مقاله تحقیقی

بررسی روند تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد ذرت (*Zea mays* L.) در تاریخ‌های کاشت متفاوت در شرایط آب و هوایی ورامین

مجید عبدلی *

دکتری زراعت-فیزیولوژی گیاهان زراعی، پژوهشگر سابق مرکز تحقیقات و نوآوری سازمان اتکا، تهران، ایران

***مسئول مکاتبات:** majid.abdoli64@yahoo.com

محل انجام تحقیق: مرکز تحقیقات و نوآوری سازمان اتکا

تاریخ دریافت: ۹۹/۱/۱۶ تاریخ پذیرش:۹۹/۳/۳

فصلنامه علمی پژوهشی دانش زیستی ایران
جلد ۱۴- شماره ۱- بهار ۱۳۹۸

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد ذرت، آزمایشی به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ورامین در سال ۱۳۹۴ اجرا شد. تیمارها شامل پنج تاریخ کاشت (۲۰ فروردین، ۳۱ اردیبهشت، ۲۸ خرداد، ۹ تیر و ۲۴ تیر ماه) و رقم مورد استفاده سینگل کراس کارون ۷۰۱ بود. در هر یک دوره‌های ۵ الی ۷ روزه از هر کرت، ۵ بوته به صورت تصادفی انتخاب و صفات مورد بررسی در ارتباط با این تحقیق شامل: وزن خشک کل، سطح برگ و وزن خشک برگ جهت رسم منحنی شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه ذرت طی فصل رشد اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر حداکثر وزن خشک برگ، وزن خشک کل، شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی، سرعت رشد محصول، سطح ویژه برگ و عملکرد تر معنی‌دار بود. در این بین، تاریخ کاشت چهارم (۹ تیر ماه) بیشترین میزان حداکثر وزن خشک برگ، وزن خشک کل، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و عملکرد تر را به خود اختصاص داد و تاریخ کاشت دوم (۳۱ اردیبهشت ماه) از نظر حداکثر سرعت رشد نسبی و سطح ویژه برگ نسبت به بقیه تاریخ‌های کاشت برتری داشت. سرعت رشد محصول پس از رسیدن به حداکثر میزان خود در تاریخ‌های مختلف کاشت تنزل یافته و در نهایت منفی شد. در همه تاریخ‌های کاشت میزان سرعت جذب خالص با شیب ملایمی روند کاهشی داشت اما پس از مرحله خاصی (مصادف با کاکل‌دهی) به شدت افت پیدا کرد. روند تغییرات سطح برگ نسبی در تمامی تاریخ‌های کاشت نزولی بود و به غیر از تاریخ کشت دوم، بیشترین سطح برگ نسبی در تمامی تاریخ‌های کاشت در اولین مرحله نمونه‌گیری بود. با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان کاشت ذرت در دهه اول تیر ماه را برای منطقه ورامین توصیه کرد.

واژه های کلیدی: ذرت، شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد، تاریخ کاشت، ورامین، عملکرد

مقدمه

اغلب محققان و کشاورزان تا چند دهه اخیر بیشتر علاقمند به دانستن نتیجه نهایی تحقیق خود یعنی عملکرد نهایی گیاه بودند. اما با توجه به اینکه حوادث طول مسیر رشد گیاه ممکن است تأثیر به سزایی روی نتیجه نهایی داشته باشد، بنابراین برای آنها لازم است بدانند در طول رشد گیاه چه اتفاقی افتاده و رشد قسمت‌های مختلف آن چگونه است (۳۰).

ارزیابی سرعت رشد یکی از عوامل مهم در رشد و نمو گیاهان زراعی است و تجزیه و تحلیل و مقایسه عملکرد گیاهان متکی به تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد می‌باشد که وابسته به یکسری معادلات ریاضی تحت عنوان توابع

است که به کمک آنها اجزای رشد تعیین می‌شود و هدف از محاسبه توابع رشد عموماً توضیح چگونگی عکس‌العمل گیاه به یک شرایط مطلوب و نامساعد محیطی است (۱)، و به بیان دیگر هدف تفسیر این موضوع است که چطور گیاه به یک یا چند عامل محیطی عکس‌العمل نشان می‌دهد. لازمه تجزیه و تحلیل رشد گیاه گردآوری آمار و داده‌های خام اولیه مخصوصاً اندازه‌گیری دو عامل سطح برگ و وزن خشک اندام‌ها است و دیگر کمیت‌ها یا شاخص‌های رشد مورد نظر از طریق محاسبه این دو کمیت بدست می‌آیند.

با توجه به اینکه تبدیل انرژی نورانی به انرژی شیمیایی توسط برگ‌های سبز انجام می‌شود، شاخص سطح برگ[1] (LAI) می‌تواند به عنوان مهمترین عامل مؤثر در تولید ماده خشک و در نتیجه عملکرد دانه باشد (۳۱). LAI در رقابت گیاه با علف‌های هرز، کارایی مصرف آب و فرسایش خاک نقش مؤثری دارد و از اینرو برآورد شاخص سرعت جذب خالص[2](NAR) و مقدار تعرق در مطالعات فیزیولوژیکی استفاده می‌شود (۳۲). LAI عبارت است از نسبت سطح برگ به سطح زمین که توسط گیاه اشغال شده است. از آنجا که سرعت افزایش سطح برگ تعیین کننده سرعت افزایش توان فتوسنتزی گیاه است لذا از اهمیت خاصی برخوردار است. اغلب محصولا زراعی برای تولید حداکثر ماده خشک به LAI برابر ۳ تا ۵ احتیاج دارند (۲). همه تاج پوشش گیاهان، اغلب بوسیله برگ‌ها شکل می‌گیرد که عهده‌دار جذب تابش خورشیدی هستند. قسمتی از انرژی خورشیدی که به سطح زمین می‌رسد و بوسیله پوشش گیاهی دریافت می‌شود به گستردگی سطح برگ بستگی دارد، که به نوبه خود سطح برگ پوشش گیاهی نیز به تعداد و اندازه برگ‌ها که هر دو تحت تأثیر محیط و ژنتیک گیاه می‌باشند، بستگی دارد (۳).

بسیاری از محققین، از LAI به عنوان یکی از عوامل مهم در افزایش عملکرد یاد کرده و بیان داشتند که یکی از شاخص‌های مهم بیوفیزیکی دخیل در عملکرد دانه، LAI است (۳۳)، که همراه با سرعت رشد محصول[3](CGR) می‌تواند از عوامل تعیین کننده عملکرد به حساب آید (۳۴). همچنین، Petcu و همکاران (۳۵) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و LAI گزارش کردند. علی نقی‌زاده و همکاران (۴) در بررسی تأثیر تاریخ کاشت (۲۶ اریبهشت، ۱۱ و ۲۶ خرداد و ۱۱ تیر ماه) بر عملکرد و شاخص‌های رشد گلرنگ در کشت دوم در منطقه یاسوج بیان کردند که تاریخ کاشت سوم بیشترین عملکرد اقتصادی و زیستی را تولید کرد، آنها گزارش کردند که ارقام کشت شده در تاریخ کاشت سوم، به دلیل LAI بیشتر، نور بیشتری دریافت کردند و در نتیجه به علت فتوسنتز بیشتر، CGR و تجمع ماده خشک نیز در آنها افزایش یافت؛ در نهایت این افزایش شاخص‌های فوق منجر به افزایش عملکرد دانه و عملکرد زیستی گردید. محققین در آزمایشی در اراک با سه تاریخ کاشت (۱۵ و ۳۰ خرداد و ۱۵ تیر ماه) به این نتیجه رسیدند که در تاریخ کاشت ۱۵ خرداد ماه، بیشترین عملکرد دانه ذرت با میانگین ۸/۹۱ تن در هکتار بدست آمد، همچنین در تاریخ‌های مختلف کاشت LAI تقریباً به طور هماهنگ بعد از دریافت ۱۱۷۰ روز درجه رشد به بیشینه رسیده و تأخیر در کاشت منجر به کاهش میزان شاخص برگ گردید (۵).

مطالعه CGR یا سرعت رشد گیاه در جامعه گیاهی که از آن به میزان تجمع ماده خشک در واحد سطح زمین (بر حسب گرم بر مترمربع در روز) تعبیر می‌شود، در تفسیر عملکرد ارقام و به کارگیری عملیات زراعی مختلف اهمیت دارد (۶). این پارامتر یکی از شاخص‌هایی است که با عملکرد گیاهان زراعی همبستگی بالایی نشان می‌دهد. CGR در مراحل اولیه رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم نور خورشید که توسط گیاه جذب می‌شود، کم است. با نمو گیاهان زراعی افزایش سریعی در رشد گیاه بوجود می‌آید، زیرا سطح برگ‌ها توسعه می‌یابد و نور کمتری از لابه‌لای پوشش گیاهی به سطح خاک می‌رسد. حداکثر CGR و تندترین شیب در منحنی تغییرات وزن خشک کل، هنگامی حاصل می‌شود که گیاهان به اندازه کافی بلند و متراکم شده باشند تا بتوانند از تمام عوامل محیطی حداکثر بهره‌گیری را بنمایند (۳۶). آقاعلیخانی و صفری (۶) در بررسی تأثیر تاریخ کاشت (۱۸ خرداد، ۷ و ۲۷ تیر ماه) بر روی سه رقم سورگوم دانه‌ای (پیام، سپیده و کیمیا) گزارش کردند که با تأخیر در کاشت، تجمع ماده خشک روند کاهش در پیش می‌گیرد و روند CGR با تجمع ماده خشک ارتباط مستقیمی داشت به‌طوری که رقم سپیده در تاریخ کاشت اول بالاترین

[1] Leaf Area Index (LAI)
[2] Net Assimilation Rate (NAR)
[3] Crop Growth Rate (CGR)

میزان رشد محصول و ماده خشک را تولید نمود. همچنین سرعت رشد نسبی[1](RGR) هر سه رقم در تاریخ کاشت دوم بالاتر بود. RGR بیان کننده میزان افزایش وزن خشک گیاه نسبت به وزن خشک اولیه آن در واحد زمان می‌باشد و معمولاً بر حسب گرم بر روز بیان می‌شود. در واقع RGR لگاریتم CGR است.

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که تأخیر در تاریخ کاشت موجب کاهش تولید ماده خشک، LAI، میزان رشد محصول و عملکرد گیاهان می‌شود (۷). Williams و Lindquist (۳۷) عنوان کردند که LAI و ارتفاع با تأخیر در تاریخ کاشت، کاهش یافت. حسن‌پور و همکاران (۸) و Rahimi (۳۸) بیان کرد که با تأخیر در تاریخ کاشت، LAI، CGR و RGR کاهش یافت که این امر موجب کاهش در وزن خشک و تر گیاه شد. بایگی و همکاران (۹) در بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر شاخص‌های رشدی گندم در منطقه نیشابور بیان کردند که با تأخیر در کاشت میزان شاخص-های فیزیولوژیکی همچون LAI، CGR و وزن خشک تجمعی کاهش یافته است. وقار و همکاران (۱۰) در بررسی تأثیر تاریخ کاشت (۲۰ آبان، ۲۰ آذر و ۲۰ اسفند) بر روی روند شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد ارقام نخود در منطقه کرمانشاه گزارش کردند که با تأخیر در کاشت، میزان LAI کاهش یافت به‌طوری که بیشترین مقدار آن در تاریخ کاشت ۲۰ آبان بدست آمد. در مقابل بیان شده است که در تاریخ-های کاشت دیرتر میزان LAI و RGR در ذرت افزایش یافت (۳۹).

