



اثر تاریخ کاشت بر عملکرد ارقام ارزن از طریق تأثیر بر طول دوره‌های فنولوژیک

*مرتضی اشراقی نژاد^۱، بهنام کامکار^۲ و افشین سلطانی^۲

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۲عضو هیات علمی گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

به منظور بررسی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد ارقام ارزن و تأثیرپذیری آن از طول دوره‌های فنولوژیک و سرعت نمو، آزمایشی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در قالب تجزیه مرکب در چهار تکرار با هشت تاریخ کاشت (۱۰ اردیبهشت، ۱۱ خرداد، ۱۳ تیر، ۱۴ مرداد، ۱۰ شهریور، ۱۰ مهر، ۱۲ آبان و ۱۰ آذر) و سه رقم شامل معمولی *Pannisetum galucum*، دمروباهی *Setaria italica* و مرواریدی *Panicum miliaceum* در مزرعه تحقیقاتی - آموزشی دانشکده‌های علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. نتایج نشان داد که تاریخ‌های کاشت و ارقام مختلف از نظر میانگین سطح برگ و عملکرد اختلاف معنی‌داری داشتند. تاریخ کاشت اول در هر سه رقم دارای سطح برگ بیشتری بود، ولی از نظر عملکرد با تاریخ کاشت دوم اختلاف نداشت. افزایش طول دوره رشد رویشی در تاریخ‌های کاشت ابتدایی نسبت به تاریخ‌های کاشت دیگر سبب شد تا در این تاریخ‌های کاشت در زمان وقوع حداکثر تابش منطقه، گیاهان فرصت کافی برای تولید سطح برگ داشته باشند و در نهایت سطح برگ مطلوبی تولید نمایند و با شرایط مناسب دما و طول روز تقارن یابند. در بین ارقام، ارزن معمولی دارای بیشترین سطح برگ بود، ولی ارزن دمروباهی به دلیل طول دوره رشد طولانی‌تر، عملکرد بالاتری داشت. ضرایب همبستگی سرعت سبز شدن با دما نشان داد که سرعت سبز شدن در تمامی ارقام همبستگی بالایی با دما ($r > 0.97$) داشت و سرعت ساقه‌روی تحت تأثیر دما و طول روز قرار گرفت. کم‌ترین تعداد روز از کاشت تا سبز شدن در بین ارقام مربوط به ۱۴ مرداد و ۱۰ شهریور و از پنجه‌زنی تا ساقه‌روی متعلق به ۱۰ شهریور بود.

واژه‌های کلیدی: ارزن، تاریخ کاشت، نمو فنولوژیک، عملکرد

* مسئول مکاتبه: Eshraghi_398@yahoo.com

مقدمه

در تاریخ‌های کاشت مختلف گیاهان دارای طول دوره رشد متفاوتی هستند. طولانی‌بودن طول دوره رویش به دلیل استفاده مطلوب از تابش، دما و دیگر عوامل محیطی مناسب به گیاه اجازه می‌دهد که ماده خشک بیشتری را در اندام‌هایی چون ساقه و برگ انباشت نماید که به عنوان یک منبع بسیار قوی در پر کردن دانه نقش خواهد داشت. در حالی که در اواخر فصل رشد، گیاهان به دلیل کوتاه‌تر شدن فاز زایشی، تحت تأثیر محدودیت‌های دمای آخر فصل، فرصت کافی برای انتقال مواد انباشت‌شده به دانه را ندارند و اثرات آن به شکل کاهش عملکرد قابل مشاهده است. در تاریخ‌های کاشت مختلف میزان تابش ورودی متفاوت است. همبستگی نزدیکی بین مقدار تابش دریافتی و کارایی مصرف نور توسط گیاه و رشد آن وجود دارد (وارکر و جاگارد، ۱۹۹۸؛ قائمی، ۲۰۰۲). کارایی دریافت و جذب تابش توسط یک گیاه تا حد زیادی تابع شاخص سطح برگ (روزاتی و دجونگ، ۲۰۰۳؛ پارسا و همکاران، ۲۰۰۷)، دوام سطح برگ (میلفورد و همکاران، ۱۹۸۸)، تطبیق حداکثر شاخص سطح برگ با حداکثر تابش محیط (اسکات و جاگارد، ۲۰۰۰؛ سینکلر و هوری، ۱۹۸۹)، ضریب خاموشی نور (K) (ریچر و همکاران، ۲۰۰۱؛ روزاتی و دجونگ، ۲۰۰۳) و همچنین کارایی مصرف نور (ریزعلی و همکاران، ۲۰۰۲؛ روزاتی و همکاران، ۲۰۰۴) می‌باشد. تفاوت‌های مشاهده‌شده در عملکرد ارقام مختلف اغلب از تفاوت در میزان نور دریافتی و یا کارایی مصرف آن‌ها ناشی می‌شود (لکوئر و نی، ۲۰۰۳؛ روزنتال و گریک، ۱۹۹۱). بنابراین مدیریت تاریخ‌های کاشت برای انطباق حداکثر شاخص سطح برگ با حداکثر تابش در طول فصل رشد اهمیت زیادی در افزایش عملکرد دارد.

همچنین زمان کاشت به دلیل تغییر در طول روز، دما، و احتمالاً رطوبت نسبی، تأثیر به‌سزایی در رشد و نمو و تولید گیاه طی فصل رشد داشته و یکی از مهم‌ترین عوامل مدیریتی موثر در تولید تمامی محصولات می‌باشد (خبرنامه لوتوس، ۲۰۰۸ و کیچار و نیواس، ۲۰۰۶). بنابراین توجه به انطباق فنولوژی گیاه با شرایط مناسب از طریق انتخاب تاریخ‌های کاشت مناسب به منظور جلوگیری از تنش و حصول حداکثر عملکرد، بسیار ضروری است (کالسیکان و همکاران، ۲۰۰۸). پارامترهای فنولوژیک گیاه، نظیر زمان شروع و پایان رشد محصول، کل طول دوره رشد، زمان رسیدن به حداکثر پوشش گیاهی و سرعت سبز شدن و جوانه‌زدن در مدیریت محصول زراعی مهم می‌باشند (گارگی و همکاران، ۲۰۰۸). مطالعات بسیاری در مورد اثرات متقابل تاریخ کاشت، فنولوژی، دما، طول روز و عملکرد صورت گرفته است (بل و فیشر، ۱۹۹۴؛ سادراس و همکاران، ۲۰۰۹؛ جیمسون و همکاران، ۲۰۰۷؛

گاردنر و همکاران، ۱۹۸۱؛ برگر و همکاران، ۲۰۰۳ و احمدی و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج مطالعات سلطان و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد که اطلاعات مربوط به تغییرات آب و هوایی منطقه بر اساس تغییر در تاریخ کاشت می‌تواند در بهبود تولید محصول موثر باشد.

