نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۲ شماره ۱/ سال ۱۴۰۱ صفحات ۱۶-۱

Effects of Planting Method and Sowing Date on Yield, Water Use Efficiency and Morphological Traits of Two Grain Maize Cultivars

Amir Ghalkhani[1], Farzad Paknejad[2*], Ali Mahrokh[3], Mohammad Reza Ardakani[2], Farid Golzardi[3]

Received: 27 February 2021 Accepted: 16 July 2021
1-Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
2-Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
3-Assist. Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

*Corresponding Author Email: farzadpaknejad@yahoo.com

Abstract:

Background and Objective: The present study was performed to evaluate the effects of transplanting and hydro-priming in different planting dates on maize yield, water use efficiency (WUE) and some morphological traits of two grain maize cultivars.

Materials and Methods: This study was carried out as factorial split-plot design based on randomized complete block design at the seed and plant improvement institute, Karaj, Iran in 2017. Planting date (July 1, 11, 23) was allocated to the main plot and planting methods (hydro-priming, transplanting and direct seedling) and maize cultivars (S.C. 704, S.C. 260) were randomly placed in the subplots.

Results: The results showed that grain yield, biomass, leaf area index and leaf dry weight significantly decreased respectively, 58.3%, 26.0%, 8.6% and 10.2% under late planting (23 July) compared with earlier planting (11 July). Transplanting significantly increased grain yield, biomass, leaf area index and leaf dry weight compared with hydro-priming and direct planting methods. Assessing the interaction between sowing date and cultivar revealed that highest grain yield and biomass (9193.2, 19767 $kg.ha^{-1}$, respectively) were obtained from sowing SC704 in the earliest planting date (1 July). Also the highest WUE for grain production and biomass were observed in SC704 planted in 11 July (1.49, 3.34 $kg.m^{-3}$, respectively).
Conclusion: Overall, in order to achieve maximum grain yield, biomass and WUE in Karaj region with semi-arid climate, transplanting of SC704 on July 1, can be recommended. Also if planting is delayed transplanting of SC260 could compensate yield loss.

Keywords: Cultivar, Delayed Planting, Leaf Area Index, Seed Hydro-Priming, Transplanting

اثر روش و تاریخ کاشت بر عملکرد، کارایی مصرف آب و خصوصیات ریخت‌شناسی دو رقم ذرت دانه‌ای

امیر قلخانی[۱]، فرزاد پاکنژاد[۲]*، علی ماهرخ [۳]، محمدرضا اردکانی[۲]، فرید گل‌زردی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۲۵
۱-گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
۲-استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
۳-استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
*مسئول مکاتبه: Email: farzadpaknejad@yahoo.com

چکیده

اهداف: مطالعه با هدف بررسی اثر روش کشت نشایی و هیدروپرایمینگ بذر در تاریخ‌های مختلف کاشت بر عملکرد، کارایی مصرف آب و خصوصیات ریخت‌شناسی ارقام ذرت دانه‌ای در کشت دوم انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج طی سال زراعی ۱۳۹۶ اجرا گردید. فاکتور اصلی تاریخ‌های کاشت (۱۰ و ۲۰ تیر و ۱ مرداد) و فاکتورهای فرعی روش‌های کاشت (مستقیم، هیدروپرایم و نشاکاری) و ارقام ذرت (هیبرید سینگل‌کراس ۲۶۰ و ۷۰۴) بودند.

یافته‌ها: عملکرد دانه، ماده خشک، شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ با تأخیر در کشت از ۲۰ تیر به ۱ مرداد به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب به میزان ۵۸/۳، ۲۶/۰، ۸/۶ و ۱۰/۲ درصد کاهش یافتند. از طرفی روش کشت نشائی به‌طور معنی-داری صفات مذکور را نسبت به روش هیدروپرایمینگ و مستقیم بذر افزایش داد. در برهمکنش دوگانه تاریخ کشت و رقم حداکثر عملکرد دانه و ماده خشک به‌ترتیب ۹۱۹۳/۲ و ۱۹۷۶۷/۰ کیلوگرم در هکتار از رقم ۷۰۴ در تاریخ ۱۰ تیر و بیشترین کارایی مصرف آب برای تولید دانه و ماده خشک به‌ترتیب ۱/۴۹ و ۳/۳۴ کیلوگرم بر مترمکعب از رقم ۷۰۴ در تاریخ ۲۰ تیر حاصل شد.

نتایج: به‌منظور دستیابی به حداکثر عملکرد دانه، ماده خشک و کارایی مصرف آب در منطقه کرج با آب‌وهوای نیمه‌خشک، کشت نشایی رقم ۷۰۴ در تاریخ ۱۰ تیرماه و در صورت کشت تأخیری در اوایل مردادماه کشت نشایی رقم ۲۶۰ قابل‌توصیه خواهد بود.

واژه های کلیدی: رقم، کشت تأخیری، شاخص سطح برگ، هیدروپرایمینگ بذر، نشاکاری

مقدمه

ذرت گیاهی از خانواده غلات است که می‌تواند نقشی اساسی در رژیم غذایی انسان و دام ایفا کند. بیشترین سطح زیر کشت ذرت در ایران به کشت دوم اختصاص دارد اما با مشکلاتی همچون کمبود آب و کافی نبودن طول فصل رشد مواجه شده است (خلیلی و همکاران ۲۰۱۰). کشت تأخیری ذرت منجر به تأخیر در جوانه‌زنی و رشد گیاه خواهد شد که در نهایت کاهش عملکرد دانه را به دنبال دارد (لانگ و همکاران ۲۰۱۷). نشاکاری یک استراتژی کشت است که می‌تواند کاهش

عملکرد در کشت تأخیری را تا حدودی جبران و سبب ارتقاء عملکرد در گیاه ذرت شود و همچنین موجب استقرار بهتر گیاه به‌ویژه در زمانی که شرایط برای کاشت مستقیم فراهم نیست، می‌گردد (فانادزو و همکاران ۲۰۰۹). در مطالعه‌ای هاجونگ و همکاران (۲۰۱۷) مشاهده کردند که روش نشاکاری ذرت می‌تواند کاهش عملکرد این گیاه در کشت تأخیری را جبران کند و تقریباً ۱۵٪ عملکرد دانه بیشتری نسبت به ذرت کشت‌شده به روش مستقیم حاصل نماید. روش نشاکاری در مقایسه با کشت مستقیم به‌طور معنی‌داری طول دوره رشد گیاه و زمان رسیدن به دوره گلدهی را کاهش و از طرفی وزن بلال، عملکرد دانه و طول بلال را افزایش داد (فانادزو و همکاران ۲۰۰۹). باسو و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که گیاه ذرت کشت‌شده به روش نشاکاری ۱۰–۸ روز زودتر از گیاه کشت‌شده به روش مستقیم آماده برداشت می‌باشد. از طرفی سردار و همکاران (۲۰۲۰) بیان داشتند که روش نشاکاری به کشاورزان این فرصت را می‌دهد که بتوانند گیاه ذرت را با عملکرد بالاتری در کشت دوم تولید کنند. از دیگر مزایای نشاکاری می‌توان کنترل مؤثرتر آفات، بیماری‌های گیاهی، علف‌های هرز، کوتاه شدن طول دوره رشد و بهبود استفاده از نهاده‌هایی مانند بذر و کود در واحد سطح را عنوان کرد (فانادزو و همکاران ۲۰۰۹ و بیسواس و همکاران ۲۰۱۵). یکی دیگر از روش‌های کشت هیدروپرایمینگ بذر می‌باشد که این روش یک تکنولوژی آبدهی کنترل‌شده است و در آن بذر آب را جذب کرده و فرآیندهای بیولوژیکی لازم برای جوانه‌زنی را شروع می‌کند (محمودی و همکاران ۲۰۱۱). در هیدروپرایمینگ، بذور مرحله اول (جذب فیزیکی آب) و مرحله دوم (شروع فرآیندهای بیوشیمیایی و هیدرولیز قندها) جوانه‌زنی را پشت سر می‌گذارند ولی از ورود به مرحله سوم جوانه‌زنی (مصرف قند توسط جنین و رشد ریشه‌چه) باز می‌مانند (نظری و همکاران ۲۰۱۷). هیدروپرایمینگ سبب تقویت قابل‌ملاحظه بذرهای خشک می‌گردد و یکی از مهم‌ترین روش‌های فیزیولوژیکی به حساب می‌آید که افزایش‌دهنده قدرت و تسریع فرآیندهای جوانه‌زنی است (حسابی و همکاران ۲۰۱۴ و اور رحمان و همکاران ۲۰۱۵). موسوی و همکاران (۲۰۱۲) که بررسی اثرات پرایمینگ ذرت بر عملکرد این گیاه در استان همدان پرداختند مشاهده کردند که پرایمینگ ذرت در تاریخ کشت‌های مختلف باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گیاه ذرت در مقایسه با کشت مستقیم شده است. این محققین همچنین نشان داده‌اند که هیدروپرایمینگ بذر ذرت می‌تواند کاهش عملکرد ناشی از کشت تأخیری را نیز جبران کند. به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف آب، افزایش عملکرد و کاهش خسارات ناشی از برداشت زودهنگام گیاه ذرت به‌عنوان کشت دوم، می‌توان نشاکاری و یا هیدروپرایمینگ را به کار گرفت (محمودی و همکاران ۲۰۱۱). همچنین در مطالعه‌ای دیگر شریفی و همکاران (۲۰۱۶) بیان داشتند که روش هیدروپرایمینگ سبب ارتقا عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری گیاه ذرت می‌شود. از دیگر مزایای روش کشت هیدروپرایمینگ می‌توان به تسریع جوانه‌زنی، استقرار بهتر گیاه، افزایش رشد ریشه، یکنواختی در جوانه‌زنی، گلدهی و رسیدگی زودهنگام، مقاومت به تنش‌های محیطی (از جمله خشکی و شوری)، افزایش سطح برگ و افزایش عملکرد دانه در بسیاری از گیاهان از جمله ذرت، گندم و برنج عنوان کرد (آریف ۲۰۰۵ و اور رحمان و همکاران ۲۰۱۵).

