نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد چهاردهم، شماره ۴(۵۶)، زمستان ۱۳۹۹، صفحه ۵۳۴-۵۱۹

مقاله پژوهشی DOI: 10.30495/jcep.2021.679978

تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) در شرایط کشت تاخیری و مرسوم

سیدمحمدرضا طباطبایی[۱]، حمید مدنی[۲*]، حسین حیدری شریف‌آباد[۳]، قربان نورمحمدی[۳] و فرخ درویش[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۳ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۱۰

چکیده

استفاده از کودهای آلی یکی از راه‌کارهای مهم بهبود تولیدات کشاورزی و کاهش خطر بروز آلودگی‌های زیست محیطی در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار است. به‌منظور مقایسه اثر سطوح مختلف تاریخ کاشت و کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده با هشت تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات در شهر ورامین در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. تیمارها شامل دو سطح زمان کاشت (کشت به موقع و کشت دیرهنگام) و چهار سطح تغذیه‌ای (شاهد، ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۲۵ تن در هکتار کود دامی کمپوست شده و ۱۵ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست) بودند. نتایج نشان داد به جز وزن هزار دانه، اثر تیمارهای مختلف بر تمامی صفات مورد مطالعه ذرت معنی‌دار بودند. با تأخیر در کاشت، به‌طور معنی‌داری از میزان عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کاسته شد. در اکثر صفات مورد بررسی، بین تیمارهای کود اوره، کمپوست و ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اگرچه، قطر ساقه، نیتروژن دانه، تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه تحت تأثیر تیمارهای کودی اعمال شده قرار نگرفتند. اوره و ورمی‌کمپوست دارای بیشترین کربوهیدرات‌های محلول برگ (به‌ترتیب با میانگین ۳۲/۹ و ۳۱/۹ میکروگرم بر گرم وزن تر) و عملکرد زیستی (به‌ترتیب با میانگین ۲۹/۷ و ۲۸/۸ تن در هکتار) بودند. همچنین، عملکرد دانه در تیمار اوره (۷/۳ تن در هکتار) و کمپوست (۶/۹ تن در هکتار) بیشترین مقدار را داشت. با توجه به نتایج این تحقیق، کود کمپوست و ورمی‌کمپوست می‌تواند جایگزین مناسبی برای کود اوره در کشت ذرت در منطقه ورامین باشد.

واژگان کلیدی: عملکرد دانه، کشاورزی پایدار، کمپوست، کود دامی، نیتروژن.

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- دانشیار گروه زراعت، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران. (نگارنده‌ی مسئول) madani.au@yahoo.com

۳- استاد گروه زراعت، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

مقدمه

یکی از نیازهای مهم در برنامه‌ریزی زراعی به‌منظور حصول عملکرد بالا و با کیفیت، ارزیابی سیستم‌های مختلف تغذیه گیاه است که با کاربرد صحیح حاصل‌خیزی خاک و تغذیه گیاه می‌توان ضمن حفظ محیط زیست، افزایش کیفیت آب، کاهش فرسایش و افزایش تنوع زیستی، کارایی نهاده‌ها را نیز افزایش داد. همچنین، با اجتناب از کاربرد غیرضروری و بی‌رویه کودهای شیمیایی، به سمت توسعه کشاورزی پایدار حرکت نمود (Keshavarz *et al*., 2020). از آن‌جایی که خاک مناطق خشک و نیمه خشک بخصوص ایران به دلیل آهکی بودن، pH بالا و مواد آلی پایین با کمبود عناصر غذایی مواجه هستند، بنابراین مدیریت تغذیه‌ای گیاهان می‌تواند یکی از مهم‌ترین راهکارهای بهبود عملکرد محسوب شود (Singh and Sukul, 2019).

کاربرد کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژن‌دار در کشاورزی برای افزایش عملکرد و تأمین مواد غذایی، سبب بروز مشکلاتی شده که آلودگی محیط زیست از مهم‌ترین آنها است. یکی از راه‌های پیشنهادی برای حل این مشکل جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای آلی است که در مقایسه با کودهای رایج در سیستم‌های کشاورزی متداول، اثرات مخرب بسیار کمتری بر محیط دارد. مواد آلی سبب افزایش کارایی عناصر غذایی و ماندگار شدن اثر این مواد تا چندین سال بر عملکرد گیاهان و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌گردد (Yogananda *et al*., 2019). سطح ویژه زیاد مواد آلی و ساختار شیمیایی آنها مقادیر قابل توجهی از عناصر غذایی را ذخیره کرده و به مرور زمان در اختیار گیاه قرار می‌دهد. افزایش خلل و فرج خاک، افزایش قدرت نگهداری عناصر غذایی و رطوبت توسط خاک زراعی، تنظیم اسیدیته خاک، افزایش رشد ریشه، افزایش عوامل ماکرو و میکرو بیولوژی خاک (در نتیجه بهبود خواص بیولوژیک و بیوشیمیایی خاک به‌دلیل فعالیت موجودات زنده در قشر زراعی خاک) از جمله اثرات افزایش مواد آلی خاک می‌باشند (Bello *et al*., 2019). در این رابطه کود حیوانی یک منبع ارزشمند، هم به‌عنوان یک ماده مغذی و هم به‌عنوان بهبود دهنده‌ی خاک است. علاوه براین، کودهای دامی باعث بهبود فیزیکی ساختمان خاک، قابلیت نگهداری و ذخیره‌سازی رطوبت، کاهش فرسایش آبی و بادی و افزایش موجودات مفید خاک می‌گردند (Singh and Sukul, 2019). گزارش شده است که وزن خشک اندام هوایی ذرت با مصرف ۱۰ تن در هکتار کود دامی افزایش یافت که این افزایش را می‌توان به بهبود خواص فیزیکی خاک و افزایش رطوبت قابل دسترس در خاک نسبت داد (Singh and Sukul, 2019). کمپوست مانند سایر کودهای آلی علاوه بر نقش مثبتی که در اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارد موجب افزایش باروری خاک و بهبود کمیت و کیفیت محصول می‌شود. در واقع کاربرد کود کمپوست می‌تواند باعث افزایش جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و منگنز شود (Mahmood *et al*., 2017). در همین رابطه، محققان افزایش عملکرد و وزن خشک نعناع‌فلفلی (Keshavarz *et al*., 2020)، ذرت (Bello *et al*., 2019) و کلزا (Esmaeilian *et al*., 2012) را یکی از اثرات مثبت کمپوست دانستند.

