

اثر محلول پاشی برگی گلیسین و متانول بر عملکرد و برخی صفات مرفولوژی و فیزیولوژی ذرت علوفه‌ای در سه تاریخ کاشت مختلف

مهدی رمضانی^۱، فرزاد پاک‌نژاد^{۱*}، محمدرضا اردکانی^۱، داود حبیبی^۱ و محمد نبی ایلکایی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۵/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۲

چکیده

تاریخ کاشت مناسب یکی از عوامل مهم در تعیین پتانسیل عملکرد محصولات به‌ویژه ذرت است. کاربرد متانول و گلیسین سبب افزایش رشد گیاه خصوصاً در کشت‌های تاخیری می‌شود. بدین منظور پژوهشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سه قطعه زمین جداگانه در مزرعه پژوهشی ترویجی مرکز جهاد کشاورزی شهرستان سیمرغ استان مازندران بر روی ذرت علوفه‌ای به‌صورت کشت دوم پس از برداشت برنج در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اجرا شد. عامل‌های پژوهش شامل گلیسین در سه سطح عدم مصرف (شاهد)، ۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر، متانول در سه سطح عدم مصرف (شاهد)، ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی و همچنین سه تاریخ کاشت ۱۵ و ۲۵ مرداد ماه و ۴ شهریور ماه بود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد علوفه خشک ۱۹۴۱۵/۵۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به اثرات متقابل متانول ۲۰ درصد حجمی و گلیسین ۲ میلی‌گرم بر لیتر در تاریخ کاشت ۱۵ مرداد بود. کاربرد متانول و گلیسین موجب بهبود عملکرد و صفات فیزیولوژیک و مرفولوژیک ذرت علوفه‌ای شد و با افزایش غلظت متانول و غلظت گلیسین، صفات بررسی شده افزایش یافت. تاخیر در کشت ذرت (۴ شهریور)، سبب کاهش صفات مورد مطالعه شد و بهترین تاریخ کاشت برای کشت ذرت ۱۵ مرداد ماه بود. مصرف گلیسین و متانول و همچنین افزایش غلظت آن‌ها، افزایش عملکرد علوفه خشک را رقم زد. بیشترین عملکرد علوفه خشک به میزان ۱۹۴۱۵/۵۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به اثرات متقابل متانول ۲۰ درصد حجمی و گلیسین ۲ میلی‌گرم بر لیتر در تاریخ کاشت ۱۳۹۹/۵/۱۵ بود و کمترین عملکرد علوفه خشک به میزان ۲۵۶۸/۷۶ کیلوگرم در هکتار نیز مربوط به تیمار شاهد در ۴ شهریور بود. کاربرد متانول و گلیسین، تا حدودی سبب کاهش اثرات منفی ناشی از تاخیر کاشت ذرت علوفه‌ای شد. به‌طور کلی، تاخیر در کشت ذرت پیشنهاد نمی‌شود، اما کاربرد ۲۰ درصد حجمی متانول و گلیسین ۲ میلی‌گرم بر لیتر برای ذرت علوفه‌ای به‌دلیل بهبود کشت تاخیری (۴ شهریور ماه) در منطقه مازندران و مناطق مشابه از نظر آب و هوایی توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: تاریخ کاشت، سینگل کراس ۲۰۱، عملکرد ذرت، کشت تاخیری

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

نگارنده مسئول

Farzad.paknejad@gmail.com

مقدمه

ذرت به دلیل سازگاری با شرایط اقلیمی گوناگون و همچنین تولید علوفه مناسب در واحد سطح، کیفیت بالای علوفه سیلو شده و قابلیت جذب بالا در دام‌ها، به عنوان یکی از بهترین گیاهان علوفه‌ای در نظر گرفته می‌شود (Khalily *et al.*, 2010). متانول ماده‌ای است که از طریق افزایش غلظت دی‌اکسید کربن، تأثیر قابل توجهی بر فیزیولوژی گیاهان دارد و با افزایش ظرفیت فتوسنتزی، باعث افزایش عملکرد گیاهان به ویژه در شرایط تنش‌های محیطی می‌شود. محلول پاشی متانول موجب افزایش جذب نیتروژن شده که این امر زمینه‌ساز افزایش تعداد برگ، ارتفاع گیاه و در نهایت عملکرد گیاهان است. متانول ۱۴C است و پس از محلول پاشی، متانول به سرعت وارد بافت گیاهی شده و پس از تأثیر روی سوخت و ساز گیاهان، کربن در ساختار اسید آمینه سرین یافت می‌شود (Gout *et al.*, 2000; Dorokhov *et al.*, 2018). یکی از مسیرهای متیلوتروفیک پذیرفته شده جهت سوخت و ساز متانول در گیاهان عالی، مسیر سرین باکتریایی است، این مسیر از گلیسین (به عنوان پذیرنده حد واسط متانول اکسید شده) و نیز هیدروکسی متیل تتراهیدروفولیت استفاده می‌نماید و مولکول سرین را تولید می‌کند. در نهایت، سرین تولید شده در اثر ترکیب با دی اکسید کربن، به متابولیت‌های چهار کربنه تبدیل می‌شود. در این مسیر سوسترهای تک کربنه با گلیسین به عنوان منبع کربن و انرژی جفت شده و در سوخت و ساز سلول به کار می‌روند. این جفت شدن از سمیت ناشی از واکنش متقابل فرمالدئید با پروتئین‌های سلولی جلوگیری می‌کند (Hanson and Roje, 2001; Dorokhov *et al.*, 2018). پیرو این امر، محققان اعلام کردند که

کاربرد متانول (۱۰ درصد حجمی) سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد کلزا شد (Kalantar Ahmadi and Daneshian, 2019).

گلیسین یک ترکیب مؤثر در عملکرد گیاهان است که از طریق حفظ تعادل اسمزی و تثبیت ساختارهای پروتئین‌های پیچیده در سلول، ساختارهای سلولی را در برابر تنش خشکی محافظت می‌کند. در گیاهان عالی، گلیسین در پاسخ به تنش‌های محیطی از پیش ماده کولین در کلروپلاست تولید می‌شود و در بسیاری از گیاهان زراعی تحت شرایط تنش در سلول‌ها تجمع می‌یابد. تجمع این ترکیبات در سلول‌ها، یک عکس‌العمل عمومی برای غلبه بر پیامدهای منفی کمبود آب در تولید محصولات زراعی است که به عنوان یک مکانیسم سازگاری در برابر تنش‌های محیطی شناخته شده است (Ahmad *et al.*, 2019; Ali *et al.*, 2020). نتایج پژوهشی بر روی گندم نشان داد که کاربرد گلیسین موجب افزایش عملکرد و رشد این گیاه شده است (Gupta and Thind, 2017). در پژوهش دیگری محققین اعلام کردند که کاربرد گلیسین موجب افزایش عملکرد ذرت و همچنین افزایش تحمل ذرت در شرایط تنش شد (Shemi *et al.*, 2021). حقیقی و همکاران (Haghigi *et al.*, 2020)، اعلام کردند که کاربرد متانول و گلیسین اثر مثبت بر عملکرد چغندر علوفه‌ای داشت و موجب افزایش عملکرد و صفات فیزیولوژیکی این گیاه شد.