NAR یا سرعت آسیمیلاسیون خالص نشان دهنده مقدار مواد ساخته شده خالص در واحد سطح برگ در واحد زمان می‌باشد. زمانی که گیاهان کوچک باشند و اغلب برگ-ها در معرض نور مستقیم خورشید قرار بگیرند؛ میزان NAR در بالاترین سطح خود قرار خواهد گرفت. همزمان با رشد گیاه و افزایش LAI، برگ‌های بالایی جامعه گیاهی موجب سایه‌اندازی بر روی برگ‌های پایین‌تر شده و به تدریج برگ-های بیشتری در سایه قرار می‌گیرند و این امر باعث کاهش NAR در طول یک فصل می‌گردد (۱۱). از طرفی نیز با افزایش سن برگ از فتوسنتز نیز کاسته می‌شود که این امر به نوبه خود موجب افزایش شیب نزولی NAR خواهد شد (۴۰).

سطح برگ نسبی[2](LAR) بیان کننده نسبت سطح برگ (بافت‌های فتوسنتز کننده) به وزن خشک کل گیاه (بافت‌های تنفس کننده) می‌باشد و واحد آن بر حسب سانتی‌متر مربع بر گرم بیان می‌شود. به بیان دیگر LAR نشان دهنده پربرگی گیاه است. هاشم‌پور بلترک و همکاران (۱۲) در بررسی اثر ۴ تاریخ کاشت (۱، ۱۳ و ۲۵ خرداد و ۶ تیر ماه) بر روی شش رقم ذرت علوفه‌ای از گروه‌های رسیدگی مختلف (زودرس، میان‌رس و دیررس) بیان کردند که تاریخ کاشت ۱۳ خرداد ماه و رقم سینگل کراس ۷۰۰ با داشتن شاخص‌های رشد مناسب‌تر که باعث افزایش توسعه سطح برگ و در نهایت عملکرد بالاتر شد، در شرایط آب و هوایی شهرستان رشت پیشنهاد می‌گردد.

با توجه به موارد بیان شده، هدف از این تحقیق بررسی تأثیر تاریخ‌های کاشت مختلف بر شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی ذرت و همچنین بررسی روند تغییرات این شاخص‌ها در طول فصل رشد گیاه ذرت در منطقه ورامین است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۴ برای بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۱ (کارون) به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه مجتمع کشاورزی و دامپروری ورامین واقع در روستای کریم آباد اجرا گردید. خاک محل اجرای آزمایش رسی لومی بود و از نظر میزان اسیدیته نیز واکنش خاک قلیایی بود. از نظر شوری محدودیتی وجود نداشت. در جدول ۱ شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۴ آورده شده است. روند تغییرات درجه حرارت در منطقه ورامین طی بازه زمانی کشت تا برداشت ذرت در شکل ۱ قابل مشاهده است.

تیمارهای مورد بررسی شامل پنج تاریخ کاشت (۲۰ فروردین، ۳۱ اردیبهشت، ۲۸ خرداد، ۹ تیر و ۲۴ تیر ماه) بودند. با توجه به اینکه در منطقه ورامین عمدتاً کشت ذرت در بهار و یا تابستان صورت می‌گیرد و معمولاً کشت‌های بهاره در بازه زمانی اواسط فروردین تا اواخر اردیبهشت و همچنین کشت‌های تابستانه طی اواسط

[1] Relative Growth Rate (RGR)

[2] Leaf Area Ratio (LAR)

خرداد تا اوایل مرداد ماه انجام می‌شود، بنابراین تاریخ-های کاشت در این پژوهش در محدوده زمانی بهاره و تابستانه انتخاب شدند. برای هر تیمار در هر کرت، ۸ ردیف به طول ۴ متر با تراکم ۹۰ هزار بوته در هکتار (تراکم معمول و توصیه شده برای هیبرید مورد استفاده) در نظر گرفته شد. به منظور دستیابی به تراکم مورد نظر فواصل بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. قبل از کشت، بذور هیبرید مورد نظر با قارچکش بنومیل (دو در هزار) ضدعفونی گردید. عملیات کشت توسط دستگاه ردیف کار بذر ذرت به صورت هیرم کاری صورت گرفت.

میزان مصرف کودهای مورد نیاز اعم از نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر اساس آزمون خاک صورت پذیرفت. به‌طوری که در زمان کاشت کودهای سولفات پتاسیم و سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار و کود اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (نیمی از آن در زمان کشت و نیم دیگر به صورت سرک در زمان ۸-۶ برگی بوته‌های ذرت) به خاک اضافه شد. همچنین در مرحله ۸-۶ برگی عملیات کولتیوارزنی جهت مبارزه با علف‌های هرز و خاک‌دهی پای بوته ذرت صورت گرفت. بر اساس شرایط و نیاز، عملیات آبیاری، وجین و کنترل آفات و امراض به طور یکسان در کلیه کرت‌ها صورت گرفت. به‌طوری که آبیاری تا مرحله ۶-۴ برگی به صورت بارانی صورت گرفت و پس از آن به صورت جوی و پشته (نشتی) بر اساس دور آبیاری و بسته به دمای هوا با فواصل ۸-۷ روز انجام شد. جهت کنترل علف‌های هرز پهن برگ و نازک برگ در ذرت از علف‌کش پس رویشی اولتیما[1] به میزان ۱۷۵ گرم در هکتار در مرحله ۵-۶ برگی ذرت استفاده شد. همچنین جهت کنترل آفات از حشره‌کش فن والریت[2] (۲۰ درصد امولسیون) و پیریمیکارب[3] (۵۰ درصد پودر وتابل) استفاده شد. در تاریخ‌های کاشت مختلف پس از سبز شدن بوته‌ها، در دوره‌های ۵ الی ۷ روزه، ۵ بوته به صورت تصادفی انتخاب و صفات مورد بررسی در ارتباط با این تحقیق شامل: وزن خشک کل، سطح برگ و وزن خشک برگ جهت رسم منحنی شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه ذرت طی فصل رشد اندازه‌گیری شدند.

برای اندازه‌گیری وزن خشک، در مزرعه قسمت‌های مختلف بوته (اعم از برگ، ساقه و بلال) برداشت و سپس نمونه‌ها در داخل پاکت قرار داده و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد داخل آون الکتریکی خشک شدند و با استفاده از ترازوی دقیق و حساس وزن خشک آنها توزین و ثبت شد.

برای اندازه‌گیری سطح برگ، پس از اندازه‌گیری طول و عرض برای تک تک برگ‌های بوته در هر یک از تیمارهای آزمایش از رابطه زیر بهره گرفته شد (۱۳، ۴۱).

رابطه (۱):

۰/۷۵ × [طول برگ (سانتی‌متر) × عرض برگ (سانتی-متر)] = سطح برگ (سانتی‌متر مربع)

شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی شامل: شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت جذب خالص، سرعت رشد نسبی، سطح ویژه برگ و سطح برگ نسبی است که بر اساس سطح برگ، وزن خشک برگ و وزن ماده خشک کل محاسبه و برآورد شدند (۲، ۶).

برای رسم نمودارهای شاخص‌های رشد از روش تابعی در جدول ۲ استفاده شده است. برای تعیین شاخص‌های رشد، بهترین معادلاتی که روند تغییرات وزن خشک کل و شاخص سطح برگ را نسبت به شاخص حرارتی بیان می‌کند (معادله درجه ۲) انتخاب شد (۱۴، ۴۲) و با کمک نرم افزار Excel ver. 10.0 محاسبات و رسم نمودارها انجام شد.

با توجه به اینکه هدف از کشت ذرت فوق، برداشت برای مصرف سیلویی بود جهت اندازه‌گیری عملکرد تر علوفه ذرت در مرحله خمیری شدن دانه‌ها، کل بوته‌ها از سطح مشخصی برداشت شد و به هکتار تعمیم داده شد. در نهایت داده‌های جمع‌آوری شده برای صفات مورد بررسی توسط نرم افزار SAS ver. 8.0 و MSTATC بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel ver. 10.0 بهره گرفته شد.

نتایج و بحث

وزن خشک برگ

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تاریخ کاشت بر وزن خشک برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که روند

[1] Ultima
[2] Fenvalerate, 20% EC
[3] Pirimicarb, 50% WP

تغییرات وزن خشک برگ افزایشی بود و از منحنی سیگموئیدی تبعیت می‌کند. به گونه‌ای که پس از سبز شدن گیاهچه‌های ذرت میزان وزن خشک برگ افزایش یافت و پس از رسیدن به حداکثر میزان خود، کاهش یافت (شکل ۲). همچنین نتایج نشان داد که تاریخ کاشت چهارم (۹ تیر ماه) با ۵۵۶ گرم بر مترمربع بیشترین و تاریخ کاشت اول و دوم (۲۰ فروردین و ۳۱ اردیبهشت ماه) به ترتیب با ۳۸۸ و ۴۰۸ گرم بر مترمربع کمترین حداکثر میزان وزن خشک برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۴ و شکل ۲). از طرف دیگر تاریخ‌های کاشت اول الی پنجم به ترتیب در بازه زمانی ۲۶ خرداد الی ۸ مهر ماه به حداکثر وزن خشک برگ دست یافتند (شکل ۲). به‌طوری که حداکثر وزن خشک برگ در تاریخ کاشت اول مصادف با ۲۶ تا ۳۱ خرداد (۶۸ تا ۷۳ روز پس از کاشت)، تاریخ کاشت دوم مصادف با ۶ تا ۱۳ مرداد (۶۸ تا ۷۵ روز پس از کاشت)، تاریخ کاشت سوم مصادف با ۶ شهریور (۷۱ روز پس از کاشت)، تاریخ کاشت چهارم مصادف با ۱۹ شهریور (۵۲ روز پس از کاشت) و در نهایت در تاریخ کاشت پنجم مصادف با ۸ مهر ماه (۷۷ روز پس از کاشت) بود (شکل ۲). رشد گیاه مجموعه‌ای از فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی خاصی است که اثرات متقابل بر یکدیگر داشته و تحت تأثیر عوامل محیطی مثل درجه حرارت، شدت نور و غیره قرار می‌گیرند که متأثر از تاریخ کاشت می‌باشند. در این بین، تجزیه و تحلیل کمی رشد، روشی برای توجیه و تفسیر واکنش‌های گیاه نسبت به شرایط مختلف محیطی در طول دوره رویش می‌باشد که از طریق آن می‌توان چگونگی انتقال و انباشت فرآورده‌های فتوسنتزی را در اندام‌های مختلف با اندازه‌گیری ماده خشک تولید شده بدست آورد (۲، ۱۵).

وزن خشک کل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تاریخ‌های کاشت بر حداکثر وزن خشک کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در این بین تاریخ کاشت چهارم و اول (یعنی ۹ تیر و ۲۰ فروردین ماه) به ترتیب بیشترین و کمترین میزان حداکثر وزن خشک کل را به خود اختصاص دادند (جدول ۴ و شکل ۳). به بیان دیگر تجمع ماده خشک در بوته تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت (جدول ۳). احتمالاً بالا بودن وزن خشک تولیدی در تاریخ کاشت چهارم به خاطر مساعد بودن شرایط دمایی در طی رشد رویشی بوده است به‌طوری که شرایط دمایی برای رشد مطلوب ذرت در این تاریخ کاشت در حد معقول و مناسب بوده است. به طور کلی روند تجمع ماده خشک تولیدی کاملاً وابسته به گسترش LAI می‌باشد بعبارت دیگر هر پدیده محیطی یا تیماری (مثلاً در این مطالعه تاریخ کاشت و به طبع درجه حرارت) که اثر مثبت یا منفی بر روی مؤلفه LAI بگذارد در نهایت وزن خشک کل را هم تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این مورد آقاعلیخانی و صفری (۶) در بررسی روند تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیک رشد سه رقم سورگوم دانه‌ای در تاریخ‌های مختلف (۱۸ خرداد، ۷ و ۲۷ تیر ماه) بیان کردند که در کشت‌های دیرهنگام به دلیل پایین بودن نسبی دما، تأمین روز درجه رشدی[1] (GDD) لازم برای عبور از مرحله رویشی به زایشی زودتر به طول می‌انجامد، در نتیجه نسبت به تاریخ‌های کاشت پیش‌تر، سطح برگ و ماده خشک کمتری در واحد سطح تجمع می‌یابد.