با توجه به ضرورت افزایش تولید گیاه ذرت به‌منظور تأمین نیازهای انسان و دام و از طرفی مهیا نبودن شرایط کافی جهت تولید این گیاه به‌منظور به دست آوردن عملکرد اقتصادی مناسب در کشت دوم، این مطالعه با هدف مقایسه‌ی اثر روش کشت نشایی و هیدروپرایمینگ بذر با روش مرسوم در تاریخ‌های مختلف کاشت بر عملکرد و بهره‌وری آب ارقام زودرس و دیررس ذرت انجام شد.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش و طرح آزمایشی

آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج (۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و ۵۱ درجه طول شرقی با

ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا) در سال زراعی ۱۳۹۶ اجرا شد. منطقه از نظر اقلیمی دارای آب‌وهوای نیمه‌خشک بوده و طبق داده‌های ۴۵ ساله هواشناسی، بارندگی سالیانه ۲۵۱ میلی‌متر، میانگین دمای هوای ۱۳/۵ درجه سانتی‌گراد (°C)، میانگین دمای خاک °C ۱۴/۵ ثبت شده است. بر اساس تشتک تبخیر کلاس A دارای ۲۱۸۴ میلی‌متر تبخیر بوده است. جهت محاسبه میزان عناصر موردنیاز گیاه قبل از کاشت از لایه‌ی ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری و آزمایش گردید. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ و داده‌های هواشناسی سال اجرای آزمایش در جدول ۲ درج شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

بافت خاک	شن	لای	رس	نیتروژن	مواد آلی	اسیدیته	پتاسیم	فسفر
	(٪)						($mg.kg^{-1}$)	
لومی ـ رسی	۲۳	۴۹	۲۸	۰/۰۶	۰/۵۵	۷/۲۲	۲۵۶	۱۲

جدول ۲- داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک کرج در سال ۱۳۹۶

دوره زمانی	میانگین دمای هوا	حداقل دمای هوا	حداکثر دمای هوا	تبخیر	بارش
	(oC)			(mm)	
۱۱ خرداد–۹ تیر	۳۴/۱۶	۱۷/۶۰	۲۶/۰۸	۳۳۸/۶	۰/۰۰
۱۰ تیر–۹ مرداد	۳۶/۴۱	۲۰/۲۹	۲۸/۸۸	۳۶۷/۸	۰/۴۱
۱۰ مرداد–۹ شهریور	۳۴/۸۸	۱۹/۳۵	۲۷/۴۴	۳۵۵/۵	۰/۰۰
۱۰ شهریور–۸ مهر	۳۱/۵۹	۱۵/۹۲	۳۲/۷۲	۲۶۷/۶	۰/۰۰
۹ مهر–۹ آبان	۲۳/۸۷	۱۰/۵۹	۱۷/۰۲	۱۷۵/۵	۴/۸۰
۱۰ آبان–۹ آذر	۱۷/۲۶	۶/۱۵	۱۱/۵۳	۸۹/۳	۰/۶۴

تاریخ‌های کاشت در سه سطح (۱۰ تیر، ۲۰ تیر، ۱ مرداد) به‌عنوان عامل اصلی و فاکتوریلِ روش‌های کاشت (مستقیم بذر، بذر هیدروپرایم شده و نشایی) و ارقام ذرت (سینگل‌کراس ۲۶۰ و ۷۰۴) به‌عنوان عامل فرعی بود. هر کرت فرعی شامل سه ردیف کاشت با فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر و به طول ۶ متر بود. فاصله بوته‌ها پس از تنک کردن و فاصله نشاءها برای رقم ۷۰۴ حدود ۱۸ سانتی‌متر (تراکم کاشت حدود ۷/۵ بوته در مترمربع) و برای رقم ۲۶۰ حدود ۱۶ سانتی‌متر (تراکم کاشت حدود ۸/۳ بوته در مترمربع) بود. عملیات تهیه بستر شامل شخم، روتیواتور، دیسک و تسطیح بهاره بود. بر اساس آزمون خاک ارائه‌شده در جدول ۱ و نیاز غذایی رقم‌ها، کود فسفات آمونیوم به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و کود اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت به زمین اضافه شد. علاوه براین زمانی که بوته‌ها به مرحله ۶ تا ۸ برگی رسیدند مقدار ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به‌صورت سرک همراه با آبیاری مصرف شد(محمدی و همکاران ۲۰۱۵).

برای کنترل علف‌های هرز از علف‌کش ارادیکان ٦ لیتر در هکتار به‌صورت پیش‌کاشت و جهت کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ از علف‌کش 2-4-D (۱/۵ لیتر در هکتار) در زمان ٤ تا ٦ برگی ذرت استفاده شد. برای مبارزه با آفات کارادرینا و اگروتیس ذرت در همین مرحله از حشره‌کش لاروین به میزان یک کیلوگرم در هکتار و برای کنترل شته ذرت از آفت‌کش کنفیدور (۲ لیتر در هکتار) در مرحله ۱۰ تا ۱۲ برگی استفاده گردید.

سن نشا ذرت برای انتقال به زمین اصلی بیست روز معادل با مرحله دو تا سه برگی ذرت در نظر گرفته شد. نشاها در سینی‌هایی با ترکیب بستر ۶۰ درصد خاک زراعی، ۲۰ درصد کود حیوانی کاملاً پوسیده و ۲۰ درصد ماسه‌بادی پرورش داده شدند. به‌منظور استقرار

مناسب و افزایش سرعت رشد گیاهچه‌ها، محلول‌پاشی کود کامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم (با نسبت ۲۰-۲۰-۲۰) همراه با اسید هیومیک در مرحله اصلی توسعه برگ و مرحله فرعی دو برگی (BBCH=۱۲) انجام گردید و یک هفته بعد نیز این محلول‌پاشی با غلظت دو برابر تکرار شد (صادقی و ماهرخ ۲۰۲۰). بذور هیدروپرایم‌شده پس از ۲۴ ساعت قرار گرفتن در آب مقطر به‌طوری‌که سطح آب دو سانتی‌متر بالای سطح بذور باشد و پس از خشک شدن در دمای محیط در تاریخ کاشت‌های معین کشت گردید (رشید و همکاران ۲۰۰۶). با توجه به فراهم بودن شرایط آب و هوایی در مزرعه و به‌منظور کاهش تنش ناشی از انتقال، عملیات پرورش نشا در محیط مزرعه انجام شد. بلافاصله بعد از کاشت در مزرعه، اولین آبیاری و پس از ۴۸ ساعت آبیاری دوم انجام گرفت تا شرایط خاک برای توسعه ریشه و استقرار گیاه از نظر دما و رطوبت تا جای ممکن مهیا باشد.

