ارزیابی عملکرد کمی و برخی صفات فیزیولوژیکی هیبریدهای جدید ذرت (*Zea mays L.*) در واکنش به محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی

فروغ چینی‌پرداز[۱]، تیموربابایی‌نژاد[۲*]، علی غلامی[۳]، محمدبرزگری[۴] و نویدقنواتی[۵]

۱، ۲، ۴ و ۵) گروه خاک‌شناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
۳) مرکز تحقیقات مطالعات آب، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.
نویسنده مسئول*:Timoorba@yahoo.com

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۰۷/۰۸ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۳**

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی هیبریدهای جدید ذرت طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی صفی‌آباد دزفول انجام شد. این آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. تیمار اصلی شامل محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در مراحل هشت برگی و زمان ظهور کامل اندام‌های گیاه در سطوح کنترل، Fe، Mn، Zn، Fe+Mn، Fe+Zn، Mn+Zn ، Fe+Mn+Zn و سطوح هیبرید (سینگل کراس) شامل 637 (45/1-2z25)، هیبرید 637 (45/1-2z2)، هیبرید 670 (mol7)، هیبرید 701 (mx11z18/1)، هیبرید 677 (1/64/018z35)، هیبرید 702 (2/12/15/3-1) و هیبریدمبین (mx11z18/2) به‌عنوان تیمار فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده عناصر ریزمغذی و هیبرید بر شاخص سطح برگ، تعداد دانه در بلال، وزن صددانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد نیتروژن دانه در سطح احتمال یک درصد و اثر برهم‌کنش عناصر ریزمغذی در هیبرید بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیش‌ترین شاخص سطح برگ و عملکرد بیولوژیک در سال دوم از محلول‌پاشی ترکیبی آهن، منگنز و روی حاصل شد. بیش‌ترین عملکرد دانه (۱۴/۶۱ تن در هکتار) در سال دوم با محلول‌پاشی ترکیبی آهن، منگنز و روی در هیبرید ۶۷۰ حاصل شد که نسبت به تیمار کنترل در هیبرید ۷۰۲ حدود ۴۵ درصد افزایش یافت. با توجه به نتایج فوق محلول-پاشی سه عنصر ریزمغذی آهن، منگنز و روی در دو زمان هشت برگی و زمان ظهور کامل اندام‌های گیاه برای افزایش عملکرد و بهبود صفات فیزیولوژیک ذرت هیبرید ۶۷۰ در شرایط منطقه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آهن، شاخص برداشت، شاخص سطح برگ، نیتروژن دانه و وزن صددانه.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) یکی از محصولات غذایی است که به‌طور گسترده در دنیا کشت می‌شود و نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی جهان دارد. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، میلیون‌ها انسان، نیاز پروتئین و انرژی خود را از ذرت تأمین می‌کنند (Grote *et al.*, 2021). ذرت در طول دوره رشد مواد غذایی زیادی را از خاک جذب می‌کند. خاک فقیر در مزرعه ذرت باعث کاهش توان رقابت گیاه شده و مشکلات علف‌های هرز را زیاد می‌کند لذا افزایش حاصل‌خیزی با مصرک کودها می‌تواند باعث کاهش خسارت حاصل از عوامل زیان‌رسان شود (Campillo *et al.*, 2010). امروزه علاوه بر عناصر غذایی پرمصرف استفاده از عناصر ریزمغذی به‌عنوان ابزاری مهم برای حصول حداکثر عملکرد در واحد سطح مورد توجه است. عناصر غذایی ریزمغذی علاوه بر افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی در سلامت انسان و دام نیز اثر به‌سزایی دارد. کشت مداوم، آهکی بودن خاک‌ها و عدم مصرف کودهای حاوی عناصر غذایی لازم از دلایل کمبود در خاک‌های ایران است (طهرانی و ملکوتی، ۱۳۸۴). ذرت به‌دلیل تولید ماده خشک بالا نسبت به سایر گیاهان، نیازمند تغذیه بیشتر می‌باشد و از این رو برای رسیدن به حداکثر محصول در این گیاه لازم است از میزان بیشتری عناصر غذایی به‌ویژه ریزمغذی‌ها استفاده گردد (Khalafi *et al.*, 2021). شرایط اقلیمی و ویژگی‌های خاک از عوامل مهم و مؤثر بر قابلیت استفاده و در نتیجه جذب عناصر غذایی توسط غلات هستند (ملازم و همکاران، ۱۴۰۰). در شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک و به‌علت قلیایی بودن خاک، حلالیت و قابلیت استفاده عناصرغذایی، به‌ویژه عناصر ریزمغذی شامل آهن، روی و منگنز کاهش می‌یابد. در چنین شرایطی وجود ترکیبات آهک سبب ایجاد ترکیبات غیرمحلول عناصر ریزمغذی و در نتیجه کاهش جذب عناصر توسط گیاه می‌گردد (Miransari, 2013). محلول‌پاشی برگی یکی از روش‌های سریع در رفع نیاز کودی بوده که در این روش در مصرف کود نیز صرفه‌جویی می‌گردد و در اثر آن علاوه بر جنبه مثبت اقتصادی، محیط زیست از آلودگی شیمیایی حفظ شده که این امر در راستای تحقق کشاورزی پایدار بسیار مؤثر می‌باشد (طهرانی و ملکوتی، ۱۳۸۴). مصرف برگی و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بهتر از مصرف خاکی می‌تواند در افزایش عملکرد گیاه مؤثر واقع شود (Cakmak, 2000). ویژگی‌های ژنتیکی گیاه عامل مهم دیگر است که به‌صورت مؤثر جذب عناصر غذایی و در نتیجه رشد گیاه را کنترل می‌نماید. قابلیت جذب عناصر و رشد و تولید محصول ذرت، در هیبریدهای مختلف ذرت، متفاوت می‌باشد (متقی، ۱۴۰۰)، به‌صورتی‌که، هیبریدهای دارای کارایی بیش‌تر می‌توانند عناصر بیش‌تر جذب نموده، و در نتیجه افزایش رشد و تولید محصول بیش‌تری را به‌دنبال خواهد داشت (برنجانی و همکاران، ۱۴۰۰). ژنوتیپ‌های پربازده گیاه می‌توانند از طریق فعال نمودن ژن‌های مرتبط، که موجب تولید ترکیباتی برای استفاده بهینه‌تر از عناصر غذایی می‌گردند باعث افزایش رشد خود و تولید محصول بیش‌تر شوند (Zambrosi and Quaggio, 2019). در مطالعه‌ای Toth و