نتایج تحقیقات گذشته نشان داده است که کاربرد کود دامی یا کود ورمی‌کمپوست می‌تواند سبب افزایش غلظت عناصر غذایی و یا ماده آلی خاک شود و اثرات باقیمانده آن بر عملکرد

محصول و ویژگی‌های خاک می‌تواند چندین سال پس از کاربرد کود دامی یا کمپوست باقی بماند (Bello *et al*., 2019). این محققان در آزمایش خود روی ویژگی‌های خاک و عملکرد ذرت در واکنش به اثرات باقیمانده کود دامی و کمپوست مشاهده کردند که میزان فسفر، نیتروژن نیتراتی، هدایت هیدرولیکی و pH خاک در تیمار کود کمپوست و کود دامی نسبت به تیمار شاهد حتی در چهار سال پس از آخرین کاربرد این کودها بالاتر بود. همچنین گزارش شده که کاربرد این کودها عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را تأمین نموده است (Yogananda *et al*., 2019) و در عین حال فسفر خاک را در سطحی مشابه با تیمار شاهد نگه داشته که از نظر زیست محیطی نیز مناسب بود. کاربرد کود دامی و کمپوست نه تنها ویژگی‌های خاک را پس از گذشت چند سال از کاربرد این کودها بهبود بخشید بلکه سبب فراهم کردن عناصر غذایی برای ذرت شد (Yogananda *et al*., 2019). در طی یک آزمایش چند ساله بر روی گیاه ذرت به این نتیجه رسیدند که در سال اول عملکرد این گیاهان تحت تأثیر کمپوست تغییری پیدا نکرد در صورتی‌که در سال‌های بعد عملکرد افزایش یافت (Simeon and Ambah, 2013).

تاریخ کاشت مناسب یکی از عوامل اصلی در کشت موفقیت‌آمیز گیاهان زراعی است. در واقع هدف از تعیین تاریخ کاشت مناسب، مشخص کردن بهترین زمان کاشت گیاهان زراعی است به طوری‌که مراحل جوانه‌زنی، استقرار، رشد، تولید گل و دانه با شرایط محیطی انطباق مناسبی داشته باشد (Nazeri., 2018). این امر سبب افزایش راندمان فتوسنتز و در نتیجه ذخیره مطلوب مواد فتوسنتزی در دانه می‌گردد و میزان عملکرد کمّی و کیفی محصول را افزایش می‌دهد. در کاشت زودهنگام ذرت، پایین بودن دمای خاک و صدمات ناشی از یخبندان موجب استقرار ضعیف گیاهان در بهار می‌گردد. در کشت تأخیری نیز به دلیل کوتاه شدن رشد رویشی و گلدهی سریع گیاه و همچنین برخورد مراحل زایشی با هوای گرم و خشک، اثرات نامطلوبی بر رشد و نمو گیاهان ایجاد می‌شود (Uzun *et al*., 2009). بررسی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه ذرت نشان داده است که در شرایط کشت تأخیری، سطح برگ رابطه مستقیم و معنی‌داری با عملکرد داشت و با کاهش سطح برگ در شرایط کشت دیرهنگام، عملکرد دانه نیز کاهش یافت (Sedghi *et al*., 2016). در همین رابطه گزارش شده است که تأخیر در کاشت ذرت، عملکرد این گیاه را کاهش داد که علت آن را بالا بودن دما در ابتدای فصل رشد و در نتیجه رشد سریع ساقه و کاهش زمان تا گلدهی و نیز دمای پایین‌تر و تشعشع کمتر در این زمان عنوان کردند (Jasemi *et al*., 2013).

اگرچه تاکنون تحقیقات متعددی بر روی گیاه ذرت در کشت مرسوم بهاره صورت گرفته است اما هنوز اطلاعات زیادی در ارتباط با عکس العمل گیاه ذرت به کاربرد کودهای آلی در شرایط کشت تأخیری وجود ندارد. با توجه به الگوی پراکنش بارندگی در ناحیه ورامین که بیشتر بارش‌ها در فروردین و اردیبهشت اتفاق می‌افتد، به نظر می‌رسد در تاریخ کاشت تأخیری میزان رطوبت خاک و همچنین شرایط دمایی می‌تواند میزان در دسترس بودن عناصر یا جذب آنها را تحت تأثیر قرار دهد. از این رو هدف از انجام این آزمایش بررسی عکس‌العمل ذرت دانه‌ای رقم ۷۰۴ نسبت به انواع تیمارهای کودی (شیمیایی و آلی) در شرایط کشت در منطقه ورامین می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار سال ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین اجرا شد. اطلاعات آب و هوای منطقه به صورت مختصر در جدول ۱ ارایه شده است. قبل از شروع آزمایش، از خاک محل آزمایش، کود دامی و ورمی‌کمپوست برای تعیین بعضی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، نمونه‌گیری به عمل آمد (جدول ۲). آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تاریخ کاشت به عنوان تیمار اصلی در دو سطح: تاریخ کاشت به موقع (اول خرداد) و تاریخ کاشت با تأخیر (۳۰ خرداد). فاکتور فرعی سطوح تغذیه‌ای در چهار سطح: شاهد (F_1)، ۴۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن‌دار اوره (F_2)، ۲۵ تن در هکتار کود دامی کمپوست شده (F_3) و ۱۵ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست (F_4).