معمولاً خصوصیات ژنتیکی و شرایط محیطی، طول دوره قبل از گلدهی را تعیین می‌کنند. نمو فنولوژیک محصول، عملکرد کل ماده خشک و تبدیل موثر آن به عملکرد اقتصادی تحت تأثیر تاریخ کاشت می‌باشد (کیچار و نیواس، ۲۰۰۶). تأثیر تاریخ کاشت بر فنولوژی گیاه به‌ویژه ظهور گل‌آذین در سایر منابع نیز اشاره شده است (باسی و همکاران، ۱۹۹۹؛ احمدی و همکاران، ۲۰۱۰). بسته به خصوصیات ژنتیکی گیاه، مراحل نمو را می‌توان صرفاً به عنوان تابعی از دما یا تلفیقی از دما و فتوپریود در نظر گرفت. دما یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر رشد هر نوع گیاه زراعی می‌باشد (کالیسکان و همکاران، ۲۰۰۸). فتوپریود در کنار دما عامل اصلی محیطی برای تعیین فنولوژی، سازگاری و عملکرد در گیاهان حساس به فتوپریود می‌باشد. فتوپریود و دما با هم در تنظیم نمو گیاه نقش دارند (اولیور و آناندال، ۱۹۹۸). با تأخیر در کاشت به دلیل رویارویی گیاه با دماهای بالاتر طی دوره رشد رویشی، سرعت نمو افزایش می‌یابد. کوتاه شدن دوره رشد باعث کاهش جذب تابش طی فصل رشد و در نهایت کاهش مقدار کل ماده خشک تولید شده در مرحله برداشت می‌شود. گارنی و آهارد (۱۹۳۰) دریافته‌اند که در محیطی با طول روز ثابت، دما تأثیر بسزایی در زمان تا گلدهی داشت و دماهای پایین موجب تأخیر در گلدهی شد. کمی‌کردن اثرات دما و طول روز بر طول دوره‌های نمو گیاه می‌تواند به تعیین بهترین تاریخ کاشت و بهره‌وری بهینه از منابعی نظیر تابش خورشیدی کمک کند. همچنین پیش‌بینی مراحل نمو گیاه تأثیر بسزایی در بهبود مدیریت آفات و تعیین دقیق زمان مصرف علف‌کش‌ها دارد.

ارزن‌ها انواعی از غلات دانه‌ریز هستند که در نواحی حاشیه‌ای مناطق گرمسیری، معتدل و نیمه‌معتدل کشت می‌شوند و بودجه‌های تحقیقاتی اختصاص یافته برای آن‌ها کم است. این گونه، از لحاظ سطح زیر کشت و نقشی که در تأمین امنیت غذایی در مناطقی از آفریقا و آسیا دارد، از بیشترین اهمیت برخوردار است (فائو و ایکریست، ۱۹۹۶). این تحقیق با هدف بررسی اثر تاریخ‌های کاشت مختلف (دما و طول روز متفاوت) بر عملکرد ارقام مختلف ارزن (ارزن معمولی، دم‌روباهی و مرواریدی) و رابطه آن با سرعت گذر از مراحل مختلف نمو و طول این دوره‌ها و همچنین بررسی چگونگی پاسخ این ارقام به شرایط طول روز و دماهای مختلف انجام شد. تعیین همبستگی سرعت

سبز شدن با میانگین دما (طی دوره سبز شدن) و سرعت نمو سایر مراحل با میانگین دما و طول روز به عنوان دو عامل تأثیر گذار بر سرعت نمو و همچنین بررسی پاسخ ارقام مختلف به تغییر شرایط این دو متغیر محیطی نیز از اهداف این تحقیق بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی-آموزشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۸۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی) انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با هشت تاریخ کاشت (۱۰ اردیبهشت، ۱۱ خرداد، ۱۳ تیر، ۱۴ مرداد، ۱۰ شهریور، ۱۰ مهر، ۱۲ آبان و ۱۰ آذر) و سه رقم ارزن (معمولی *Pannisetum galucum*، دم‌روپاهی *Setaria italica* و مرواریدی *Panicum miliaceum*) در چهار تکرار انجام شد. هدف از انتخاب تاریخ‌های کاشت مختلف، ایجاد شرایط متفاوت دما و طول روز و بررسی تأثیر این شرایط بر مراحل نمو فنولوژیک مهم ارقام ارزن شامل سبز شدن، پنجه‌زنی، شروع آبستنی، ظهور گل‌آذین، شروع پر شدن دانه و رسیدگی برداشت و متعاقباً اثر آن‌ها بر عملکرد بود. در این تحقیق از این ارقام به منظور بررسی نوع پاسخ به تاریخ‌های کاشت مختلف در شرایط دمایی و طول روز متفاوت و اثر آن بر سطح برگ و عملکرد نهایی استفاده شد. خاک مزرعه دارای بافت سیلت-رس-لوم، اسیدیته ۷/۶ و هدایت الکتریکی ۱/۳ دسی‌زیمنس بر متر بود. به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز ارزن، بنا به توصیه کودی، مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی مصرف شد. برای هر رقم در هر کرت ۵ ردیف به طول ۶ متر با فاصله ردیف‌های کاشت ۳۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تراکم بوته ۴۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. از هر ۵ ردیف، ۲ ردیف که در طرفین قرار داشتند به عنوان اثر حاشیه منظور شدند. پس از کاشت، روز تا ۵۰ درصد سبز شدن برای هر رقم در هر کرت جداگانه ثبت شد. سپس از هر رقم در هر کرت ۱۰ بوته به عنوان بوته‌های شاخص جهت ثبت مراحل فنولوژیک تعیین و علامت‌گذاری شدند. به منظور بررسی مراحل نمو، ثبت مراحل فنولوژیک با فاصله یک‌روزه (بر پایه ۱۰ بوته علامت‌گذاری شده) و بر اساس کدبندی زادوکس (زادوکس و همکاران، ۱۹۷۴) صورت گرفت. در هر مرحله سطح برگ ۱۰ بوته از هر کرت با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج (Delta-T Devices LTD مدل Win DIAS) تعیین شد. تابش از محاسبه تابش فرازمینی (خودریان و فان‌لار، ۱۹۹۴) و محاسبه سهم ساعات آفتابی از رابطه

آنگستروم محاسبه شد. در انتهای دوره نیز از هر تکرار مربوط به هر رقم ۲۰ بوته برداشت و عملکرد در واحد سطح به دست آمد. تجزیه واریانس به روش تجزیه مرکب با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.1.0.60 (موسسه SAS، ۱۹۹۲) انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. پس از محاسبه سرعت مراحل مختلف (عکس تعداد روز تا رسیدن ۵۰ درصد بوته‌های علامت‌گذاری شده به مرحله مورد نظر) با استفاده از نرم افزار EXCEL همبستگی سرعت نمو هر یک از این مراحل با میانگین دما و طول روز محاسبه گردید. تاریخ کاشت هشتم به دلیل شرایط نامساعد دمایی سبز نشد، نمو ارزن در تاریخ کاشت هفتم در مرحله سبز شدن متوقف شد و در تاریخ کاشت ششم تنها مراحل نمو سبز شدن، شروع آبستنی و گلدهی رخ داد که نهایتاً منجر به تولید عملکرد نشد.