شرایط مطلوب برای رشد و عملکرد مناسب ذرت در مناطق مختلف، متفاوت است. یکی از روش‌های مرسوم برنامه‌ریزی و مدیریت‌های زراعی جهت استفاده از پتانسیل در هر رقم و در هر منطقه، تعیین تاریخ کاشت مناسب است (Zhou *et al.*, 2017). انتخاب تاریخ کاشت مناسب، بر

صفات و مراحل مختلف رشد و نمو گیاهان تأثیر گذاشته و باعث بهینه شدن بازده استفاده از عوامل محیطی مؤثر بر عملکرد می‌شود (Liaquat et al., 2018; Nazari et al., 2018). کشت تأخیری ذرت موجب تأخیر در جوانه‌زنی و رشد گیاه می‌شود و کاهش عملکرد دانه ذرت را به دنبال دارد (Long et al., 2017)، در همین راستا محققان اعلام کردند که کشت تأخیری ذرت موجب کاهش عملکرد ذرت شد (Cao et al., 2019).

انتخاب تاریخ کاشت مناسب امری ضروری در عملکرد ذرت است و وقوع سرمای پاییزه و کوتاه شدن طول روز محدودیت رشد را در پی خواهد داشت. در بسیاری از تحقیقات به اثر متانول بر روی گیاهان سه کربنه پرداخته شده است و تحقیقی در زمینه اثر متانول بر روی گیاهان چهار کربنه چندان در دسترس نیست. متانول به علت تأثیر مثبت روی باکتری‌های محرک رشد و همچنین هورمون‌های رشد گیاهی سبب افزایش عملکرد حتی در گیاهان چهار کربنه می‌شود و سرعت رشد گیاهان چهار کربنه را نیز افزایش می‌دهد (Dorokhov et al., 2018). بنابراین، با توجه به فواید کاربرد متانول و گلیسین و اهمیت تاریخ کاشت، پژوهشی با هدف بررسی اثر متانول، گلیسین و اثر متقابل آنها در سه تاریخ کاشت مختلف بر روی ذرت در مازندران انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی ترویجی واقع در مرکز جهاد کشاورزی شهرستان سیمرغ استان مازندران واقع در کیاکلا در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ به صورت کشت دوم پس از برداشت برنج در سه تاریخ

کاشت انجام شد. تاریخ کشت به عنوان منطقه یا مکان برای تجزیه مرکب در نظر گرفته شد. رقم ذرت سینگل کراس ۲۰۱ بود که از جهاد کشاورزی استان مازندران معاونت ترویج تهیه شده است. این رقم هیبرید زودرس، نیمه مقاوم نسبت به بیماری پوسیدگی فوزاریومی و سیاهک معمولی بلال است. ایستگاه کشت در ۱۴ کیلومتری جنوب شرق مازندران (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۶ دقیقه شمالی و طول ۵۲ درجه و ۸۶ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ) قرار دارد. ارتفاع از سطح دریا ۵ متر، متوسط بارندگی منطقه ۶۲۰ میلی‌متر، میانگین درجه حرارت منطقه ۱۷/۷ درجه سلسیوس، میانگین رطوبت نسبی ۷۰ درصد و بارندگی‌ها عموماً در دو فصل پاییز و زمستان صورت می‌گیرد. آب و هوای آن براساس روش آمبرژه معتدل و مرطوب است (جدول ۱). قبل از آماده‌سازی نهایی زمین، نمونه‌برداری مرکب خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری انجام و با توجه به خواص فیزیکی و شیمیایی خاک نسبت به تعیین میزان عناصر غذایی موجود در آن اقدام گردید (جدول ۲). عامل‌های مورد آزمایش شامل متانول در سه سطح عدم مصرف (شاهد)، ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی و گلیسین به ترتیب معادل عدم مصرف (شاهد)، ۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که در سه تاریخ کاشت ۱۵ مرداد، ۲۵ مرداد، ۴ شهریور کاشته شد. متانول و گلیسین از شرکت مرک آلمان و از قسمت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شده است. محلول‌پاشی بوته‌های ذرت با محلول‌های متانول و گلیسین، سه بار در طی فصل رشد شامل مراحل ۴-۶ برگ، ۸-۱۰ برگ و قبل از ظهور تاسل و در ساعت ۹-۱۱ صبح اجرا شد.

هر واحد آزمایشی شامل ۵ جویچه، ۷ پشته به طول ۵ متر با فاصله ۷۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌ها ۲ متر در نظر گرفته شد. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح و ایجاد جوی و پشته انجام و بذره‌های ذرت رقم سینگل-کراس ۲۰۱ کاشته شد. کنترل علف‌های هرز به صورت دستی در طول مرحله رشد انجام گرفت. طی دوره رشد گیاه و در مرحله داشت جهت کنترل با آفات (برگ‌خوار و ساقه‌خوار) از حشره‌کش دیازینون به مقدار یک و نیم لیتر در هزار لیتر آب استفاده شد. میزان کود مصرفی براساس نتایج آزمون خاک به میزان ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار محاسبه و به همراه ۲۰۰ کیلوگرم اوره بود که ۱۰۰ کیلوگرم اوره هکتار قبل از کاشت به زمین و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار بعد از کاشت به صورت تقسیط به زمین داده شد که در دو نوبت نصف مقدار در زمان ساقه‌دهی و دیگری بعد از ظهور تاسل به زمین داده شد. همچنین، میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاس داده شد. آبیاری از موقع کاشت تا سبز شدن کامل زمین به صورت بارانی انجام شد و در طی مدت رشد رویشی و پر شدن دانه آبیاری مورد نظر بر حسب نیاز آبی که بر اساس تشتک تبخیر مشخص شد و با توجه به میزان بارندگی اعمال شد.

پس از برداشت، صفات بررسی شده شامل: ارتفاع گیاه، ارتفاع محل بلال، وزن خشک ساقه، عملکرد علوفه خشک، تعداد برگ در بوته، قطر ساقه تا گره اول، تعداد بلال، طول گل آذین نر و پهنای برگ وسط می‌باشد. در هر کرت آزمایشی پس از حذف اثرات حاشیه‌ای (خط ۱ و خط ۷ کاشت به عنوان اثر حاشیه ای در نظر گرفته شد)،

به صورت تصادفی ۱۰ بوته از هر کرت انتخاب شدند و سپس میانگین آن‌ها برای هر صفت سنجیده شد.

ارتفاع گیاه و ارتفاع محل بلال، طول گل آذین نر و پهنای برگ وسط با استفاده از خط‌کش مدرج اندازه‌گیری شد. برای شمارش تعداد برگ در بوته، ۱۰ بوته انتخاب شد و تعداد برگ‌های آنها شمارش و به صورت میانگین یادداشت شد. قطر ساقه تا گره اول با استفاده از کولیس انجام شد. برای اندازه‌گیری عملکرد علوفه خشک و وزن خشک ساقه از هر کرت تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و به مدت ۴۸ ساعت (تا ثابت شدن وزن) در آون با دمای ۶۵ درجه سلسیوس خشک شد.