بذور ذرت دانه‌ای رقم ۷۰۴ در همان سال از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شده بود. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دو دیسک عمود بر هم، ایجاد جوی و پشته، ایجاد نهرها و کرت‌بندی بود. کود دامی به‌صورت کمپوست شده و به میزان ۲۵ تن در هکتار (با توجه به عرف منطقه) اعمال شد. ورمی‌کمپوست نیز بر اساس نیاز نیتروژنی گیاه ذرت و نیتروژن موجود در کود ورمی‌کمپوست محاسبه شد. با توجه به کم بودن ماده آلی و نیتروژن خاک، از مقدار آن چشم‌پوشی کرده و در محاسبات کودی لحاظ نشد. بر این اساس ۱۵ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست با رطوبت ۳۰ درصد اعمال شد. کود دامی و ورمی‌کمپوست پس از پخش در سطح خاک به‌وسیله دیسک با خاک مخلوط شد. ابعاد کرت‌ها شامل شش ردیف شش متری با فاصله ۶۰ سانتی‌متری بود و هر کرت توسط دو ردیف نکاشت از کرت بعدی جدا شد. اعمال کود نیتروژن‌دار اوره در دو مرحله (۱/۳ همزمان با کاشت و باقی به‌صورت سرک در مرحله ۸-۶ برگی) انجام شد. کاشت با فاصله ۲۰ سانتی‌متر روی ردیف به‌صورت دستی در عمق ۵-۳ برگی انجام گرفت. فاصله هر کرت از کرت مجاور ۷۵ سانتی‌متر و هر تکرار از تکرار مجاور ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. در مرحله ۲ تا ۴ برگی تنک کردن انجام شد. کنترل علف‌های هرز به صورت وجین دستی در طول رشد گیاه به‌طور مرتب انجام گرفت. آبیاری به‌صورت جوی و پشته‌ای طبق برنامه و عرف منطقه انجام شد. در زمان تاسل‌دهی، نمونه‌گیری به‌منظور تعیین شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه Leaf area meter (مدل ΔT England)، سبزینگی برگ با استفاده از دستگاه Chlorophyll Meter SPAD (مدل 502Plus Konica Minolta) و کربوهیدرات‌های محلول برگ به روش دوبیسو و همکاران (Dubiso *et al*., 1965) انجام شد. بدین منظور نمونه‌های منجمد به‌میزان ۰/۲ گرم در ۳ میلی‌لیتر آب مقطر عصاره‌گیری شدند و سپس محلول همگن حاصل با استفاده از کاغذ صافی، صاف گردید. برای اندازه‌گیری قند نمونه، به ۵۰ میکرولیتر از همگن صاف شده ۰/۵ میلی‌لیتر فنل ۵ درصد و ۲/۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد اضافه شد. منحنی استاندارد با استفاده از غلظت‌های مختلف صفر تا ۸ میلی‌گرم در میلی‌لیتر ترسیم گردید. جذب استانداردها به‌همراه جذب قند نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۴۹۰ نانومتر اندازه‌گیری و مقدار قند نمونه به صورت میکروگرم بر گرم بافت تازه بیان شد. برداشت نهایی زمان رسیدن فیزیولوژیک دانه‌های

ذرت که با تشکیل لایه سیاه در قاعده هر دانه مشخص می‌شود، صورت گرفت. بدین منظور، مساحتی برابر دو مترمربع (با رعایت حاشیه) از وسط هر کرت برداشت گردید. جهت تعیین اجزای عملکرد، از کل بوته‌های برداشت شده از هر کرت، ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب شد و صفات قطر ساقه، ارتفاع بوته، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و وزن خشک اندام هوایی اندازه‌گیری گردید. جهت تعیین درصد نیتروژن دانه و اندام هوایی و پروتئین اندام هوایی، پس از خشک کردن دانه‌ها و اندام هوایی در آون در دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت، نمونه‌های ۲۵ گرمی مربوط به هر تیمار آسیاب شدند. برای اندازه‌گیری عنصر نیتروژن دانه، ابتدا از نمونه‌های آسیاب شده عصاره هضم تهیه شد و از روش کجلدال استفاده شد (Beljkas *et al.*, 2010). درصد پروتئین اندام‌هوایی، با ضرب غلظت نیتروژن دانه در عدد ۶/۲۵ محاسبه گردید (Salo-väänänen and Koivistoinen, 1996).

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹ صورت گرفت. میانگین‌ها به‌وسیله آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) حاکی از آن بود که اثر تاریخ کاشت در تمامی صفات به‌جز وزن هزار دانه تأثیر معنی‌داری داشته است. همچنین، اثر رژیم‌های تغذیه‌ای در صفات ارتفاع بوته، کلروفیل کل، کربوهیدرات‌های کل برگ، شاخص سطح برگ، پروتئین و نیتروژن اندام هوایی، عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته معنی‌داری بود. اثر متقابل تاریخ کاشت در رژیم‌های تغذیه‌ای در هیچ کدام از صفات معنی‌دار نشد (جدول ۳). تاریخ کاشت اول (به‌موقع) دارای بیشترین قطر ساقه (۲/۳ سانتی‌متر) بود که نسبت به کشت دیرهنگام ۲۱ درصد بیشتر بود (جدول ۴). در کشت تأخیری آب کافی به بوته‌های ذرت نرسیده و میزان رشد آنها کاهش می‌یابد که این امر می‌تواند باعث خوابیدگی گیاهان در طول دوره رشد شود. در واقع با کوتاه شدت طول دوره رشد، گیاه به‌سرعت از مرحله رویشی وارد مرحله زایشی می‌شود که باعث کاهش قطر ساقه کمتر از حد معمول می‌گردد. بوته‌هایی با قطر ساقه بیشتر، تحمل زیادتری در برابر خوابیدگی خواهند داشت بنابراین تا پایان فصل رشد دوام آورده و در عملکرد گیاه نقش خواهند داشت. همچنین، تأخیر در کاشت روی بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه مانند فتوسنتز، انتقال مواد فتوسنتزی به سلول‌ها، تقسیم و رشد سلولی و تجمع و انتقال عناصر غذایی در گیاه تأثیر می‌گذارد (Rah Khosravani *et al.*, 2017). بیشترین ارتفاع بوته در تاریخ کاشت اول (۲۹۸/۱ سانتی‌متر) مشاهده شد که نسبت به تاریخ کاشت دیرهنگام ۶ درصد بیشتر بود (جدول ۴). همچنین، تیمار کود اوره دارای بیشترین ارتفاع بود (۲۹۶/۸ سانتی‌متر) که نسبت به شاهد برتری ۵ درصدی نشان داد. بین تیمارهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و شاهد اختلاف آماری مشاهده نشد (جدول ۵). به‌طور معمول در شرایط کشت دیرهنگام، گیاه مراحل رشدی را به سرعت طی کرده که منجر به کاهش در خصوصیات مورفولوژیک می‌شود. علت دیگر این امر را می‌توان افزایش شدت نور به‌دلیل تأخیر کاشت دانست به‌طوری‌که با افزایش شدت نور به دلیل تجزیه هورمون اکسین، غالبیت انتهایی گیاهان کاهش می‌یابد. همچنین، با فراهمی نور، رقابت بر سر کسب نور و در نتیجه افزایش ارتفاع

کاهش می‌یابد (Tótin and Pepó, 2018). گیاهان کشت شده در زمان مناسب دارای ساقه بلندتری هستند و با داشتن برگ بیشتر در طول ساقه و در نتیجه سطح فتوسنتز کننده بالاتر، عملکرد بیشتری نشان می‌دهند. کاربرد نیتروژن به‌صورت اوره موجب رفع محدودیت‌های نیتروژن برای ذرت شده و بازده فتوسنتزی و تولیدی گیاه را افزایش می‌دهد و موجب افزایش ارتفاع گیاه می‌شود. مزیت کود شیمیایی اوره نسبت به کودهای آلی، قابلیت دسترسی سریع گیاه به‌عنصر نیتروژن است. در صورتی که کودهای آلی به تدریج عناصر غذایی را در اختیار گیاه قرار می‌دهند (Keshavarz *et al*., 2020).