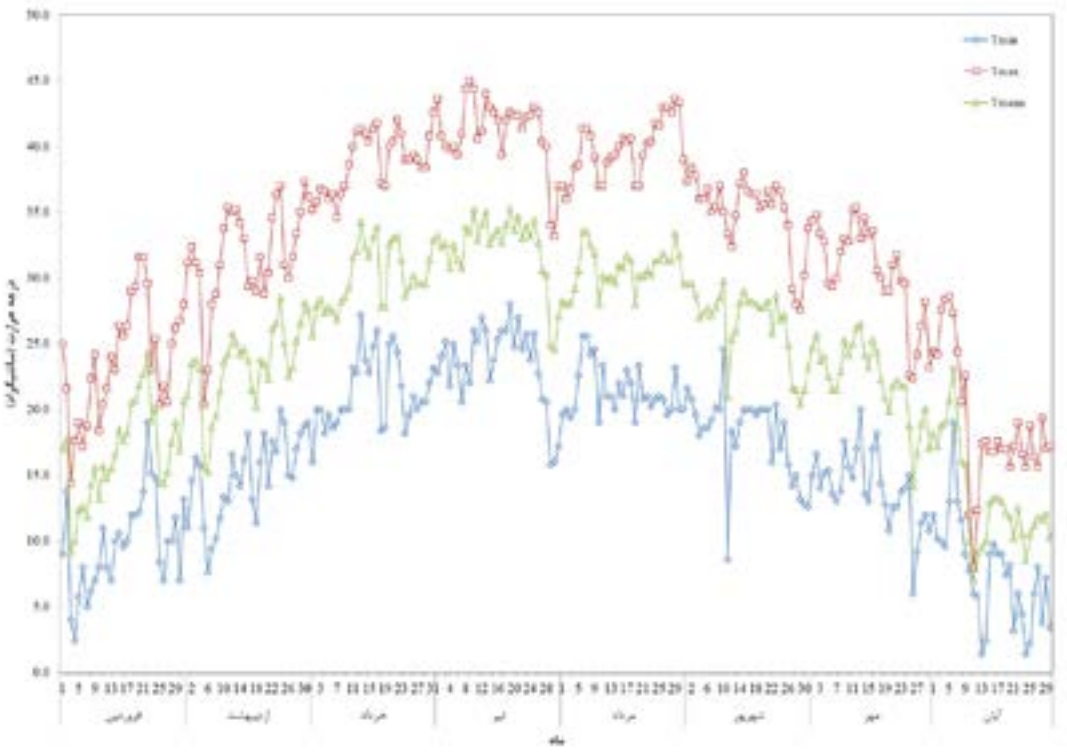
روند تغییرات وزن خشک کل بوته طی فصل رشد در شکل ۳ قابل مشاهده است. نتایج نشان داد که روند تغییرات وزن خشک کل، افزایشی و به صورت درجه دوم بود. به‌طوری که پس از سبز شدن گیاهچه‌های ذرت به میزان وزن خشک کل افزوده شده و پس از رسیدن به حداکثر میزان خود کاهش یافت (شکل ۳). روند تغییرات تجمع ماده خشک کل در این تحقیق مطابق با نتایج بدست آمده از تحقیقات براتی و همکاران (۱۶) است. نتایج این پژوهش نشان داد که تاریخ کاشت اول در ۷ تیر ماه (مصادف با دهه اول مرداد) و تاریخ کاشت چهارم در ۲۴ شهریور ماه (مصادف با دهه سوم شهریور) به حداکثر میزان ماده خشک تولیدی رسیدند (شکل ۳). که در تاریخ کاشت اول، حداکثر ماده خشک تولیدی مصادف با گرمای منطقه شده است (شکل ۱)

[1] Growth Degree Day (GDD)

جدول ۱- میانگین حداقل، حداکثر و متوسط رطوبت نسبی، دما و میانگین ماهانه بارندگی در سال زراعی ۱۳۹۴ در منطقه ورامین.

ماه	رطوبت نسبی (درصد)			میزان بارندگی	درجه حرارت (سانتی‌گراد)		
	حداقل	حداکثر	متوسط	(میلیمتر)	حداقل	حداکثر	متوسط
فروردین	۲۵	۶۴	۴۵	۱۸/۳	۹/۷	۲۳/۷	۱۶/۷
اردیبهشت	۱۵	۴۶	۳۰	۰/۵	۱۵/۰	۳۱/۸	۲۳/۴
خرداد	۱۵	۴۰	۲۷	۰	۲۱/۳	۳۸/۹	۳۰/۱
تیر	۱۷	۴۲	۲۹	۴/۶	۲۳/۵	۴۲/۲	۳۲/۳
مرداد	۱۵	۴۳	۲۹	۰	۲۱/۴	۳۹/۸	۳۰/۶
شهریور	۲۱	۵۹	۴۰	۶/۳	۱۸/۱	۳۵/۰	۲۶/۵
مهر	۲۳	۶۱	۴۲	۲/۰	۱۴/۰	۳۰/۵	۲۲/۲
آبان	۴۴	۸۱	۶۲	۲۱/۰	۷/۶	۱۹/۰	۱۳/۳
آذر	۴۹	۸۰	۶۴	۱۹/۷	۱/۳	۱۲/۸	۷/۱
دی	۴۵	۸۲	۶۳	۱۶/۶	۰/۶	۱۲/۹	۶/۸
بهمن	۳۴	۷۵	۵۵	۰/۳	۰/۴	۱۳/۹	۷/۱
اسفند	۲۷	۶۳	۴۵	۲/۳	۶/۸	۲۱/۳	۱۴/۰
سالانه	۲۷	۶۱	۴۴	۹۳/۴	۱۱/۶	۲۶/۷	۱۹/۲

منبع: سازمان هواشناسی کشور، اداره کل هواشناسی استان تهران، ایستگاه ورامین، ایران.



شکل ۱- حداقل، حداکثر و متوسط روزانه درجه حرارت منطقه ورامین در بازه زمانی کشت تا برداشت ذرت (فروردین تا آبان ماه ۱۳۹۴).

جدول ۲- روابط ریاضی برای برآورد شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد.

شاخص‌های رشد	نماد	واحد	فرمول
وزن خشک برگ	LDW	g/m^2	$Exp\ (a + bx + cx^2)$
وزن خشک کل	TDW	g/m^2	$Exp\ (a' + b'x + c'x^2)$
شاخص سطح برگ	LAI	-	$Exp\ (a'' + b''x + c''x^2)$
سرعت رشد نسبی	RGR	g/g	$b' + 2c'x$
سرعت رشد محصول	CGR	$g/m^2.day$	$RGR \times TDW$
سرعت جذب خالص	NAR	$g/m^2.day$	CGR / LAI
سطح ویژه برگ	SLA	m^2/g	LAI / LDW
سطح برگ نسبی	LAR	m^2/g	LAI / TDW

x بیانگر میزان روزهای تجمعی پس از کاشت است.

a، b، c، a'، b'، c'، a"، b" و c" ضرایب معادلات رگرسیونی هستند.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تاریخ کاشت بر حداکثر شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد و عملکرد تر علوفه ذرت.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		حداکثر وزن خشک برگ	حداکثر وزن خشک کل	حداکثر شاخص سطح برگ	حداکثر سرعت رشد نسبی
تکرار	۲	۴۹۹۳/۴ ns	۱۱۷۶۴/۴ ns	۰/۹۸۹ ns	۰/۰۰۰۰۱ ns
تاریخ کاشت	۴	۱۵۴۷۷/۴ *	۵۷۸۸۸۷/۹ **	۲/۲۸ *	۰/۰۰۰۹۶ **
خطا	۸	۳۰۷۳/۲	۷۴۱۶۸/۷	۰/۹۱۳	۰/۰۰۰۰۱
ضریب تغییرات (٪)		۱۱/۹	۱۲/۷	۱۲/۱	۲/۷۱

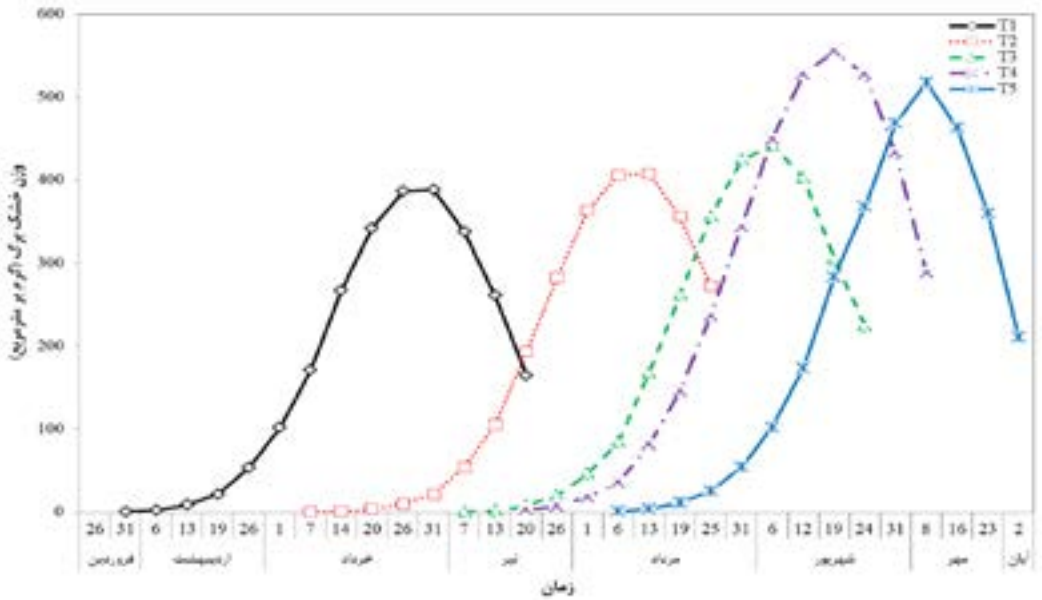
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		حداکثر سرعت رشد محصول	حداکثر سرعت جذب خالص	حداکثر سطح ویژه برگ	حداکثر سطح برگ نسبی	عملکرد تر
تکرار	۲	۹/۵۳ ns	۷/۸۰ ns	۰/۰۰۰۰۰۰۶ ns	۰/۰۰۰۰۲ ns	۱۲/۹ ns
تاریخ کاشت	۴	۴۷۹/۴ *	۱۱/۷ ns	۰/۰۰۰۰۱ **	۰/۰۰۰۰۱ ns	۱۰۸/۹ **
خطا	۸	۱۴۵/۶	۴/۳۹	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۶	۹/۳۰
ضریب تغییرات (٪)		۱۶/۶	۱۴/۰	۵/۶۱	۱۵/۳	۶/۷۲

ns و * و **به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

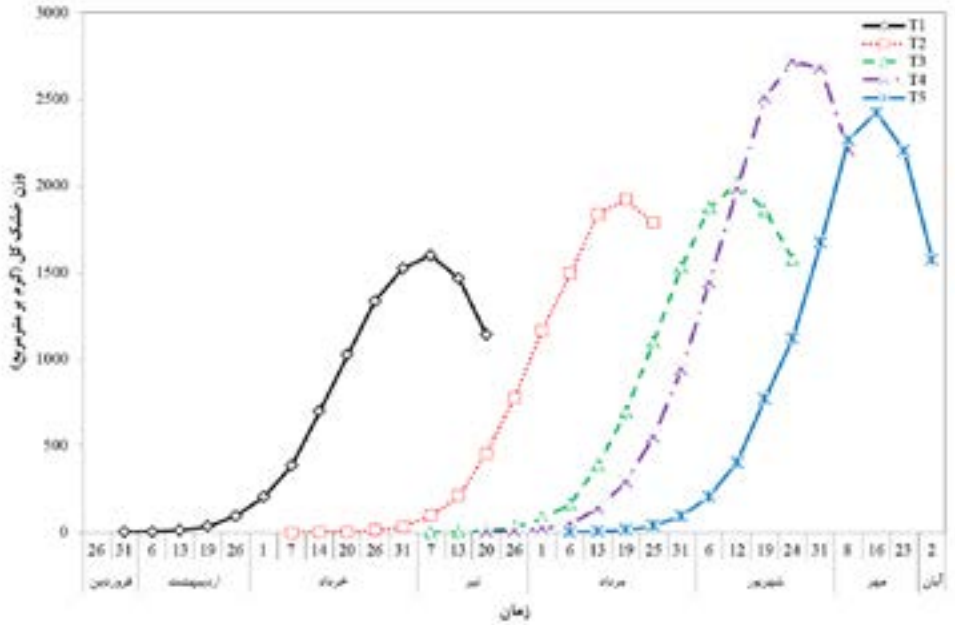
جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات تاریخ کاشت بر حداکثر شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد.