جهت محاسبه درجه روز رشد (GDD) از رابطه زیر استفاده شد:

$$GDD = \sum [(T_{max} + T_{min})/2 - T_{base}]$$

که در رابطه فوق، T_{max} حداکثر دمای روزانه، T_{min} حداقل دمای روزانه و T_{base} دمای پایه رشد بود. دمای پایه رشد ذرت ۱۰ درجه سلسیوس در نظر گرفته شد. درجه حرارت پایین‌تر از ۱۰ و بالاتر از ۳۰ درجه سلسیوس برای گیاه ذرت غیرمؤثر تلقی شده و درجه حرارت‌های بالاتر از ۳۰ برابر با ۳۰ درجه سلسیوس و درجه حرارت‌های پایین‌تر از ۱۰ برابر با ۱۰ درجه سلسیوس در نظر گرفته شدند (Plett, 1992).

آزمون بارتلت جهت بررسی اطمینان از همگن بودن واریانس خطاهای آزمایشی انجام شد (جدول ۳). تجزیه آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (Ver. 9.4) به‌صورت مرکب انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن با احتمال خطای پنج درصد و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت

توسط گیاه می‌شود و افزایش طول اندام هوایی و ارتفاع گیاه را در پی دارد (Ali et al., 2020). در همین راستا اعلام شد که استفاده از گلیسین باعث افزایش ارتفاع گیاه پنبه شد (Hamani et al., 2021).

ارتفاع محل تشکیل بلال

اثر تاریخ کاشت، گلیسین، متانول و اثرات متقابل تاریخ کاشت در گلیسین و اثرات متقابل تاریخ کاشت × گلیسین × متانول با احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). تاریخ کاشت ۱۵ مرداد دارای بیشترین ارتفاع محل تشکیل بلال بود و مصرف گلیسین و متانول ارتفاع محل تشکیل بلال را افزایش داد و با افزایش غلظت آنها ارتفاع محل تشکیل بلال نیز افزایش یافت. بیشترین ارتفاع محل تشکیل بلال به میزان ۱۰۷/۴ سانتی‌متر مربوط به اثرات متقابل متانول ۲۰ درصد حجمی و گلیسین ۲ در هزار، در تاریخ کاشت ۱۵ مرداد بود که نسبت به شاهد در تاریخ ۴ شهریور ماه، ۱۶۶/۵۰ درصد افزایش یافت و با برهمکنش ۱۰ درصد حجمی متانول و گلیسین ۲ میلی‌گرم بر لیتر، ۱۰۱/۸ سانتی‌متر که سبب افزایش ۱۵۲/۶۰ درصدی نسبت به شاهد در تاریخ کاشت ۴ شهریور ماه شد، در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۸). کاربرد متانول با افزایش جذب و انتقال عناصر غذایی، خصوصاً نیتروژن، سبب افزایش ارتفاع گیاه می‌شود (Dorokhov et al., 2018). محققین گزارش کردند که محلول‌پاشی متانول در سطح ۴۰ درصد حجمی سبب افزایش ارتفاع ماش و طول غلاف شد که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشت (Khamer et al., 2018). کاربرد متانول باعث افزایش انتقال عناصر غذایی در گیاه و همچنین افزایش فعالیت باکتری‌های محرک رشد در گیاهان شده که این

گرفت. عامل تاریخ کاشت (مکان) به عنوان اثر تصادفی و عوامل متانول و گلیسین به عنوان اثر ثابت در نظر گرفته شد. بنابراین خطای متانول و گلیسین به ترتیب تاریخ کاشت × متانول، تاریخ کاشت × گلیسین در نظر گرفته شد و این خطاها بر اساس امید ریاضی به دست آمد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن است که اثر تاریخ کاشت، گلیسین و اثرات متقابل آنها دارای اثر معنی‌دار با احتمال خطای یک درصد بر ارتفاع گیاه بود (جدول ۴). تأخیر در کشت سبب کاهش ارتفاع گیاه شد و بیشترین ارتفاع گیاهان مربوط به تاریخ کاشت ۱۵ مرداد بود. کاربرد گلیسین افزایش ارتفاع گیاه را به همراه داشت و با افزایش غلظت آن ارتفاع گیاه نیز افزایش یافت. بیشترین ارتفاع گیاه به میزان ۱۸۲/۶۸ سانتی‌متر مربوط به اثرات متقابل گلیسین ۲ میلی‌گرم در لیتر در تاریخ کاشت ۱۵ مرداد بود که افزایش ۹۴/۳۲ درصدی را نسبت به شاهد در تاریخ کاشت ۴ شهریور داشت (جدول ۶). در تاریخ کاشت دیر هنگام (۴ شهریور) طول دوره جوانه‌زنی و رشد رویشی به علت برخورد با شرایط دمایی پایین، به تأخیر افتاده و طولانی‌تر می‌شود و ذرت که یک گیاه چهار کربنه است که دمای لازم برای ورود به فاز زایشی را دیرتر کسب می‌کند و دیرتر وارد مرحله زایشی می‌شود. بنابراین، در اواخر رشد به دلیل کاهش دما و افزایش بارش‌ها، تولید مواد فتوسنتزی کاهش یافته و انتقال این مواد به سمت مخزن کند شده و موجب کاهش ارتفاع گیاه می‌شود و از طرف دیگر سبب تولید بلال‌های کوچک و نازک نیز می‌شود (Cao et al., 2019). علاوه بر این، کاربرد گلیسین موجب افزایش جذب نیتروژن

تاخیری ذرت موجب کاهش وزن ساقه، بوته و عملکرد ذرت شده است. همچنین، سایر محققین اعلام کردند که کاربرد گلپسین با جذب مواد مغذی بیشتر، موجب افزایش عملکرد و رشد گندم شده است (Gupta and Thind, 2017).

عملکرد علوفه خشک

اثر تاریخ کاشت، تاریخ کاشت در گلپسین، تاریخ کاشت در متانول و اثرات متقابل تاریخ کاشت، گلپسین و متانول معنی‌دار با احتمال خطای یک درصد بر عملکرد علوفه خشک بود (جدول ۴). با تأخیر در کشت ذرت، عملکرد علوفه خشک کاهش یافت و تاریخ کاشت ۱۵ مرداد، بیشترین مقدار عملکرد خشک علوفه را دارا بود. مصرف گلپسین و متانول افزایش عملکرد علوفه خشک را رقم زد و افزایش غلظت آنها با افزایش عملکرد علوفه خشک همراه شد. بیشترین مقدار عملکرد علوفه خشک به میزان ۱۹۴۱۵/۵۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به اثرات متقابل متانول ۲۰ درصد حجمی و گلپسین ۲ میلی‌گرم بر لیتر در تاریخ کاشت ۱۳۹۹/۵/۱۵ بود و کمترین مقدار این شاخص نیز به میزان ۲۵۶۸/۷۶ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار شاهد در ۴ شهریور بود (جدول ۸). می‌توان اظهار داشت که متانول از طریق تأثیر بر مسیرهای مختلف متابولیکی مانند رشد و نمو و فعال شدن ژن‌های درگیر در بیوسنتز اسید جاسمونیک و مکانیسم‌های دفاعی گیاه سبب افزایش عملکرد گیاه می‌شود (Gout et al., 2000). نتایج سایر تحقیقات بیانگر آن است که کاربرد متانول سبب افزایش عملکرد سویا شد که با نتایج پژوهش حاضر هم‌راستا بود (Paknejad et al., 2009). محمود سلطانی و همکاران (Mahmoud Soltani et al., 2022)، گزارش کردند که حداکثر عملکرد برنج در محلول پاشی

امر زمینه رشد گیاه را فراهم می‌کند (Dorokhov et al., 2018). کاربرد گلپسین با افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان احتمالاً از طریق تثبیت ساختار پروتئین‌های آنزیمی و به دلیل افزایش هدایت روزنه‌ای، افزایش فتوسنتز، تورژسانس سلولی و به دنبال آن افزایش طولی شدن سلول موجب افزایش عملکرد و رشد گیاه شده است (Gupta and Thind, 2017).