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

همکاران (۲۰۲۲) با بررسی اثرات محلول‌پاشی عنصر روی بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی هیبرید ذرت بیان کردند که عنصر روی به‌صورت معنی‌دار موجب افزایش محصول و اجزای محصول ذرت و همچنین میزان کلروفیل گردید. مطابق با تحقیقات Oliveira و همکاران (۲۰۲۰) مشخص گردید، که محلول‌پاشی برگی ذرت و سورگم با منگنز (در شرایط کمبود منگنز خاک) و سیلیسیوم موجب افزایش غلظت عناصر ریز مغذی، کلروفیل، و افزایش رشد گیاه در شرایط مزرعه گردید. نظر به این‌که بیشتر مناطق ایران در شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک واقع شده است، لزوم افزایش محصول ذرت در چنین شرایطی برای تغذیه جمعیت روزافزون ایران و سایر مناطق مشابه دنیا، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی اثرهای عناصر ریز مغذی آهن، روی و منگنز، بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک هیبریدهای ذرت در شرایط خشک و نیمه‌خشک استان خوزستان، در مزرعه مرکز تحقیقات صفی‌آباد دزفول طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه مرکز تحقیقات صفی‌آباد دزفول واقع در استان خوزستان با موقعیت عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۶ دقیقه‌ی شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۸۲ متر از سطح دریا انجام شد. این آزمایش به صورت اسپلیت‌پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمار اصلی شامل محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در مراحل هشت برگی و زمان ظهور کامل اندام‌های گیاه در سطوح کنترل، Fe، Mn، Zn، Fe+Mn، Fe+Zn، Mn+Zn، Fe+Mn+Zn و سطوح هیبرید (سینگل کراس) شامل 637 (45/1-2z25)، هیبرید 637 (45/1-2z2)، هیبرید 670 (mol7)، هیبرید 701 (mx11z18/1)، هیبرید 677 (1/64/018z35)، هیبرید 702 (2/12/15/3-1) و هیبریدمبین (mx11z18/2) به‌عنوان تیمار فرعی در نظر گرفته شدند (Chinipardaz *et al.*, 2022). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل پژوهش در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱: مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک زمین آزمایش (در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر)

آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن (درصد)	ماده آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	بافت خاک	سال زراعی
۶	۱/۲	۸/۴	۹	۱۴۶	۰/۳۴	۱	۴/۰۱	۷/۵	لوم‌رسی‌سیلتی	۹۶-۱۳۹۵
۹/۵	۱/۴	۹/۴	۹/۲	۱۴۷	۰/۵۱	۱/۲	۴	۷/۴	لوم‌رسی‌سیلتی	۹۷-۱۳۹۶

آزمایش در ۲۲۴ کرت (۴×۷×۸) با ابعاد شش متر و عرض سه متر و فاصله بین کرتی یک متر انجام گردید. بنابراین در هر کرت فرعی چهار ردیف کاشت با فاصله ۷۵ سانتی‌متر و در هرکرت اصلی ۱۲ ردیف کاشت ایجاد گردید. سطوح تیماری