در این مطالعه از روش آبیاری قطره‌ای نواری (با نوارهای تیپ ۱۶ میلی‌متری و با فاصله قطره‌چکان ۱۰ سانتی‌متر) استفاده شد و اندازه‌گیری و کنترل مقدار آب آبیاری توسط کنتور حجمی و شیرهای قطع و وصل انجام گردید. حجم آب مصرفی در هر نوبت آبیاری بر اساس تبخیر و تعرق ذرت در مراحل مختلف رشد و بر اساس روش پنمن-مونتیث محاسبه شد (آلن و همکاران ۱۹۹۸). حجم آب مصرفی در هر تاریخ کاشت به تفکیک تیمارها در جدول ۳ بیان شده است. لازم به ذکر است که برای محاسبه دقیق حجم آب مصرفی در تیمار نشاکاری، میزان آب مورداستفاده در مرحله تولید نشا با آب مصرفی در مزرعه جمع گردید. همچنین برای هر تیمار، فاصله زمانی بین کاشت تا برداشت در جدول ۴ گزارش شده است.

جدول ۳- مقدار آب مصرفی (مترمکعب در هکتار) در تیمارهای مختلف آزمایش

روش کاشت	رقم	تاریخ کاشت		
		۱۰ تیر	۲۰ تیر	۱ مرداد
مستقیم	۲۶۰	۶۴۵۹	۵۶۷۲	۴۸۲۶
	۷۰۴	۶۴۵۹	۵۶۷۲	۴۸۲۶
هیدروپرایم	۲۶۰	۶۴۵۹/۵	۵۶۷۲/۰۵	۴۸۲۶/۰۵
	۷۰۴	۶۴۵۹/۵	۵۶۷۲/۰۵	۴۸۲۶/۰۵
نشایی	۲۶۰	۶۴۸۰	۵۶۹۴	۴۸۵۰
	۷۰۴	۶۴۸۰	۵۶۹۴	۴۸۵۰

جدول ۴- فاصله زمانی بین کاشت تا برداشت در تیمارهای مختلف آزمایش

تیمارها		۱۰ تیر		۲۰ تیر		۱ مرداد	
روش کاشت	رقم	درجه روز رشد تجمعی	کاشت تا برداشت (روز)	درجه روز رشد تجمعی	کاشت تا برداشت (روز)	درجه روز رشد تجمعی	کاشت تا برداشت (روز)
مستقیم	۲۶۰	۱۴۰۷/۸	۱۰۶	۱۳۳۳/۳	۱۰۸	۱۲۳۴/۰	۱۰۴
	۷۰۴	۱۴۴۲/۲	۱۲۲	۱۴۲۳/۶	۱۱۹	۱۲۴۶/۹	۱۰۶
هیدروپرایم	۲۶۰	۱۴۴۸/۶	۱۱۳	۱۳۰۶/۹	۱۰۵	۱۲۳۴/۰	۱۰۴
	۷۰۴	۱۵۱۱/۶	۱۲۰	۱۴۲۳/۶	۱۱۹	۱۲۴۶/۹	۱۰۶
نشایی	۲۶۰	۱۲۴۵/۳	۸۶	۱۲۴۱/۰	۹۴	۱۲۴۹/۳	۹۱
	۷۰۴	۱۴۴۸/۶	۱۱۳	۱۳۸۰/۳	۱۱۲	۱۲۴۶/۹	۱۰۶

اندازه‌گیری صفات و آنالیز داده‌ها

به‌منظور تعیین عملکرد ماده خشک ابتدا عملکرد علوفه تر با برداشت بوته‌ها از خطوط وسط هر کرت در سطحی معادل ۳/۷۵ مترمربع (با رعایت حاشیه)، محاسبه شد؛ سپس از هر کرت تعداد سه بوته به‌طور تصادفی انتخاب و به مدت ۴۸ ساعت (تا ثابت شدن وزن) در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک شد و بر اساس درصد ماده خشک در هر نمونه، عملکرد ماده خشک در هر کرت محاسبه گردید. همچنین جهت تعیین عملکرد دانه برداشت در مرحله‌ای که گیاه به رسیدگی فیزیولوژیکی رسید، از سطحی معادل ۳/۷۵ مترمربع با رعایت حاشیه صورت گرفت. کارایی مصرف آب برای تولید دانه از نسبت عملکرد دانه به حجم آب مصرفی و کارایی مصرف آب برای تولید ماده خشک از نسبت عملکرد ماده خشک به حجم آب مصرفی به دست آمد (گل‌زردی و همکاران ۲۰۱۷). برای اطمینان از همگن بودن واریانس خطاها از آزمون بارتلت استفاده شد (بارتلت ۱۹۳۷). با توجه به اینکه تمام صفات در سال آزمایش، واریانس خطای همگنی داشتند، تجزیه مرکب داده‌ها با استفاده از رویه مدل خطی عمومی (GLM)[1] نرم‌افزار SAS انجام گردید و از روش حداقل تفاوت‌های معنی‌دار (LSD)[2] $P<0.05$ برای مقایسه میانگین‌ها استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی تاریخ کاشت بر شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ و تعداد برگ در بوته در سطح احتمال یک درصد، اثر اصلی روش کاشت بر وزن خشک برگ در سطح احتمال یک درصد و شاخص سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد و اثر اصلی رقم کاشت بر شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ، ارتفاع بوته و قطر ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین نشان داد در بین تاریخ‌های کشت موردبررسی، بیشترین شاخص سطح برگ (۴/۷۴)، تعداد برگ در بوته (۱۵/۶۴) و وزن خشک برگ (۲۶۸۲ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کشت ۱۰ تیر و کمترین آن‌ها به‌ترتیب ۴/۲۶، ۱۴/۱۴ و (۲۳۴۲ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کشت ۱ مرداد حاصل شد (جدول ۶).

تأخیر در کشت از ۱۰ تیر به ۲۰ تیر با وجود از دست رفتن ۱۶۹/۴ درجه روز رشد تجمعی در دسترس برای رشد گیاه، تفاوت معنی‌داری در شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ ایجاد نشد؛ اما با بیشتر شدن این تأخیر از ۱۰ تیر به ۱ مرداد و همزمان با از دست رفتن ۳۴۵/۲ درجه روز رشد تجمعی در دسترس برای رشد به‌ترتیب ۱۰/۲ و ۱۲/۷ درصدی کاهش در شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ ایجاد گردید. از طرفی تعداد برگ در بوته با تأخیر در کشت از ۱۰ تیر به ۲۰ تیر و ۱ مرداد کاهش ۳/۳ و ۹/۵ درصدی داشت (جدول‌های ۴ و ۶).

پوشش گیاهی رابطه مستقیمی با درصد جذب تشعشع دارد، با افزایش سطح برگ و تعداد برگ میزان نوری که از میان کانوپی گیاهی عبور کرده کاهش یافته و درصد جذب تشعشع افزایش می‌یابد (فلچر و همکاران ۲۰۰۸) . با تاخیر در کاشت و جلو رفتن طول فصل رشد در تاریخ‌های مختلف کاشت، میزان تشعشع روندی نزولی را طی می‌کند که سبب همزمانی رشد رویشی گیاه با کاهش تشعشع و شرایط نامناسب اقلیمی شده و در نتیجه کاهش سطح برگ، تعداد برگ و وزن خشک برگ را موجب می‌شود (غیاث‌آبادی و همکاران ۲۰۱۴ و ایلکایی و همکاران ۲۰۱۶). در مطالعه‌ای آقاعلیخانی و صفری (۲۰۱۳) در بررسی روند تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیک رشد بیان داشتند که در کشت‌های دیرهنگام به دلیل پایین بودن نسبی دما و عدم تأمین درجه روز رشد گیاه نسبت به تاریخ‌های کشت پیش‌تر، سطح برگ و ماده خشک کمتری در واحد سطح تولید شد. همچنین رحیمی مقدم و همکاران (۱۳۹۵) دلیل افزایش شاخص سطح برگ در تاریخ کشت