وزن خشک ساقه

اثر تاریخ کاشت، برهمکنش تاریخ کاشت در گلپسین، تاریخ کاشت در متانول و اثرات متقابل تاریخ کاشت، گلپسین و متانول با احتمال خطای یک درصد بر وزن خشک ساقه معنی‌دار بود (جدول ۴). با تأخیر در کشت، وزن خشک ساقه کاهش یافت و بیشترین میزان وزن خشک ساقه مربوط به تاریخ کاشت ۱۵ مرداد بود. کاربرد گلپسین و متانول افزایش وزن خشک ساقه را به همراه داشت و افزایش غلظت آنها سبب افزایش این شاخص شد. بیشترین مقدار وزن خشک ساقه به میزان ۳۱۵/۲۱ گرم بر مترمربع مربوط به اثرات متقابل متانول ۲۰ درصد حجمی و گلپسین ۲ میلی‌گرم بر لیتر در تاریخ کاشت ۱۵ مرداد بود و کمترین مقدار این شاخص نیز ۳۶/۱۸ گرم بر مترمربع، مربوط به تیمار شاهد در ۴ شهریور بود (جدول ۸). استفاده از محلول متانول می‌تواند سبب افزایش وزن تر و خشک گیاهان شود و مقدار افزایش ماده خشک تولید شده توسط گیاه بستگی به مقدار متانول مصرفی دارد. این موضوع نشان می‌دهد که متانول می‌تواند بر آسمیلاسیون دی اکسید کربن در گیاه اثر بگذارد (Downie et al., 2004). نتایج پژوهش کاو و همکاران (Cao et al., 2019)، با نتایج حاصل از پژوهش فوق مطابقت داشت، همچنین، محققین اعلام کردند که کشت

تعداد بلال شد (Lixin et al., 2009; Bai et al., 2022).

طول گل آذین نر

در طول گل آذین نر مشاهده شد که اثر تاریخ کاشت با احتمال خطای یک درصد، اثر گلیسین و متانول با احتمال خطای پنج درصد و برهمکنش تاریخ کاشت در گلیسین با احتمال خطای پنج درصد و تاریخ کاشت در متانول با احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). اثرات متقابل تیمارهای تاریخ کاشت و گلیسین نشان داد که مصرف گلیسین و افزایش غلظت آن، سبب افزایش طول گل آذین نر شد و بیشترین طول گل آذین نر به میزان ۴۶/۱۸ سانتی متر، در تیمار گلیسین ۲ میلی گرم بر لیتر در تاریخ کاشت ۱۵ مرداد ماه مشاهده شد که ۶۵/۳۴ درصد نسبت به شاهد در تاریخ کاشت ۴ شهریور ماه افزایش داشت (جدول ۶). در اثرات متقابل تاریخ کاشت در متانول مشاهده شد که بیشترین طول گل آذین نر به میزان ۴۸/۱۱ سانتی متر مربوط به متانول ۲۰ درصد حجمی در تاریخ کاشت ۱۵ مرداد بود که افزایش ۵۶/۴۰ درصدی نسبت به شاهد در تاریخ کاشت ۴ شهریور داشت (جدول ۹). در همین راستا گزارش شد که کاربرد گلیسین با افزایش فتوسنتز و جذب نیتروژن بیشتر توسط گیاه، سبب افزایش عملکرد و افزایش عملکرد ذرت شد (Bai et al., 2022).

قطر ساقه تا گره اول

اثر تاریخ کاشت، گلیسین و متانول با احتمال خطای یک درصد بر قطر ساقه تا گره اول معنی‌دار شد (جدول ۵). نتایج مقایسه تیمارهای تاریخ کاشت نشان داد که تاریخ کاشت ۲۵ و ۱۵ مرداد ماه به ترتیب با مقادیر ۲/۵۴ سانتی متر، ۲/۸۵ سانتی متر مناسب‌تر از تاریخ کاشت ۴

گلیسین به میزان ۰/۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که نسبت به شاهد ۲۹ درصد افزایش داشت. سایر محققین گزارش کردند که کشت تأخیری ذرت با تأخیر در جوانه زنی و رشد گیاه موجب کاهش عملکرد ذرت می‌شود که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر مطابقت داشت (Long et al., 2017).

تعداد برگ در بوته

اثر تاریخ کاشت با احتمال خطای یک درصد، اثر گلیسین و متانول با احتمال خطای پنج درصد و اثرات متقابل تاریخ کاشت در گلیسین با احتمال خطای یک درصد و برهمکنش تاریخ کاشت در متانول با احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). بررسی اثرات متقابل تاریخ کاشت در گلیسین بیانگر آن است که مصرف گلیسین ۲ میلی گرم بر لیتر و افزایش غلظت آن، سبب افزایش تعداد برگ در بوته به ترتیب با میزان ۱۸ برگ در دو تاریخ کاشت ۱۵ و ۲۵ مرداد ماه شد و ۱۵۷/۱۴ درصد نسبت به شاهد در تاریخ کاشت ۴ شهریور ماه افزایش داشت (جدول ۶). برهمکنش تاریخ کاشت در متانول نشان داد که متانول افزایش تعداد برگ در بوته در تاریخ کاشت‌های ۱۵ و ۲۵ مرداد به ترتیب با مقادیر ۱۸ و ۱۷ برگ و ۱۵۷/۱۴ و ۱۴۲/۸۵ درصد نسبت به شاهد در تاریخ کاشت ۴ شهریور شد (جدول ۹). متانول از طریق افزایش غلظت دی‌اکسید کربن و افزایش ظرفیت فتوسنتزی، افزایش هورمون‌های رشد، موجب افزایش تعداد برگ در بوته شد. محلول‌پاشی متانول می‌تواند با تأثیر روی اتیلن باعث تأخیر پیری در برگ‌ها شود و طول دوره فتوسنتز فعال گیاه را افزایش دهد (Gout et al., 2000; Dorokhov et al., 2018). کاربرد گلیسین نیز موجب افزایش تعداد برگ و