بیشترین سبزینگی برگ در تاریخ کاشت اول با غلظت ۵۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد که نسبت به تاریخ کاشت دیرهنگام ۸ درصد بیشتر بود (جدول ۴). در بین رژیم‌های مختلف تغذیه‌ای، کود نیتروژن‌دار اوره دارای بیشترین غلظت سبزینگی برگ بود که نسبت به تیمار شاهد حدود ۱۰ درصد بیشتر بود. اگرچه بین کود اوره، ورمی‌کمپوست و کمپوست تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). به نظر می‌رسد که دلیل کاهش میزان سبزینگی برگ در شرایط کشت دیرهنگام، افزایش تخریب این رنگیزه‌ها و یا کاهش ساخت آنها و اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی باشد. به علاوه، ممکن است کاهش در پروتئین‌های غشایی خاص در شرایط کشت دیرهنگام، افزایش در فعالیت آنزیم کلروفیلاز و پراکسیداز را از عوامل مؤثر در کاهش سبزینگی برگ در این شرایط دانست (Kaur *et al*., 2019). کاهش سبزینگی برگ ممکن است تا حدودی به‌خاطر کاهش جریان نیتروژن به بافت‌ها و تغییر در فعالیت آنزیم‌هایی مثل نیترات ریداکتاز باشد (Salama, 2018). دیگر محققان نیز کاهش در میزان سبزینگی برگ ذرت را به‌واسطه‌ی کشت دیرهنگام گزارش کردند (Prasad *et al*., 2017). ایشان اظهار داشتند که در چنین شرایط به واسطه‌ی افزایش فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز، افزایش ترکیبات فنلی و کاهش جذب نیتروژن، از غلظت سبزینگی برگ کاسته می‌شود. یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و نمو گیاهان، کمبود عناصر غذایی است. از آنجا که نیتروژن جزء مهمی از ملکول کلروفیل است لذا هر چه عرضه آن بیشتر گردد غلظت و مقدار کلروفیل و پروتئین‌های چرخه کربن‌گیری (RUBP) افزایش می‌یابد. همراه با افزایش ساخته شدن مواد هیدروکربنه، زیست توده گیاه نیز بیشتر می‌شود (Gagnon *et al*., 2019). در تحقیق حاضر میزان سبزینگی برگ در تیمار کود اوره بیشتر از کودهای آلی بود که می‌توان علت آن را دسترسی سریع‌تر به عنصر نیتروژن در تیمار کود شیمیایی عنوان کرد. اگرچه کودهای آلی از لحاظ زیست محیطی نسبت به کودهای شیمیایی ویژگی‌های بیشتری دارند اما این خصوصیات و فواید در دراز مدت حاصل می‌شود.

تاریخ کاشت اول با میانگین ۳۳/۸ میکروگرم بر گرم وزن تر دارای بیشترین غلظت کربوهیدرات‌های کل بود که نسبت به کشت دیر هنگام برتری ۲۰ درصدی داشت (جدول ۴). در بین رژیم‌های مختلف تغذیه‌ای، کود اوره و ورمی کمپوست دارای بیشترین غلظت کربوهیدرات‌های کل برگ بودند که نسبت به شاهد حدود ۲۰ درصد بیشتر بود. بین کود کمپوست و شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). افزایش مقدار کربوهیدرات‌های محلول در اثر

کشت دیرهنگام در سویا (Umburanas *et al*., 2018)، ذرت (Shrestha *et al*., 2018) و برنج (Rajinder *et al*., 2017) نیز گزارش شده است. از دلایل افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ می‌توان به کاهش دما و در نتیجه اختلال در انتقال مواد پرورده از برگ به سایر نقاط گیاه (منبع به مقصد) اشاره کرد (Bonelli *et al*., 2016). در تحقیقات سایر پژوهشگران نیز افزایش افزایش معنی‌دار فراورده‌های فتوسنتزی و کربوهیدرات‌های محلول در حضور کود شیمیایی اوره و کود آلی گزارش شده است (Ayeni and Adetunji, 2010). به نظر این محققان تغذیه مناسب گیاه موجب افزایش سطح برگ و دریافت نور بیشتر و در نتیجه تولید بیشتر مواد آلی را به دنبال دارد. گزارش شده علت افزایش سطح برگ ذرت در حضور ورمی‌کمپوست، تغییر در شرایط فیزیکی، شیمیایی، خصوصیات میکروبی و زیستی محیط کشت بوده‌است (Kolari *et al*., 2014).

تاریخ کاشت اول (به‌موقع) با میانگین ۶/۵۸ دارای بیشترین شاخص سطح برگ بود به‌طوری‌که نسبت به تاریخ کاشت دوم حدود ۲۰ درصد بیشتر بود (جدول ۴). اگرچه در بین تیمارهای کودی اعمال شده تفاوت آماری مشاهده نشد اما تیمار کود شیمیایی اوره از لحاظ عددی بیشترین شاخص سطح برگ را دارا بود و نسبت به عدم مصرف کود (شاهد) برتری ۲۰ درصدی داشت (جدول ۵). تاریخ کاشت در گیاه مهم‌ترین عاملی است که تمام خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. با انتخاب تاریخ کاشت مناسب مراحل مختلف رشد گیاه با شرایط مطلوب محیطی منطبق شده که این امر سبب افزایش راندمان فتوسنتز و در نتیجه تولیـد مطلوب مواد فتوسنتزی در اندام گیاهی می‌گردد. وجود رابطه مثبت و معنی‌دار بین شاخص سطح برگ و عملکرد دانه مؤید این مطلب است (جدول ۶). در مقابل تاریخ کاشت نامناسب از طریق بروز شرایط نامطلوب محیطی در مراحل حساس گیاه ممکن است سبب کاهش در سطح برگ شود (Giordano *et al*., 2018). گزارش شده که در نتیجه تأخیر در کاشت ذرت، عملکرد این گیاه در نتیجه بالا بودن دما در ابتدای فصل رشد و در نتیجه رشد سریع ساقه، کوتاه شدن طول دوره پر برگی، کاهش زمان تا گلدهی و نیز دماهای پایین‌تر و تشعشع کمتر در این زمان که بر پر شدن دانه‌ها تأثیرگذار است، کاهش می‌یابد (Bhandari *et al*., 2018). افزایش کاربرد نیتروژن موجب رفع محدودیت‌های نیتروژن برای ذرت شده و بازده فتوسنتزی و تولیدی گیاه را افزایش می‌دهد و موجب افزایش کارایی فتوسنتز و سطح برگ می‌شود. در گزارش‌های مجزا اعلام شد که با افزایش مصرف نیتروژن از منابع شیمیایی سطح برگ در ذرت افزایش می‌یابد (Gou *et al*., 2017; Li *et al*., 2019). شرایط آهکی اغلب خاک‌های ایران همراه با اقلیم خشک و نیمه خشک از عوامل اصلی کاهش ذخیره کربن و عناصر غذایی این خاک‌ها است، لذا کاربـرد هـرگونه ترکیب آلی می‌تواند ضمن بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، بخشی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان در حال رشد را نیز تأمین کند. بررسی‌ها نشان می‌دهد مصرف کودهای آلی به‌واسطه فراهمی فسفر و بیشتر عناصر کم مصرف سبب افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود که رفع کمبود عناصر غذایی کم مصرف به‌وسیله مواد آلی، به علت قدرت کمپلکس کنندگی این مواد عنوان شده است (Keshavarz *et al*., 2020).