[1] General Linear Model
[2] Least Significant Difference

نخست (بـه هنگـام) را، طولـانی‌تـر بـودن دوره رشـد و دمای مناسب در طول فصل رشد عنوان کردند. بـه نظـر می‌رسد، کشت به‌موقع ذرت در تاریخ کشـت اول، سـبب هم‌زمانی مراحل رشد رویشی با دما مناسب و درنتیجـه افزایش شاخص سطح برگ، تعـداد بـرگ و وزن خشـک برگ در گیاه می‌گردد.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد در بـین روش‌هـای کشـت موردبررسـی، بیشـترین شـاخص سـطح بـرگ (۴/۶۹) و وزن خشک برگ (۲۶۸۱ کیلوگرم در هکتار) در روش کشـت نشـایی و کمتـرین آن‌هـا بـه‌ترتیب ۴/۴۵ و (۲۴۳۰ کیلـوگرم در هکتـار) در روش کشـت مسـتقیم حاصل شد (جـدول ۶). ایـن نتـایج نشـان داد کـه روش کشت نشایی نسبت به هیدروپرایم و مستقیم بـذر سـبب افزایش بـه‌ترتیب ۳/۶ و ۵/۱۱ درصـدی شـاخص سـطح برگ و ۶ و ۹/۳ درصدی وزن خشک برگ گردید (جدول ۶). هم‌راستا با مطالعه حاضر زارعی و همکاران (۲۰۱۸) نیـز بـا بررسـی روش‌هـای کاشـت ذرت دانـه‌ای بیـان داشتند که سطح برگ و شـاخص سطح بـرگ در کشـت نشایی بیشتر از کشت مستقیم بود.

نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی رقم کاشـت نشـان داد که بیشترین شاخص سطح برگ (۵/۰۴)، وزن خشک بـرگ (۲۷۱۰ کیلـوگرم در هکتـار)، ارتفـاع بوتـه (۱۸۵/۸ سانتی‌متر) و قطر ساقه (۱۵/۷ میلی‌متر) در رقم ۷۰۴ بـه دست آمد (جدول ۶). رقم ۷۰۴ نسـبت بـه ۲۶۰ توانسـت بـــه‌ترتیب ۱۹/۴، ۱۲/۲، ۶/۷ و ۱۳/۳ درصـــد عملکـــرد بالاتری در این صفات حاصل نماید (جدول ۶). تفاوت‌هـا در عملکرد صفات عمدتاً ناشی از تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقـام می‌باشـد. بـین ارقـام مختلـف از لحـاظ ژنتیکـی تفاوت‌هـــایی وجـــود دارد کـــه ایـــن تفاوت‌هـــا ضـــمن تأثیرپذیری از محیط در فنوتیپ ظاهر می‌شوند، بنابراین تفاوت ارقام مختلف در برخی صفات می‌تواند بـه مقـدار زیادی تحت تأثیر تفاوت‌های ژنتیکی باشد و ارقامی کـه بتوانند با شرایط منطقه موردمطالعه سازگاری داشـته و از پتانسیل عملکـرد بالـایی برخـوردار باشـند می‌تواننـد به‌عنوان ارقام برتر معرفی شوند. محققین متعددی بیـان نموده‌اند تفـاوت ژنتیکـی قابل‌ملاحظـه‌ای کـه بـین ارقـام مختلف ذرت وجود دارد منجر به تفاوت‌های در عملکـرد صفات مورفولوژیک گیـاه می‌گـردد (گرزسـیاک ۲۰۰۱). طی آزمایشـی مشـابه صـفت ارتفـاع بوتـه تحـت تـأثیر عوامل ژنتیکی و محیطـی قـرار گرفـت به‌طوری‌کـه رقـم دیررس هم به علت خاصیت ژنتیکی و نیز طولانی بـودن دوره رشد، ارتفاع بیشتری نسبت به رقم زودرس داشت (انوری و همکاران ۲۰۱۲).

جدول ۵- تجزیه واریانس خصوصیات ریخت‌شناسی ذرت در واکنش به تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		شاخص سطح برگ	تعداد برگ در بوته	وزن خشک برگ	ارتفاع بوته	قطر ساقه
تکرار	۲	۰/۰۶ ns	۱/۳۴ ns	۹۳۲۰۹ ns	۷۲/۶۹ ns	۲/۲۵ ns
تاریخ کاشت	۲	۱/۱۸ **	۱۰/۴۶ **	۵۷۴۷۶۵/۱ **	۱۵۷/۴۸ ns	۲/۷۳ ns
خطای اصلی	۴	۰/۰۲ ns	۰/۲۳ ns	۴۲۳۰۴/۷ ns	۱۳۳/۶۷ ns	۱/۹۱ ns
روش کاشت	۲	۰/۲۷ *	۰/۳۶ ns	۲۹۱۴۰۷/۱ **	۱۳/۰۵ ns	۳/۰۰۳ ns
تاریخ کاشت ×روش کاشت	۴	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۳ ns	۷۰۰۷/۳ ns	۲/۸۸ ns	۰/۱۷ ns
رقم	۱	۱۲/۹۴ **	۰/۱۷ ns	۱۴۸۴۳۷۴/۲ **	۲۱۵۲/۰۸ **	۵۶/۲۲ **
تاریخ کاشت ×رقم	۲	۰/۰۱ ns	۰/۹۹ ns	۶۲۶۹۰/۹ ns	۱۳/۴۷ ns	۰/۰۸ ns
روش کاشت ×رقم	۲	۰/۰۲ ns	۰/۲۳ ns	۶۰۶۰/۳ ns	۲۸/۳۷ ns	۰/۷۲ ns
تاریخ کاشت×روش کاشت×رقم	۴	۰/۰۰۸ ns	۰/۰۵ ns	۱۲۶۰/۰۱ ns	۰/۶۳ ns	۰/۰۳ ns
خطای فرعی	۳۰	۰/۰۷	۰/۴۲	۴۹۶۷۱/۴	۶۹/۵۸	۱/۰۲
ضریب تغییرات(٪)		۶/۰۱	۴/۳	۸/۷	۴/۶	۶/۸

* و ** به‌ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج و یک درصد، ns عدم وجود اختلاف معنی‌دارمی باشد.

جدول ۶- اثر تاریخ کاشت، روش کاشت و رقم بر خصوصیات ریخت‌شناسی ذرت

تیمار	شاخص سطح برگ	تعداد برگ در بوته	وزن خشک برگ ($kg.ha^{-1}$)	ارتفاع ساقه (cm)	قطر ساقه (mm)
تاریخ کاشت					
۱۰ تیر	۴/۷۴^{a}	۱۵/۶۴^{a}	۲۶۸۲ ^{a}	۱۸۲/۰	۱۵/۱
۲۰ تیر	۴/۶۶^{a}	۱۵/۱۳^{b}	۲۶۰۷ ^{a}	۱۸۰/۴	۱۴/۷
۱ مرداد	۴/۲۶^{b}	۱۴/۱۴^{C}	۲۳۴۲ ^{b}	۱۷۶/۲	۱۴/۳
روش کاشت					
کشت مستقیم بذر	۴/۴۵ ^{b}	۱۴/۸۱	۲۴۳۰ ^{b}	۱۷۸/۶	۱۴/۷ ^{ab}
کشت بذر هیدروپرایم‌شده	۴/۵۲ ^{ab}	۱۵/۰۴	۲۵۲۰ ^{b}	۱۷۹/۸	۱۵/۱ ^{a}
کشت نشایی	۴/۶۹ ^{a}	۱۵/۰۷	۲۶۸۱ ^{a}	۱۸۰/۲	۱۴/۲ ^{b}
رقم					
هیبرید ۲۶۰	۴/۰۶ ^{b}	۱۴/۹۱	۲۳۷۸ ^{b}	۱۷۳/۲ ^{b}	۱۳/۶ ^{b}
هیبرید ۷۰۴	۵/۰۴ ^{a}	۱۵/۰۳	۲۷۱۰ ^{a}	۱۸۵/۸ ^{a}	۱۵/۷ ^{a}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار هستند (آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی تاریخ کاشت، روش کاشت و برهم‌کنش‌های دوگانه‌ی تاریخ کاشت×رقم بر عملکرد دانه و عملکرد ماده‌ی خشک و کارآیی مصرف آب آن‌ها و همچنین اثر اصلی رقم کاشت بر عملکرد ماده‌ی خشک و کارآیی مصرف آب آن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در بین تاریخ‌های کاشت موردبررسی، بیشترین عملکرد دانه (۸۶۸۳ کیلوگرم در هکتار) و حداکثر ماده‌ی خشک (۱۸۱۰۶ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت ۱۰ تیرماه و کمترین عملکرد دانه (۳۴۲۰ کیلوگرم در هکتار) و ماده خشک (۱۲۹۴۵ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت ۱ مرداد حاصل شد (جدول ۸). تأخیر در کاشت از ۱۰ به ۲۰ تیر و ۱ مرداد که مطابق جدول ۴ هم‌زمان بود با از دست رفتن به‌ترتیب ۱۶۹/۴ و ۳۴۵/۲ درجه روز رشد تجمعی در دسترس برای رشد، به‌ترتیب سبب کاهش ۵/۴ و ۶۰/۶ درصدی عملکرد دانه و ۳/۴ و ۲۸/۵ درصدی عملکرد ماده‌ی خشک گردید. تأخیر در کاشت از تاریخ ۲۰ تیر به ۱ مرداد هم‌زمان با کاهش ۱۹۰/۹ درجه روز رشد تجمعی سبب کاهش عملکرد دانه و ماده‌ی خشک به‌ترتیب به میزان ۵۸/۳ و ۲۶/۷ درصد گردید (جدول‌های ۴ و ۸).