قطر بلال با پوشش

اثر تاریخ کاشت و متانول با احتمال خطای پنج درصد و اثر گلپسین با احتمال خطای یک درصد بر قطر بلال با پوشش معنی‌دار شد (جدول ۵). تاریخ کاشت ۱۵ و ۲۵ مرداد به ترتیب با مقادیر ۷/۵ سانتی‌متر و ۷/۸ سانتی‌متر دارای بیشترین قطر بلال با پوشش بودند. گلپسین ۲ میلی‌گرم بر لیتر دارای بیشترین مقدار قطر بلال با پوشش ۷/۷۰ سانتی‌متر بود و مصرف متانول ۲۰ درصد و ۱۰ درصد حجمی باعث افزایش قطر بلال با پوشش به ترتیب با مقادیر ۷/۵ سانتی‌متر و ۷/۳۳ سانتی‌متر نسبت به شاهد شد (جدول ۷). در همین راستا گزارش شد که کاربرد متانول (۱۰ درصد حجمی) سبب افزایش قطر ساقه کلزا شد (Kalantar Ahmadi and Daneshian, 2019). کاربرد گلپسین به علت تولید اسید آمینه در طی متابولیسم نیتروژن، موجب افزایش قطر و تعداد بلال در شرایط تنش شده است (Shemi et al., 2021).

وزن خشک بلال

اثر تاریخ کاشت و گلپسین و برهمکنش آنها دارای اثر معنی‌داری با احتمال خطای یک درصد بر وزن خشک بلال بود. تاریخ کاشت زود هنگام و همچنین افزایش غلظت گلپسین توأم با افزایش وزن خشک بلال بود. بیشترین وزن خشک بلال به میزان ۳۳۷/۱۸ گرم در اثرات متقابل گلپسین ۲ میلی‌گرم بر لیتر در تاریخ کاشت ۱۳۹۹/۵/۱۵، مشاهده شد و کمترین مقدار این شاخص مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف)، به میزان ۷۹/۶ گرم بود. تعیین تاریخ کاشت مناسب گیاهان زراعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، چون بر صفات و مراحل مختلف رشد و نمو تأثیر گذاشته و باعث بهینه شدن بازده استفاده از عوامل محیطی مؤثر

شهریور بود. گلپسین ۲ میلی‌گرم بر لیتر ۳/۱۴ سانتی‌متر، سبب افزایش قطر ساقه تا گره اول شد و کاربرد متانول ۲۰ درصد حجمی باعث افزایش قطر ساقه تا گره اول ۳/۰۹ سانتی‌متر شد و موثرتر از سایر تیمارهای متانول بود (جدول ۷). متانول با افزایش هورمون‌های رشد و همچنین باکتری‌های محرک رشد در گیاه سبب افزایش قطر ساقه تا گره اول شد (Gout et al., 2000; Dorokhov et al., 2018). مصرف گلپسین به دلیل افزایش فتوسنتز، تورژانس سلولی و افزایش انتقال مواد مغذی در گیاه سبب افزایش قطر ساقه شد (Shemi et al., 2021; Bai et al., 2022).

تعداد بلال

اثر تاریخ کاشت با احتمال خطای یک درصد، گلپسین و متانول با احتمال خطای پنج درصد بر تعداد بلال معنی‌دار شد (جدول ۵). تاریخ کاشت ۱۵ و ۲۵ مرداد ماه به ترتیب با مقادیر ۲/۵ و ۲/۳۳ دارای بیشترین تعداد بلال بودند. گلپسین ۲ میلی‌گرم بر لیتر و ۱ میلی‌گرم بر لیتر با مقادیر ۲ بلال، بیشترین تعداد بلال را داشتند و مصرف متانول ۲۰ درصد و ۱۰ درصد حجمی باعث افزایش تعداد بلال به ترتیب با مقادیر ۲/۵ و ۲ بلال، نسبت به شاهد شد (جدول ۷). گلپسین بتائین از طریق حفظ و تنظیم اسمزی، حفظ تمامیت غشای پلاسمایی و حفظ ساختمان پروتئین‌ها منجر به افزایش تجمع کلروفیل‌ها، جذب دی‌اکسیدکربن، تسهیل انتقال الکترون، محافظت از فعالیت پروتئین‌ها و چربی‌های غشای تیلاکوئیدی در فتوسنتز II می‌شود. همچنین گزارش شده است که کاربرد متانول به دلیل افزایش هورمون‌های محرک رشد و سرعت رشد، سبب افزایش تعداد نیام در بوته ماش شد (Khamer et al., 2018).

درجه روز رشد مناسب را برای اتمام طول دوره رشد دریافت نمی‌کند (Hussain et al., 2022).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که کاربرد متانول و گلیسین موجب بهبود عملکرد و صفات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی شد و با افزایش غلظت متانول و همچنین با افزایش غلظت گلیسین، صفات مورد مطالعه در این پژوهش افزایش یافت. به طور کلی در سه تاریخ کاشت، کاربرد گلیسین و متانول سبب افزایش صفات مورد مطالعه در این پژوهش شد اما، تأخیر در کشت ذرت علوفه‌ای (۱۳۹۹/۶/۴)، سبب کاهش عملکرد آن شد که می‌توان علت آن را شروع فصل سرما و کاهش طول روز دانست و بهترین تاریخ کاشت برای کشت ذرت علوفه‌ای ۱۵ مرداد ماه بود. کاربرد متانول و گلیسین، تا حدودی موجب کاهش اثرات منفی ناشی از تأخیر کاشت ذرت علوفه‌ای در (۱۳۹۹/۵/۲۵) شد که می‌توان علت آن را افزایش سرعت رشد گیاه توسط متانول و گلیسین دانست. بنابراین برای افزایش عملکرد ذرت علوفه‌ای می‌توان کاربرد متانول ۲۰ درصد حجمی و گلیسین ۲ میلی‌گرم بر لیتر را در مناطق آب و هوایی مرطوب مشابه مازندران مد نظر قرار داد ولی تأخیر در کشت ذرت علوفه‌ای پیشنهاد نمی‌شود.

بر عملکرد می‌شود. تأخیر در کاشت ذرت موجب کاهش وزن خشک بلال شده که این امر از طریق کوتاه شدن دوره رشد رویشی و کاهش میزان کربوهیدرات‌ها و مواد معدنی انتقال یافته به دانه می‌باشد (Hussain et al., 2022).