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

عناصر ریز مغذی آهن، روی و منگنز (a_0-a_7) به‌صورت مجزا با غلظت سه گرم در هزار میلی‌لیتر آب و به‌صورت ترکیب دوتایی و سه‌تایی عناصر با غلظت ۱/۵ در هزار در مراحل هشت برگی و زمان ظهور کامل اندام‌های گیاه استفاده گردیدند. از تیمار کنترل (عدم‌محلول‌پاشی) نیز استفاده گردید. برای تهیه غلظت سه گرم در هزار، ۶۰ گرم از هر عنصر ریزمغذی در ۲۰ لیتر آب حل گردید. برای تهیه غلظت ترکیبی ۱/۵ در هزار عناصر، ۳۰ گرم از دو یا سه عنصر در ۲۰ لیتر آب حل گردید. پس از آماده‌سازی زمین و تهیه ردیف‌های کاشت، بذور ذرت‌های هیبرید با قوه نامیه ۹۸ درصد در تاریخ چهار مرداد ماه بر روی ردیف‌های کاشت با فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر کشت گردیدند. بنابراین با احتساب حواشی تیمارهای آزمایش و فواصل تکرارها، مزرعه آزمایشی با مساحت کل حدود ۲۵۰۰ مترمربع درنظر گرفته شد. برای حصول اطمینان از جوانه‌زنی بذور، تعداد دو عد بذر در هر کپه کاشته، و پس از تنک در مرحله چهار تا پنج برگی فقط یک بوته در هر کپه حفظ گردید، و در نتیجه تراکم ۶۶۶۶۶ بوته در هر هکتار ایجاد گردید. اولین آبیاری در هر دوسال در تاریخ چهار مرداد ماه انجام گردید. تاریخ کاشت ذرت در منطقه از ۲۰ تیر لغایت ۱۵ مرداد می‌باشد، که طبق توصیه کارشناسان ذرت مرکز تحقیقات از یکم مرداد تا پنجم مرداد بهترین تاریخ کاشت ذرت محسوب می‌گردد. آبیاری با روش سیفونی انجام گردید، و پس از جوانه‌زنی بذور، در محل بذور سبز نشده، عملیات واکاری انجام گردید تا تراکم مورد نظر (۶۶۶۶۶ بوته در هکتار) با فواصل منظم حاصل گردید. کوددهی در زمان مقرر، با توجه به تیمارهای ذکر گردیده، در مزرعه انجام گردید. مطابق با آزمون خاک ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم، و ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم در موقع آماده‌سازی زمین در سطح خاک پخش و مخلوط گردید. در واقع این نحوه و میزان استفاده از کود با توجه به شرایط منطقه و روش‌های معمول استفاده از کود توسط کشاورزان در منطقه نیز اتخاد گردیده است. هم‌چنین تنک کردن بوته‌ها در مرحله چهار تا پنج برگی انجام گردید. نظر به‌این‌که میزان لازم برای ذرت در طول فصل رشد به‌طور متوسط برابر با ۱۳۰۰۰ متر مکعب در هکتار می‌باشد، برای آزمایش مزبور، برای سطح آزمایشی ۲۵۰۰ مترمربع، ۳۲۵۰ متر مکعب آب به روش کنتور استفاده گردید. نمونه‌ها در زمان گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیکی، پس از نادیده گرفتن دو نوار کنار، و یک متر ابتدا و انتهای هر کرت (که به‌عنوان حاشیه هر کرت در نظر گرفته شد) از دو ردیف وسط، به مساحت شش مترمربع، برای بررسی صفات مورد نظر تهیه شدند. برای محاسبه سطح برگ‌ها در مرحله گلدهی پنج بوته انتخاب و از فرمول تجربی $A=W\times L\times ۰/۷۵$ استفاده در آن A سطح برگ بر حسب سانتی‌مترمربع، L و W به ترتیب حداکثر طول و عرض برگ در پهن‌ترین قسمت می‌باشد. سپس از نسبت سطح برگ تک بوته به سطح زمینی که اشغال کرده بود شاخص سطح برگ به‌دست آمد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۷). برداشت نهایی پس از رسیدگی فیزیولوژیک یعنی ظهور لایه سیاه در قاعده دانه، در تاریخ ۳۰ آبان از خطوط میانی هر کرت (دو خط میانی)، پس از حذف

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

حاشیه بالا و پایین از مساحت برابر با شش مترمربع با برداشت گیاهان ذرت از ارتفاع یک سانتی‌متر سطح خاک انجام گردید. تعداد ردیف در بلال‌های برداشت شده از هر کرت و تعداد دانه در ردیف بلال‌های برداشت شده از هر کرت شمارش و یادداشت گردید و از حاصل‌ضرب این دو مؤلفه تعداد دانه در بلال به‌دست آمد (برنجانی و همکاران، ۱۴۰۰). به‌منظور تعیین وزن ۱۰۰ دانه، سه نمونه ۱۰۰ تایی از دانه‌های خشک با ترازوی دقیق (با دقت ۰/۰۱) توزین شـــد و پس از میانگین‌گیری به عنوان وزن ۱۰۰ دانه خشـــک برای هر واحد آزمایشی منظور شد. جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه در هر کرت آزمایشی پس از حذف ۰/۵ متر از دو انتهای خطوط، تمامی بلال‌های موجود در دو خط میانی به مساحت شش مترمربع به‌صورت دستی برداشت و پس از خشک شدن در آون جداسازی دانه‌ها به‌صورت دستی انجام گرفت و بوجاری با رطوبت ۱۴ درصد وزن شد (برنجانی و همکاران، ۱۴۰۰). جهت تعیین عملکرد بیولوژیکی پس از حذف یک متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان اثر حاشیه، نمونه‌گیری از دو خط میانی به مساحت شش مترمربع انجام گرفت. بخشی حدود ۵۰۰ گرم را جدا کرده پس از انتقال به آزمایشگاه در آون تهویه‌دار با درجه حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و بعد از خشک شدن وزن آن‌ها محاسبه گردید. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک، به‌صورت درصد، محاسبه گردید (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۷). برای تعیین درصد نیتروژن دانه با استفاده از روش کجدال میزان معینی از نمونه را با استفاده از اسیدسولفوریک غلیظ و سولفات‌سدیم‌انیدر (بالا آورنده نقطه جوش) و یک کاتالیزور هضم شد. در نتیجه عمل هضم، نیتروژن ماده غذایی به جز نیتروژن، نیترات‌ها و نیتریت‌ها به سولفات آمونیوم تبدیل شد که بعد از حرارت دادن آن با هیدروکسیدسدیم در مجاورت بخار به گاز آمونیاک تبدیل گردید و گاز آمونیاک در محلول اشباع اسیدبوریک جمع‌آوری شد. سپس با تیتراسیون توسط اسیدکلریدریک استاندارد بورات آمونیوم اندازه‌گیری شد و میزان نیتروژن محاسبه گردید (Keeney and Nelson, 1982). با توجه به ناهمگن بودن واریانس خطای آزمایشی برای صفات مورد مطالعه در دو سال آزمایش، با استفاده از آزمون بارتلت، تجزیه ساده واریانس برای دو سال آزمایش انجام گردید. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر محلول‌پاشی عناصرریزمغذی آهن، روی و منگنز و هیبرید در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان می‌دهد که بالاترین شاخص سطح برگ در سال اول از تیمار محلول‌پاشی ترکیبی آهن، روی و منگنز حاصل شد و کم‌ترین میزان