نتایج و بحث

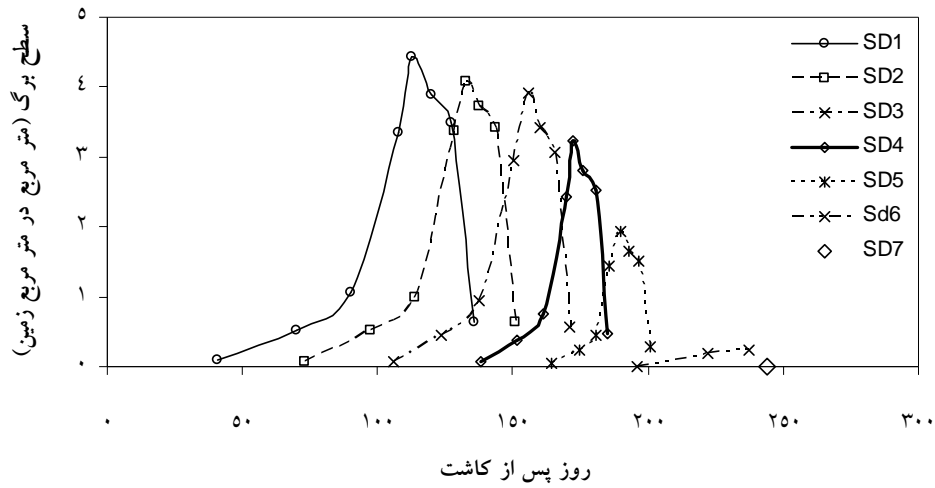
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاریخ‌های کاشت مختلف از نظر سطح برگ و عملکرد با هم اختلاف معنی‌دار داشتند (داده‌ها نشان داده نشده است). در تمامی ارقام، تاریخ کاشتی که حداکثر سطح برگ در آن تولید شد (۱۰ اردیبهشت‌ماه) دارای بالاترین عملکرد هم بود ($t \geq 0.189^{**}$) که با تاریخ کاشت دوم (۱۱ خردادماه) از لحاظ عملکرد اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۱). علیرغم این‌که در تاریخ کاشت دوم سطح برگ کمتری تولید شد، به دلیل مقارن بودن با تابش بیشتر، عملکردی مشابه تاریخ کاشت اول تولید کرد (جدول ۱ و شکل ۱). تاریخ کاشت ۱۰ شهریورماه با میانگین سطح برگ ۵/۸۶ متر مربع در متر مربع زمین دارای کمترین عملکرد نیز بودند (جدول ۱). گیاهان تاریخ‌های کاشت تأخیری علاوه بر این که دارای سطح برگ کمتری بودند (شکل ۱)، طول دوره رشد آن‌ها هم با تابش کمتری مقارن بود (شکل ۲) که این امر می‌تواند دلیلی بر کمتر شدن عملکرد آن‌ها باشد. حداکثر سطح برگ در تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت‌ماه (۴/۴۳ مترمربع در مترمربع زمین) و تقریباً در زمانی رخ داد که تابش حدود ۱۸ مگاژول در مترمربع در روز بود. از طرفی در کل دوره رشد در تاریخ کاشت اول (به‌طور میانگین ۱۰۴ روز) میانگین تابش بالاتری نسبت به تاریخ‌های کاشت انتهایی وجود داشت. تاریخ کاشت ۱۰ مهرماه با میانگین طول دوره رشد ۴۵ روز و میانگین تابش ۷ مگاژول بر مترمربع در روز و میانگین سطح برگ ۰/۲۳ متر مربع در متر مربع زمین، به‌گل رفت، ولی منجر به تولید عملکرد نشد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاریخ‌های کاشت و ارقام مختلف از نظر تعداد روز از کاشت تا سبز شدن، سبز شدن تا پنجه‌زنی، پنجه‌زنی تا ساقه‌روی، ساقه‌روی تا شروع آبستنی، شروع آبستنی تا گلدهی، گلدهی تا شروع گرده‌افشانی، شروع گرده‌افشانی تا شروع پر شدن دانه، شروع پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک و رسیدگی فیزیولوژیک تا رسیدگی برداشت اختلاف معنی‌داری دارند (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). از آن‌جا که در تاریخ‌های کاشت مختلف شرایط دمایی و طول روز متفاوت بود (شکل ۳) و این دو عامل، مهم‌ترین اجزای تأثیرگذار بر سرعت نمو هستند، سرعت نمو ارقام در تاریخ‌های کاشت مختلف نوسان داشت. از طرفی به دلیل این‌که جنس‌های مختلف ارزن دارای دماهای کاردینال متفاوتی برای گذر از مراحل نمو هستند (کامکار و همکاران، ۲۰۰۶؛ اونگ، ۱۹۸۳ و ون‌اوستروم، ۲۰۰۱)، سرعت نمو در هر یک از ارقام نیز متفاوت بود.

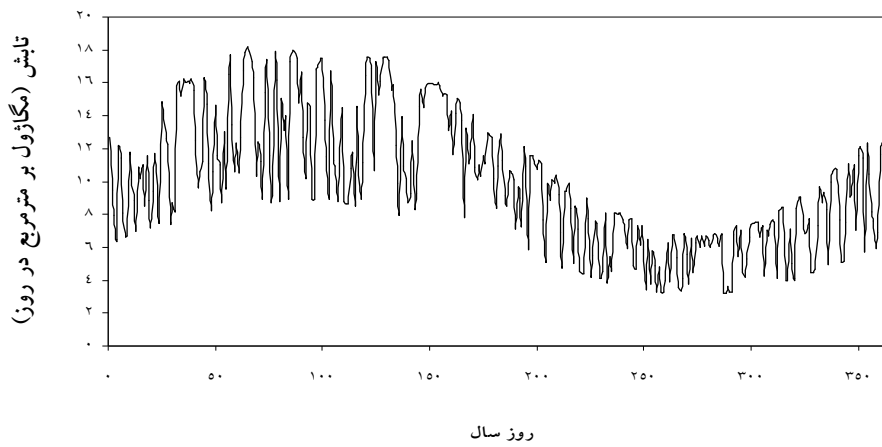
تاریخ‌های کاشت مختلف از نظر تعداد روز از کاشت تا سبز شدن اختلاف معنی‌داری داشتند که این امر به علت تفاوت در میانگین دما در تاریخ‌های کاشت مختلف بود (همبستگی $r=0.97^*$) (شکل ۳). حداکثر تعداد روز از کاشت تا سبز شدن به تاریخ کاشت ۱۲ آبان مربوط می‌شد، که متناظر با وقوع کم‌ترین دما طی دوره آزمایش بود. (شکل ۳ و جدول ۲). اشراقی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند حداقل تعداد روز بیولوژیک (تعداد روز مورد نیاز برای سبز شدن تحت شرایط دمای مطلوب یا به عبارت دیگر حداقل تعداد روز از کاشت تا سبز شدن که اگر آنرا معکوس نماییم حداکثر سرعت سبز شدن R_{max}) به دست خواهد آمد) برای سبز شدن ارزن معمولی، دم‌روباهی و مرواریدی، بر اساس توابع برتر دندان‌مانند و بتا، به ترتیب ۳/۵۷، ۴/۲۹ و ۵/۵۴ می‌باشد. آنگس و همکاران (۱۹۸۱) بیان کردند که طول دوره سبز شدن به شدت تابع دماست و در اغلب گیاهان زراعی سرعت سبز شدن سریع به واسطه تسریع در پوشاندن زمین و ممانعت از رشد علف‌های هرز مزایای زیادی به همراه دارد. اشراقی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که سبز شدن ارزن معمولی با تابع دمایی دندان‌مانند و ارزن دم‌روباهی و مرواریدی با تابع بتا قابل پیش‌بینی است و افزایش دما سرعت سبز شدن را افزایش می‌دهد. آن‌ها همچنین دمای پایه و مطلوب را برای سبز شدن این ارقام بر اساس توابع برتر به ترتیب ۶/۵-۷ و ۴۹/۵ درجه سانتی‌گراد تعیین کردند.

