مجموع ساعات آفتابی ۲۰۸/۵ ساعت و درجه حرارت حداکثر، حداقل و میانگین به ترتیب ۱۶/۵۴، ۵/۱۴ و ۱۰/۸۴ درجه سانتیگراد بود. با توجه به اینکه دمای مطلوب در این مرحله ۱۲-۸ درجه سانتیگراد است، گیاه دمای اپتیمم برای پنجه‌زنی را داشته اما تعداد ساعات آفتابی برای پنجه زنی مطلوب فراهم نشده است. دمای حداکثر وحداقل سطح خاک در این مرحله به ترتیب ۲۲/۲۱ و ۲/۲۹ درجه سانتیگراد و بطور میانگین دمای خاک ۱۲/۲۵ درجه سانتیگراد بود. میانگین دما در عمق ۰ تا ۵ سانتیمتری خاک ۱۱/۷۷ درجه سانتیگراد بوده است. میزان بارندگی در طول این دوره ۵۳/۲ میلیمتر بود که در مقایسه با بارندگی نرمال ۲۴ درصد کاهش بارندگی داشتیم. براساس منحنی آمبروترمیک در ماه فوریه با کمبود بارندگی مواجه شده بودیم (شکل ۵).

قبل از مرحله ساقه رفتن و هنگامی که گره در زیر خاک قرار دارد، تمایز سنبلچه‌ها آغاز و این مرحله تا زمان ساقه رفتن با آغازش گلچه‌ها ادامه می‌یابد[۱۶]. مطالعات مختلف نشان داده است که آغازش سنبلچه‌ها رابطه خطی با دما یا درجه روز (GDD) دارد[۱۳]. فتوپریود سرعت آغازش سنبلچه را افزایش می‌دهد که می‌تواند بدلیل دمای پایین جوانه انتهایی و گیاه در شدت نور کم باشد.

ساقه رفتن

با شروع طویل شدن ساقه این مرحله آغاز می‌گردد. غلات پاییزه برای اینکه از مرحله پنجه‌زنی وارد ساقه رفتن شوند، باید بهاره سازی گردند[۱۷]. درجه حرارت مطلوب در طول این دوره ۱۸ تا ۲۰ درجه سانتیگراد است. درجه روز تجمعی هوا و خاک ۱۱۶۰/۹ و ۱۳۳۱/۲ درجه سانتیگراد بود. میلر و همکاران درجه روز مناسب در این مرحله را بین ۵۹۲ تا ۶۵۹ درجه سانتیگراد بیان کردند[۱۵].

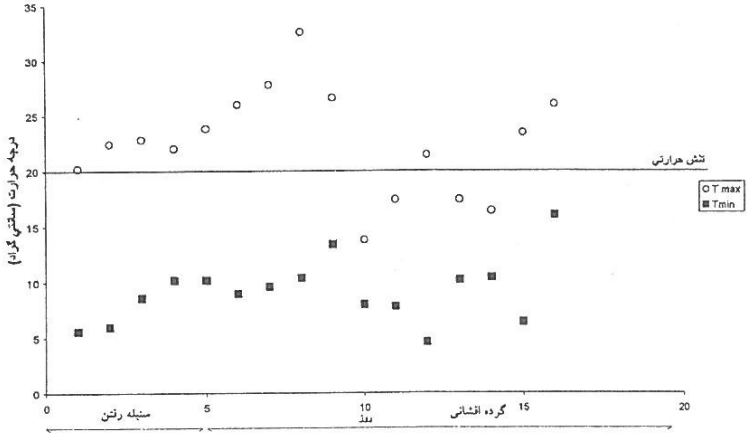
دمای حداقل و حداکثر در این مرحله به ترتیب ۷/۰۶، ۱۳/۹۷ و ۱۰/۵۲ درجه سانتیگراد و میانگین دما کمتر از حد مطلوب برای رشد ساقه می‌باشد. مرحله ساقه‌دهی از ۳ مارس آغاز و پس از گذشت ۳۷ روز در ۱۸ فروردین (۷ آوریل) پایان یافت که میزان بارندگی در طول این دوره ۶۷/۹ میلیمتر بود.