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

این صفت در تیمار عدم محلول‌پاشی عناصرریزمغذی (کنترل) مشاهده شد. هم‌چنین بیش‌ترین میزان شاخص سطح برگ از هیبرید ۶۷۰ و کم‌ترین شاخص سطح برگ از هیبرید ۷۰۲ به‌دست آمد. در سال دوم آزمایش نیز بیش‌ترین شاخص سطح برگ از تیمار محلول‌پاشی ترکیبی آهن، روی و منگنز حاصل شد (با تیمار آهن و روی تفاوت آماری معنی‌داری نداشت) که نسبت به تیمار کنترل حدود ۳۲ درصد افزایش نشان دادند. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان شاخص سطح برگ نیز به‌ترتیب از هیبربد ۶۷۰ و ۷۰۲ حاصل شد (جدول ۳). روند افزایشی شاخص سطح برگ، تحت اثر محلول‌پاشی ترکیبی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز به خوبی بیانگر اثر مثبت این عناصر بر این صفت می‌باشد. در این پژوهش تیمارهایی که حاوی کود آهن، روی و منگنز بودند بیش‌ترین شاخص سطح برگ را در مقایسه با سایر تیمارها تولید نمودند که این عکس‌العمل، نقش آهن و روی در افزایش میزان کلروفیل و نقش روی در تولید هورمون اکسین و طویل شدن سلول‌های سطح برگ را نشان می‌دهد که به‌دنبال آن فتوسنتز گیاه افزایش یافته و در نتیجه منجر به افزایش بیش‌تر شاخص سطح برگ می‌گردد (طهرانی و ملکوتی، ۱۳۸۴). بنابراین می‌توان عنوان داشت سطوح مختلف عناصرریزمغذی بر روی رشد رویشی اثر قابل‌ملاحظه‌ای دارد. توسعه سطح برگی از طریق بهبود تعداد، اندازه و سطح برگ‌ها به کمک مواد تغذیه‌ای فراهم می‌شود که این امر باعث افزایش شاخص سطح برگ می‌گردد که این نتایج با یافته‌های Adarsha و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت داشت. در همین راستا محمدی‌لیمایی و همکاران (۱۳۹۸) بیان داشتند که بیش‌ترین میزان شاخص سطح برگ در تیمار محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و کم‌ترین از تیمار عدم محلول‌پاشی حاصل شد. از طرفی در این تحقیق می‌توان بالاتر بودن شاخص سطح برگ در هیبرید ۶۷۰ را نسبت به هیبرید۷۰۲ تولید بیشتر بوته در واحد سطح، سطح برگ بیشتر و افزایش جذب نور در این هیبرید دانست که در نهایت افزایش شاخص سطح برگ را به‌دنبال دارد (Hokmalipoue *et al.*, 2011). به‌نظر می‌رسد چنین تفاوتی ناشی از تفاوت‌های ژنتیکی و فیزیولوژیکی در هیبریدهای مختلف می‌باشد که نتایج مطالعات Szabo و همکاران (۲۰۲۲) مؤید نتایج این پژوهش بود.

تعداد دانه در بلال

در این تحقیق تعداد دانه در بلال تحت اثر محلول‌پاشی عناصرریزمغذی آهن، روی و منگنز و هیبرید در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). براساس نتایج جدول مقایسه میانگین ترکیب تیماری محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز در سال اول و دوم بالاترین تعداد دانه در بلال را به خود اختصاص دادند که نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی ریزمغذی (کنترل) در سال اول ۳۳ درصد و در سال دوم ۶۰ درصد افزایش نشان داد. هم‌چنین بیش‌ترین و کم‌ترین میزان تعداد دانه در بلال به ترتیب از هیبرید ۶۷۰ و ۶۷۱ حاصل شد (جدول ۳). در این تحقیق می‌توان بیان داشت محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی نظیر آهن، روی و منگنز به دلیل اثر مثبت بر شاخص سطح برگ و جذب