سرعت رشد گیاه به میزان جذب نور توسط گیاه و کارآیی تبدیل نور جذب‌شده به ماده خشک بستگی دارد، ازاین‌رو بالا بودن عملکرد در تاریخ کشت اول می‌تواند به دلیل بهره‌وری کارآمدتر گیاه از نور خورشید در ابتدای فصل رشد باشد (عزیز و همکاران ۲۰۰۷). تأخیر در کشت ذرت، به دلیل حساسیت دوره رشد رویشی و زایشی این گیاه به کاهش دما و افت میزان تشعشع فعال فتوسنتزی (IPAR)[3]، سبب کاهش فعالیت فتوسنتزی و کوتاه شدن طول مراحل بعدی رشد گیاه می‌شود. همچنین گیاه در کشت تأخیری زودتر به طول روز بحرانی می‌رسد که این موضوع سبب توقف رشد رویشی در آن شده و گیاهانی کوتاه‌تر با برگ‌های کمتر و کوچک‌تر تولید می‌کند و در نهایت کاهش ماده خشک را منجر می‌شود (تسیمبا و همکاران ۲۰۱۳ و کاوو و همکاران ۲۰۱۹). شاه و همکاران (۲۰۱۷) دریافتند که با کشت تأخیری، فتوپریود به‌عنوان یک فاکتور اولیه محیطی که تا حد زیادی می‌تواند تعیین‌کننده زمان گلدهی و بلوغ محصولات سالانه مانند ذرت باشد، تحت تأثیر قرار می‌گیرد. از طرفی فیض‌بخش و همکاران (۲۰۱۰) و تسیمبا و همکاران (۲۰۱۳) بیان داشتند که در کشت تأخیری عملکرد دانه، تعداد دانه و طول بلال با

[3] IPAR: Intercepted Photosynthetically Active Radiation

توجه به کاهش طول دوره رویشی، کاهش تعداد روزهای فتوسنتز کننده و طول روز کاهش می‌یابد. همچنین در مطالعه کاوو و همکاران (۲۰۱۹) تأخیر در کشت به‌طور معنی‌داری منجر به کاهش طول دوره رویش (از جوانه‌زنی تا ظهور ابریشم) و دوره رشد کامل گیاه شد به‌طوری‌که دوره کامل رشد گیاه از ۱۴۳ روز در کشت نرمال به ۱۲۷ روز در کشت تأخیری رسید.

نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که در بین تاریخ‌های کاشت موردبررسی، بیشترین کارایی مصرف آب برای تولید دانه (۱/۴۴ کیلوگرم بر مترمکعب آب) و کارایی مصرف آب برای تولید ماده خشک (۳/۰۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب) در تاریخ کشت ۲۰ تیرماه و کمترین میزان آن‌ها به‌ترتیب (۰/۷۱ کیلوگرم بر مترمکعب آب) و (۲/۶۷ کیلوگرم بر مترمکعب آب) در تاریخ کشت ۱ مرداد حاصل شد (جدول ۸).

نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی روش‌های کاشت نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۷۳۸۲ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد ماده خشک (۱۷۲۸۱ کیلوگرم در هکتار) از روش کشت نشایی و کمترین میزان عملکرد دانه (۶۲۴۶ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد ماده خشک (۱۵۳۰۳ کیلوگرم در هکتار) از روش کشت مستقیم بذر حاصل شد (جدول ۸). روش کشت نشایی نسبت به کشت بذر هیدروپرایم‌شده و مستقیم بذر به‌ترتیب سبب افزایش ۹/۳ و ۱۵/۳ درصدی عملکرد دانه و ۷/۶ و ۱۱/۵ درصدی عملکرد ماده خشک گردید (جدول ۸). عملکرد در گیاه به افزایش مقدار تشعشع دریافت شده و تبدیل تشعشع دریافت شده به بیوماس در طول دوره رشد و شاخص سطح برگ وابسته است (سینکلر و همکاران ۱۹۹۹). مقدار جذب تشعشع به عواملی همچون گونه گیاهی، شرایط آب و هوایی، مدیریت زراعی و مرحله رشد گیاه بستگی دارد (سینکلر و همکاران ۱۹۹۹ و کانل و همکاران ۲۰۰۴). با توجه به اینکه یکی از فاکتورهای تعیین‌کننده میزان کارایی مصرف تشعشع، مرحله رشد گیاه می‌باشد و ازآنجایی‌که گیاه کشت‌شده به روش نشایی نسبت به روش بذر هیدروپرایم‌شده و کشت مستقیم بذر از نظر رشدی جلوتر بوده، به نظر می‌رسد این عامل سبب جذب بالاتر تشعشع فعال فتوسنتزی توسط گیاه کشت‌شده به روش نشایی شده و عملکرد بالاتری را ایجاد می‌کند. از طرفی کشت نشایی از طریق تسهیل استقرار گیاه و افزایش سرعت رشد سبب کاهش تعداد روز تا گل‌دهی و افزایش عملکرد ذرت می‌گردد (آگباجه و همکاران ۲۰۰۲). در مطالعه آندونووا و همکاران (۲۰۱۴)، هم‌راستا با مطالعه حاضر مشاهده شد که روش کشت نشایی به‌طور معناداری عملکرد ماده خشک ذرت را نسبت به روش کشت مستقیم بذر افزایش داد.

نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که در بین روش‌های کاشت موردبررسی، بیشترین کارایی مصرف آب برای تولید دانه و ماده خشک به‌ترتیب ۱/۲۶ و ۳/۰۲ (کیلوگرم بر مترمکعب آب) در روش کشت نشایی و کمترین میزان آن‌ها به‌ترتیب ۱/۰۷ و ۲/۷ (کیلوگرم بر مترمکعب آب) در روش کشت مستقیم بذر حاصل شد (جدول ۸). روش کشت نشایی توانست نسبت به روش کشت بذر هیدروپرایم‌شده و کشت مستقیم بذر به‌ترتیب ۸/۷ و ۱۵ درصد کارایی مصرف آب برای تولید دانه و ۶/۶ و ۱۰/۵ درصد کارایی مصرف آب برای تولید ماده خشک را افزایش دهد (جدول ۸). در روش کشت نشایی، گیاه جهت استقرار نیازمند آب اولیه کمتری می‌باشد (فانادزو و همکاران ۲۰۰۹). همچنین این روش سبب کوتاهی طول دوره رشد در گیاه می‌گردد، در نتیجه این موضوع باعث می‌شود که روش کشت نشایی نسبت به دو روش کشت بذر هیدروپرایم‌شده و کشت مستقیم بذر به‌طور معنی‌داری میزان کارایی مصرف آب برای تولید دانه و ماده خشک را افزایش دهد. در مطالعه‌ای هم‌راستا با مطالعه حاضر بیان شد که روش کشت نشایی تا ۶۶٪ منجر به افزایش کارایی مصرف آب نسبت به روش کشت مستقیم گردید (چاوز و همکاران ۱۹۹۶).