سنبله رفتن

همزمان با ساقه دهی، گل آذین سنبله که در غلاف برگ پرچم پوشیده شده است، تدریجا با رشد محور زیر سنبله ظاهر شده و گلها را بوجود می‌آورد. قبل از ظهور سنبله غلاف پرچم برگ رشد زیادی می‌نماید. در این مرحله غلاف باد کرده و آن را آبستنی می‌نامند. در مرحله کوتاهی بعد از این مرحله گل آذین از غلاف برگ پرچم خارج می‌شود. در این آزمایش زمان سنبله رفتن از ۱۹ تا ۲۳ فروردین (۸ تا ۱۲ آوریل) بود که بنابه داده‌های هواشناسی حداقل، حداکثر و میانگین به ترتیب ۸/۱۲، ۲۲/۲۴ و ۱۵/۱۸ درجه سانتیگراد بودند. در طول این دوره براساس منحنی آمبروترمیک رطوبت مناسب بود (شکل ۵).

مرحله گلدهی از ۲۳ فروردین تا ۲ اردیبهشت (۱۲ تا ۲۲ آوریل) به طول انجامید. این

دوره با خروج اولین پرچم از سنبله شروع می‌گردد. در برخی ارقام دمای بالا (۲۴/۱۹ و ۳۰/۲۵ درجه سانتیگراد) می‌تواند منجر به نمو ضعیف گرده‌ها شود. حداقل، میانگین و حداکثر دما به ترتیب ۹/۶۲، ۱۶/۱۲ و ۲۲/۶۲ درجه سانتیگراد بود. دمای مناسب این دوره بین ۱۶ تا ۲۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. با توجه به شکل ۱ مشاهده می‌شود که در این مرحله از رشد، درجه حرارت حداکثر از میزان اپتیمم بیشتر شده و در نتیجه موجب اختلال در گرده افشانی گردیده است. درجه روز تجمعی براساس دمای هوا و خاک ۱۴۱۴/۱۰ و ۱۶۲۱/۳۵ درجه سانتیگراد محاسبه شده است.



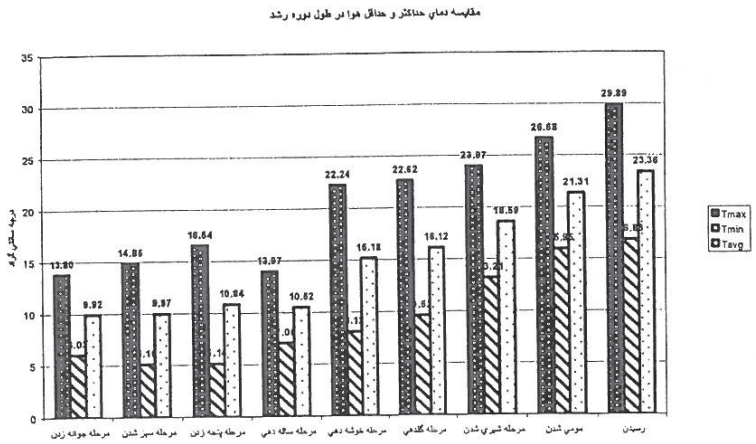
شکل۱- تغییرات روزانه درجه حرارت در طول دوره سنبله رفتن و گرده افشانی

ظهور برگها از مرحله سبز شدن اولین برگ تا ظاهر شدن برگ پرچم (مرحله سنبله‌دهی) ادامه می‌یابد.