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

بهتر بعضی عناصر مانند نیتروژن، باعث افزایش فعالیت‌های حیاتی گیاه، افزایش جذب نیتروژن، افزایش اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه در بلال و در نهایت فتوسنتز می‌شود (Mosavifeyzabadi *et al.*, 2013). مطابق با نتایج تحقیق حاضر، تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای در بین هیبریدهای مختلف از نظر پاسخ به تیمارهای محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و در نتیجه صفات آزمایش وجود داشت. تفاوت هیبریدهای مورد مطالعه از نظر تعداد دانه در بلال در ذرت را می‌توان به پتانسیل ژنتیکی ارقام، طول دوره پرشدن دانه و شرایط آب و هوایی متفاوت دانست. به‌نظر می‌رسد در این تحقیق هیبریدهای دیررس چون دارای طول دوره رشد بیش‌تری هستند گیاه فرصت بیش‌تری برای تولید ماده خشک خواهد داشت. بنابراین شاید یکی از دلایل برتری هیبرید ۶۷۰ به این موضوع مرتبط باشد (Grabovskyi *et al.*, 2023). هم‌چنین، محققان اظهار داشتند که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی به دلیل رفع کمبود و اثر تغذیه‌ای خود باعث افزایش تعادل در رشد، تنظیم فرآیندهای نمو در گیاه گردید و همین امر منجر به افزایش تعداد دانه در بلال و در نهایت بهبود عملکرد دانه گردید (حلیمیان و همکاران، ۱۳۹۸). در پژوهشی دیگر بیش‌ترین تعداد دانه در بلال با مصرف کود ریزمغذی آهن و روی به‌دست آمد. این امر ضرورت استفاده از عناصر ریزمغذی برای بهبود رشد گیاه در مقایسه با شاهد بدون مصرف این عناصر را نشان می‌دهد (پاینده و مجدم، ۱۴۰۰).

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در ذرت در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	تعداد دانه در بلال	وزن صددانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	نیتروژن دانه
				سال ۱۳۹۵				
تکرار	۳	۰/۰۴۱ ns	۱۰۰۱/۰۳ ns	۵/۶ ns	۱/۹۶ ns	۶۰/۱ ns	۹/۲ ns	۰/۰۲ ns
محلول‌پاشی	۷	۰/۹۸۷ **	۳۵۲۶۰/۴ **	۲۱۸/۴ **	۱۰۹/۲۵ **	۸۰۱۵۹۰۲۱ **	۲۵۶/۳۲ **	۲۰/۱۴ **
خطای اصلی	۲۱	۰/۰۹۶	۹۰۴/۷	۱۱/۳۲	۱/۱۵۹	۷۰۱۶۹۱۳	۱۳/۲۸	۰/۱۱
رقم	۶	۰/۸۸۵ **	۲۸۲۰۶/۵ **	۱۸۹/۰۶ **	۴۹/۲ **	۷۴۱۵۱۱۰۸ **	۱۷۲/۴۵ **	۱۶/۴ **
محلول‌پاشی×رقم	۴۲	۰/۰۱۱ ns	۱۲۵/۸ ns	۰/۰۶ ns	۳۵/۶۳ **	۳۹۶۰۶/۱ ns	۰/۸۴ ns	۰/۰۳۱ ns
خطای فرعی	۱۴۴	۰/۰۸۳	۸۵۱/۷۴	۸/۳۸	۱/۶۶	۶۷۸۲۳۰۰/۵	۱۱/۶	۰/۰۵
ضریب تغییرات (درصد)	-	۷/۵۴	۹/۲۷	۱۴/۲۲	۱۰/۶۵	۱۱/۴۶	۷/۳۸	۱۱/۸۹
				سال ۱۳۹۶				
تکرار	۳	۰/۰۵۲ ns	۱۸۱/۰۷ ns	۲/۳ ns	۰/۲۵ ns	۴۴/۹ ns	۱۰/۰۱ ns	۰/۰۵ ns
محلول‌پاشی	۷	۰/۸۳۱ **	۵۲۰۹۳/۲ **	۱۹۵/۳ **	۱۱۸/۵۹ **	۶۱۲۲۸۱۸۲/۵ **	۱۷۵/۰۷ **	۱۹/۶ **
خطای اصلی	۲۱	۰/۰۸۲	۱۰۴۶/۱	۱۳/۵	۱/۱۱۴	۵۳۵۰۵۲۴/۱	۱۴/۶	۰/۱۰
رقم	۶	۰/۷۶۵ **	۶۲۳۷۵/۳ **	۲۰۳/۲ **	۸۵/۷۹ **	۴۵۰۳۶۲۱۴ **	۲۳۲/۸ **	۱۷/۸۳ **
محلول‌پاشی×رقم	۴۲	۰/۰۰۳ ns	۸۲/۴ ns	۴/۱ ns	۲۹/۸۷ **	۱۵۱۱۷/۱ ns	۱/۴۴ ns	۰/۰۰۶ ns
خطای فرعی	۱۴۴	۰/۰۷۱	۸۸۹/۳	۱۰/۱۲	۰/۷۴	۴۰۵۴۲۵۳/۴	۱۲/۵۵	۰/۰۴
ضریب تغییرات (درصد)	-	۷	۸/۵۴	۱۵/۴۸	۸/۰۴	۹/۲۷	۸	۱۰/۱۰

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

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و هیبرید بر صفات مورد مطالعه در ذرت