از بین تاریخ‌های کاشت مورد مطالعه، کم‌ترین تعداد روز از سبز شدن تا ساقه‌روی (بیشترین سرعت سبز شدن و ساقه‌روی) در تاریخ‌های کاشت تیر، مرداد و شهریور مشاهده شد (جدول ۲). در این سه تاریخ کاشت به دلیل بالا بودن میانگین دما و مواجه شدن با طول روزهای کوتاه‌تر از حد بحرانی

(جدول ۳ و شکل ۳) طی دوره‌های فنولوژیک گیاه، ورود آن به فاز زایشی (ساقه‌روی) به سرعت رخ داد که به دلیل کوتاه‌شدن طول دوره رویشی و با توجه به عدم استفاده کارآمد گیاه از تابش خورشیدی و در اختیار نداشتن مدت زمان لازم برای تولید سطح برگ کافی، در نهایت موجب کاهش عملکرد شد (جدول ۱). کاهش طول دوره رشد رویشی با تأخیر در کاشت، یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر میزان تولید سطح برگ بوده است (جدول ۱). کاهش میانگین طول ساقه‌روی در ارقام مورد مطالعه از ۵۹/۴۱ روز در تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت به ۲۲/۵ روز در تاریخ کاشت ۱۰ شهریور (جدول ۲) سبب شد که گیاهانی که در تاریخ کاشت‌های اول کشت شده بودند فرصت بیشتری برای تولید سطح برگ بیشتر پیدا کنند و این در حالی بود که در تاریخ‌های کشت اول و دوم به‌ویژه تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت حداکثر تابش خورشیدی در منطقه وجود داشت (شکل ۱).



شکل ۱- تغییرات میانگین سطح برگ ارقام در تاریخ‌های کاشت مختلف (SD_n : تاریخ کاشت).

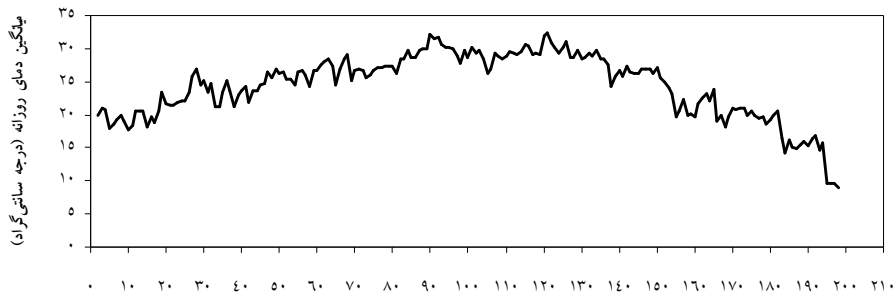


شکل ۲- تغییرات تابش محل آزمایش بر حسب مگا ژول در متر مربع در روز (میلادی).

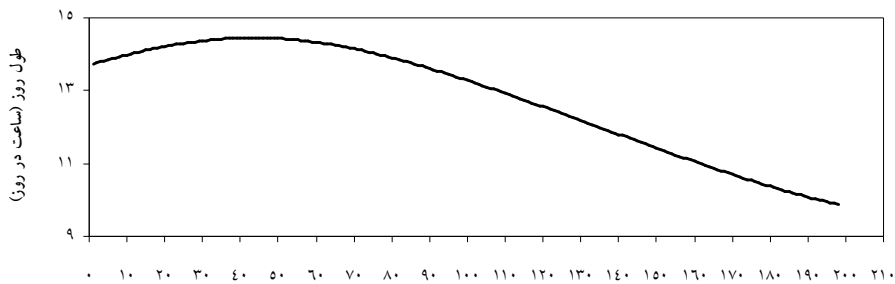
جدول ۲- مقایسه میانگین تعداد روز از یک مرحله تا مرحله فنولوژیک بعدی بین تاریخ‌های کاشت در سه رقم ارزن.