GDD کاشت تا رسیدگی

محاسبه GDD کاشت تا رسیدگی در تاریخ کاشت ۱۵ مرداد ۱۷۲۴/۶۵ درجه سلسیوس، در تاریخ کاشت ۲۵ مرداد ۱۶۵۳/۷۲ درجه سلسیوس و در تاریخ کاشت ۴ شهریور ۱۵۳۶/۵۸ درجه سلسیوس بود. در مطالعه حاضر مقدار GDD با تأخیر در کشت ذرت کاهش یافت که علت آن را می‌توان کاهش طول روز و مواجهه گیاه با سرما دانست. از پراهمیت‌ترین علت تغییر درجه روز رشد در تاریخ کاشت‌های مختلف این است که وقتی کشت گیاه در زمان مناسب انجام شود، متوسط درجه حرارت مورد نیاز خود را در هریک از مراحل رشدی در مدت زمان کوتاه‌تری دریافت می‌کند و مراحل رشد در زمان مناسب و با درجه حرارت مطلوب‌تری سپری می‌گردد و بالعکس، تأخیر در کاشت گیاه، سبب می‌شود که گیاه حرارت مورد نیاز خود را در هریک از مراحل رشدی در مدت زمان طولانی‌تری دریافت کرده و هریک از مراحل رشد به دلیل برخورد با شرایط نامساعد آب و هوایی کاهش یافته و سرانجام گیاه

جدول ۱ - اطلاعات هواشناسی سال ۱۳۹۹
Table 1- Meteorological information in 2020

ماه	Months	میانگین دما Average temperature (0 ^c)		میانگین مجموع میزان تبخیر Average total evaporation rate (mm)	میانگین رطوبت نسبی Average relative humidity (%)	میانگین میزان بارندگی Average precipitation (mm)
		حداکثر Max	حداقل Min			
فروردین	April	19.5	9.5	71.8	76	98.7
اردیبهشت	May	25.2	15.8	115.9	77.5	27.2
خرداد	June	28.6	19.2	154.4	75.5	23.7
تیر	July	31.4	22.2	169.4	75.5	59.4
مرداد	August	33.5	22.6	193.9	73.5	6.7
شهریور	September	32	21.2	156.6	71.5	99.3
مهر	October	25	14.8	77.5	76	104.2
آبان	November	18.4	10.2	37.7	81	54
آذر	December	12.4	1.8	22.9	76	58.3
دی	January	13.1	2.5	23.1	76.5	11.2
بهمن	February	10.9	5.2	26	79	92.2
اسفند	March	15.6	4.4	67.4	79.5	16.4
میانگین	Average	22.13	12.45	93.05	76.46	54.33

جدول ۲ - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک
Table 2- Physical and chemical properties of soil

بافت خاک Texture Soil	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	کربن آلی Organic C درصد	مواد آلی O.M (%)	پتاسیم قابل جذب K (ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن کل N (%)	pH	Ec ds/m	عمق Depth
لوم - سیلتی loam- silty	6	50	44	1.1	2.7	99	118	0.134	7.7	0.76	0-30

جدول ۳ - نتایج آزمون بارتلت
Table 3- Bartlett test results

	ارتفاع گیاه Plant height	ارتفاع محل بلال The height of the ear	وزن خشک ساقه Stem dry weight	عملکرد علوفه خشک Dry matter yield	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	وزن خشک بلال Dry weight of maize	طول گل آذین نر Male infloresce nce length	قطر ساقه تا گره اول Stem diameter to the first node	تعداد بلال Numb er of maize	قطر بلال با پوشش Maize diameter with cover
P	0.4356	0.297	0.498	0.236	0.3689	0.2359	0.4689	0.1326	0.130	0.4309
chi-square	0.0035	0.006	0.622	0.935	0.2697	0.3256	0.1003	0.2359	0.845	0.11352

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مرفولوژیک، فیزیولوژیک و عملکرد علوفه ذرت

Table 4- Variance analysis of morphological, physiological traits and corn fodder performance

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares				
		ارتفاع گیاه Plant height	ارتفاع محل تشکیل بلال The height of the ear formation	وزن خشک ساقه Stem dry weight	عملکرد علوفه خشک Dry matter yield	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant
تاریخ کاشت یا مکان (P) planting date or place (P)	2	95480.33**	16868.37**	41359.24**	412158691.58**	525.64**
تکرار (مکان) Replication (P)	6	652.19	2.56	333.46	878.79	1.49
گلیسین (G) Glycine	2	30005.57**	3875.08**	9715.45 ^{ns}	5201200.11 ^{ns}	62.16*
متانول (M) Methanol	2	158.53 ^{ns}	664.36**	1477.69 ^{ns}	928050.75 ^{ns}	18.38*
M×G	4	288.43 ^{ns}	106.62 ^{ns}	226.90 ^{ns}	109576.1 ^{ns}	0.31 ^{ns}
G × P	4	1900.96**	248.91**	2727.02**	1991546.8**	8.10**
M × P	4	178.07 ^{ns}	33.28 ^{ns}	345.68**	322494.2**	2.84*
M × G × P	8	477.56 ^{ns}	137.69**	916.01**	52089.1**	0.38 ^{ns}
خطا Error	48	521.64	12.07	117.69	16760.7	0.32
C.V. (٪) ضریب تغییرات		14.01	6.51	9.20	13.38	6.23

*، ** و ^{ns} به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی دار می باشند.*، ** and ^{ns} are significant at the levels of 5%, 1% and no significant.

جدول ۵- تجزیه واریانس برخی صفات مورد مطالعه

Table 5- Variance analysis of some characteristics

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares				
		طول گل آذین نر Male inflorescence length	قطر ساقه تا گره اول Stem diameter to the first node	تعداد بلال Number of ear	قطر بلال با پوشش Ear diameter with cover	وزن خشک بلال Dry weight of ear
تاریخ کاشت یا مکان (P) planting date or place (P)	2	1220.26**	17.47**	10.97**	135.05*	37838.75**
تکرار (مکان) Replication (P)	6	1.16	0.019	0.54	0.25	462.36
گلیسین (G) Glycine	2	179.84*	4.42**	3.98*	12.27**	9721.15**
متانول (M) Methanol	2	36.90*	5.27**	4.46*	1.31*	917.77 ^{ns}
M×G	4	3.23 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.01 ^{ns}	291.89 ^{ns}
G × P	4	12.63*	0.020 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.39 ^{ns}	4468.19**
M × P	4	3.12**	0.042 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.18 ^{ns}	241.27 ^{ns}
M × G × P	8	1.83 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.067 ^{ns}	230.2 ^{ns}
خطا Error	48	0.41	0.45	2.24	0.056	286.54
C.V. (٪) ضریب تغییرات		9.38	6.93	12.45	7.14	12.61

*، ** و ^{ns} به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی دار می باشند.*، ** and ^{ns} are significant at the levels of 5%, 1% and no significant.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل تاریخ کاشت و گلیسین بر برخی صفات مورد مطالعه

Table 6- Mean comparison of interaction effects of planting date and glycine on some characteristics

تیمارها Treatments		ارتفاع گیاه Plant height (cm)	تعداد برگ در بوته Number of leaves in plant	طول گل آذین نر Male inflorescence length (cm)	وزن خشک بلال در هر بوته Dry weight of maize in plant (g)
تاریخ کاشت Planting date	گلیسین Glycine				
2020.8.6	2 ppm	182.68 ^a	18 ^a	46.18 ^a	337.1 ^a
	1 ppm	168.49 ^b	14 ^c	41.39 ^b	253.2 ^c
	Control	145.97 ^c	16 ^b	36.35 ^c	191.5 ^d
2020.8.16	2 ppm	175.56 ^b	18 ^a	40.75 ^b	301 ^b
	1 ppm	145.66 ^c	14 ^c	37.07 ^c	275.4 ^{bc}
	Control	145.53 ^c	12 ^d	35.68 ^c	209.1 ^d
2020.8.26	2 ppm	115.48 ^{cd}	10 ^e	37.4 ^c	126.8 ^e
	1 ppm	110.24 ^d	8.5 ^f	32.85 ^d	122.5 ^e
	Control	94.32 ^e	7 ^g	27.93 ^e	79.6 ^f

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار هستند (آزمون دانکن با احتمال خطای پنج درصد).