پروتئین اندام هوایی گیاه در تاریخ کاشت اول با میانگین ۹/۴ درصد بافت تازه بیشترین مقدار را داشت (جداول ۴ و ۵). در واقع تأخیر در کاشت باعث کاهش ۳۰ درصدی پروتئین اندام هوایی شد. در بین تیمارهای تغذیه‌ای، تفاوت معنی‌داری بین اوره، کمپوست و ورمی‌کمپوست مشاهده نشد (جدول ۵) و هر سه کود مصرفی باعث افزایش پروتئین اندام هوایی نسبت به عدم مصرف کود شدند. با مصرف کودهای آلی به علت جلوگیری از هدر رفتن نیتروژن، غلظت نیتروژن و سایر عناصر غذایی در خاک افزایش یافته و نیتروژن در حد مناسب در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. از طرفی افزودن کود دامی به خاک با بهبود شرایط فیزیکی و حفظ رطوبت خاک، به افزایش فعالیت باکتری‌ها و جذب بهتر عناصر غذایی کمک می‌کند (Leithy *et al*., 2006). بنابراین، بهبود تغذیه‌ای گیاه باعث افزایش تشکیل پروتئین می‌شود. به‌طوری‌که به دلیل استفاده از کودهای آلی افزایش معنی‌داری در میزان پروتئین دانه آفتابگردان گزارش شده است (Esmaeilian *et al*., 2012). دلیل عدم تفاوت در میزان پروتئین اندام هوایی در تیمارهای مختلف کودی را نیز می‌توان چنین توجیه نمود که در شرایط افزایش فراهمی نیتروژن، بخشی از کل نیتروژن به جای اینکه به اسیدهای آمینه یا پروتئین تبدیل شود، به سمت یون‌های نیترات معطوف می‌شود (Gagnon *et al*., 2019). به‌نظر می‌رسد که در تاریخ‌های کاشت زودتر، گیاه فرصت بیشتری در استفاده از عناصر غذایی بخصوص نیتروژن داشته در حالی‌که در تاریخ کاشت دیرتر با توجه به کوتاه بودن دوره رشد گیاه چنین امکانی وجود نداشته است. در نتیجه این موضوع سبب افزایش پروتئین اندام هوایی در کشت به موقع شده است (Guarda *et al*., 2004). تاریخ کاشت اول با میانگین ۱/۵ درصد دارای بیشترین نیتروژن اندام هوایی بود به‌طوری‌که نسبت به تاریخ کاشت دیرهنگام ۳۳ درصد برتری داشت (جدول ۴). بیشترین نیتروژن دانه در تاریخ کاشت اول و با میانگین ۲/۲ درصد به‌دست آمد که نسبت به تاریخ کاشت دیرهنگام ۱۹ درصد بیشتر بود (جدول ۴). در بین رژیم‌های تغذیه‌ای، کود اوره و کود دامی دارای بیشترین نیتروژن اندام هوایی بودند اگرچه با تیمار کود ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری نداشتند. همچنین، بین تیمار ورمی‌کمپوست و عدم مصرف کود (شاهد) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). کاهش درصد نیتروژن اندام هوایی در کشت تأخیری می‌تواند به‌علت کاهش دمای منطقه ریشه باشد که تأثیر منفی بر جذب نیتروژن توسط گیاه دارد که به علت تغییر در نفوذ پذیری غشاء نسبت به اکسیژن و کاهش در جذب فعال نیترژن است (Nazeri *et al*., 2018). به نظر می‌رسد، تامین نیاز تغذیه‌ای گیاه بالاخص نیتروژن از طریق کودهای آلی تفاوتی با کود شیمیایی اوره نداشت. در واقع با کاربرد کود آلی نه تنها نیتروژن اندام هوایی گیاه کمتر نبود بلکه با تیمار کود شیمیایی نیز برابری می‌کرد. بنابراین، می‌توان کود آلی را جایگزین کود اوره کرد تا علاوه بر تأمین نیاز نیتروژنی گیاه، از اثرات مثبت این کود بر خاک نیز بهره برد. رضوانی‌مقدم و همکاران نیز به نتایج مشابهی روی گیاه دارویی سیاه‌دانه دست یافتند (Rezvani Moghaddam *et al*., 2014).

بیشترین تعداد دانه در بلال در تاریخ کاشت اول با میانگین ۷۱۶ عدد در متر مربع به‌دست آمد که نسبت به تاریخ کاشت دیرهنگام ۱۲ درصد برتری نشان داد (جدول ۴). بیشترین عملکرد دانه

با میانگین ۷/۶ تن در هکتار در تاریخ کاشت اول مشاهده شد که نسبت به تاریخ کاشت دیرهنگام ۳۱ درصد برتری داشت (جدول ۴). در بین تیمارهای کودی اعمال شده، کود شیمیایی اوره با میانگین ۷/۳ تن در هکتار بیشترین عملکرد دانه را دارا بودند که نسبت به عدم مصرف کود (شاهد) حدود ۱۸ درصد بیشتر بود (جدول ۵). تاریخ کاشت عامل مهمی است که بر طول دوران رشد رویشی و زایشی و توازن بین آنها همچنین سایر عوامل مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و در نهایت عملکرد تأثیر می‌گذارد. بین تیمارهای کودی ورمی‌کمپوست و شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. به‌نظر می‌رسد بوته‌های کشت شده در زمان مناسب، با داشتن رشد مناسب‌تر و سطح فتوسنتزی کافی با افزایش بخش‌های مهم اجزای عملکرد دانه شامل تعداد بلال در بوته، تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه، از عملکرد بالا برخوردار می‌باشند.