تاریخ کاشت	میانگین روز از سبز شدن تا پنجه‌زنی	میانگین روز از سبز شدن تا ساقه‌روی	میانگین روز از پنجه‌زنی تا شروع آبستنی	میانگین روز از ساقه‌روی تا شروع آبستنی	میانگین روز از آبستنی تا گلدهی	میانگین روز از شروع گلدهی تا شروع کرده‌افشانی	میانگین روز از گلدهی تا شروع کرده‌افشانی	میانگین روز از شروع کرده‌افشانی تا شروع شدن دانه	میانگین روز از شروع شدن دانه تا رسیدگی فنولوژیک	میانگین روز از شروع برداشت	میانگین روز از رسیدگی فنولوژیک تا رسیدگی برداشت
ارزن معمولی											
۱۰ اردیبهشت ۱۳۸۷	۵/۵ ^c	۲۹/۲۵ ^a	۱۹/۷۵ ^a	۱۷/۵ ^a	۵/۰ ^a	۷/۲۵ ^a	۷/۵ ^a	۷/۵ ^a	۸/۲۵ ^a	۹/۲۵ ^a	۹/۲۵ ^a
۱۱ خرداد ۱۳۸۷	۴/۵ ^d	۲۴/۵ ^b	۱۶/۵ ^b	۱۴/۲۵ ^b	۴/۵ ^{bc}	۴/۷۵ ^b	۴/۵ ^b	۴/۵ ^b	۷/۲۵ ^b	۵/۷۵ ^b	۵/۷۵ ^b
۱۳ تیر ۱۳۸۷	۴/۰ ^{ef}	۱۷/۷۵ ^c	۱۴/۰ ^c	۱۲/۲۵ ^c	۵/۵ ^{ab}	۴/۵ ^b	۴/۵ ^b	۵/۵ ^b	۵/۷۵ ^c	۶/۰ ^b	۶/۰ ^b
۱۴ مرداد ۱۳۸۷	۳/۷۵ ^f	۱۳/۵ ^d	۹/۵ ^d	۸/۷۵ ^d	۲/۷۵ ^d	۳/۰ ^c	۴/۵ ^c	۴/۵ ^c	۴/۷۵ ^d	۴/۰ ^c	۴/۰ ^c
۱۰ شهریور ۱۳۸۷	۴/۲۵ ^{de}	۱۰/۵ ^e	۶/۲۵ ^e	۵/۰ ^e	۴/۰ ^c	۳/۲۵ ^d	۳/۲۵ ^d	۳/۵ ^d	۴/۲۵ ^e	۴/۰ ^c	۴/۰ ^c
۱۰ مهر ۱۳۸۷	۷/۵ ^b	.	.	۱۵/۰ ^b	۴/۲۵ ^c	.	.	.	.	.	.
۱۲ آبان ۱۳۸۷	۱۶/۰ ^a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ارزن دم‌روپاهی											
۱۰ اردیبهشت ۱۳۸۷	۵/۵ ^c	۳۲/۷۵ ^a	۲۱/۰ ^a	۱۸/۲۵ ^b	۵/۲۵ ^b	۷/۵ ^a	۷/۵ ^a	۱۰/۵ ^a	۹/۷۵ ^a	۱۰/۰ ^a	۱۰/۰ ^a
۱۱ خرداد ۱۳۸۷	۵/۰ ^d	۲۷/۵ ^b	۱۹/۰ ^b	۱۵/۷۵ ^c	۵/۷۵ ^b	۶/۲۵ ^b	۷/۵ ^b	۷/۵ ^b	۷/۵ ^b	۷/۲۵ ^b	۷/۲۵ ^b
۱۳ تیر ۱۳۸۷	۴/۵ ^{ef}	۱۸/۵ ^c	۱۴/۵ ^c	۱۳/۰ ^d	۴/۲۵ ^c	۵/۲۵ ^c	۵/۲۵ ^c	۵/۰ ^d	۶/۰ ^c	۶/۰ ^c	۶/۰ ^c
۱۴ مرداد ۱۳۸۷	۴/۷۵ ^{de}	۱۵/۵ ^d	۱۲/۷۵ ^d	۱۱/۲۵ ^e	۴/۰ ^c	۴/۰ ^d	۴/۰ ^d	۵/۷۵ ^c	۶/۰ ^c	۶/۰ ^c	۶/۰ ^c
۱۰ شهریور ۱۳۸۷	۴/۲۵ ^f	۱۱/۰ ^e	۷/۲۵ ^e	۷/۰ ^f	۵/۰ ^{bc}	۵/۰ ^c	۵/۰ ^c	۵/۷۵ ^c	۶/۰ ^c	۵/۵ ^c	۵/۵ ^c
۱۰ مهر ۱۳۸۷	۷/۰ ^b	.	.	۲۰/۵ ^a	۷/۲۵ ^a	.	.	.	.	.	.
۱۲ آبان ۱۳۸۷	۱۷/۰ ^a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ارزن مرواریدی											
۱۰ اردیبهشت ۱۳۸۷	۷/۰ ^{bc}	۳۵/۲۵ ^a	۲۲/۲۵ ^a	۲۱/۰ ^a	۶/۵ ^c	۹/۷۵ ^a	۹/۷۵ ^a	۱۱/۰ ^a	۱۰/۵ ^a	۱۰/۰ ^a	۱۰/۰ ^a
۱۱ خرداد ۱۳۸۷	۶/۷۵ ^c	۲۵/۲۵ ^b	۱۸/۵ ^b	۱۴/۲۵ ^b	۸/۲۵ ^b	۷/۲۵ ^b	۷/۲۵ ^b	۸/۲۵ ^b	۹/۵ ^b	۸/۵ ^b	۸/۵ ^b
۱۳ تیر ۱۳۸۷	۶/۰ ^d	۱۸/۷۵ ^c	۱۵/۰ ^c	۱۴/۰ ^b	۵/۲۵ ^d	۶/۷۵ ^c	۶/۷۵ ^c	۸/۰ ^{bc}	۸/۲۵ ^c	۸/۵ ^b	۸/۵ ^b
۱۴ مرداد ۱۳۸۷	۵/۷۵ ^d	۱۵/۵ ^d	۱۳/۲۵ ^d	۱۰/۵ ^c	۴/۵ ^e	۵/۷۵ ^d	۵/۷۵ ^d	۷/۵ ^c	۸/۵ ^c	۸/۲۵ ^b	۸/۲۵ ^b
۱۰ شهریور ۱۳۸۷	۵/۷۵ ^d	۱۰/۷۵ ^e	۷/۵ ^e	۷/۵ ^d	۵/۲۵ ^d	۵/۷۵ ^d	۵/۷۵ ^d	۶/۵ ^d	۶/۷۵ ^d	۶/۷۵ ^c	۶/۷۵ ^c
۱۰ مهر ۱۳۸۷	۷/۲۵ ^b	.	.	۲۱/۰ ^a	۱۰/۰ ^a	.	.	.	.	.	.
۱۲ آبان ۱۳۸۷	۱۷/۰ ^a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد (آزمون LSD). خانه‌های خالی نشانه عدم وقوع مرحله مورد نظر می‌باشد. به دلیل عدم مشاهده مراحل پنجه‌زنی و ساقه‌روی در تاریخ کاشت ششم، سرعت شروع آبستنی و گلدهی در این تاریخ کاشت از سبز شدن محاسبه گردید.



روز پس از شروع آزمایش (روز اول شروع آزمایش ۱۰ اردیبهشت ۱۳۸۷ است)



روز پس از شروع آزمایش (روز اول شروع آزمایش ۱۰ اردیبهشت ۱۳۸۷ است)

شکل ۳- تغییرات دما و طول روز در تاریخ‌های کاشت مختلف

براساس مطالعات پیشین، فتوپریود بحرانی ارزن که یک گیاه روز کوتاه کمی است بین ۱۱ تا ۱۲/۴۳ بیان شده است (اونگ، ۱۹۸۳؛ ون اوو استروم، ۲۰۰۱، کامکار، ۲۰۰۶ و اشراقی نژاد، ۲۰۱۰). کاربری و کمپیل (۱۹۸۵) نشان دادند که با افزایش فتوپریود از ۱۳/۵ به ۱۴/۵ و ۱۵/۵ ساعت، مدت زمان لازم برای وقوع آغازش گل آذین از ۱۶ تا ۲۳ و ۳۴ روز بعد از ظهور گیاهچه در سطح خاک افزایش یافت. در مدل APSIM (مک‌کاون و همکاران، ۱۹۹۶) دمای پایه، بهینه و حداکثر (دماهای کاردینال) برای ارزن به ترتیب برابر با ۱۰، ۳۳ و ۴۷ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده است. فتوپریود بحرانی و میزان حساسیت به فتوپریود برای ارزن به ترتیب ۱۱ ساعت و ۰/۰۶ برآورد شده است. همچنین دمای پایه، مطلوب و سقف برای ساقه‌روی ارزن‌های معمولی، دم‌روپاهی و مرواریدی،