جدول ۷- تجزیه واریانس عملکرد دانه، ماده خشک و کارآیی مصرف آب آن‌ها در ذرت دانه‌ای در واکنش به تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		عملکرد دانه	عملکرد ماده‌ی خشک	کارآیی مصرف آب برای تولید دانه	کارآیی مصرف آب برای تولید ماده‌ی خشک
تکرار	۲	۱۸۷۶۸۳/۲ ns	۶۱۱۲۱۶/۷ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۲ ns
تاریخ کاشت	۲	۱۵۲۸۵۷۶۱۳**	۱۴۳۳۰۱۲۹۰/۲**	۲/۸۸ **	۰/۷۷**
خطای اصلی	۴	۳۳۷۵۳۵/۰۲	۹۳۱۳۸۱/۹	۰/۰۱	۰/۰۳
روش کاشت	۲	۵۸۹۱۸۲۸/۵ **	۱۸۲۲۵۵۵۲/۷**	۰/۱۶ **	۰/۴۶**
تاریخ کاشت ×روش کاشت	۴	۷۵۲۸۶۳ ns	۳۳۹۶۶۰۸/۲ns	/۰۲۲ ns	۰/۰۸ ns
رقم	۱	۶۹۷ ns	۴۴۹۱۶۰۰۰**	۰/۰۰۸ ns	۱/۱۲**
تاریخ کاشت ×رقم	۲	۹۱۱۵۹۴۶/۳ **	۲۴۶۸۷۳۱۴/۱**	۰/۳۳ **	۰/۷۴**
روش کاشت ×رقم	۲	۲۳۵۷۶۲/۲ ns	۵۲۱۳۲۵/۹ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۱ ns
تاریخ کاشت×روش کاشت×رقم	۴	۲۲۹۱۴۰/۷ ns	۴۲۳۱۷۱/۹ns	۰/۰۰۹ ns	۰/۰۱ ns
خطای فرعی	۳۰	۳۵۰۰۰۰/۵	۲۰۷۷۳۴۶/۹	۰/۰۱	۰/۰۵
ضریب تغییرات(٪)	–	۸/۷۳	۸/۹	۹/۱	۸/۴

** وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای یک درصد، ns عدم وجود اختلاف معنی‌دارمی باشد.

نتایج مقایسه میانگین اثر رقم کاشت نشان داد که بیشترین ماده خشک (۱۷۰۹۶ کیلوگرم در هکتار) و کارایی مصرف آب برای تولید ماده خشک (۲/۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب آب) در رقم ۷۰۴ بود و نسبت به رقم ۲۶۰ توانست به‌ترتیب ۱۰/۶ و ۹/۴ درصد عملکرد ماده خشک و کارایی مصرف آب برای تولید ماده خشک بالاتری حاصل نماید (جدول ۸). ژنوتیپ اثر معنی‌داری بر عملکرد ماده خشک دارد و بیشترین میزان ماده خشک از رقم دیررس و کمترین از رقم زودرس حاصل می‌شود (عزیز و همکاران ۲۰۰۷). در مطالعه‌ای حسن و همکاران (۲۰۲۰) بیان داشتند که ارقام میان‌رس و دیررس درصورتی‌که محدودیت نداشته باشند توانایی تولید بالاتری نسبت به ارقام زودرس دارند.

جدول ۸- اثر تاریخ کاشت، روش کاشت و رقم بر عملکرد دانه، ماده خشک و کارآیی مصرف آب آن‌ها در ذرت دانه‌ای

تیمار	عملکرد دانه	عملکرد ماده‌ی خشک	کارآیی مصرف آب برای تولید دانه	کارآیی مصرف آب برای تولید ماده‌ی خشک
	($kg.ha^{-1}$)		($kg.m^{-3}$)	
تاریخ کاشت				
۱۰ تیر	۸۶۸۳ a	۱۸۱۰۶ a	۱/۳۴ b	۲/۷۹ b
۲۰ تیر	۸۲۱۹ a	۱۷۵۰۲ a	۱/۴۴ a	۳/۰۸ a
۱ مرداد	۳۴۲۰ b	۱۲۹۴۵ b	۰/۷۱ C	۲/۶۷ b
روش کاشت				
کشت مستقیم بذر	۶۲۴۶ C	۱۵۳۰۳ b	۱/۰۷ C	۲/۷۰ b
کشت بذر هیدروپرایم‌شده	۶۶۹۵ b	۱۵۹۶۹ b	۱/۱۵ b	۲/۸۲ b
کشت نشایی	۷۳۸۲ a	۱۷۲۸۱ a	۱/۲۶ a	۳/۰۲ a
رقم				
هیبرید ۲۶۰	۶۷۷۸	۱۵۲۷۲ b	۱/۱۷	۲/۷۱ b
هیبرید ۷۰۴	۶۷۷۱	۱۷۰۹۶ a	۱/۱۵	۲/۹۹ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار هستند (آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد)

نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت×رقم نشان داد که بالاترین عملکرد دانه (۹۱۹۳/۲ کیلوگرم در هکتار) و ماده خشک (۱۹۷۶۷ کیلوگرم در هکتار) از رقم ۷۰۴ کشت‌شده در تاریخ کشت ۱۰ تیرماه و کمترین عملکرد دانه (۲۶۰۴/۳ کیلوگرم در هکتار) و ماده خشک (۱۲۵۰۷/۸ کیلوگرم در هکتار) از همین رقم در تاریخ کشت ۱ مرداد حاصل شد (شکل ۱-۲). رقم ۷۰۴ با تأخیر در کاشت به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد، به‌گونه‌ای که تأخیر در کشت از ۱۰ تیر به ۲۰ تیر و ۱ مرداد هم‌زمان با از دست رفتن به‌ترتیب ۱۶۹/۴ و ۳۴۵/۲ درجه روز رشد تجمعی در دسترس برای رشد سبب کاهش به‌ترتیب ۷/۳، ۷۱/۶ درصدی عملکرد دانه و ۳/۷، ۳۶/۷ درصدی عملکرد ماده خشک گردید (شکل ۱-۲، جدول ۴). از طرفی در رقم ۲۶۰ با تأخیر در کشت از ۱۰ تیر به ۲۰ تیر با وجود از دست رفتن ۱۶۹/۴ درجه روز رشد تجمعی در دسترس برای رشد تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه و ماده خشک حاصل نشد؛ اما در همین رقم با تأخیر در کشت از ۲۰ تیر به ۱ مرداد و هم‌زمان با از دست رفتن ۱۹۰/۹ درجه روز رشد تجمعی در دسترس برای رشد به‌ترتیب کاهش ۴۶/۵۴ و ۱۶/۳ درصدی عملکرد دانه و ماده خشک را به دنبال داشت (شکل ۱- جدول ۴).

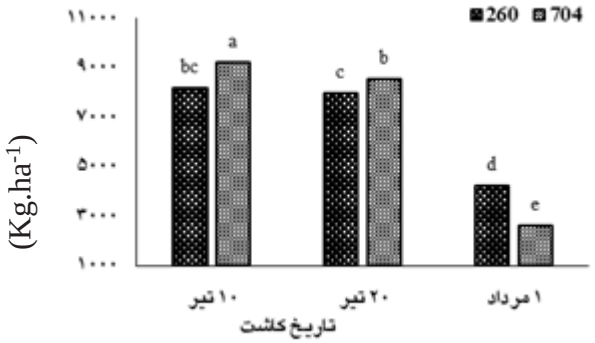
نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت×رقم نشان داد که بالاترین کارایی مصرف آب برای تولید دانه (۱/۴۹ کیلوگرم بر مترمکعب آب) و کارایی مصرف آب برای تولید ماده خشک (۳/۳۴ کیلوگرم بر مترمکعب آب) از رقم ۷۰۴ کشت‌شده در تاریخ کشت ۲۰ تیر و کمترین میزان آن‌ها به‌ترتیب (۰/۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب آب) و (۲/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب) همین رقم در تاریخ کشت ۱ مرداد حاصل شد (شکل ۳ و ۴).