Means in a column and a treatment followed by the same letter are not significantly different at 5% level.

جدول ۷- مقایسه میانگین برخی صفات مورد مطالعه

Table 7- Mean comparison of some characteristics

تیمارها Treatments	قطر ساقه تا گره اول Stem diameter to the first node(cm)	تعداد بلال Number of ear	قطر بلال با پوشش Ear diameter with cover(cm)
تاریخ کاشت Planting date			
2020.8. 6	2.54 ^a	2.5 ^a	7.5 ^a
2020.8.16	2.85 ^a	2.33 ^a	7.8 ^a
2020.8.26	1.36 ^b	1 ^b	4.5 ^b
گلیسین Glycine			
2 ppm	3.14 ^a	2 ^a	7.70 ^a
1 ppm	2.67 ^b	2 ^a	6.30 ^b
Control	2.58 ^b	1 ^b	4.66 ^c
متانول Methanol			
20% v/v	3.09 ^a	2.5 ^a	7.5 ^a
10% v/v	2.45 ^b	2 ^a	7.33 ^a
Control	2.34 ^b	1 ^b	5.5 ^b

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار هستند (آزمون دانکن با احتمال خطای پنج درصد).

Means in a column and a treatment followed by the same letter are not significantly different at 5% level.

جدول ۸- اثرات متقابل تاریخ کاشت، گلیسین و متانول بر ارتفاع محل تشکیل بلال، وزن خشک ساقه و عملکرد علوفه خشک

Table 8- The interaction of planting date, glycine and methanol on the height of the ear formation, stem dry weight and dry matter yield

تاریخ کاشت Planting date	گلیسین Glycine	متانول Methanol	ارتفاع محل تشکیل بلال Height of the ear formation	وزن خشک ساقه Stem dry weight	عملکرد علوفه خشک Dry matter yield
2020.8. 6	2 ppm	20% v/v	107.4 ^a	315.21 ^a	19415.59 ^a
		10% v/v	101.8 ^{ab}	275.64 ^b	17091.53 ^b
		Control	98.4 ^b	262.86 ^b	17069.41 ^b
	1 ppm	20% v/v	91.5 ^{bc}	218.28 ^{cd}	15199.8 ^{bc}
		10% v/v	89.6 ^{bc}	227.64 ^c	16875.74 ^b
		Control	88.5 ^{bc}	181.65 ^e	13853.62 ^{bc}
	Control	20% v/v	90.5 ^{bc}	180.36 ^e	12628.8 ^c
		10% v/v	89.5 ^{bc}	179.17 ^e	11805.74 ^c
		Control	79.32 ^c	175.65 ^e	10283.62 ^{cd}
	2 ppm	20% v/v	98.5 ^b	239.34 ^c	16132.15 ^{bc}
		10% v/v	96.2 ^b	211.95 ^{cd}	13066.39 ^c
		Control	95.2 ^b	196.61 ^d	12435.66 ^c
2020.8.16	1 ppm	20% v/v	89.3 ^{bc}	149.24 ^f	11916.35 ^c
		10% v/v	85.5 ^c	135.04 ^f	11350.6 ^c
		Control	83.2 ^c	118.27 ^{fg}	9719.87 ^{cd}
	Control	20% v/v	81.8 ^c	87.61 ^g	9856.36 ^{cd}
		10% v/v	78.6 ^c	81.97 ^g	8280.6 ^d
		Control	71.5 ^d	89.12 ^g	7149.87 ^d
	2 ppm	20% v/v	72.5 ^e	101.27 ^g	6884.39 ^d
		10% v/v	70.3 ^e	99.55 ^g	5806.32 ^{ed}
		Control	63.5 ^f	91.45 ^g	4855.87 ^e
	1 ppm	20% v/v	62.1 ^f	92.24 ^g	4562.91 ^e
		10% v/v	57.4 ^f	62.33 ^h	4484.84 ^e
		Control	57.3 ^f	61.11 ^h	3534.39 ^f
2020.8.26	Control	20% v/v	51.2 ^g	58.65 ^h	3497.27 ^f
		10% v/v	45.5 ^h	57.12 ^h	3519.20 ^f
		Control	40.3 ⁱ	36.18 ⁱ	2568.76 ^g

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار هستند (آزمون دانکن با احتمال خطای پنج درصد).

Means in a column and a treatment followed by the same letter are not significantly different at 5% level.

جدول ۹- اثرات متقابل تاریخ کاشت و متانول بر تعداد برگ در بوته و طول گل آذین نر

Table 9- The interaction of planting date and methanol on the number of leaves in plant and male inflorescence length

تیمارها Treatments		تعداد برگ در بوته Number of leaves in plant	طول گل آذین نر Male inflorescence length (cm)
تاریخ کاشت Planting date	متانول Methanol		
2020.8.6	20% v/v	18 ^a	48.11 ^a
	10% v/v	13 ^b	45.17 ^b
	Control	13 ^b	38.5 ^d
2020.8.16	20% v/v	17 ^a	42.56 ^c
	10% v/v	14 ^b	39.92 ^{cd}
	Control	11 ^c	37.46 ^d
2020.8.26	20% v/v	9 ^d	40.3 ^{cd}
	10% v/v	7 ^e	34.66 ^e
	Control	7 ^e	30.76 ^f

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار هستند (آزمون دانکن با احتمال خطای پنج درصد).

Means in a column and a treatment followed by the same letter are not significantly different at 5% level.