تیمار	شاخص سطح برگ	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	نیتروژن دانه (درصد)	شاخص سطح برگ	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هتار)	شاخص برداشت (درصد)	نیتروژن دانه (درصد)
	سال ۱۳۹۵						سال ۱۳۹۶					
محلول‌پاشی ریزمغذی												
Fe+Mn+Zn	۴/۴ a	۳۶۳/۶۴ a	۲۲/۲۹a	۲۴۰۰۰/۳a	۵۰/۱۲ a	۲/۰۱ a	۴/۵ a	۴۰۲/۳۱a	۲۲/۵۲a	۲۴۱۳۵a	۵۱/۱۲ a	۲/۱۱ a
Fe+Mn	۳/۸ ab	۳۱۹/۸۵ b	۲۲/۲۹a	۲۳۰۱۲/۴b	۴۷/۵۶ ab	۱/۹۷ a	۳/۶ b	۳۵۵/۱۱c	۲۲/۴۷a	۲۳۲۲۲b	۴۹/۲۲ ab	۲/۰۳ a
Fe+ Zn	۴/۳ a	۳۲۷/۷۱ b	۲۲/۰۵ab	۲۳۲۶۱/۵b	۴۸/۳۵ ab	۱/۹ ab	۴/۳۸ a	۳۸۵/۸b	۲۲/۲۷a	۲۳۴۶۴/۴b	۵۰/۱۹ a	۲/۰۷ a
Mn+Zn	۳/۶۵ b	۳۲۹/۴۱ b	۲۲/۱۳ab	۲۲۶۰۲bc	۴۶/۲۳ b	۱/۹۵ a	۳/۵۰ bc	۳۶۳bc	۲۲/۳۳a	۲۲۳۱۶c	۴۷/۳۹ b	۲/۰۱ a
Fe	۴ ab	۳۴۵/۲۹ ab	۲۱/۴۵ ab	۲۲۸۱۴/۳bc	۴۸/۵۱ ab	۱/۹ ab	۴/۲۱ a	۳۷۸/۴۴ b	۲۱/۶۴ab	۲۲۹۰۱/۱bc	۴۸ a	۲/۰۲ a
Mn	۳/۴۲ c	۲۶۷/۸۷ b	۲۱/۲۵ ab	۲۱۸۰۶c	۴۴/۴۸ c	۱/۸۹ b	۳/۳۰ c	۲۴۵/۹۸ e	۲۱/۴۶ab	۲۱۷۶۲cd	۴۶/۷۹ b	۲/۰۱ a
Zn	۳/۹ ab	۳۲۷/۸۷ b	۲۱/۰۵b	۲۲۷۲۵bc	۴۶/۸۷ b	۱/۹۳ ab	۴/۱ ab	۳۱۴d	۲۱/۲۱b	۲۲۴۹۳c	۴۷/۶۵ b	۲/۰۴ a
کنترل	۳/۱۵ d	۲۴۱/۵۴ c	۱۰/۳۸b	۲۱۴۷۰d	۲۴/۸۲ d	۱/۵۲ c	۳/۰۵ cd	۱۵۹/۲۹f	۱۰/۴۱c	۲۱۴۵۱d	۲۵/۶۷ c	۱/۵۵ b
هیبرید												
(45/1-2z25) ۶۳۷	۳/۶۸c	۳۳۱/۹ b	۱۸/۸d	۲۲۰۹۴/۷c	۴۱/۰۸ d	۱/۷۳ c	۳/۸۷bc	۳۸۰/۸۷ b	۱۹bc	۲۲۱۳۵cd	۴۰/۸۶ c	۱/۸۰ b
(45/1-2z2) ۶۳۷	۳/۹b	۳۶۳/۹ a	۲۰/۲۲c	۲۳۱۵۲/۸b	۴۵/۶۳ c	۱/۸۴ b	۴b	۳۷۹/۹۴ b	۲۰/۳۳b	۲۳۲۴۲b	۴۴/۸۲ bc	۱/۹۱ b
(mol7) ۶۷۰	۴/۳۵a	۳۷۵/۳ a	۲۴/۱۸a	۲۴۱۸۸/۲a	۵۲/۰۹ a	۲/۰۶ a	۴/۴a	۴۲۸/۹۲ a	۲۴/۴۰a	۲۴۲۱۶a	۴۹/۳۱ a	۲/۱۲ a
(mx11z18/1) ۷۰۱	۳/۷۵bc	۳۱۰/۵ bc	۲۰/۷۹c	۲۲۴۹۰/۱c	۵۱/۱۳ a	۱/۹۶ ab	۳/۷۷bc	۴۰۳/۴۶ a	۲۱/۰۵b	۲۲۵۳۱c	۴۸/۰۵ a	۲/۱۳ a
(1/64/018z35) ۶۷۷	۳/۵۶cd	۲۸۲/۱ c	۱۷/۶۰ e	۲۱۹۰۴/۶d	۴۰/۶۳ d	۱/۸۸ b	۳/۴۲c	۲۰۷/۶۷ d	۱۷/۷۲c	۲۲۰۰۳/۳d	۳۹/۹۴ cd	۱/۹۴ b
(2/12/15/3-1) ۷۰۲	۳/۴۱d	۱۸۴/۲ d	۱۷/۹۴ de	۲۱۸۱۵d	۴۲/۲۸ d	۱/۷۹ c	۳/۲۶d	۳۰۰/۰۵ c	۱۸/۰۷c	۲۱۵۰۱d	۴۱/۸۶ c	۱/۸۶ b
مبین (mx11z18/2)	۴/۱۱ab	۳۵۵/۷ ab	۲۲/۹۸b	۲۳۳۳۸/۴b	۴۹/۹۷ b	۱/۹۲ ab	۴/۰۹b	۳۴۲/۰۲ c	۲۳/۲۱a	۲۳۴۰۰/۷b	۴۶/۶۵ b	۲/۱۱ a