بر اساس توابع برتر دما- طول روز (شامل لجستیک-درجه دوم، درجه دوم-درجه دوم و بتا-درجه دوم) به ترتیب ۹-۷، ۵/۰-۴۰/۵ و ۱/۴۷-۴۵ درجه سانتی گراد پیش‌بینی شده است (اشراقی‌نژاد، ۲۰۱۰). رویارویی گیاهان با طول روزهای کوتاه (شکل ۳ و جدول ۵) در مراحل ابتدایی رشد در تاریخ‌های کاشت دیر هنگام‌تر نیز سبب شد که تأمین سریع دمای مورد نیاز برای طی مراحل فنولوژیک، ورود به فاز زایشی را تضمین نماید، یا به عبارتی تأمین طول روزهای کوتاه از همان ابتدای فصل رشد، تأمین طول روز را به عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار در ورود به فاز زایشی، برطرف کرد و بدین ترتیب در این تاریخ‌های کاشت، نیاز درجه روز رشد مبتنی بر دما تنها شرط لازم برای ورود به فاز زایشی بود که به‌واسطه رویارویی با دماهای مناسب (شکل ۳ و جدول ۵) تأمین شد. از سویی کاهش سطح برگ تولید شده با تأخیر در کاشت (در تاریخ کاشت انتهایی نسبت به تاریخ کاشت ابتدایی)، با کاهش طول دوره از شروع ساقه‌روی تا رسیدگی فیزیولوژیک همراه شد (جدول‌های ۱ و ۲) که نشان داد در تاریخ کاشت‌های دیر هنگام‌تر علاوه بر این که گیاه به واسطه کوتاه شدن دوره رویشی با محدودیت تولید سطح برگ رو به‌رو می‌شود، دوره پر شدن دانه نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد و در نهایت کاهش عملکرد رخ می‌دهد. مقدار روز بیولوژیک از ساقه‌رفتن تا رسیدگی فیزیولوژیک برای ارقام مورد مطالعه بر اساس توابع دمایی برتر بتا و دندان‌مانند، بین ۱۵ تا ۱۸/۲ روز برآورد شده است (اشراقی‌نژاد، ۲۰۱۰). آنچه از این نتایج بر می‌آید این است که تأثیر عوامل طول روز و دما (که تحت تأثیر تاریخ‌های کاشت قرار دارد) بر طی مراحل فنولوژیک گیاه به‌ویژه طول دوره رشد رویشی، تأثیر مستقیمی بر عملکرد نهایی گیاه دارد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارقام نیز از نظر سطح برگ و عملکرد تفاوت معنی‌داری داشتند. ارزن معمولی با میانگین سطح برگ ۳/۰۹ متر مربع در متر مربع زمین طی دوره رویشی از سطح برگ بالاتری نسبت به ارزن دم‌روباهی و مرواریدی برخوردار بود، ولی عملکرد رقم دم‌روباهی به‌دلیل دوره رشد طولانی‌تر و احتمالاً استفاده کارآمد از تابش فعال فتوسنتزی نسبت به دو رقم دیگر برتری داشت (۸۶۴/۳۶ کیلوگرم در هکتار) (جدول‌های ۳ و ۴).

مرتضی اشراقی نژاد و همکاران

جدول ۳- مقایسه میانگین اوزن معمولی، دم‌روبه‌ای و مرواریدی برای سطح برگ و عملکرد.

رقم	سطح برگ (متر مربع در متر مربع زمین) در دوره رویشی (شروع آبستنی)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
اوزن معمولی	۳/۰۹ ^a	۷۵۰/۰۹ ^b
اوزن دم‌روبه‌ای	۲/۵۸ ^b	۸۶۴/۳۶ ^a
اوزن مرواریدی	۲/۴۴ ^c	۶۸۰/۳۹ ^c

حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد (آزمون LSD).

جدول ۴- مقایسه میانگین تعداد روز از یک مرحله تا مرحله فنولوژیک بعدی بین ارقام مورد مطالعه در تاریخ‌های کاشت

رقم	میانگین تعداد روز از کاشت تا سبز شدن	میانگین روز از سبز شدن تا پنجه‌زنی	میانگین روز از ساقه‌روی تا ساقه‌روی	میانگین روز از شروع آبستنی تا شروع آبستنی	میانگین روز از ساقه‌روی تا گلدهی	میانگین روز از شروع آبستنی تا گلدهی	میانگین روز از گلدهی تا شروع گرده‌افشانی	میانگین روز از شروع گرده‌افشانی تا شروع پر شدن دانه	میانگین روز از شروع پر شدن دانه تا رسیدگی فنولوژیک	میانگین روز از رسیدگی فنولوژیک تا رسیدگی برداشت	میانگین طول کل دوره
معمولی	۶/۵ ^b	۱۹/۱ ^b	۱۳/۲۰ ^b	۱۲/۱۲ ^b	۴/۳۳ ^b	۴/۶۵ ^b	۵/۴۰ ^c	۶/۰۵ ^b	۵/۸۰ ^b	۷۷/۱۵ ^c	
دم‌روبه‌ای	۶/۸۵ ^b	۲۱/۰۵ ^a	۱۴/۹۰ ^a	۱۴/۲۹ ^a	۶/۰۸ ^a	۵/۷۰ ^b	۶/۹۵ ^b	۷/۰۵ ^b	۶/۲۵ ^b	۸۹/۱۲ ^b	
مرواریدی	۷/۹ ^a	۲۱/۱ ^a	۱۵/۳۰ ^a	۱۴/۷۰ ^a	۶/۶۲ ^a	۷/۰۵ ^a	۸/۲۵ ^a	۸/۷ ^a	۸/۴ ^a	۹۸/۰۲ ^a	

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد (آزمون LSD).

ارقام مختلف از نظر میانگین روز تا سبز شدن با هم تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۴). اشراقی نژاد و همکاران (۲۰۰۹) حداقل روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبز شدن اوزن‌های معمولی، دم‌روبه‌ای و مرواریدی را با دمای پایه ۷-۶/۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۳/۵۷، ۳/۷۱ و ۴/۶۱ روز گزارش کردند. اگرچه ارقام اختلاف معنی‌دار آماری نشان می‌دهند، اما به نظر نمی‌رسد که از لحاظ فیزیولوژیک این موضوع اهمیت چندانی داشته باشد، لذا بیشترین اختلاف ارقام می‌تواند به روز از سبز شدن تا گلدهی مربوط باشد.

بررسی ضرایب همبستگی بین عملکرد با تعداد روز از سبز شدن تا ساقه‌روی و سطح برگ با ساقه‌روی، نشان داد که در هر سه رقم همبستگی بالایی ($r \geq 0.92$) بین تعداد روز از سبز شدن تا ساقه‌روی، با سطح برگ و عملکرد وجود دارد (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). این که زمان از سبز شدن تا ساقه‌روی در ارزن به هر دو عامل طول روز و دما پاسخ معنی‌داری می‌دهد، از یک سو و پاسخ ارقام به طول روز (ضریب حساسیت به طول روز) از سوی دیگر، می‌تواند عامل همبستگی بالای دوره ساقه‌روی با عملکرد و سطح برگ باشد (جدول ۳). در نظر گرفتن تفاوت ارقام از نظر پاسخ به دما نیز می‌تواند نوسان طول این دوره‌ها در ارقام مختلف را توجیه نماید. مقدار دمای بهینه برای گلدهی ارزن ۳۳ درجه سانتی‌گراد است (مک‌کاون و همکاران، ۱۹۹۶). سبز شدن ارزن دم‌وباهی نسبت به ارزن مرواریدی زودتر اتفاق افتاد و همچنین نسبت به رقم معمولی دیرتر به گل رفت، که این دوره رشد طولانی‌تر علیرغم دارا بودن سطح برگ کمتر در مقایسه با ارزن معمولی، منجر به عملکرد بیشتری شد که احتمالاً به واسطه استفاده کارآمد از تابش بود (جدول ۳).