تاریخ کاشت	حداکثر وزن خشک برگ (گرم بر مترمربع)	حداکثر وزن خشک کل (گرم بر متر مربع)	حداکثر شاخص سطح برگ	حداکثر سرعت رشد نسبی (گرم بر گرم)	حداکثر سرعت رشد محصول (گرم بر مترمربع در روز)	حداکثر سطح ویژه برگ (مترمربع بر گرم)
۲۰ فروردین (T_1)	۳۸۸/۴ c	۱۶۰۰/۰ c	۶/۸۲ c	۰/۲۲۱ c	۵۵/۵ c	۰/۰۲۰۵ ab
۳۱ اردیبهشت (T_2)	۴۰۸/۱ c	۱۹۲۴/۶ bc	۷/۳۱ b	۰/۲۴۵ a	۶۷/۵ b	۰/۰۲۱۵ a
۲۸ خرداد (T_3)	۴۴۲/۱ bc	۲۰۱۴/۹ bc	۷/۷۶ ab	۰/۲۴۳ b	۷۲/۷ ab	۰/۰۱۹۶ ab
۹ تیر (T_4)	۵۵۵/۷ a	۲۷۲۰/۰ a	۸/۷۴ a	۰/۲۰۵ e	۸۹/۵ a	۰/۰۱۶۴ c
۲۴ تیر (T_5)	۵۱۷/۹ ab	۲۴۲۶/۱ ab	۸/۸۰ a	۰/۲۱۲ d	۷۸/۶ ab	۰/۰۱۸۷ b

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند



شکل ۲- تأثیر تاریخ‌های کاشت بر روند وزن خشک برگ طی فصل رشد. T_1: تاریخ کاشت اول (۲۰ فروردین ماه)، T_2: تاریخ کاشت دوم (۳۱ اردیبهشت ماه)، T_3: تاریخ کاشت سوم (۲۸ خرداد ماه)، T_4: تاریخ کاشت چهارم (۹ تیر ماه)، T_5: تاریخ کاشت پنجم (۲۴ تیر ماه).



شکل ۳- تأثیر تاریخ‌های کاشت بر روند وزن خشک کل طی فصل رشد. T_1: تاریخ کاشت اول (۲۰ فروردین ماه)، T_2: تاریخ کاشت دوم (۳۱ اردیبهشت ماه)، T_3: تاریخ کاشت سوم (۲۸ خرداد ماه)، T_4: تاریخ کاشت چهارم (۹ تیر ماه)، T_5: تاریخ کاشت پنجم (۲۴ تیر ماه).

شاخص سطح برگ

همانطور که در شکل ۴ ملاحظه می‌شود، تغییرات LAI در همه تیمارهای مورد مطالعه از روند سیگموئیدی

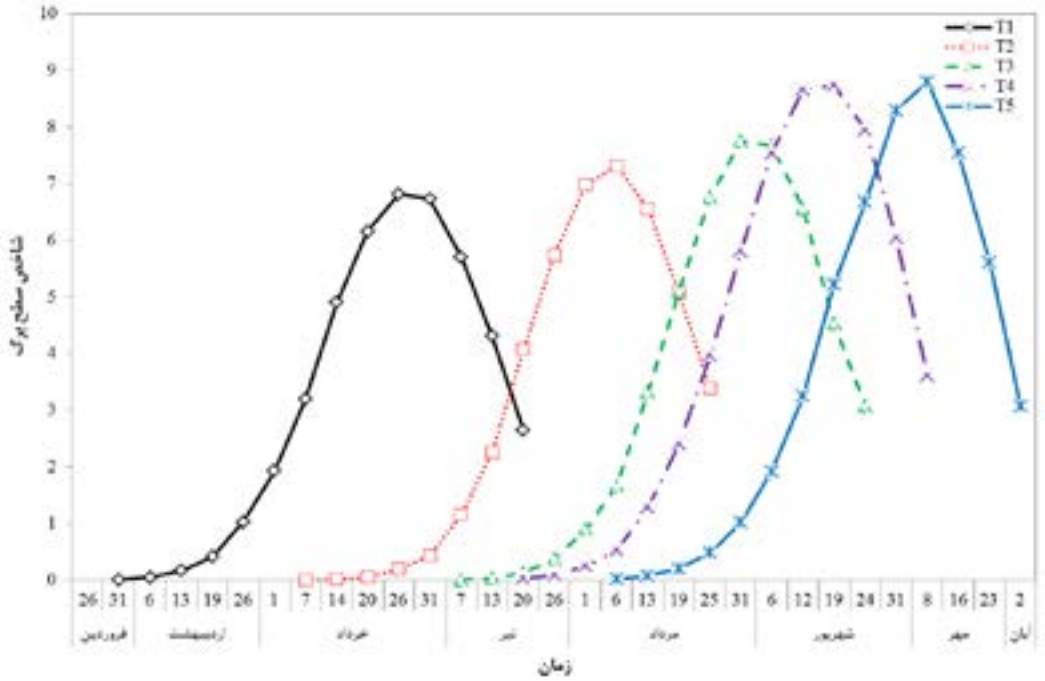
(افزایشی و به صورت درجه دوم) پیروی می‌کند. بدین صورت که ابتدا به آرامی افزایش یافته و سپس دوره رشد سریع آن آغاز شده است. مشابه با نتایج این تحقیق، حسن-پور و همکاران (۸) و سلطانی و همکاران (۱۷) بیان کردند که در مراحل اولیه رشد، LAI با کندی و با سرعت کمی افزایش یافت ولی با ورود به مرحله رشد سریع گیاه، شاخص فوق به سرعت افزایش یافت.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر حداکثر LAI در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بر اساس شکل ۴، حداکثر LAI در تاریخ کاشت چهارم و پنجم (۹ و ۲۴ تیر ماه) به ترتیب در دهه دوم شهریور و دهه اول مهر ماه حادث شد و تاریخ‌های کاشت سوم و دوم (۲۸ خرداد و ۳۱ اردیبهشت ماه) در رتبه‌های بعدی جای گرفتند و در نهایت کمترین LAI در تاریخ کاشت اول (۲۰ فروردین ماه) در دهه سوم خرداد ماه مشاهده شد. علت حداکثر بودن LAI در تاریخ کاشت چهارم احتمالاً به خاطر طول دوره رشد طولانی و شرایط اقلیمی مناسب در این دوره بود که با کشت گیاه به صورت زودهنگام و دیرهنگام به دلیل نامساعد شدن عوامل اقلیمی، رشد گیاه کاهش یافته است. تاریخ کاشت مناسب به دلیل اثر مثبتی که در روند رشد رویشی و شاخساره مخصوصاً برگ‌ها می‌گذارد سبب افزایش LAI می‌گردد که در نتیجه آن، گیاه ذرت میزان مواد فتوسنتزی بیشتری را به سبب استفاده بهتر و بیشتر از نور خورشید تولید می‌کند بعبارت دیگر با افزایش سطح برگ‌ها که خود مهمترین اندام فتوسنتزکننده هستند موجب افزایش تولید فرآورده‌های فتوسنتزی در گیاه می‌گردند (جدول ۴، شکل-های ۳ و ۴). در این ارتباط سایر محققین بر روی گیاهان مختلف نتایج متفاوتی را گزارش کرده‌اند به‌طوری که Lopez-Bellido و همکاران (۴۳) برای کشت‌های زودهنگام در مقایسه با کشت‌های تأخیری نخود دوام سطح برگ بیشتری را گزارش کردند. Jose و همکاران (۴۴) در تحقیقات خود بر روی آفتابگردان نشان دادند که با تغییر زمان کشت مخصوصاً تأخیر در کاشت، از طول دوره رشد و در نتیجه LAI کاسته می‌شود. خطیب و همکاران (۱۸) در بررسی سه تاریخ کاشت ۱۶ فروردین و ۶ و ۲۷ اردیبهشت ماه در منطقه رفسنجان بیان کردند که حداکثر LAI گلرنگ در تاریخ کاشت اول و متعاقباً تاریخ کاشت دوم بود که با هم اختلافی نداشتند ولی در تاریخ کاشت سوم این شاخص حدود ۷۰ درصد کاهش یافت. حسن‌پور و همکاران (۸) در بررسی تاریخ کاشت (اول ماه‌های اردیبهشت، خرداد و تیر) روی گیاه ماش ابراز کردند که در تاریخ کاشت زودتر حداکثر LAI و CGR در طی زمان طولانی‌تری حاصل شد و میزان این دو شاخص در این تاریخ بیشتر از تاریخ کاشت آخر بود. فرمهینی فراهانی و همکاران (۵)، بایگی و همکاران (۹)، مرادی و همکاران (۱۹)، Williams و Lindquist (۳۷)، Rahimi (۳۸)، Ozturk و همکاران (۴۵) و Khan و همکاران (۴۶) عنوان کردند که LAI و صفات مرفولوژیکی با تغییر در تاریخ کاشت، کاهش یافت. مطابق با نتایج این تحقیق بیان شده است که با تأخیر در کاشت ذرت به دلیل تأثیر درجه حرارت، LAI به سرعت به بالاترین مقدار خود می-رسد و بلافاصله کاهش می‌یابد، و همچنین هرچه تاریخ کاشت بیشتر به تأخیر بیفتد از مقدار حداکثر LAI کاسته می‌شود و دوام سطح برگ کاهش می‌یابد (۲۰).

بر اساس نتایج قبلی و بررسی آن با نتایج شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد، بیشترین LAI در مرحله گرده‌افشانی تا کاکل‌دهی رخ داد (شکل ۴). مطابق با نتایج این تحقیق، هاشم‌پور بلترک و همکاران (۱۲) و صابرعلی و همکاران (۲۱) در بررسی‌های خود بیان کردند که LAI در همه تیمارها در مرحله ظهور کاکل‌ها به حداکثر مقدار خود رسید و پس از آن روند نزولی داشت. بالا رفتن سطح برگ در زمان گرده‌افشانی و کاکل‌دهی باعث بالا رفتن میزان فتوسنتز شده و در اثر افزایش مواد فتوسنتزی، سرعت تجمع ماده خشک و تولید عملکرد بیشتر می‌شود (۲۲).

به طور کلی میزان LAI در مراحل اولیه رشد گیاه به دلیل تعداد کم و کوچک بودن برگ‌ها و کامل نبودن پوشش گیاهی کم است ولی به تدریج با رشد و افزایش برگ‌های گیاه، شاخص سطح برگ افزایش یافته تا به حداکثر خود می‌رسد. پس از آنکه LAI به حداکثر میزان خود (مصادف با مرحله گرده‌افشانی الی کاکل‌دهی) در تاریخ‌های مختلف کاشت رسید، کاهش یافت (شکل ۴) که به دلیل سایه‌اندازی برگ‌ها روی همدیگر، پیری برگ‌ها و ریزش آنها (بویژه برگ‌های پایینی) به علت نفوذ نور کم به داخل کانوپی و کاهش مواد غذایی است (۴۷)، که این امر

سبب شد تا LAI کاهش یافت. در این ارتباط و مطابق با نتایج این تحقیق، سید شریفی و همکاران (۱۵) اظهار داشتند که افزایش LAI ذرت علوفه‌ای از مرحله گیاهچه‌ای تا مرحله کاکل‌دهی به صورت سیگموئیدی است و در طول دوره پرشدن دانه کاهش اندکی را نشان می‌دهد ولی کاهش سریع LAI در مراحل پایان چرخه زندگی گیاه مشهود است.