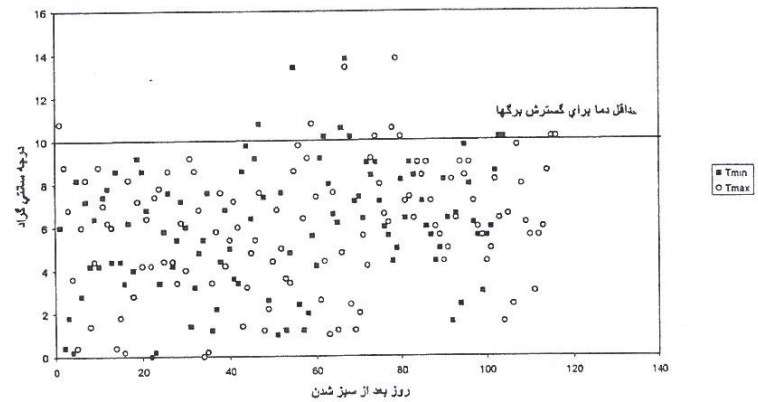
مک مستر و هانت[1] بیان کردند که ظهور فیلوکرون‌ها بطور خطی از ۱۰ تا ۲۲/۵ درجه سانتیگراد افزایش می‌یابد[۱۴]. میانگین دمای حداقل از ۱۰ درجه سانتیگراد کاهش ولی حداکثر دما از ۲۲/۵ درجه افزایش نیافته است. بنابراین به نظر می‌رسد ظهور برگهای متوالی با کاهش دما محدود شده است (شکل ۲). منحنی حداکثر و حداقل دما در طول دوره

1. McMaster and Hunt

گسترش برگها نشان می‌دهد که در بیشتر روزها دمای هوا کمتر از حد اپتیمم بود (شکل ۳).



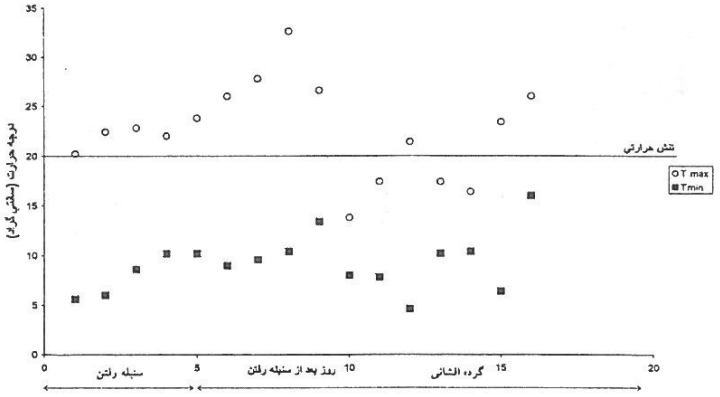
شکل۲- میانگین دمای حداکثر و حداقل هوا در طول دوره رشد



شکل۳- دمای حداکثر و حداقل در طول دوره گسترش برگها

شیری شدن تا رسیدگی

درجه حرارت مناسب جهت پر شدن دانه از مواد غذایی و رسیدن تدریجی آن ۲۰ درجه سانتیگراد است. افزایش یا کاهش دما در طول این دوره بر پرشدن دانه تاثیر می‌گذارد. بیشتر مطالعات دمای ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتیگراد را برای رسیدن به حداکثر وزن دانه مناسب دانستند[۸]. حداکثر، حداقل و میانگین دما به ترتیب ۲۶/۸۴، ۱۵/۳۳ و ۲۱/۰۹ درجه سانتیگراد بود. با توجه به شکل ۴ مشاهده می‌شود که طول دوره پرشدن دانه گیاه با تنش حرارتی مواجه شده که موجب کاهش دوره پرشدن دانه و کاهش وزن هزار دانه گردیده است[۲].