نتایج حاکی از آن بود که تاریخ‌های کاشت مختلف به‌دلیل وجود دما و طول روز متفاوت و همچنین ارقام مختلف ارزن به‌واسطه دماهای کاردینال متفاوت و حساس‌بودن به طول روز که بر سرعت نمو و حداقل تعداد روز مورد نیاز برای رسیدن به مراحل خاص نموی مانند سبز شدن و گلدهی تأثیرگذار هستند، در سرعت نمو و عملکرد اختلاف معنی‌داری نسبت به هم داشتند. البته تفاوت در سرعت بستن کانوپی، نوع کانوپی، قابلیت جذب نور (ضریب خاموشی گیاه) و کارایی مصرف نور در جنس‌های مورد مطالعه (کامکار و همکاران، ۲۰۰۴) نیز دلیلی بر تفاوت ارقام در سطح برگ و عملکرد نهایی حاصله می‌باشد. مدیریت تاریخ کاشت می‌تواند به‌واسطه تأثیر بر انطباق‌پذیری مراحل مهم نمو گیاه با مناسب‌ترین میانگین‌های متغیرهای پیش‌برنده (دما و طول روز) و البته تولید سطح برگ، بر میزان تولید اثرگذار باشد، به‌نحوی که با منطبق‌شدن مراحل نموی مهم گیاه با دما و طول روز بهینه، مراحل نمو به‌خوبی طی شده و گیاه فرصت کافی برای بستن کانوپی و استفاده موثر از تابش را خواهد داشت و در نتیجه افزایش عملکرد در این شرایط مورد انتظار است. کاشت ارقام ارزن به نحوی که در طول دوره رشد مطلوب خود با زمان وقوع حداکثر تابش در منطقه برخورد کرده و سطح برگ مطلوبی تولید کنند، یکی از مهم‌ترین گزینه‌های تأثیرگذار بر تولید عملکرد بالا است. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که زمان از سبز شدن تا ساقه‌روی که همبستگی معنی‌داری با دما و طول روز داشت، در تعیین میزان عملکرد نقش مهمی دارد و در تمام ارقام همبستگی معنی‌داری با

تولید سطح برگ و عملکرد داشت (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). نتایج حاکی از آن بود ارقامی که زودتر سبز می‌شوند و دیرتر به گل می‌روند فرصت بیشتری داشته و می‌توانند سطح برگ بیشتر و در نهایت عملکرد بیشتری تولید نمایند. تفاوت دماهای کاردینال و میانگین سطح برگ بین ارقام نیز می‌تواند در تاریخ کاشت‌های مختلف تعیین کننده عملکرد نهایی باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که لازم است جهت پیش‌بینی عملکرد این ارقام، به تفاوت آن‌ها در پارامترهای مختلف مرتبط با دما و طول روز توجه زیادی شود و به‌ویژه این نکته زمانی اهمیت می‌یابد که انتخاب تاریخ کاشت مناسب برای کاشت این گیاه با محدودیت‌های دیگر نظیر برداشت دیرهنگام محصول پاییزه قبل از آن روبه‌رو باشد؛ لذا جهت حصول اطلاعات لازم برای کمی‌سازی تولید ماده خشک در این گیاه لازم است توابع مناسب پاسخ به طول روز و دما مورد بررسی قرار گیرند و پارامترهای مهم تأثیرگذار بر فنولوژی گیاه به‌طور دقیق تعیین و در یک مدل آزمون شوند تا بتوان اثر تغییر تاریخ کاشت بر فنولوژی و عملکرد گیاه را به‌طور دقیق پیش‌بینی نمود.

منابع

- Ahmadi, M., Kamkar, B. and Soltani, A. 2010. The effect of sowing date on phenological periods duration of wheat varieties and its relation with yield production. *Elect. J. Crop Prod.* 2: 49-65.
- Angus, J.F., Cunningham, R.B., Mancur, M.W. and Mackenzie, D.H. 1981. Phasic development in field crops I. Thermal response in the seedling phase. *Field Crop Res.* 3: 365-378.
- Bacci, L., Cantini, C., Pierini, F., Maracchi, G. and Reyniers, F.N. 1999. Effects of sowing date and nitrogen fertilization on growth, development and yield of a short day cultivar of millet (*Pennisetum glaucum* L.) in Mali. *Europ. J. Agron.* 10: 9-21.
- Bell, M.A. and Fischer, R.A. 1994. Using yield prediction models to assess yield gains: a case study for wheat. *Field Crop Res.* 36: 161-166.
- Berger, J., Turner, N.C. and French, R.J. 2003. The role of phenology in adaptation of chickpea to drought. *The Australian Society of Agronomy. "Solutions For a Better Environment". Proceedings of the 11th Aus. Agron. Con, 2-6 Feb.* www.regional.org.au/au/asa
- Caliskan, S., Arslan, M.E. and Arioglu, H. 2008. Effects of sowing date and growth duration on growth and yield of groundnut in a Mediterranean-type environment in Turkey. *Field Crop Res.* 105: 131-140.

- Carberry, P.S. and Campbell, L.C. 1985. The growth and development of pearl millet as affected by photoperiod. *Field Crop Res.* 11:207-211.
- Eshraghi Nejad, M., Kamakr, B. and Soltani, A. 2009. Cardinal temperatures and required biological days from sowing to emergence of three millet species (common, foxtail, pearl millet). *J. Agric. Sci. and Technol.* 3: 36-43.
- Eshraghi-Nejad, M. 2010. Predicting of phenological development in millet. The M.Sc Thesis of Gorgan University of Agricultural Sciences and natural Resources, 151Pp.(In Persian)
- FAO and ICRISAT.1996. The world sorghum and millet economies, facts, trends and outlook. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Via delle Teme di Caracalla, Rome, and International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics (ICRISAT), Patancheru, Andhra Pradesh, India. 68 pp.
- Gardner, B.R., Blad, B.L., Garrity, D.P. and Watts, D.G. 1981. Relationships between crop temperature, grain yield, evapotranspiration and phenological development in two hybrids of moisture stressed sorghum. *Irrig. Sci.* 2: 213-224.
- Gargi, U.S., Ray, S. and Sushma, P. 2008. Derivation of crop phenological parameters using multi-date SPOT-VGT-NDVI data: A case study for Punjab. *J. Ind. Soci. Remote Sensing*, 36: 37-50.
- Garney, W.W. and Ahhard, H.A. 1930. Photoperiodic response of soybeans in relation to temperature and other environmental factors. *Agric. Res.* 41: 719-732.
- Ghaemi, A. 2002. The investigation of effective physiologic and morphologic indexes on increasing of quantity and quality yield of sugar beat. The Ph.D thesis of Ferdowsi University of Mashhad, 141Pp.
- Goudriaan, J. and Van laar, H.H. 1994. Modelling Potential Crop Growth processes. Kluwer Academic Press, Dordcht, the Netherlands.238 Pp.
- Hodges, T. 1991. Predicting Crop Phenology. CRC Press Inc Boca Raton, Florida, 233Pp.
- Jamieson, P.D., Brooking, I.R., Semenov, M.A., McMaster, G.S., White, J.W. and Porter, J.R. 2007. Reconciling alternative models of phenological development in winter wheat. *Field Crop Res.* 103: 36-41.
- Kamkar, B., Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M. and Rezvani Moghaddam, P. 2004. Evaluation of radiation use efficiency and its relationship with dry matter accumulation in three millet species. *Iranian Field Crop Res.* 2: 196-208.
- Kamkar, B., Koocheki, A.R., Nassiri Mahallati, M. and Rezvani Moghaddam, P. 2006. Cardinal temperature for germination in three millet species (*Panicum miliaceum*, *Pennisetum glaucum* and *Setaria italica*). *Asian J. Plant Sci.* 5: 316-319.