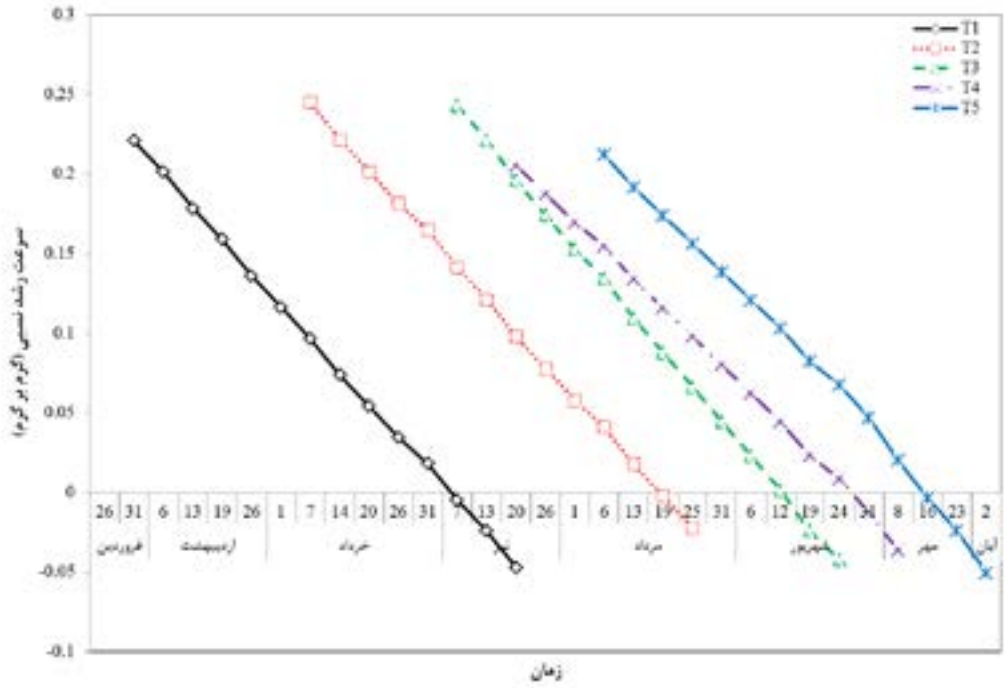


شکل ۴- تأثیر تاریخ‌های کاشت بر روند شاخص سطح برگ طی فصل رشد. T_1: تاریخ کاشت اول (۲۰ فروردین ماه)، T_2: تاریخ کاشت دوم (۳۱ اردیبهشت ماه)، T_3: تاریخ کاشت سوم (۲۸ خرداد ماه)، T_4: تاریخ کاشت چهارم (۹ تیر ماه)، T_5: تاریخ کاشت پنجم (۲۴ تیر ماه).

سرعت رشد نسبی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مشخص شد که اثر تاریخ کاشت بر RGR در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). از نظر RGR، تاریخ کاشت دوم (۳۱ اردیبهشت ماه) نسبت به بقیه تاریخ‌های کاشت در طول دوره رشد از برتری نسبی برخوردار بود (جدول ۴). که احتمالاً این امر به دلیل فزونی تابش خورشید و دمای محیط در تاریخ کاشت فوق باشد که از عوامل مؤثر بر افزایش NAR نیز می‌باشد. نکته قابل توجه اینکه تاریخ کاشت اول و پنجم کمترین میزان RGR را در اواخر دوره رشد داشتند (جدول ۴).

روند RGR در طول دوره رشد به صورت نزولی بود، به‌طوری که بیشترین میزان آن در اولین مرحله نمونه‌گیری (تقریباً پس از سبز شدن) و کمترین آن در آخرین مرحله نمونه‌گیری بدست آمد (شکل ۵). علت کاهش RGR این است که با گذشت زمان، میزان وزن خشک گیاه افزایش پیدا می‌کند و نسبت بافت‌های بالغ (بافت‌های ساختاری) به بافت‌های فتوسنتز کننده بیشتر می‌گردد به بیان دیگر میزان بافت‌های فتوسنتزی به بافت‌های بالغ کاهش می‌یابد که در نهایت سبب کاهش RGR می‌گردد. از طرفی بخشی از این کاهش می‌تواند مربوط به در سایه قرار گرفتن و یا افزایش سن برگ‌های پایین باشد که باعث کاهش میزان فتوسنتز می‌گردد (۲۳). نتایج تحقیقات آروین و همکاران (۱۴)، براتی و همکاران (۱۶)، سلطانی و همکاران (۱۷) و خیاط و همکاران (۲۴) مطابق با نتایج تحقیق حاضر است. در تحقیقی در کرمانشاه نشان داده شد که مقدار RGR در طول دوره رویشی با افزایش سن گیاه کاهش یافت و حداکثر رشد نسبی حدود ۷ هفته بعد از جوانه‌زنی بدست آمد (۲۵).



شکل ۵- تأثیر تاریخ‌های کاشت بر روند سرعت رشد نسبی طی فصل رشد. T_1: تاریخ کاشت اول (۲۰ فروردین ماه)، T_2: تاریخ کاشت دوم (۳۱ اردیبهشت ماه)، T_3: تاریخ کاشت سوم (۲۸ خرداد ماه)، T_4: تاریخ کاشت چهارم (۹ تیر ماه)، T_5: تاریخ کاشت پنجم (۲۴ تیر ماه).

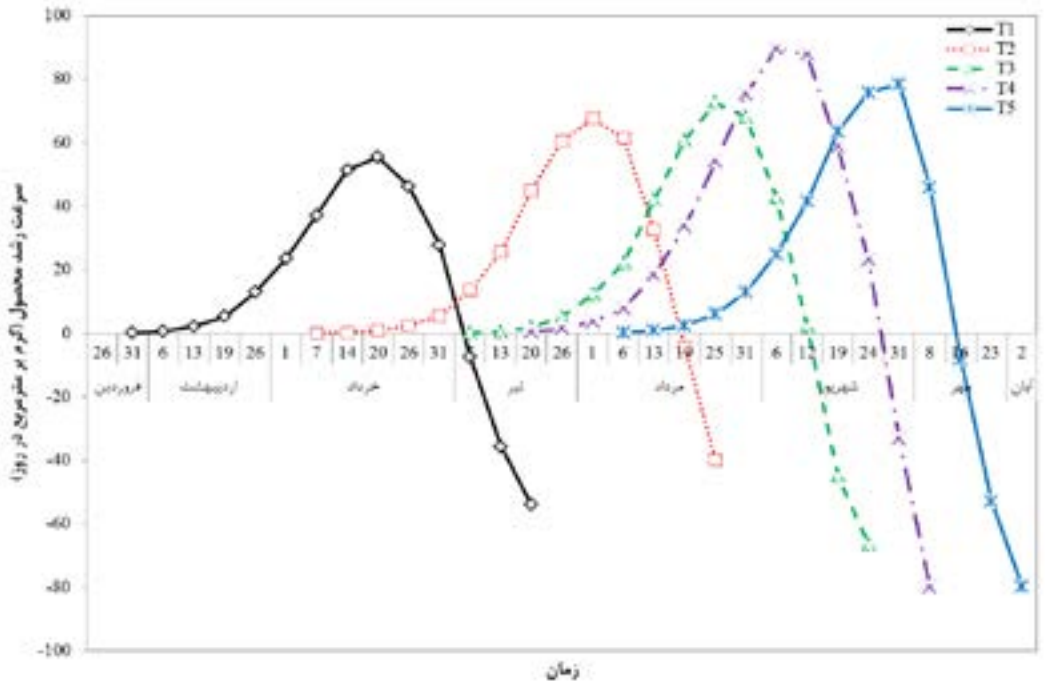
سرعت رشد محصول

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تأثیر تاریخ کاشت بر CGR در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین حداکثر CGR در تاریخ کاشت چهارم (۹ تیر ماه) با ۸۹/۵ گرم در مترمربع در روز و کمترین حداکثر CGR در تاریخ کاشت اول (۲۰ فروردین ماه) با ۵۵/۵ گرم بر مترمربع در روز بود (جدول ۴). احتمالاً در کشت‌های زودهنگام (کشت بهاره) به دلیل کافی نبودن پوشش گیاهی و پایین بودن درصد جذب نور میزان CGR کم شده است. مطابق با نتایج فوق خیاط و همکاران (۲۴) نیز حداکثر CGR را در تاریخ کاشت مناسب بیان کردند. Rahimi (۳۸) بیان کرد که با تأخیر در تاریخ کاشت RGR و CGR کاهش یافت.

CGR شاخصی از قابلیت تولید گیاه است (۱۱). نتایج نشان می‌دهد که CGR پس از رسیدن به حداکثر میزان خود در تاریخ‌های مختلف کاشت تنزل یافته و در نهایت منفی شده است (شکل ۶). علت کاهش CGR پس از رسیدن به حداکثر میزان خود احتمالاً به خاطر ریزش برگ-های مسن و غیرفعال شدن برگ‌های قدیمی باشد. چنین وضعیتی را حسن‌پور و همکاران (۸) در ماش، کوچکی و سرمدنیا (۱۱) در گیاهان زراعی مختلف ازجمله گندم و ذرت، هاشم‌پور بلترک (۱۲) در ذرت علوفه‌ای، مرادی و همکاران (۱۹) در تریتیکاله، میرزاخانی (۲۶) در گلرنگ و امجدیان و همکاران (۲۷) و سلطانی و همکاران (۱۷) در سویا گزارش کرده‌اند. Sharifi و همکاران (۴۸) نیز گزارش کردند که تسریع در پیرشدن و ریزش برگ‌های پایینی و به طبع کاهش LAI گندم در نهایت منجر به کاهش CGR می‌شود.

بر اساس نتایج بدست آمده، در مرحله گرده‌افشانی بیشترین CGR حاصل شد (شکل ۶)، این مورد نمایانگر این مطلب است که در این مرحله گیاه ذرت به اندازه کافی بلند و متراکم شده است که بتواند از تمام عوامل محیطی حداکثر بهره‌گیری را بنماید. در این ارتباط بیان شده است که، حداکثر CGR و تندترین شیب در منحنی تغییرات وزن خشک کل هنگامی حاصل می‌شود که گیاهان به اندازه کافی بلند و متراکم شده باشند و توزیع مناسبی در واحد سطح برخوردار باشند تا قادر به حداکثر استفاده از نور و تمام عوامل محیطی گردند (۳۶). در این مورد، Tetio-

Kagho و Gardener (۴۹) و Vatal (۵۰) طی بررسی‌های خود بر روی ذرت اعلام کردند که CGR تا زمانی که LAI به ۳ برسد به صورت خطی افزایش یافته است ولی به موازات افزایش LAI و جذب ۹۵ درصد نور، مقدار CGR افزایش بیشتری نشان می‌دهد.