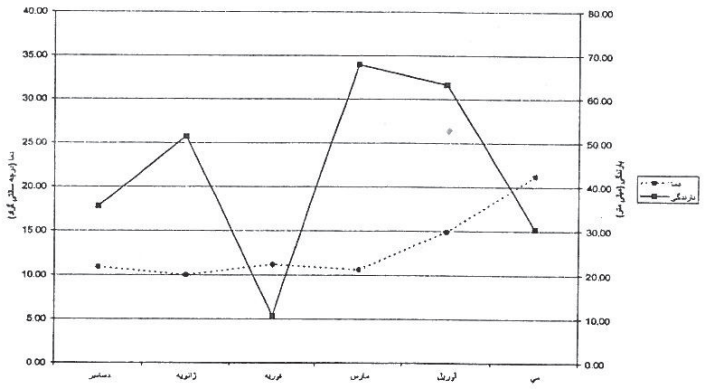


شکل ۴- دمای حداکثر و حداقل در طول دوره پرشده دانه

درجه روز تجمعی تا زمان رسیدن براساس دمای هوا و خاک به ترتیب ۲۱۹۴/۷۵ و ۲۵۹۴/۸۵ درجه سانتیگراد است. براساس منحنی آمبروترمیک میزان بارندگی در طول دوره خمیری کاهش یافت ولی در طول دوره شیری شدن با کمبود مواجه نشده است. میلر وهمکاران درجه حرارت تجمعی را ۱۵۳۸-۱۶۶۵ درجه سانتیگراد در منطقه مونتانا تخمین زده اند[۱۵]. ویلکنز و سینق بیان کردند که هرچه اختلاف بین حداکثر و حداقل روزانه کمتر باشد، نشان دهنده بهترین دوره پرشدن دانه است[۱۲]. اگر اختلاف بین حداکثر و حداقل حدود ۴ درجه سانتیگراد باشد، تاثیری در طول دوره پرشدن دانه ندارد. اگر این

اختلاف بیش از ۸ درجه سانتیگراد باشد، موجب کاهش دوره پرشدن دانه می‌شود. در طول دوره پرشدن دانه اختلاف بین حداکثر و حداقل ۱۰/۷۵ درجه سانتیگراد بود. بنابراین به نظر می‌رسد که طول دوره پرشدن کاهش یافته است.

تعداد سنبلچه‌های بارور حدود ۱۸ عدد و تعداد دانه در سنبله ۳۸ عدد بود. تعداد دانه در هر سنبلچه ۲/۱۱ عدد و وزن هزار دانه ۳۰/۹ گرم و تعداد سنبله‌های بارور در هر مترمربع ۴۶۳/۷۵ می‌باشد. ارتفاع بوته نیز ۸۷ سانتیمتر اندازه گیری شد. با توجه به مشخصات زراعی این رقم ارتفاع مناسب آن بین ۹۰ تا ۹۵ سانتیمتر و وزن هزار دانه بین ۳۶ تا ۴۲ گرم پیش‌بینی شده است. بنابراین وزن هزار دانه و ارتفاع بوته نسبت به شرایط اپتیمم کاهش یافته است. منحنی آمبروترمیک نشان داد که در ماه فوریه همزمان با مرحله پنجه‌زنی و خمیری میزان بارندگی کاهش یافته است (شکل۵).



شکل۵- منحنی آمبروترمیک در طول فصل رشد

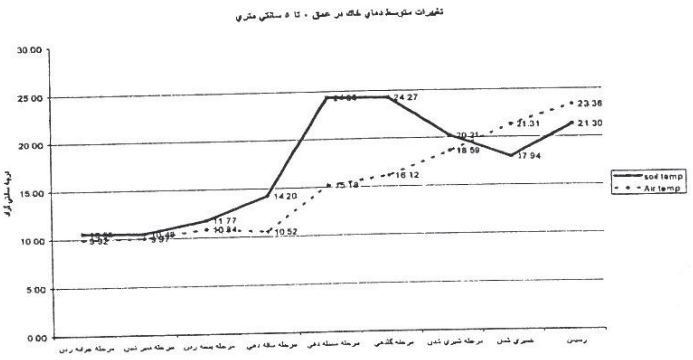
در تمام مراحل درجه روز محاسبه شده براساس دمای هوا کمتر از دمای خاک بود، بجز مرحله سنبله دهی، اختلاف دمای هوا و خاک در عمق ۰ تا ۵ سانتیمتری (جوانه انتهایی در این عمق قرار دارد) تا مرحله پنجه‌زنی اختلاف کمی داشت. مک مستر و ویلهلم[1] بیان کردند که استفاده از دمای خاک پیش بینی مراحل فنولوژی را بهبود نمی‌بخشد[۱۲].