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند؛ براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

وزن صددانه

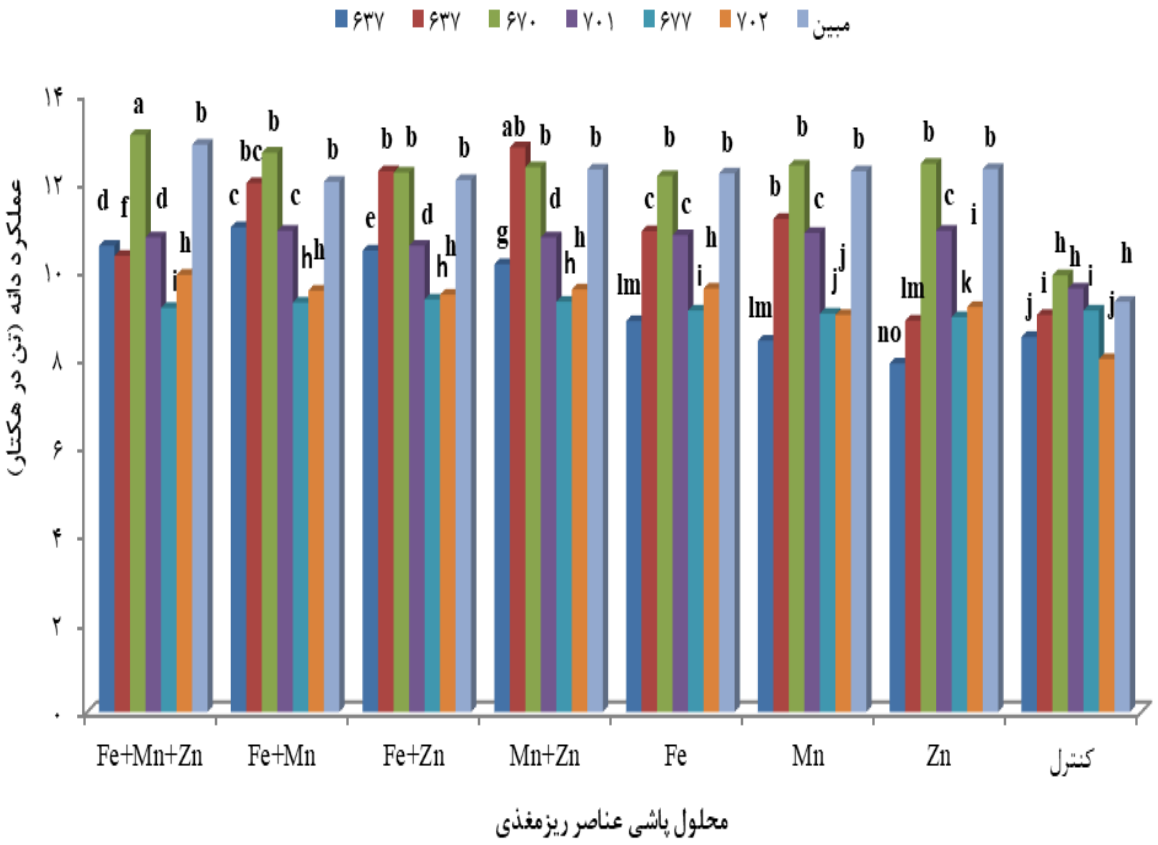
براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، وزن صددانه در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در واکنش به اثرهای ساده محلول‌پاشی عناصرریزمغذی آهن، روی و منگنز و هیبرید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). در بررسی نتایج مقایسه میانگین بیش‌ترین میزان وزن صددانه در سال اول و دوم با محلول‌پاشی ترکیبی عناصرریزمغذی آهن، روی و منگنز حاصل شد که با تیمارهای ترکیبی آهن و منگنز، آهن و روی تفاوت آماری معنی‌داری نداشت و کم‌ترین وزن صد دانه در سال اول و دوم از تیمار کنترل به‌دست آمد. هم‌چنین بیش‌ترین و کم‌ترین میزان تعداد دانه در بلال به ترتیب از هیبرید ۶۷۰ و ۶۷۱ حاصل شد (جدول ۳). می‌توان بیان داشت وزن صد دانه یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه می‌باشد. به‌نظر می‌رسد واکنش-پذیری هیبرید ۶۷۰ نسبت به محلول‌پاشی عناصرریزمغذی بیش‌تر از سایر هیبریدهای آزمایش است. به‌طوری که این وضعیت امکان بهره‌برداری مناسب‌تر از نهاده‌های محیطی مثل آب، نور و غیره را به گیاه می‌دهد (Grabovskyi *et al.*, 2023). هم‌چنین در این پژوهش وجود مواد تغذیه‌ای ریزمغذی به میزان کافی در اندام‌های گیاهی و انتقال آن به دانه باعث افزایش وزن دانه‌ها در هیبرید ۶۷۰ می‌شود. برطبق تحقیقات مصرف عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز با توجه به اثر بر ساخت کلروفیل و افزایش تنظیم‌کننده‌های رشد، سبب افزایش فتوسنتز برگ‌های جوان گردیده و انتقال مواد به محل‌های ذخیره‌ای از جمله دانه‌ها را افزایش داده و سبب افزایش وزن دانه‌ها گردیده است (یوسف‌پور و فرج‌زاده‌معماری-تبریزی و همکاران، ۱۳۹۷). نتایج گزارشات Safyan و همکاران (۲۰۱۲) مؤید آن است که محلول‌پاشی عناصر غذایی ریزمغذی، وزن دانه را افزایش داد. بیش‌ترین افزایش مربوط به محلول‌پاشی توأم آهن و روی بود. سایر پژوهش‌گران نظیر Mosavifeyzabadi و همکاران (۲۰۱۳) و Tariq و همکاران (۲۰۱۴) به نقش مثبت محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در افزایش وزن صد دانه اشاره نموده‌اند که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