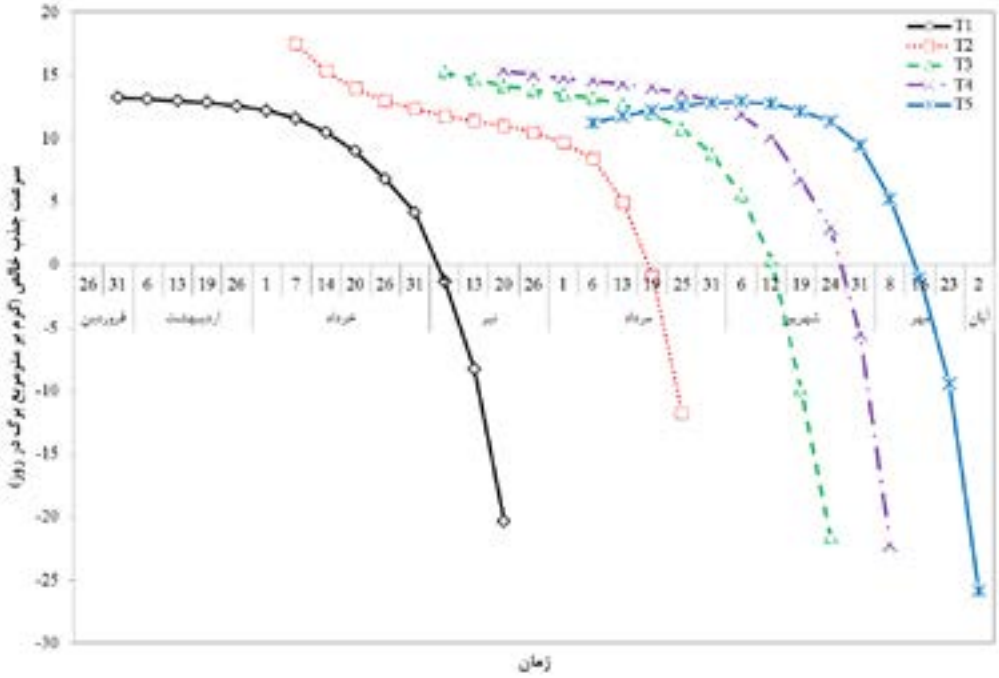


شکل ۶- تأثیر تاریخ‌های کاشت بر روند سرعت رشد محصول طی فصل رشد. T_1: تاریخ کاشت اول (۲۰ فروردین ماه)، T_2: تاریخ کاشت دوم (۳۱ اردیبهشت ماه)، T_3: تاریخ کاشت سوم (۲۸ خرداد ماه)، T_4: تاریخ کاشت چهارم (۹ تیر ماه)، T_5: تاریخ کاشت پنجم (۲۴ تیر ماه).

سرعت جذب خالص

هدف از اندازه‌گیری NAR تعیین بازده تولید ماده خشک توسط برگ‌ها است و در واقع کارایی فتوسنتزی برگ‌ها را در یک جامعه گیاهی نشان می‌دهد (۱۱). علیرغم عدم تأثیر تاریخ کاشت بر حداکثر NAR (جدول ۳) ولی مقایسه روند شاخص NAR در تاریخ‌های مختلف کاشت نشان داد که تاریخ کاشت دوم (۳۱ اردیبهشت ماه) بالاترین میزان NAR را در ابتدای فصل رویش به خود اختصاص داد (شکل ۷). احتمالاً این امر به دلیل افزایش دمای هوا در ابتدای فصل رشد برای این تاریخ کاشت نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت مخصوصاً تاریخ کاشت اول است که موجب افزایش NAR و سرعت فتوسنتزی شده است (شکل‌های ۱ و ۷).

روند تغییرات NAR در تاریخ‌های مختلف کاشت به جزء تاریخ کاشت آخر تاحدودی مشابه هم بود. به‌طوری که در همه تاریخ‌های کاشت میزان سرعت جذب با شیب ملایمی روند کاهشی داشت اما پس از مرحله خاصی (که مصادف با کاکل‌دهی است) به شدت افت پیدا کرد (شکل ۷). این امر به خاطر این است که در اوایل رشد، کل جثه بوته را برگ‌ها تشکیل می‌دهند و اغلب برگ‌ها (بدون مانع سایه‌اندازی سایر برگ‌ها) در معرض نور خورشید قرار می‌گیرند که موجب می‌شود میزان NAR (آسیمیلاسیون خالص) در بالاترین سطح خود باشد، اما همزمان با رشد گیاه و افزایش LAI، برگ‌های بیشتری در سایه قرار می‌گیرند و این امر باعث کاهش NAR در طول یک فصل می‌گردد (۱، ۱۱). از طرف دیگر کاهش NAR به دلیل رکود رشد برگ در شرایط نامساعد می‌باشد که گیاه برای بقاء خود مواد فتوسنتزی تولیدی را ذخیره و رشد خود را کاهش می‌دهد.

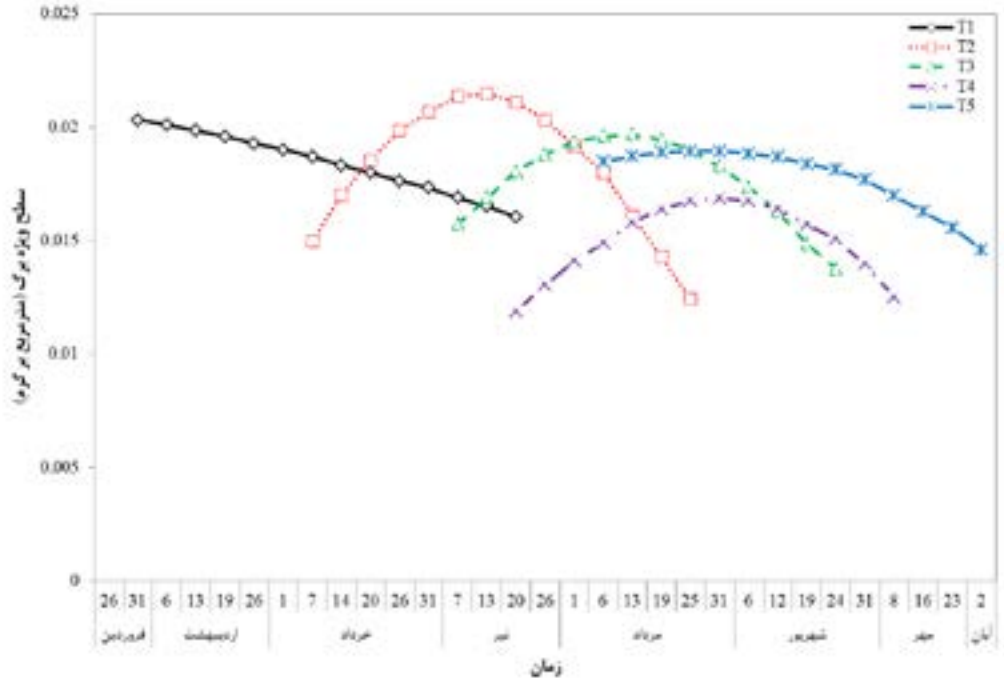


شکل ۷- تأثیر تاریخ‌های کاشت بر روند سرعت جذب خالص طی فصل رشد. T_1: تاریخ کاشت اول (۲۰ فروردین ماه)، T_2: تاریخ کاشت دوم (۳۱ اردیبهشت ماه)، T_3: تاریخ کاشت سوم (۲۸ خرداد ماه)، T_4: تاریخ کاشت چهارم (۹ تیر ماه)، T_5: تاریخ کاشت پنجم (۲۴ تیر ماه).

سطح ویژه برگ

SLA حاصل نسبت سطح برگ به وزن برگ است، که هر چه SLA بیشتر باشد نشانگر این مطلب است که برگ نازک‌تر است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر حداکثر SLA در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در شکل ۸ روند تغییرات SLA ذرت در پنج تاریخ کاشت مشاهده می‌شود. آنچه قابل توجه است این است که بیشترین SLA در تاریخ کاشت دوم (۳۱ اردیبهشت ماه) بدست آمد در مقابل تاریخ کاشت چهارم (۹ تیر ماه) کمترین SLA را به خود اختصاص داد (جدول ۴). که این امر بیانگر ضخیم بودن برگ‌ها در تاریخ کاشت چهارم نسبت به بقیه تاریخ‌های کاشت است.

در این ارتباط بیان شده است که با کاهش SLA کارایی برگ از لحاظ فتوسنتزی افزایش می‌یابد. زیرا هرچه SLA کمتر شود ضخامت برگ بیشتر، غلظت کلروپلاست و همچنین کلروفیل بیشتر و تراکم سلول‌های فتوسنتزکننده افزایش می‌یابد. در نتیجه تلفات نور کاهش یافته و استفاده از نور به نحو مطلوب‌تری جهت انجام فتوسنتز صورت می‌گیرد (۱۱). بنابراین یکی از عوامل بالاتر بودن عملکرد تولیدی در تاریخ کاشت چهارم (۹ تیر ماه) می‌تواند بخاطر ضخیم بودن برگ‌ها، افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی و کارایی بالاتر برگ از لحاظ فتوسنتزی باشد (شکل ۱۰). به‌طوری که نتایج همبستگی بین صفات نشان داد که رابطه بین عملکرد تر ذرت و SLA منفی و معنی‌دار است (جدول ۵)، که مؤید این مطلب که با کاهش SLA (افزایش ضخامت برگ) میزان عملکرد تولیدی افزایش می‌یابد.



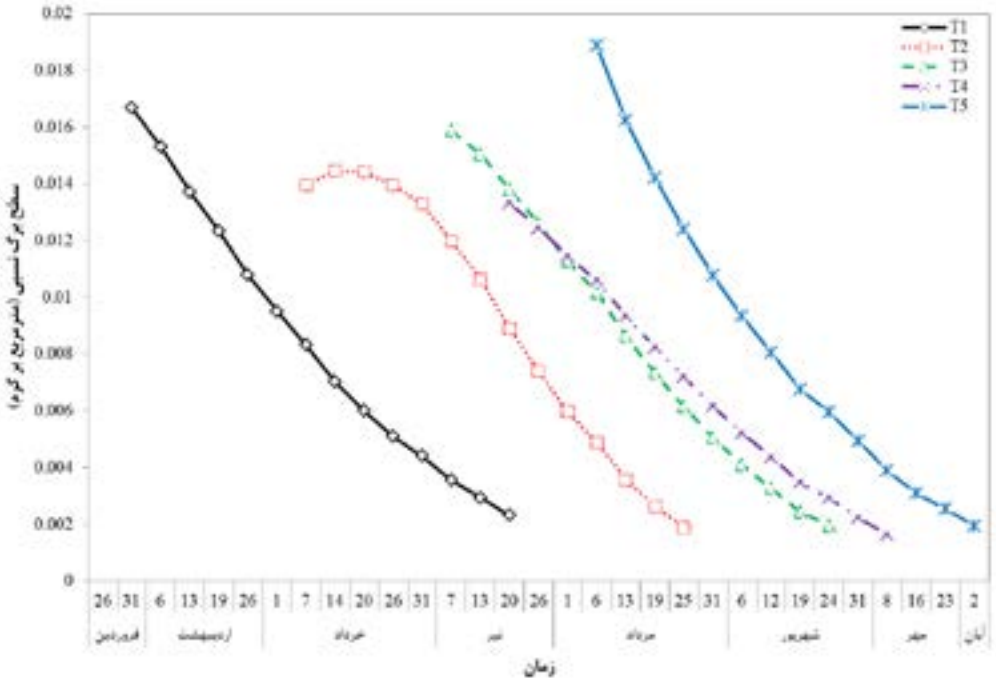
شکل ۸- تأثیر تاریخ‌های کاشت بر روند سطح ویژه برگ طی فصل رشد. T_1: تاریخ کاشت اول (۲۰ فروردین ماه)، T_2: تاریخ کاشت دوم (۳۱ اردیبهشت ماه)، T_3: تاریخ کاشت سوم (۲۸ خرداد ماه)، T_4: تاریخ کاشت چهارم (۹ تیر ماه)، T_5: تاریخ کاشت پنجم (۲۴ تیر ماه).

سطح برگ نسبی

علیرغم عدم تأثیر تاریخ کاشت بر حداکثر LAR (جدول ۳) ولی بررسی روند تغییرات صفت فوق نشان داد که در تمامی تاریخ‌های کاشت به غیر از تاریخ کشت دوم، بیشترین LAR در اولین مرحله نمونه‌گیری بود (شکل ۹) و در تاریخ کاشت دوم بیشترین LAR در حدود ۱۴ الی ۲۰ روز پس از کشت حاصل شد (شکل ۹). در تمامی تاریخ‌های کاشت LAR روند نزولی داشت و به سرعت کاهش یافت. این امر معرف این واقعیت است که بدلیل رشد قسمت‌های مختلف بوته بویژه ساقه مقادیر بیشتری از آسیمیلات تولید شده به آنها اختصاص می‌یابد و میزان LAR طی دوره رشد روند نزولی دارد. به بیان دیگر می‌توان گفت که کاهش LAR بیانگر این است که نسبت سطح برگ (بافت‌های فتوسنتز کننده) به وزن خشک کل گیاه (بافت‌های تنفس کننده) کاهش می‌یابد. جواهری و همکاران (۲۸) و گیلانی و همکاران (۲۹) نیز کاهش LAR را طی فصل رشد در تاریخ-های مختلف کاشت گزارش کرده‌اند.