دما و طول روز دو فاکتور مهم و تأثیرگذار بر عملکرد گیاه ذرت می‌باشند. با تأخیر در کشت میزان دما و طول روز تحت تأثیر قرارگرفته که این موضوع اثر مستقیمی بر عملکرد گیاه ذرت می‌گذارد. گیاه ذرت ذاتاً روزکوتاه است ولی به نظر می‌رسد ارقام زراعی آن نسبت به طول روز کمتر واکنش نشان می‌دهند و دما تأثیر بیشتری نسبت به طول روز بر عملکرد در این گیاه می‌گذارد (تسیمبا و همکاران ۲۰۱۳). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده به نظر می‌رسد رقم ۲۶۰ به‌عنوان یک رقم زودرس نسبت به رقم ۷۰۴ که یک رقم دیررس است میزان درجه روز رشد تجمعی موردنیاز خود را در زمان کوتاه‌تری تأمین نمود. این موضوع سبب برتری رقم ۲۶۰ نسبت به ۷۰۴ در کشت تأخیری گردید. در تاریخ کشت ۱۰ تیر رقم ۲۶۰ به‌طور معنی‌داری عملکرد پایین‌تری نسبت به رقم ۷۰۴ تولید کرد، اما هرچه طول فصل رشد کاهش یافت اثر منفی بیشتری بر عملکرد در رقم ۷۰۴ نسبت به ۲۶۰ مشاهده گردید (شکل ۱-۲). هرکدام از ارقام مختلف گیاه ذرت دارای تاریخ کشت ایدئال خود می‌باشند و هر چه میزان تاریخ کشت نسبت به تاریخ ایده‌آل تغییر کند (دیرهنگام)، باعث از دست دهی بیشتر عملکرد خواهد شد. هم‌راستا با مطالعه حاضر در مطالعه بیسواس و همکاران (۲۰۱۵) نیز اثر متقابل تاریخ کشت و رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار شد. همچنین در مطالعه کوکا و همکاران (۲۰۱۴) از کشت رقم‌های مختلف ذرت در تاریخ‌های کشت مختلف، عملکرد متفاوتی حاصل شد. ارقام دیررس به‌طور ژنتیکی مدت‌زمان بیشتری برای تکمیل دوره رشد نیاز دارند، در نتیجه می‌توانند عملکرد بالاتری را نسبت به ارقام زودرس در زمان مناسب کشت تولید نمایند (بهاتارای و همکاران ۲۰۲۰). از طرفی ارقام دیررس علی‌رغم توانایی بالا در تولید سرعت رشد پایین‌تری دارند و با کوتاه شدن طول دوره رشد در عملکرد پایین‌تری وارد فاز زایشی می‌شوند که این موضوع خود دلیل اصلی کاهش عملکرد بیشتر این ارقام نسبت به ارقام زودرس در صورت کاهش طول دوره رشد می‌باشد (حسن و همکاران ۲۰۲۰).

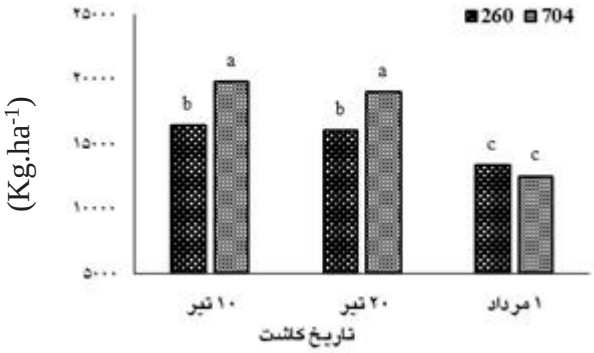
نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که تأخیر در کشت باعث کاهش عملکرد دانه، ماده خشک، کارایی مصرف آب و برخی خصوصیات ریخت‌شناسی ذرت شد، به‌طوری‌که بالاترین عملکرد دانه و ماده خشک در تاریخ کشت ۱۰

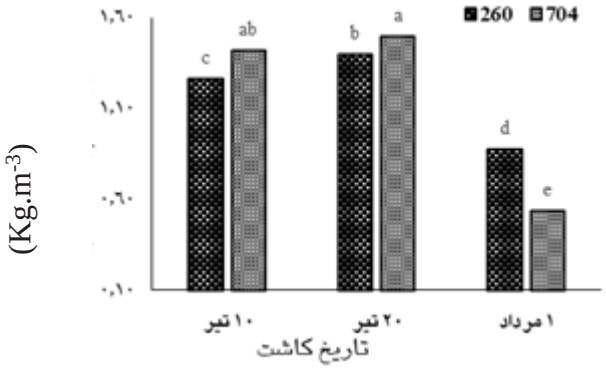
تیرماه و کمترین آن در تاریخ کشت ۱ مرداد مشاهده شد. در بین روش‌های کاشت، روش کشت نشایی سودمندی خود را در افزایش تولید دانه، ماده خشک، کارایی مصرف آب، شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ نشان داد و توانست عملکرد بالاتری را نسبت به روش کشت بذر هیدروپرایم‌شده و کشت مستقیم بذر حاصل نماید. از طرف دیگر رقم ۷۰۴ برتری کلی خود را نسبت به رقم ۲۶۰ در تولید ماده خشک، کارایی مصرف آب، شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ، ارتفاع بوته و قطر ساقه نشان داد. در تاریخ کشت دهم و بیستم تیرماه رقم ۷۰۴ نسبت به رقم ۲۶۰ برتری قابل‌توجهی داشت و توانست عملکرد دانه و ماده خشک بالاتری را حاصل نماید؛ اما با کشت در ابتدای مردادماه و کاهش طول دوره رشد، رقم ۲۶۰ برتری خود را نشان داد. به‌طوری‌که بالاترین عملکرد دانه و ماده خشک با کشت رقم ۷۰۴ در دهم تیرماه و بیشترین کارایی مصرف آب برای تولید دانه و ماده خشک با کشت همین رقم در بیستم تیرماه حاصل شد، درحالی‌که در تاریخ کاشت یکم مردادماه رقم ۲۶۰ عملکرد دانه و کارایی مصرف آب بیشتری نسبت به رقم ۷۰۴ داشت. به‌طورکلی بر اساس نتایج این مطالعه به‌منظور دستیابی به حداکثر عملکرد دانه، ماده خشک و کارایی مصرف آب در منطقه کرج با آب‌وهوای نیمه‌خشک، کشت نشایی رقم ۷۰۴ در تاریخ ۱۰ تیرماه و در صورت کشت تأخیری در اوایل مردادماه کشت نشایی رقم ۲۶۰ قابل‌توصیه خواهد بود.



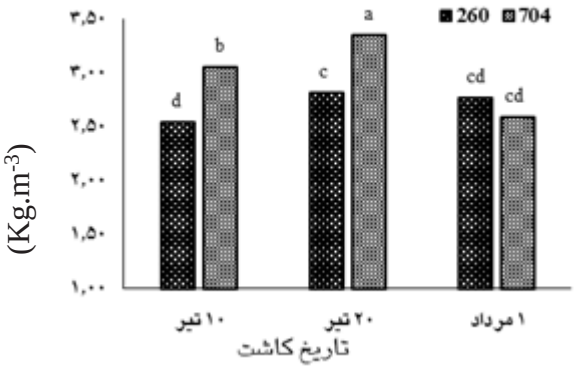
شکل ۱- مقایسه بر همکنش تاریخ کاشت×رقم بر عملکرد دانه



شکل ۲- مقایسه بر همکنش تاریخ کاشت×رقم بر عملکرد ماده خشک



شکل ۳- مقایسه بر همکنش تاریخ کاشت×رقم برکارایی مصرف آب برای تولید دانه



شکل ۴- مقایسه بر همکنش تاریخ کاشت×رقم برکارایی مصرف آب برای تولید ماده خشک

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دکتری است که با همکاری موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (پروژه مصوب با کد ۹۶۰۱۸۸- ۰۱۲- ۰۳- ۰۳- ۰) و دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج انجام گردیده که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع مورداستفاده

Agbaje G and Olofintoye J. 2002. Effect of transplanting on yield and growth of grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Tropicultura, 20(4): 217-220.

Aghaalikhani M and Safari M. 2013. Trend of physiological growth indices of three grain sorghum cultivars affected by sowing date. Journal of Plant Productions, 36 (1): 63-78. (In Persian).

Allen RG, Pereira LS, Raes D and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, Rome, 300(9): D05109.

Andonova PS, Rattin J and Di Benedetto A. 2014. Yield increase as influenced by transplanting of sweet maize (*Zea mays* L. saccharata). Journal of Experimental Agriculture International, 1314-1329.

Anvari K, Arefi S and Fateh M. 2012.Effect Of Planting Date On Seed Yield And Yield Components Of Corn Different Hybrids. Journal of Crop Ecophysiology, 3 (4): 368-377. (In Persian).