تاریخ کاشت اول با میانگین ۳۰/۲ تن در هکتار بیشترین وزن خشک اندام هوایی را دارا بود که نسبت به کاشت دیرهنگام ۲۶ درصد بیشتر بود (جدول ۴). همچنین، در بین رژیم‌های تغذیه‌ای، تیمار کود اوره و ورمی‌کمپوست دارای بیشترین وزن خشک بوته در هکتار بودند که نسبت به شاهد حدود ۳۰ درصد برتری داشت (جدول ۵). احتمالاً کاهش طول دوره فتوسنتز گیاه در کاشت دیرهنگام باعث شده است عملکرد بیولوژیک در تاریخ کاشت دیرهنگام کمتر از تاریخ به‌موقع باشد. این افزایش عملکرد وزن خشک اندام هوایی را می‌توان به افزایش مقدار جذب تشعشع خورشیدی در نتیجه افزایش شاخص سطح برگ و افزایش فعالیت دستگاه فتوسنتزی نسبت داد (Sadras and Calvino, 2001). افزایش عملکرد دانه همراه با عملکرد زیستی حاکی از نقش مثبت انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه و برگ‌ها به دانه هستند. در واقع فراهم کردن شرایط مناسب محیطی برای رشد گیاه موجب افزایش عملکرد اقتصادی گیاه می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

سبزینگی برگ، کربوهیدرات‌های محلول برگ، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت کمتر تحت تأثیر کود اوره، کمپوست و ورمی‌کمپوست قرار گرفتند. از آنجا که در اکثر صفات مورد بررسی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کودی آلی با کود اوره مشاهده نشد، به‌منظور کاهش مصرف کود شیمیایی، می‌توان از کودهای آلی به اشکال مختلف استفاده نمود. در صورتی که کشت ذرت با هدف دانه باشد، کود کمپوست می‌تواند به عنوان جایگزین مناسبی برای کود اوره باشد. با تأخیر در کاشت، صفات مورد بررسی کاهش معنی‌داری داشتند. بنابراین، در منطقه ورامین کاشت بعد از اول خرداد می‌تواند باعث کاهش عملکرد دانه و عملکرد زیستی گیاه ذرت شود.

جدول ۱- میانگین دما و مجموع بارندگی در طی دوره رشد

Table 1- The average monthly temperature and total rainfall during the growth period

2016 ۱۳۹۵	ماه Month			
	October	September	August	July
میانگین حداقل دما Average minimum temperature (◦C)	10.31	15.84	21.94	23.85
میانگین حداکثر دما Average maximum temperature (◦C)	19.85	26.75	33.55	35.65
میانگین دما Average air temperature (◦C)	15.08	21.295	27.745	29.75
بارندگی Rain (mm)	2.8	0	0	0

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و کود آلی

Table 2- Soil and organic fertilizers characteristics

Properties	عمق خاک Soil depth		کود دامی	ورمی کمپوست
	0-30	30-60	Farmyard manure	Vermicomposting
هدایت الکتریکی EC ($ds\ m^{-1}$)	1.7	1.0	3.1	2.61
نیتروژن N (%)	0.12	0.10	0.9	1.8
فسفر P (%)	7.5	8.9	1.51	2.08
پتاسیم K (%)	310	346	1.3	1.54
ماده آلی OM (%)	0.05	0.04	47.15	44.15
pH	7.8	7.2	7.7	7.24
آهن Fe ($mg.kg^{-1}$)	6.9	7.5	0.5	9970
روی Zn ($mg.Kg^{-1}$)	1.2	0.7	112	157.8

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت تحت تاثیر تیمارهای تاریخ کاشت و رژیم‌های مختلف تغذیه‌ای

Table 3- Analysis of variance (mean squares) of physiological traits, yield and yield components of corn (*Zea maize* L.) in different planting date and fertilizer regimes

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	قطر ساقه Stem diameter	ارتفاع بوته Plant height	سبزینگی برگ Leaf greenness	کربوهیدرات کل برگ Total leaf carbohydrate	شاخص سطح برگ Leaf area index	نیتروژن اندام هوایی Shoot N content	پروتئین اندام هوایی Shoot protein content
تکرار Rep (R)	2	0.01 ns	94.9 ns	5.06 ns	26.2 ns	0.08 ns	0.02 ns	1.54 ns
تاریخ کاشت Sowing Date	1	1.17 *	1807 **	137 **	262 *	9.97 *	1.55 *	59.8 **
خطای کرت اصلی Main Erorr	2	0.02	5.82	1.24	6.01	0.15	0.02	0.45
کود Fertilizer (F)	3	0.04 ns	244.1 *	40.6 **	56.7 *	2.03 **	0.18 *	7.16 *
S×F	3	0.005 ns	39.9 ns	10.3 ns	9.48 ns	0.14 ns	0.02 ns	1.00 ns
خطای کرت فرعی Subplot Error	12	0.02	68.6	5.38	13.6	0.16	0.03	1.22
ضریب تغییرات C.V. (%)		8.17	2.86	4.32	12.09	6.76	14.30	14.04

ns، * و ** به‌ترتیب نشان دهنده‌ی عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطوح احتمال پنج و یک درصد است.

ns, * and **: non significant and significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

ادامه جدول ۳

Table 3- Continued

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد دانه در بلال Grain/cob	نیتروژن دانه Grain N content	وزن هزاردانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield	وزن خشک کل بوته Biological yield
تکرار Rep (R)	2	2156 ns	0.06 ns	869.6 ns	0.2 ns	3.7 ns
تاریخ کاشت Sowing Date (S)	1	44353 **	0.75 *	342.0 ns	19.6 *	396.9 **
خطای کرت اصلی Main Erorr	2	265	0.014	623.2	0.27	2.37
کود Fertilizer (F)	3	3516 ns	0.06 ns	28.4 ns	1.68 **	108.26 **
S×F	3	2214 ns	0.002 ns	2.7 ns	0.43 ns	13.29 ns
خطای کرت فرعی Subplot Error	12	1378.3	0.05	249.51	0.22	5.23
ضریب تغییرات% C.V.		5.51	11.75	4.0	7.0	8.7

ns، * و ** به ترتیب نشان دهنده‌ی عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطوح احتمال پنج و یک درصد است.

ns, * and **: non significant and significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر اصلی تاریخ کاشت بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

Table 4- Main effect of planting date on physiological traits, yield and yield components of corn (*Zea maize* L.)