References

منابع مورد استفاده

- Ahmed, N., Y. Zhang, K. Li, Y. Zhou, M. Zhang, and Z. Li. 2019. Exogenous application of glycine betaine improved water use efficiency in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) via modulating photosynthetic efficiency and antioxidative capacity under conventional and limited irrigation conditions. *The Crop Journal*. 7 (5): 635-650.
- Ali, S., Z. Abbas, M.F. Seleiman, M. Rizwan, I. Yavas, B.A. Alhammad, A. Shami, M. Hasanuzzaman, and D. Kalderis. 2020. Glycine betaine accumulation, significance and interests for heavy metal tolerance in plants. *Plants*. 9(7): 896-911.
- Bai, M., W. Zeng, F. Chen, X. Ji, Z. Zhuang, B. Jin, J. Wang, L. Jia, and Y. Peng. 2022. Transcriptase expression profiles reveal response mechanisms to drought and drought-stress mitigation mechanisms by exogenous glycine betaine in maize. *Biotechnology letters journal*. 44: 367-386.
- Cao, Q., G. Li, F. Yang, X. Jiang, L. Diallo, E. Zhang, and F. Kong. 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.
- Dorokhov, Y.L., E.V. Sheshukova, and T.V. Komarova. 2018. Methanol in plant life. *Frontiers in Plant Science*. 9: 1623.
- Downie, A., S. Miyazaki, H. Bohnert, P. John, J. Coleman, M. Parry, and R. Haslam. 2004. Expression profiling of the response of arabidopsis thaliana to methanol stimulation. *Phytochemistry*. 65: 2305-2316.
- Gout, E., S. Aubert, R. Bligny, F. Rebeille, A. R. Nonomura, A. A. Benson, and R. Douce. 2000. Metabolism of methanol in plant cells. Carbon-13 nuclear magnetic resonance studies. *Plant Physiology*. 123 (1): 287-96.
- Gupta, N., and S. Thind. 2017. Grain yield response of drought stressed wheat to foliar application of glycine betaine. *Indian Journal of Agricultural Research*. 51 (3): 287-291.
- Hamani, A.K.M., J. Chen, M.K. Sothar, G. Wang, X. Shen, Y. Gao, and R. Qiu. 2021. Application of exogenous protectants mitigates salt-induced Na⁺ toxicity and sustains cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seedling growth: Comparison of glycine betaine and salicylic acid. *Plants*. 10 (2): 380-395.
- Hanson, A.D., and S. Roje. 2001. One-carbon metabolism in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 52: 119-37.
- Haghigi, P., D. Habibi, H. Mozafari, B. Thani, and M. Sadeghi Shua. 2020. Study of the effect of methanol and amino acid glycine spraying on yield and some physiological traits in different fodder beet cultivars. *SugarBeet Journal*. 36 (2): 185 -201. (In Persian)
- Hussain, N., A. Hussain, M. Anwar Bhat, O. Aliwani, T. Ahmad, A. H. Mir, F. Jelani, S. Kauser, T. Sheikh, and N. Fatima. 2022. Effect of establishment methods, planting dates and hybrids on phenology and yield of sweet corn (*Zea mays saccharata* L) under temperate conditions. *The Pharma Innovation Journal*. 11(4): 626-629.
- Kalantar Ahmadi, S.A., and J. Daneshian. 2019. The effect of foliar spraying with ascorbic acid, salicylic acid and methanol on the physiological characteristics and

- the reduction of late planting damage of rapeseed. *Journal of Crops Improvement*. 23 (2): 392-377. (In Persian)
- Khalily, M., M. Moghaddam, H. Kanouni, and E. Asheri. 2010. Dissection of drought stress as a grain production constraint of maize in Iran. *Asian Journal of Crop Science*. 2(2): 60-69.
 - Khamer, M., H.R. Mobasr, and S. Kikhani. 2018. Investigating the effect of time and different levels of methanol spraying on the yield and yield components of mung bean plant (*Vigna radiate*). *Agricultural Research in the Desert Margin*. 15(2): 83-91. (In Persian)
 - Liaqat, W., M. Akmal, and J. Ali. 2018. Sowing date effect on production of high yielding maize varieties Sarhad. *Journal of Agriculture*. 34(1): 102-113.
 - Lixin, Z., L. ShengXiu, and L. ZongSuo. 2009. Differential plant growth and osmotic effects of two maize (*Zea mays* L.) cultivars to exogenous glycine betaine application under drought stress. *Plant Growth Regular*. 58: 297-305.
 - Long, N.V., Y. Assefa, R. Schwalbert, and I.A. Ciampitti. 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: 16-21.
 - Mahmoud Soltani, S., M. Hosseini Chaleshtori, K. Tajaddodi Talab Rashti, H. Shukri Vahad, and M. Shakouri Katigeri. 2022. Effect of glycine amino acid chelated zinc and iron on yield, and macro and micronutrient contents of rice aerial tissues. *Iranian Journal of Soil and Water Research*. 53 (4): 763-776. (In Persian)
 - Nazeri, P., A.H. Shirani Rad, S.A.Valad Abadi, 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.
 - Paknejad, F., M. Mirakhori, M.J. Al-Ahmadi, M. R. Tookalo, A.R. Pazoki, and P. Nazeri. 2009. Physiological response of soybean (*Glycine max*) to foliar application of methanol under different soil moistures. *American Journal of Agricultural & Biological Science*. 4: 311-318.
 - Plett, S. 1992. Comparison of seasonal thermal indices for measurement for measurement of corn maturity in a Prairie environment. *Canadian Journal of Plant Science*. 72: 1157-1162.
 - Shemi, R., R. Wang, M.S. Gheith, H. Athar Hussain, S. Hussain, M. Irfan, L. Cholidah, K. Zhang, S. Zhang, and L. Wang. 2021. Effects of salicylic acid, zinc and glycine betaine on morpho-physiological growth and yield of maize under drought stress. *Scientific Reports*. 28 (3): 1-12.
 - Zhou, B., Y. Yue, X. Sun, Z. Ding, W. Ma, and M. Zhao. 2017. Maize kernel weight responses to sowing date-associated variation in weather conditions. *The Crop Journal*. 5(1): 43-51.

Research Article

DOI:

Effect of Glycine and Methanol Foliar Application on Yield and some Morphological and Physiological Traits of Forage Maize at Three Different Planting Dates

Mehdi Ramezani¹, Farzad Paknejad^{1*}, Mohammad Reza Ardakani¹, Davood Habibi¹, and Mohammad Nabi Ilkaee¹

Received: June 2023, Revised: 28 July 2024, Accepted: 22 April 2025

Abstract

Suitable planting date is one of the important factors in determining the yield potential of crops especially in corn, and also the use of methanol and glycine spraying increased plant growth, especially in delayed crops. For this purpose, a factorial research in the form of randomized complete block design with three replications in three separate plots in the promotional research farm of Jihad Agricultural Center, Simorgh city, Mazandaran province, on fodder corn as the second crop after rice harvest in the crop year 2019-2020. The research factors included glycine at three levels of 0 (control), 1 and 2 mg.L⁻¹, methanol at three levels of 0 (control), 10 and 20% v/v, as well as three planting dates: August 6, 16 and 27. The results of this study showed that the highest values of dry matter yield of corn fodder was 1944.59 kg.ha⁻¹ that related to the interaction treatments of methanol 20 % spraying and glycine 2 ppm spraying in planting date of 6.8.2020. The results of present study illustrated that the use of methanol and glycine spraying and also the increasing of their concentration increased the yield and Physiological and morphological characteristics of fodder corn. Delay in corn cultivation (27.8.2020) reduced its yield and Physiological and morphological characteristics of fodder corn. The highest amount of dry fodder yield 19415.59 kg.ha⁻¹ was related to the mutual effects of methanol 20% by volume and glycine 2 mg.L⁻¹ on the planting date of August 6 and the lowest dry fodder yield was related to the control treatment 2568.76 kg.ha⁻¹ on August 27. The use of methanol and glycine partially reduced the negative effects caused by the delay in corn planting. In general, the delay in corn cultivation is not recommended, but the application of methanol 20% v/v and 2 mg/l of glycine for fodder corn in humid climate areas similar to Mazandaran and due to the improvement of delayed cultivation (August 27) is recommended.

Key words: Delayed cultivation, Maize yield, Planting date, Single cross 201.

1- Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran..

*Corresponding Authors: Farzad.paknejad@gmail.com