Arif M. 2005. Seed priming maize for improving emergence and seedling growth. Sarhad Journal of Agriculture, (Pakistan).

Aziz A, Rehman Hu and Khan N. 2007. Maize cultivar response to population density and planting date for grain and biomass yield. Sarhad Journal of Agriculture, 23(1): 25.

Bartlett MS. 1937. Properties of sufficiency and statistical tests. Proceedings of the Royal Society of London. Series A-Mathematical and Physical Sciences, 160(901): 268-282.

Basu S. and Sharma S. 2003. Effect of transplanting on vegetative, floral and seed characters of maize (*Zea mays* L.) parental lines in spring summer season. Indian Journal of Agricultural Science. 73 (1): 44-48.

Bhattarai B, Singh S, West CP, Ritchie GL and Trostle CL. 2020. Water Depletion Pattern and Water Use Efficiency of Forage Sorghum, Pearl millet, and Corn Under Water Limiting Condition. Agricultural Water Management, 238: 106206.

Biswas M. 2015. Direct seeded and transplanted maize: Effects of planting date and age of seedling on the yield and yield attributes. Journal of Experimental Agriculture International, 489-497.

Cao Q, Li G, Yang F, Jiang X, Diallo L, Zhang E and Kong F. 2019. Maize yield, biomass and grain quality traits responses to delayed sowing date and genotypes in rain-fed condition. Emirates Journal of Food and Agriculture, 415-425.

Fanadzo M, Chiduza C and Mnkeni P. 2009. Comparative response of direct seeded and transplanted maize (*Zea mays* L.) to nitrogen fertilization at Zanyokwe irrigation scheme, Eastern Cape, South Africa. African Journal of Agricultural Research, 4(8): 689-694.

Feyzbakhsh M, Mokhtarpour H, Mosavat SA, Mohajer M and SHahi GA. 2010. Effects of sowing date and plant density on forage yield and some morphological characteristics of corn (SC. 704). Electronic Journal of Crop Production, 3(1): 217 to 224.

Fletcher AL, Moot DJ and Stone PJ. 2008. Solar radiation interception and canopy expansion of sweet corn in response to phosphorus. European Journal of Agronomy, 29(2-3): 80-87.

Ghiasabadi M, Khajehosseini M and Mohammad Abadi AA. 2014. The effect of transplanting date on growth indices and yield of forage maize (*Zea mays* L.) in Mashhad. Iranian Agricultural Research, 12 (1): 137-145. (In Persian)

Golzardi F, Baghdadi A, Keshavarz Afshar R. 2017. Alternate furrow irrigation affects yield and water-use efficiency of maize under deficit irrigation. Crop and Pasture Science, 68(8), 726-734.

Grzesiak S. 2001. Genotypic variation between maize (*Zea mays* L.) single cross hybrids in response to drought stress. Acta Physiologiae Plantarum, 23(4): 443-456.

Hajong A. 2017. Effect of seedling raising method and age on growth, yield and quality of transplanted maize (*Zea mays* L.). A MSc. thesis submitted to the Department of Agronomy, Mahatma Phule Krishi Vidyapeeth, Rahuri-413 722, Dist-Ahmednagar, Maharastra, India.

Hassan MU, Chattha MU, Barbanti L, Mahmood A, Chattha MB, Khan I, Mirza S, Aziz SA, Nawaz M and Aamer M. 2020. Cultivar and seeding time role in sorghum to optimize biomass and methane yield under warm dry climate. Industrial Crops and Products, 145: 111983.

Hesabi S, Vazan S and Golzardi F. 2014. Investigation the effect of osmopriming and hydropriming on germination behaviour of alfalfa (*Medicago sativa*) and maize (*Zea mays*). International Journal of Biosciences, 5(6), 182-188.

Ilkaee MN, Babaei Z, Baghdadi A and Golzardi F. 2016. Effect of different planting dates and defoliation on the properties of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences, 4(1), 52-58.

Khalily M, Moghaddam M, Kanouni H and Asheri E. 2010. Dissection of drought stress as a grain production constraint of maize in Iran. Asian Journal of Crop Science, 2(2): 60-69.

Koca Y and Canavar Ö. 2014. The effect of sowing date on yield and yield components and seed quality of corn (*Zea mays* L.). Scientific Papers-Series A, Agronomy, 57: 227-231.

Long NV, Assefa Y, Schwalbert R and Ciampitti IA. 2017. Maize yield and planting date relationship: A synthesis-analysis for US high-yielding contest-winner and field research data. Frontiers in Plant Science, 8: 2106.

Mahmoodi TM, Ghassemi-Golezani K, Habibi D, Paknezhad F and Ardekani MR. 2011. Effect of hydro-priming duration on seedling vigour and field establishment of maize (*Zea mays* L.). Research on Crops, 12(2): 341-345.

Mohammadi GH, Safari Poor M, Ghobadi M,E, Najaphy A. 2015. The Effect of Green Manure and Nitrogen Fertilizer on Corn Yield and Growth Indices. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 25 (2), 105-124.

Mousavi R, Aboutalebian MA and Sepehri A. 2012. The effect of on-farm seed priming and plantig date on emergence characteristics, yield and yield components of a corn cultivar (SC 260) in Hamedan. Annals of Biological Research, 3(9), 4427-4434.

Nazari Sh, Aboutalebian MA and Golzardi F. 2017. Seed priming improves seedling emergence time, root characteristics and yield of canola in the conditions of late sowing. Agronomy Research, 15(2), 501-514.

O'connell M, O'leary G, Whitfield D and Connor D. 2004. Interception of photosynthetically active radiation and radiation-use efficiency of wheat, field pea and mustard in a semi-arid environment. Field Crops Research, 85, 111-124.

Rahimi Moghadam S, Deihimfard R, Soufizadeh S, Kambouzia J, Nazariyan Firuzabadr F and Eyni N. 2015. Impact Of The Sowing Date On Grain Yield, Yield Components And Physiological Growth Indices Of Six Grain Maize Cultivars In Iran. Journal of Agroecology, 5 (1): 72-83. (In Persian).

Rashid A, Hollington P, Harris D and Khan P. 2006. On-farm seed priming for barley on normal, saline and saline–sodic soils in North West Frontier Province, Pakistan. European Journal of Agronomy, 24(3): 276-281.

Sadeghi F, Mahrokh A. 2020. Effect of transplanting and seed hydropriming on grain yield of maize (*Zea mays* L.) as second crop in temperate region of Kermanshah, Iran. Iranian Journal of Crop Sciences, 22(1): 50-65. (In Persian).

San Miguel-Chávez R and Saavedra AL. 1996. Increased water use efficiency and grain yield by transplanting maize. Drought-and Low N-Tolerant Maize, 179.

Sardar S, Patra M, Mandal B and Patra B. 2020. An overview on problems and prospects of transplanted maize with special reference to India. Journal of Applied and Natural Science, 12(1): 59-65.

Shah MA, Farooq M, Shahzad M, Khan MB and Hussain M. 2017. Yield and phenological responses of BT cotton to different sowing dates in semi-arid climate. Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 54(2).

Sharifi R, Mohammadi K and Rokhzadi A. 2016. Effect of seed priming and foliar application with micronutrients on quality of forage corn (*Zea mays*). Environmental and Experimental Biology, 14: 151-156.

Sinclair T and Horie T. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: a review. Crop science, 29(1): 90-98.

Sinclair T and Muchow RC. 1999. Radiation use efficiency. Advances in agronomy, Elsevier, 65**:** 215-265.

Tsimba R, Edmeades GO, Millner JP and Kemp PD. 2013. The effect of planting date on maize grain yields and yield components. Field Crops Research, 150: 135-144.

Tsimba R, Edmeades GO, Millner JP and Kemp PD. 2013. The effect of planting date on maize: Phenology, thermal time durations and growth rates in a cool temperate climate. Field Crops Research, 150: 145-155.

Ur Rehman H, Iqbal H, Basra SM, Afzal I, Farooq M, Wakeel A and Ning W. 2015. Seed priming improves early seedling vigor, growth and productivity of spring maize. Journal of Integrative Agriculture, 14(9): 1745-1754.

Zaraei Zh, Heidari H, Nosratti I and Khoramivafa M. 2018. Comparison of Direct Seeding and Transplanting Systems in Maize (*Zea Mays* L.) Under The Usual and Early Planting Dates. Journal of Plant Productions, 41 (1): 97-108. (In Persian).