عملکرد تر

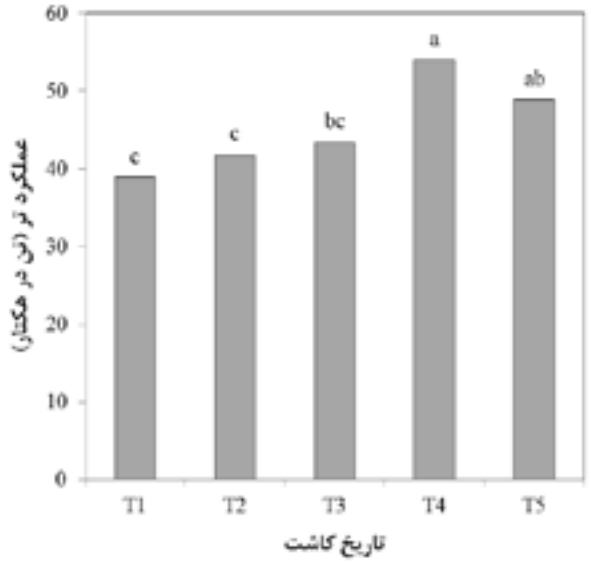
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تاریخ کاشت بر عملکرد تر علوفه ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). به‌طوری که بیشترین عملکرد تر علوفه ذرت با ۵۳/۹ تن در هکتار مربوط به تاریخ کاشت چهارم (۹ تیر ماه) بود و پس از آن تاریخ کاشت پنجم (۲۴ تیر ماه) قرار گرفت. در حالی که کمترین میزان صفت فوق متعلق به تاریخ کاشت اول و دوم (۲۰ فروردین و ۳۱ اردیبهشت) به ترتیب با ۳۸/۹ و ۴۱/۸ تن در هکتار بود (شکل ۱۰). در این ارتباط Adebo (۵۱) و Abbas و همکاران (۵۲) بیان کردند که با تغییر تاریخ کاشت میزان عملکرد ذرت تغییر می‌کند.



شکل ۹- تأثیر تاریخ‌های کاشت بر روند سطح برگ نسبی طی فصل رشد. T_1: تاریخ کاشت اول (۲۰ فروردین ماه)، T_2: تاریخ کاشت دوم (۳۱ اردیبهشت ماه)، T_3: تاریخ کاشت سوم (۲۸ خرداد ماه)، T_4: تاریخ کاشت چهارم (۹ تیر ماه)، T_5: تاریخ کاشت پنجم (۲۴ تیر ماه).

با توجه به نتایج عملکرد علوفه و شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد می‌توان بیان کرد که در بین کشت‌های تابستانه، تاریخ کاشت پنجم یعنی ۲۴ تیر ماه سبب شده که مراحل پایانی رشد با درجه حرارت پایین برخورد کرده (شکل ۱) و CGR و RGR گیاه نسبت به تاریخ کاشت چهارم یعنی ۹ تیر ماه کاهش یابد (شکل‌های ۵ و ۶)، در نتیجه تجمع ماده خشک گیاه کمتر شده و عملکرد علوفه تر تاریخ کاشت پنجم در مقایسه با تاریخ کاشت چهارم کاهش یافته است (شکل ۱۰). از علل برتری عملکرد تر در تاریخ کاشت چهارم (۹ تیر ماه) نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت می‌توان به بیشتر بودن شاخص‌های رشدی منجمله وزن خشک برگ، وزن خشک کل، LAI و CGR در این تاریخ کاشت اشاره کرد. خطیب و همکاران (۱۸) نیز اشاره کردند که تاریخ‌های کاشت مناسب از وزن خشک کل و CGR بیشتری نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت برخوردار بود و این برتری باعث افزایش عملکرد در این تاریخ کاشت شد.

نتایج همبستگی بین صفات نشان داد که عملکرد تر ذرت همبستگی مثبت و معنی‌داری با حداکثر صفات وزن خشک برگ، وزن خشک کل، LAI و CGR دارد (جدول ۵). این بدان معنی است که هر چه صفات فوق افزایش یابند به طبع میزان محصول تولیدی ذرت نیز افزایش خواهد یافت. در این بین، مدیریت مناسب مزرعه (ازجمله انتخاب تاریخ کاشت مناسب) در افزایش میزان این صفات و در نهایت عملکرد ذرت مؤثر است. مطابق با نتایج این پژوهش، سایر محققین منجمله خطیب و همکاران (۱۸) نیز به همبستگی مثبت بین عملکرد دانه با حداکثر وزن خشک کل، LAI و CGR اشاره کرده‌اند. همچنین، Petcu و همکاران (۳۵) بین عملکرد دانه و LAI همبستگی مثبت و معنی‌داری را گزارش کردند. Wajid و همکاران (۵۳) گزارش کردند که CGR با عملکرد تولیدی گندم همبستگی مثبتی دارد. Zum Felde و همکاران (۵۴) و Tajul و همکاران (۵۵) نیز طی تحقیقات خود به همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد با شاخص‌های بیان شده، اشاره نموده‌اند.



شکل ۱۰- تأثیر تاریخ‌های کاشت بر عملکرد تر علوفه ذرت. T_1: تاریخ کاشت اول (۲۰ فروردین ماه)، T_2: تاریخ کاشت دوم (۳۱ اردیبهشت ماه)، T_3: تاریخ کاشت سوم (۲۸ خرداد ماه)، T_4: تاریخ کاشت چهارم (۹ تیر ماه)، T_5: تاریخ کاشت پنجم (۲۴ تیر ماه).

جدول ۵- همبستگی بین حداکثر شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد با عملکرد تر علوفه ذرت.

صفات	حداکثر وزن خشک برگ	حداکثر وزن خشک کل	حداکثر شاخص سطح برگ	حداکثر سرعت رشد نسبی	حداکثر سرعت رشد محصول	حداکثر سرعت جذب خالص	حداکثر سطح ویژه برگ	حداکثر سطح برگ نسبی	عملکرد تر
حداکثر وزن خشک برگ	۱								
حداکثر وزن خشک کل	۰/۵۹ *	۱							
حداکثر شاخص سطح برگ	۰/۶۸ **	۰/۴۶ ns	۱						
حداکثر سرعت رشد نسبی	-۰/۵۸ *	-۰/۵۵ *	-۰/۴۳ ns	۱					
حداکثر سرعت رشد محصول	۰/۴۵ ns	۰/۶۰ *	۰/۴۲ ns	-۰/۳۹ ns	۱				
حداکثر سرعت جذب خالص	-۰/۲۸ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۳ ns	۰/۴۴ ns	۰/۱۵ ns	۱			
حداکثر سطح ویژه برگ	-۰/۷۱ **	-۰/۶۴ *	-۰/۶۲ *	۰/۷۱ **	-۰/۶۸ **	۰/۰۸ ns	۱		
حداکثر سطح برگ نسبی	۰/۰۱ ns	-۰/۰۶ ns	-۰/۴۳ ns	۰/۰۳ ns	-۰/۱۳ ns	-۰/۶۰ *	۰/۲۰ ns	۱	
عملکرد تر	۰/۹۰ **	۰/۷۴ **	۰/۶۲ **	-۰/۶۲ *	۰/۵۸ *	-۰/۱۶ ns	-۰/۸۰ **	-۰/۰۷ ns	۱

ns و * و **به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تاریخ کاشت چهارم (۹ تیر ماه) بیشترین میزان حداکثر وزن خشک برگ، وزن خشک کل، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول را به خود اختصاص دارد و تاریخ کاشت دوم (۳۱ اردیبهشت ماه) از نظر حداکثر سرعت رشد نسبی و سطح ویژه برگ نسبت به بقیه تاریخ‌های کاشت برتری داشت. به طور کلی، تاریخ‌های کاشت تأثیر به سزایی بر روی شاخص فیزیولوژیکی رشد گذاشت به‌طوری که کشت تابستانه (مخصوصاً تاریخ کاشت چهارم؛ ۹ تیر ماه) از برتری نسبی برخوردار بود که در نهایت سبب افزایش محصول تولیدی شد و کمترین میزان صفات

فوق در کشت بهاره (بویژه تاریخ کاشت اول؛ ۲۰ فروردین ماه) حاصل شد.

تقدیر و تشکر

این مقاله از طرح تحقیقاتی مصوب در مرکز تحقیقات و نوآوری سازمان اتکا استخراج شده است. بدین وسیله از کارکنان این مرکز بویژه آقای مهندس انصاری جهت فراهم آوردن امکانات تشکر می‌گردد. همچنین از بخش مدیریت مجتمع کشاورزی و دامپروری ورامین جناب آقایان مهندس شلالوند و مهندس فراهانی که در انجام و ارتقای کیفی این پژوهش یاری کردند، قدردانی می‌شود. از مجله دانش زیستی ایران به خاطر ارائه پیشنهادات سازنده در جهت بهبود کیفیت مقاله قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. کریمی، م.، عزیزی، م.، ۱۳۷۳. آنالیزهای رشد گیاهان زراعی (ترجمه). تألیف: ردریک هانت. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۱۲ صفحه.

۲. آقاعلیخانی، م.، مظاهری، د.، ۱۳۷۵. بررسی تأثیر شیوه توزیع و تقسیط کود ازت بر روند تغییرات شاخص‌های رشد سورگوم علوفه‌ای. سومین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه تبریز، صفحه ۱۲-۱۷.

۳. آقاعلیخانی، م.، عصاره، م. ح.، ۱۳۸۳. مبانی بوم شناسی در تولیدات گیاهی (ترجمه). انتشارات سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، ۲۹۰ صفحه.

۴. علی نقی‌زاده، ع.، موحدی دهنوی، م.، فرجی، ه.، عظیمی گندمانی، م.، ۱۳۸۹. بررسی عملکرد و شاخص‌های رشد گلرنگ در کشت دوم در منطقه یاسوج. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۳(۲): ۱۵-۳۲.

۵. فرمهینی فراهانی، ا.، مدنی، ح.، نادری بروجردی، غ. ر.، چنگیزی، م.، چاوشی، س.، عبدی، ج.، یوسفی، م.، ۱۳۸۷. اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر شاخص‌های رشد ذرت شیرین در منطقه اراک. دهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۲۸-۳۰ مرداد ماه، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج. صفحه ۵۳۵.

۶. آقاعلیخانی، م.، صفری، م.، ۱۳۹۲. تأثیر تاریخ کاشت بر روند تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیک رشد سه رقم سورگوم دانه‌ای. مجله تولیدات گیاهی (مجله سابق علمی کشاورزی). ۳۶(۱): ۶۳-۷۸.

۷. لک، م.ر.، قنبری،ع.ا.، دری، ح.ر.، غدیری، ع.، ۱۳۸۸. اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه و شدت بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه در لوبیا چیتی در خمین. مجله به زراعی نهال و بذر. ۲۵(۳): ۲۷۵-۲۸۶.

۸. حسن‌پور، ج.، زرگری، ک.، زند، ب.، کنانی، م.، ۱۳۹۴. عملکرد و شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد ژنوتیپ‌های ماش بر اساس تاریخ کاشت. مجله به زراعی کشاورزی. ۱۷(۴): ۹۶۶-۹۵۳.