صفات **Traits**	کشت به موقع On-time planting date	کشت دیرهنگام Delay planting date	LSD
قطر ساقه Stem Diameter (cm)	2.3	1.8	0.25
ارتفاع بوته Plant height (cm)	298.1	280.7	4.23
سبزینگی برگ Leaf greenness	56.0	51.2	1.96
کربوهیدرات کل برگ Total leaf carbohydrate	33.8	27.2	4.31
شاخص سطح برگ Leaf area index	6.58	5.29	0.68
پروتئین اندام هوایی Shoot Protein (%)	9.4	6.2	1.18
نیتروژن اندام هوایی Shoot nitrogen (%)	1.5	1.0	0.28
تعداد دانه در بلال Number of grain in cob	716.1	630.1	28.6
نیتروژن دانه Grain nitrogen (%)	2.1	1.7	0.21
عملکرد دانه Grain Yield ($ton.ha^{-1}$)	7.6	5.8	0.92
عملکرد زیستی Biological yield ($ton.ha^{-1}$)	30.2	22.1	2.71

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر اصلی رژیم‌های تغذیه‌ای بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

Table 5- Main effect of fertilizer regimes on physiological traits, yield and yield components of corn (*Zea maize* L.)

Traits صفات	شاهد Control	اوره Urea	کود دامی Farmyard manure	ورمی‌کمپوست Vermicomposting
Plant height (cm) **ارتفاع بوته**	281.7 b	296.8 a	287.6 ab	291.6 ab
Leaf greenness **سبزینگی برگ**	49.7 b	55.1 a	54.6 a	54.9 a
Total leaf carbohydrate **کربوهیدرات کل برگ**	26.0 b	32.9 a	31.2 a	31.9 a
Leaf area index **شاخص سطح برگ**	5.07 b	6.32 a	6.12 a	6.24 a
Shoot Protein (%) **پروتئین اندام هوایی**	6.4 b	8.8 a	8.5 a	7.7 ab
Shoot nitrogen (%) **نیتروژن اندام هوایی**	1.0 b	1.3 a	1.3 a	1.2 ab
Grain Yield ($ton.ha^{-1}$) **عملکرد دانه**	6.0 c	7.3 a	6.9 ab	6.6 bc
Biological yield ($ton.ha^{-1}$) **عملکرد زیستی**	20.2 c	29.7 a	25.8 b	28.8 a

میانگین‌های هر دو ستون بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Values within the each two column are not different at $P \leq 0.05$ by Duncan test.

References منابع مورد استفاده

- Ayeni, L.S., and M.T. Adetunji. 2010. Integrated application of poultry manure and mineral fertilizer on soil chemical properties, nutrient uptake, yield and growth components of maize. *Nature Science*. 8(1):60-67.
- Beljkas, B., J. Matic, I. Milovanovic, P. Jovanov, A. Misan, and L. Saric. 2010. Rapid method for determination of protein content in cereals and oilseeds: validation, measurement uncertainty and comparison with the Kjeldahl method. *Accredit Quality Assur*. 15:555-561.
- Bello, W.B., C.O. Adejuyigbe, J.A. Adigun, and M.O. Dare. 2019 Soil fertility status, nutrient uptake and maize (*Zea mays* L.) yield as influenced by animal manure and compost. *Journal of Organic Agriculture and Environment*. 7(1): 9-16.
- Bhandari, B., J. Shrestha, and M.P. Tripathi. 2018. Productivity of maize (*Zea mays* L.) as affected by varieties and sowing dates. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*. 2(2): 13-19.
- Bonelli, L., J. Monzon, A. Cerrudo, R. Rizzalli, and F. Andrade. 2016. Maize grain yield components and source-sink relationship as affected by the delay in sowing date. *Field Crop Research*. 198: 215-225.
- Dubiso, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers, and F. Smith. 1965. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Annual Chemical.* 28: 350-356.

- Esmaeilian, Y., A.R. Sirousmehr, M.R. Asghripour, and E. Amiri. 2012. Comparison of sole and combined nutrient application on yield and biochemical composition of sunflower under water stress. *International Journal of Applied Science and Technology*. 2: 30-39.
- Gagnon, B., N. Ziadi, and G. Bélanger. 2019. Nitrogen nutrition indicators in corn fertilized with different urea-nitrogen forms. *Agronomy Journal.* 11(6): 3281-3290.
- Giordano, D., T. Beta, F. Gagliardi, and M. Blandino. 2018. Influence of agricultural management on phytochemicals of colored corn genotypes (*Zea mays* L.). Part 2: Sowing Time. *Journal of Agriculture and Food Chemistry.* 66 (17): 4309-4318.
- Gou, W., P. Zheng, L. Tian, M. G. Lixin, Zh. Nudrat, A. Akram, and M. Ashraf. 2017. Exogenous application of urea and a urease inhibitor improves drought stress tolerance in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Plant Research*. 130 (3): 599-609.
- Guarda, G., S. Padovan, and G. Delogu. 2004. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. *European Journal of Agronomy*. 21: 181-192.
- Jasemi, M., F. Darab, and R. Naser. 2013. Effect of planting date and nitrogen fertilizer application on grain yield and yield components in maize. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science*. 13: 914-919.
- Kaur, H., P.K. Kingra, and S.P. Singh. 2019. Effect of sowing date, irrigation and mulch on thermal time requirement and heat use efficiency of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agrometeorology*. 21(1): 46-50.
- Keshavarz, H., S.A.M. Modarres-Sanavy, F. Sefidkon, and A. Mokhtassi-Bidgoli. 2020. Effect of organic fertilizers and urea fertilizer on phenolic compounds, antioxidant activity, yield and yield components of peppermint (*Mentha piperita* L.) under drought stress. *Iranian Journal of Field Crop Research*. 17(4): 661-672.
- Kolari, F., A. Barzegar, and S. Bakhtiari. 2014. Phenology, growth aspects and yield of maize affected by defolation rate and applying nitrogen and vermicompost. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences.* 4(3): 61-71.
- Leithy, S., T.A. El-Meseiry, and E.F. Abdallah. 2006. Effect of bio fertilizer, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil yield and quality. *Journal of Applied Science Research*. 2(10): 773-779.
- Li, Y., K. Zhou, M. Jiang, B. Zhang, M. Aslam, and H. Zou. 2019. Assessment of drought tolerance based impacts with over-expression of ZmLTP3 in maize (*Zea mays* L.). *Cereal Research Communications*. 47(1): 22-31
- Mahmood, F., I. Khan, U. Ashraf, T. Shahzad, S. Hussain, M. Shahid, M. Abid, and S. Ullah. 2017. Effects of organic and inorganic manures on maize and their residual impact on soil physico-chemical properties. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 17(1): 22-32
- Nazeri P, A.H. Shirani Rad, S.A. ValadAbadi, M. Mirakhori, and E. Hadidi Masoule. 2018. Effect of sowing dates and late season water deficit stress on quantitative and qualitative traits of canola cultivars. *Outlook Agriculture*. 47(4): 291-297.
- Prasad, G., M. Chand, P. Kumar, and R. Singh Rinwa. 2017. Performance of maize (*Zea mays* L.) hybrids with respect to growth parameters and phenological stages under different sowing dates in Kharif season. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6(10): 5079-5087.