- Khichar, M.L. and Niwas, R. 2006. Microclimatic profiles under different sowing environments in wheat. *J. Agrometeo.* 8: 201–209.
- Lecoeur, J. and Ney, B. 2003. Change with time in potential radiation use efficiency in field pea. *Europ. J. Agron.* 19: 91-105.
- Lotus Newsletter. 2008. Abstract, Workshop held at Chascomus, 17-19 November 2008. 38: 86-88.
- McCown, R.L., Hammer, G.L., Hargreaves, J.N.G., Holzworth, D.P. and Freebairn, D.M. 1996. APSIM: a novel software system for model development, model testing and simulation in agricultural systems research. *Agric. Sys.* 50:255-271.
- Milford, G.F.J., Travis, K.Z., Pockock, T.O. Jaggard, K.W. and Day, W. 1988. Growth and dry matter partitioning in sugar beet. *J. Agric. Sci. Camb.* 110: 301-308.
- Oliver, F.C. and Annandale, J.G. 1998. Thermal time requirements for the development of green pea (*Pisum sativum* L.). *Field Crop Res.* 56: 301-307.
- Ong, C.K. 1983. Response to temperature in a stand of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. & H.). 1. *Veg. Develop. J. Exp. Bot.* 34: 322-336.
- Parsa, S., Koochaki, A., Nassiri Mahallati, M. and Ghaemi, A. 2006. Seasonal variation of radiation interception and radiation use efficiency in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *J. Agron. Res. Iran*, 5: 1-10.
- Richter, G.M., Jaggard, K.W. and Mitchell, R.A.C. 2001. Modelling radiation interception and radiation use efficiency for sugar beet under variable climatic stress. *Agric. Forest and Meteo.* 109:13-25.
- Rizzalli, R.H., Villalobos, F.J. and Orgaz, F. 2002. Radiation interception, radiation use efficiency and dry matter partitioning in garlic (*Allium sativum* L.). *Europ. J. Agron.* 18: 33-43.
- Rosati, A. and Djong, T.M. 2003. Estimating photosynthetic radiation use efficiency using incident light and photosynthesis of individual leaves. *Annal. Botan.* 91: 869-877.
- Rosati, A., Metcalf, S.G. and Lampinen, B.D. 2004. A simple method to estimate photosynthetic radiation use efficiency of canopies. *Annal of Botan.* 93: 567-574.
- Rosenthal, W.D. and Gerik, T.J. 1991. Radiation use efficiency among cotton cultivars. *Agron. J.* 83: 655-658.
- SAS Institute, 1992, SASSTAT user's guide, SAS Institute Inc, Cary.
- Sadras, V.O., Reynolds, M.P., de la Vega, A.J., Petrie, P.R. and Robinson, R. 2009. Phenotypic plasticity of yield and phenology in wheat, sunflower and grape vine. *Field Crop Res.* 110: 242-250.
- Scott, R.K. and Jaggard, K.W. 2000. Impact of weather, agronomy and breeding on yields of sugar beet grown in UK since 1970. *Agric. Sci. Camb.* 134:341-352.

- Sinclair, T.R. and Horie, T. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: a review. *Crop Sci.* 29: 90-98.
- Slafer, G.A. and Rawson, H.M. 1996. Response to photoperiod change with phenophase and temperature during wheat development. *Field Crop Res.* 46: 1-13.
- Soltan, B., Baron, C., Dingkuhn, M., Benoît Sarr, B. and Janicot, S. 2005. Agricultural impacts of large-scale variability of the West African monsoon. *Agric. Forest Meteo.* 128: 93-110.
- Van Oosterom E.J., Carberry, P.S., Hargreaves J.N.G. and O'Leary, G. J. 2001. Simulating growth, development and yield of tillering in pearl millet. II. Simulation of canopy development. *Field Crop Res.* 72: 67-91.
- Werker, A.R. and Jaggard, K.W. 1997. Modelling asymmetrical growth curves that rise and fall: Applications to foliage dynamics of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Annal. Botan.* 79: 657-665.
- Werker, A.R. and Jaggard, K.W. 1998. Dependence of sugar beet yield on light interception and evapotranspiration. *Agric. Forest Meteo.* 89: 229-240.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T. and Konzak, V.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421 and *Eucarpia Bull.* 7: 49-52.



The effect of sowing date on yield of millet varieties by influencing on phenological periods duration

*M. Eshraghi-Nejad¹, B. Kamkar² and A. Soltani²

¹M.Sc Student of Agronomy of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Dept. of Agronomy of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

Abstract

In order to investigation of sowing date effect on yield of millet species and its impressible from duration of phenological periods and development rate, an experiment was conducted based on complete randomized block design as combine analysis in four replications at eight sowing dates (30 April, 1 Jun, 31 May, 4 July, 5 August, 1 September, 2 October and 3 November) and three millet species (*panicum miliaceum*, *pennisetum galucum* and *setaria italica*) in research field of Gorgan university of Agricultural Sciences and Natural Resources. The results of this study showed that the sowing dates and species have significant differences in mean of leaf area index (LAI) and yield. First sowing date has the most LAI at three species, but it has not significant different by second sowing date in yield. Increase in growth duration at early sowing dates lead to increase of LAI simultaneous proper temperature and day length conditions. Common millet has the most LAI, but foxtail millet has the most yield for longer growth period. The results of correlation coefficients of emergence rate with temperature showed that emergence rate has high correlation ($r>97\%$) at all varieties and stemming rate influenced by temperature and day length. the least days to emergence were in (5 August and 1 September) and the least days from tillering to stemming were in (1 September).

Keywords: Millet; Sowing date; Phonologic development; Yield.

* Corresponding Authors; Email: Eshraghi_398@yahoo.com