1. McMaster and Wilhelm

همچنین مشاهده کردند که درجه روز تجمعی براساس هوا و خاک بسیار مشابه است. در منطقه گرگان درجه روز تجمعی بر اساس دمای هوا ۲۱۹۴/۷۵ و براساس دمای خاک ۲۵۹۴/۸۵ درجه سانتیگراد که اختلاف بین این دو ۴۰۰ درجه روز بود (جدول ۱). درحالی که این اختلاف در بررسی مک مستر و ویلهلم ۶۰ درجه روز می‌باشد[۱۲]. اختلاف بین درجه روز هوا و خاک تا مرحله پنجه‌زنی ۸۷/۶ درجه روز بود (شکل ۶).

جدول۱- درجه روز (GDD) هوا و خاک در مراحل مختلف رشد گندم واریته تجن

مرحله رشد	درجه روز هوا (GDDair)	درجه روز تجمعی	درجه روز خاک (GDDsoil)	روز بعد از کاشت	تفاوت درجه روز هوا و خاک (TD)	دمای مطلوب
جوانه زنی	۱۱۹	۱۱۹	۱۳۲/۱۵		-۱۳/۱۵	۱۸-۲۰
سبز شدن	۲۱۹/۴	۳۳۸/۴	۲۳۸/۹۵	۱۲	-۱۹/۵۵	۸-۱۰
پنجه زنی	۴۲۲/۹	۷۶۱/۳	۴۷۷/۸	۳۴	-۵۴/۹	۸-۱۲
ساقه رفتن	۳۹۹/۶	۱۱۶۰/۹	۴۸۲/۳	۷۳	-۸۲/۷	۱۸-۲۰
سنبله رفتن	۷۵/۹	۱۲۳۶/۸	۷۸/۱	۱۱۱	-۲/۲	۱۶-۲۰
گلدهی	۱۷۷/۳	۱۴۱۴/۱	۲۱۲/۰۵	۱۱۶	-۳۴/۷۵	۱۶-۲۰
شیری شدن	۲۹۷/۴۵	۱۷۱۱/۵۵	۳۶۹/۰۵	۱۲۷	-۷۱/۶	۱۵-۲۰
خمیری شدن	۳۱۹/۷	۲۰۳۱/۲۵	۳۹۲/۳	۱۴۳	-۷۲/۶	۱۵-۲۰
رسیدگی	۱۶۳/۵	۲۹۵۴/۷۵	۲۱۲/۱۵	۱۵۸	-۴۸/۵۵	
درجه روز تجمعی	۲۱۹۴/۷۵		۲۵۹۴/۸۵	۱۶۳	-۴۰۰	



شکل۶- متوسط دمای خاک بین ۰ تا ۵ سانتیمتر عمق خاک و دمای هوا در طول فصل رشد

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه میزان دما در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ در مرحله سبز شدن و ساقه رفتن کمتر از حد اپتیمم بود در نتیجه موجب کاهش یکنواختی و درصد سبز شدن و کاهش تعداد سنبلچه‌ها و گلچه‌های آغازش یافته است. همچنین دما برای ظهور برگهای متوالی نیز از حد اپتیمم کمتر بود. به علاوه میزان بارندگی در مرحله پنجه‌زنی براساس منحنی آمبروترمیک کمتراز حد معمول و میزان نور مورد نیاز برای این مرحله نیز فراهم نشده است. افزایش ناگهانی دما در مرحله گرده افشانی و مرحله پرشدن دانه موجب کاهش دوره پرشدن دانه و درنهایت تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد می‌گردد. از آنجایی که بارندگی در طول مرحله رسیدن اتفاق نیفتاد، بنابراین در مرحله رسیدگی در سال زراعی مورد بررسی محصول با جوانه‌زنی قبل از برداشت مواجه نشده است.

منابع

۱- طلیعی، ع. ا.، ۱۳۸۱، بررسی تاثیر بارندگی (اردیبهشت و فروردین) و درجه حرارت بر عملکرد گندم دیم در استان کرمانشاه.