- Rah Khosravani, A.T., C. Mansourifar, S.A.M. Modarres Sanavy, K.S. Asilan, and H. Keshavarz. 2017. *Notulae Scientia Biologicae*. 9(1): 143-147.
- Rajinder, P., G. Mahajan., V. Sardana, and B.S. Chauhan. 2017. Impact of sowing date on yield, dry matter and nitrogen accumulation, and nitrogen translocation in dry-seeded rice in North-West India. *Field Crops Research*. 206: 138-148.
- Rezvani Moghaddam, P., S.M. Seyedi, and M. Azad. 2014. Effects of organic, chemical and biological sources of nitrogen on nitrogen use efficiency in black seed (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 3(30): 260-273. (In Persian).
- Sadras, V.O., and P.A. Calvino. 2001. Quantification of grain yield response to soil depth in soybean, maize, and wheat. *Agronomy Journal* 93: 577-583.
- Salama, H. 2018. Yield and nutritive value of maize (*Zea mays* L.) forage as affected by plant density, sowing date and age at harvest. *Italian Journal of Agronomy*. 14(2): 114-122.
- Salo-väänänen, P.P., and P.E. Koivistoinen. 1996. Determination of protein in foods: comparison of net protein and crude protein (N × 6.25) values. *Food Chemistry*. 57(1): 27-31.
- Sedghi, M., A. Nemati, R. Seyed Sharifi, and M. Gholam Hosseini. 2016. Effect of different levels of nitrogen fertilizer on the performance and efficiency of fertilizer application of maize (*Zea mays* L.) for different planting dates in Ardebil. *Electronic Journal of Crop Production*. 9(3): 45-65. (In Persian).
- Shrestha, J., M. Kandel, and A. Chaudhary. 2018. Effects of planting time on growth, development and productivity of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agriculture and Natural Resources*. 21:158-163.
- Simeon, P.O., and B. Ambah. 2013. Effect of municipal solid waste on the growth of maize (*Zea mays* L.). *International Letters of Natural Sciences*. 2: 1-10.
- Singh, L., and P. Sukul. 2019. Impact of vermicompost, farm yard manure, fly ash and inorganic fertilizers on growth and yield attributing characters of maize (*Zea Mays* L.). *Plant Archive*. 19(2): 2193-2200.
- Tótin, Á, and P. Pepó. 2018. The effect of sowing date and plant density on the yield of maize (*Zea mays* L.) under different weather conditions. *Acta Agraria Debreceniensis*. 74: 205-208.
- Umburanas, R.C., A.H. Yokoyama, L. Balena, G.C. Lenhani, Â.M. Teixeira, R.L. Krüger, K. Reichardt, and J. Kawakami. 2018. Sowing dates and seeding rates affect soybean grain composition. *International Journal of Plant Production*. 12: 181-189.
- Uzun, B., U. Zengin, S. Furat, and O. Akdesir. 2009. Sowing date effects on growth, flowering, seed yield and oil content of canola cultivars. *Asian Journal of Chemistry*. 21: 1957-1965.
- Yogananda, S.B., V.R. Ramakrishna Parama, S.S. Prakash, and M.N. Thimmegowda. 2019. Effect of biodegradable urban waste compost on growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Indian Journal of Agriculture Research*. 24: 32-41.

Research Article DOI: 10.30495/jcep.2021.679978

Effect of Planting Date and Nutritional Treatments on Yield and Yield Components of Maize (*Zea mays* L.)

Sayed Mohammad Reza Tabatabai[1], Hamid Madani[2*], Hossein Heidari Sharifabad[3], Ghorban Noormohammadi[3], and Farrokh Darvish[3]

Received: February 2020 , Revised: 2 May 2020, Accepted: 31 August 2020

Abstract

Use of organic fertilizers is one of the important ways to improve agricultural productions reduce the risk of environmental pollution and to achieve sustainable goals. To compare the effect of different levels of planting date, organic and chemical fertilizers on yield and yield components of maize, a split plot experiment with eight treatments and three replications was conducted at The Research Farm of Islamic Azad University, Research and Sciences Branch, at Varamin, in 2019. Treatments were two levels of planting time (timely planting and late planting) and four fertilizers levels (control, 450 kg.ha^{-1} urea, 25 ton.ha^{-1} of compost manure and 15 ton.ha^{-1} of vermicompost fertilizer). The results showed that all of the traits under except 1000-grain weight were affected by different treatments. Delayed sowing significantly decreased yield and yield components. In most of the traits studied, significant differences between urea, compost and vermicompost treatments were not observed. However, stem diameter, seed content of nitrogen, number of kernel per ear and 1000-seed weight were not affected by the applied fertilizer treatments. Urea and vermicompost increased leaf soluble carbohydrates by (32.9 µg.g^{-1} FW and 31.9 µg.g^{-1} FW, respectively) and biological yield by (29.7 ton.ha^{-1} and 28.8 ton.ha^{-1}, respectively). Also, grain yield increased by the use of compost (6.9 ton.ha^{-1}) and urea (7.3 ton.ha^{-1}) treatments. According to the results of this study, compost and vermicompost fertilizer can be a good alternative to urea in production of corn in Varamin region.

Key words: Compost, Nitrogen, Farmyard manure, Sustainable agriculture, Seed yield.

1-Ph.D. Student, Department of Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2-Associate Professor, Department of Agronomy, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran.
3-Professor, Department of Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
**Corresponding Author: madani.au@yahoo.com*