۹. بایگی، ز.، سیف زاده، س.، شیرانیراد، ا.ح.، ولد آبادی، س.ع.ر.، جعفرنژاد، ا.، ۱۳۹۶. بررسی اثرات تاریخ کاشت بر شاخص‌های رشد و عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم بهاره در نیشابور. نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی. ۳۰(۲): ۱-۱۸.

۱۰. وقار، م. س.، نورمحمدی، ق.، شمس، ک.، پازکی، ع. ر.، کبرایی، س.، ۱۳۸۸. بررسی اثر تاریخ کاشت بر روند و شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد ارقام نخود دیم (*Cicer arietinum* L.) در کرمانشاه. فصلنامه علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم. ۲۰: ۱۰۵-۱۲۳.

۱۱. کوچکی، ع.، سرمدنیا، غ.، ۱۳۸۵. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۰۰ صفحه.

۱۲. هاشم‌پور بلترک، ف.، مجیدیان، م.، اصفهانی، م.، ربیعی، ب.، ۱۳۹۴. اثر تاریخ کاشت بر عملکرد و شاخص‌های فیزیولوژیک شش رقم ذرت علوفه‌ای در شهرستان رشت. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی. ۱۴: ۱۵۱-۱۶۳.

۱۳. مدرسی، م.، خردنام، م.، آساد، م. ت.، ۱۳۸۳. انتخاب غیرمستقیم ذرت (*Zea mays* L.) با استفاده از شاخص‌های انتخاب به منظور افزایش عملکرد دانه. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۵(۱): ۱۱۵-۱۲۷.

۱۴. آروین، پ.، عزیزی، م.، سلطانی، ا.، ۱۳۸۸. مقایسه عملکرد و شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد در ارقام بهاره گونه‌های کلزا. مجله به نژادی نهال و بذر. ۲۵(۳): ۴۰۱-۴۱۷.

۱۵. سید شریفی، ر.، جوانشیر، ع.، شکیبا، م.ر.، گلعذانی، ک.، محمدی، ا.، سید شریفی، ر.، ۱۳۸۵. آنالیز ذرت متأثر از سطوح تراکم و دوره‌های مختلف تداخل سورگوم. مجله بیابان. ۱۱(۱): ۱۴۳-۱۵۷.

۱۶. براتی، م.، عزیزی، م.، اباذریان، ر.، آروین، پ.، ۱۳۹۳. ارزیابی شاخص‌های رشد و روابط همبستگی صفات هشت رقم کلزا در تاریخ‌های کاشت مطلوب و تاخیری. مجله پژوهش‌های زراعی در حاشیه کویر. ۱۱(۱): ۱-۷.

۱۷. سلطانی، ح.، قنبری، ع.، راستگو، م.، اسدی، ق. ع.، ۱۳۹۶. تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بر شاخص‌های رشد گونه‌ها و عملکرد در مزرعه سویا. نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی). ۳۱(۳): ۳۹۶-۴۰۸.

۱۸. خطیب، ف.، ترابی، ب.، رحیمی، ا.، ۱۳۹۴. بررسی اثر تاریخ کاشت بر رشد و عملکرد دانه ارقام گلرنگ در شرایط آب و هوایی رفسنجان. نشریه پژوهش-های زراعی ایران. ۱۳(۲): ۳۱۶-۳۲۷.

۱۹. مرادی، پ.، محسن آبادی، غ.ر.، ربیعی، م.، ۱۳۹۲. اثر تاریخ کاشت و مقادیر مختلف بذر بر عملکرد دانه و شاخص‌های رشدی تریتیکاله در شرایط آب و هوایی رشت. مجله تحقیقات غلات. ۳(۱): ۱-۱۵.

۲۰. موسوی، ر.، ابوطالبیان، م.ع.، سپهری، ع.، مهدی زاده، ا.، ۱۳۹۱. تأثیر پرایمینگ بذر و تاریخ کاشت بر سبز شدن، عملکرد بیولوژیک و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک ذرت هیبرید سینگل کراس ۲۶۰ در شرایط همدان. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۳(۱): ۳۹-۴۹.

۲۱. صابرعلی، س. ف.، سادات نوری، س. ا.، حجازی، ا.، زند، ا.، ۱۳۸۶. تأثیر تراکم و آرایش کاشت بر روند رشد و عملکرد ذرت تحت شرایط رقابتی با سلمه‌تره. مجله پژوهش و سازندگی. ۷۴: ۱۴۳-۱۵۲.

۲۲. مجیدیان، م.، ۱۳۸۸. اثر تاریخ کاشت بر عملکرد ارقام ذرت علوفه‌ای در شرایط اقلیمی استان گیلان. گزارش طرح پژوهشی، ۹۷ صفحه.

۲۳. کوچکی، ع.، راشد محصل، م.ح.، نصیری، م.، صدرآبادی، ر.، ۱۳۷۰. مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاهان زراعی. انتشارات آستان قدس رضوی، ۴۰۴ صفحه.

۲۴. خیاط، م.، لک، ش.، گوهری، م.، مطیعی، م. م.، ۱۳۸۸. اثر تاریخ کاشت بر منحنی رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا. فصلنامه علمی-تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱(۱): ۱-۱۱.

۲۵. کولیوند، م.، ۱۳۷۴. بررسی روند رشد چغندرقند در کرمانشاه. انتشارات موسسه اصلاح و تهیه بذر چغندرقند. صفحه ۸۶.

۲۶. میرزاخانی، م.، ۱۳۸۱. بررسی اثرات تاریخ کاشت بر عملکرد، اجزای عملکرد و آنالیز رشد ارقام گلرنگ بهاره در استان مرکزی. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوارسگان، اصفهان، ایران.

۲۷. امجدیان، م.، فرشادفر، م.، رحمتی، ه.، ۱۳۸۹. تأثیر تاریخ کاشت و نسبت کاشت بر شاخص‌های رشد سویا در کشت مخلوط. پنجمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی، ۲۷-۲۸ بهمن ماه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوارسگان، اصفهان.

۲۸. جواهری، م.ع.، زین الدینی، ع.، نجفی نژاد، ح.، ۱۳۸۳. اثر تاریخ کاشت بر شاخص‌های رشد چغندر قند در دشت ارزوئیه (کشت پائیزه). مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۶۲: ۵۸-۶۳.

۲۹. گیلانی، ع.، سیادت، س.ع.ا.، جلالی، س.، لیموچی، ک.، ۱۳۹۶. بررسی اثر تاریخ‌های مختلف کاشت بر روند تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکرد ارقام برنج در شمال خوزستان. مجله علوم به زراعی گیاهی. ۷(۲): ۷۳-۸۷.

30. Eagle, A. J., Bird, J. A., Horwath, W. R., Lindguist, B. A., Brouder, S. M., Hill, J. E., Vankessel, C., 2000. Rice yield and nitrogen efficiency under alternative straw management practices. Agronomy Journal. 92: 1096-1103.

31. Rizzi, R., Rudorff, F. T., Shimabukuro, Y. E., 2005. Analysis of MODIS leaf area index product over soybean areas in Rio Grande do Sul State, Brazil. Anais XII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiania, Brasil, INPE, P. 253-260.

32. De Jesus, W. C., Dovale, F. X., Coelho, R., Costa, L. C., 2001. Comparison of two methods for estimating leaf area index on common bean. Agronomy Journal. 93: 989-991.

33. Vintila, B., Baret, F., Vintila, R., 2003. Satellite derived leaf area index derived from SPOT time series in the ADAM project. Proceedings of IGARSS Conference. 21-25 July, Toulouse, France.

34. Sun, Y. F., Liang, J. M., Ye, J., Zhu, W. Y., 1999. Cultivation of super-high yielding rice plants. China Rice. 5: 38-39.
35. Petcu, E., Petcu, G., Lazar, C., Vintila, R., 2003. Relationship between leaf index, biomass and winter wheat yield obtained at Fundulea, under conditions of 2001 year. Romanian Agricultural Research. 19: 21-29.
36. Singh, S. P., 1997. Chickpea (*Cicer arientinum* L.). Field Crops Research. 53: 161-170.
37. Williams, M. M., Lindquist, J. L., 2007. Influence of planting date and weed interference on sweet corn growth and development. Agronomy Journal. 99: 1066-1072.
38. Rahimi, A., 2012. Effect of planting date and nitrogen on growth and morphological traits of dry land wheat in Yasooj region of Iran. Annals of Biological Research. 3(7): 3263-3266.
39. Dahmardeh, M., Dahmardeh, M., 2010. The Effect of sowing date and some growth physiological index on grain yield in three maize hybrids in Southeastern of Iran. Asian Journal of Plant Sciences. 9(7): 432-436.
40. Eddowes, M., 1962. Physiological studies of completion in *Zea mays* L. I. Vegetative growth and ear development in maize. Journal of Agricultural Science (Cambridge). 72: 85-193.
41. Dwyer, L. M., Stewart, D. W., Carrigna, L., Ma, B. L., Neave, P., 1999. Guidelines for comparisons among different corn-maturity rating systems. Agronomy Journal. 91: 122-131.
42. Hunt, R., 1982. Plant Growth Curves: the Functional Approach to Plant Growth Analysis. Edward Arnold, London, UK.
43. Lopez-Bellido, F. J., Lopez-Bellido, R. J., Khalil, S. K., Lopez-Bellido, L., 2008. Effect of planting date on winter Kabuli chickpea growth and yield under rainfed Mediterranean conditions. Agronomy Journal. 100: 957-964.
44. Jose, F. C., Barros, M. Carvalho, D. E., Gottilieb, B., 2004. Response sunflower to sowing data and plant density under Mediterranean condition. European Journal of Agronomy. 21: 347-356.
45. Ozturk, A., Caglar, O., Bulut, S., 2006. Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing and spring sowing at different seeding rates. Journal Agronomy and Crop Science. 192: 10-16.
46. Khan, Z. H., Khan Khalil, S., Iqbal, A., Islam, B., Shah, W. A., Ahmad, A., Arif, M., Sajjad, M., Shah, F., 2018. Growth attributes of sweet corn under different planting regimes. Fresenius Environmental Bulletin. 27(10): 6945-6951.
47. Clawson, K. L., Specht, J. E., Blad, B. L., 1986. Growth analysis of soybean isolines differing in pubescence density. Agronomy Journal. 78(1): 164-172.
48. Sharifi, R. S., Bigonah Hamlabad, H., Azimi, J., 2011. Plant population influence on the physiological indices of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. International Research Journal Plant Science. 2: 137-142.
49. Tetio-Kagho, F., Gardener, F. P., 1988. Responses of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield, and yield adjustments. Agronomy Journal. 80(6): 930-935.
50. Vatal, W., 1991. Responses on maize to plant on population density. Agronomy Journal. 11: 930-935.
51. Adebo, F. A., 2010. Growth indices and grain yield attributes in six maize cultivars representing two era of maize breeding in Nigeria. Journal of Agricultural Science. 2(3): 218-228.
52. Abbas, G., Ahmad, S., Hussain, M., Fatima, Z., Hussain, S., Iqbal, P., Ahmed, M., Farooq, M., 2020. Sowing date and hybrid choice matters production of maize-maize system. International Journal of Plant Production. In Press, https://doi.org/10.1007/s42106-020-00104-6
53. Wajid, A., Hussain, A., Ahmad, A., Rafiq, M., Goheer, A. R., Ibrahim, M., 2004. Effect of sowing date and plant density on growth, light interception and yield of wheat under semiarid conditions. International Journal of Agriculture and Biology. 6(6): 1119-1123.
54. Zum Felde, T., Becker, C., Mollers, C. H., 2006. Genotype × environment interactions, heritability, and trait correlations of sinapate ester content in winter rapeseed (*Brassica napus* L.). Crop Science. 46(5): 2195-2199.
55. Tajul, M. I., Alam, M. M., Hossain, S. M. M., Naher, K., Rafii, M. Y., Latif, M. A., 2013. Influence of plant population and nitrogen-fertilizer at various levels on growth and growth efficiency of maize. The Scientific World Journal. Article ID 193018: 1-9. http://dx.doi.org/10.1155/2013/193018