۲- کریمی، م. و م. ک.، مهدی پور، ۱۳۸۱، اثرات خشکی و درجه حرارت هوا بر عملکرد گندم آبی و دیم استان گلستان در سال زراعی ۸۱-۱۳۸۰، فصلنامه خشکی و خشکسالی کشاورزی شماره۳.

۳- نورمحمدی، ق.، س. ع.، سیادت و ع.، کاشانی، ۱۳۷۶، زراعت غلات، انتشارات دانشگاه شهید چمران، ۴۴۶ص.

4- Cao, W. and D.N., Moss, 1989, Temperature Effects on Leaf Emergence and Phyllochoron in Wheat and Barely, Crop Sci., 29:1018-1021.

5- Cottrell, J.E., J.E., Dale and B., Jeffcoat, 1981, Endogenous Control of Spikelet Initiation and Development in Barely, Br., Plant Growth Regul. Group, Monogr. 7:130-139.

6- Friend, D.J.C., V.A., Helson and J.E., Fisher, 1962, Leaf Growth in Marquis Wheat, as Regulated by Temperature, Light Intensity and Daylenght. Can.J. Bot., 40:1299-1131.

7- Hay, R.K.M., 1986, Sowing Date and the Relationships between Plant and Apex Development in Winter Cereals. Field Crops Res., 14:321-337.

8- Herzog, H., 1986, Source and Sink during the Reproductive Period of Wheat. Development and Its Regulation with Special Reference to Cytokinis, pp. 104.

Parey, Berlin.

9- Kirby, E.J.M. and M., Appleyard, 1987, Development and Structure of the Wheat Plant, In "Wheat Breeding" (F.G.H. Lupton, ed.) pp. 287-311, Chapman & Hall, London.

10- Kirby, E.J.M., 1985, Significant Stages of Ear Development in Winter Wheat, in "Wheat Growth and Modelling (W. Day and R.K. Atkin. Des.) pp.7-24. Plenum press, New York.

11- Kirby, E.J.M., K.H.M., Siddique, M.W., Perry, D. Kaesehagen and W.R., Stern, 1989, Variation in Spikelet Initiation and Ear Development Old and Modern Australian Wheat Varieties, Field Crops Res., 20:113-128.

12- McMaster, G. and W. Wilhelm, 1998, Is Soil Temperature Better than Air Temperature for Predicating Winter Wheat Phenology? Agron. J. 90:602-607.

13- McMaster, G.S., 1997, Penology, Development and Growth of Wheat (Triticum aestivum L.) Shoot apex: A Review. Advances in Agronomy, 59:64-118.

14- McMaster, G.S., L.A., Hunt., 2003, Re-examining Current Questions of Wheat Leaf Appearance and Temperature, J.W., White, Modeling Temperature Response in Wheat and Maize: Proceedings of a workshop, CIMMYT. Mexico, April 2001.

15- Miller, P., W.Lanien and S., Brandt, 2001, Using Growing Degree Days to Predict Plant Stages, Montana State University Extension Service, 1-6.

16- Owen, P.C., 1971, Responses of Semi-dwarf Wheat to Temperatures Representing a Tropical Dry Sseason.II, Extreme Temperatures, Exp. Agric. 7:43-47.

17- Purvis, O.N., 1961, The Physiological Analysis of Vernalization, Handbuch Pflanzenphysidogie, 16:76-122.

18- Saini, H.S. and D., Aspinall, 1982, Abnormal Sporogensis in Wheat (Triticum aestivum L.) Induced by Short Periods of High Temperature, Ann. Bot. 49:835-846.

19- Wiegand, C.L. and Cuellar, J.A., 1981, Duration of Grain Filling and Kernel Eeight of Wheat as Affected by Temperature, Crop Sci., 21:95-101.

20- Wikai, Y. and D.H. Wallace, 1998, Simulation and Prediction of Plant Phenology for Five Crops based on Photoperiod, Temperature Interaction, Annals of Botany, 81:706-716.

21- Wilkens, P. and U., Singh, 2003, A Code-level Analysis for Temperature Effects in the CERES Models, J.W., White Modeling Temperature Response in Wheat and Maize: Proceedings of a Workshop, CIMMYT, Mexico, April 2001.