عملکرد دانه

اثر محلول‌پاشی عناصرریزمغذی آهن، روی و منگنز و هیبرید و برهم‌کنش آن‌ها در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). در بررسی نتایج مقایسه میانگین بیش‌ترین میزان عملکرد دانه در سال اول و دوم با محلول‌پاشی عناصرریزمغذی آهن، روی و منگنز در هیبرید۶۷۰ حاصل شد که در مقایسه با عدم محلول‌پاشی ریزمغذی (کنترل) و هیبرید ۷۰۲ به ترتیب در سال اول و دوم حدود ۳۹ و ۴۵ درصد افزایش نشان داد (شکل ۱ و ۲). در این تحقیق بررسی‌ها نشان داد اگرچه عناصر ریزمغذی هر یک به تنهایی بر عملکرد دانه ذرت مؤثر بودند ولی هنگامی‌که به‌صورت ترکیبی استفاده شدند نتایج مطلوب‌تری حاصل شد. این نتایج مشخص می‌نماید، که عناصر ریز مغذی مورد آزمایش، به‌عنوان مثال آهن و منگنز دارای اثر هم‌افزایی در مقایسه با اثر تنهایی هر یک از این عناصر هستند (کریمی

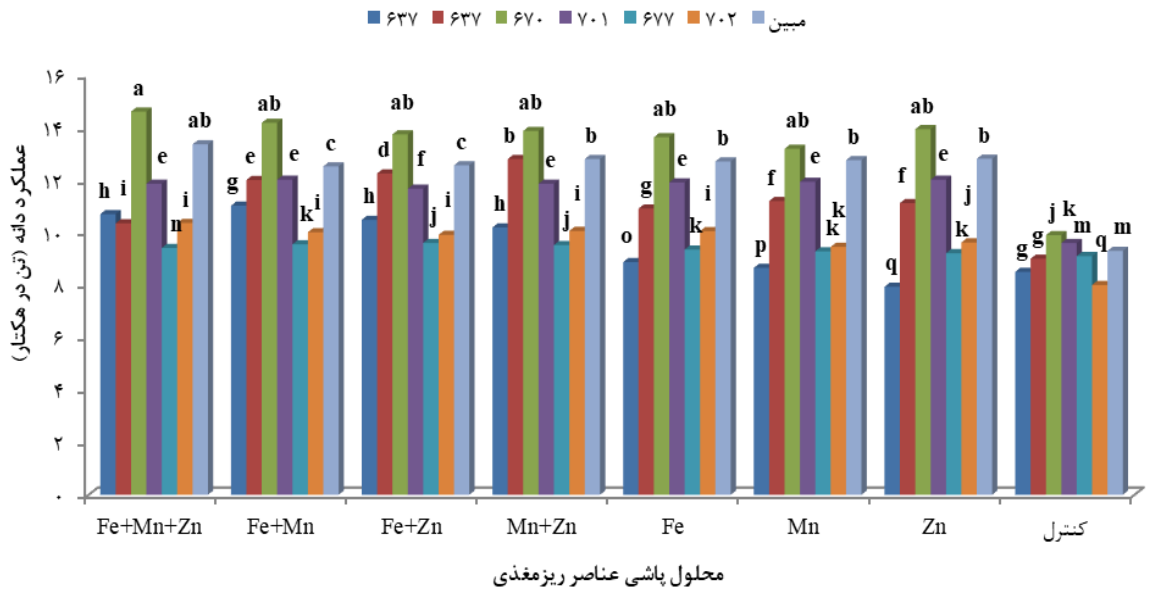
[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

و همکاران، ۱۴۰۰). هم‌چنین ترکیب ژنتیکی هیبریدهای مورد آزمایش نیز به‌صورت معنی‌دار بر میزان عملکرد دانه مؤثر بودند، که مشخص می‌نماید، تنظیم ژنتیکی هر هیبرید (اصلاح ژنوتیپی) بسیار بر عملکرد دانه ذرت مؤثر می‌باشد و این اثر حتی در ترکیب با عناصر دوتایی و سه‌تایی بیش‌تر نیز افزایش خواهد یافت. با توجه به اثرات مهم عناصر ریزمغذی بر فعالیت‌های مختلف فیزیولوژیکی گیاه هم‌چون انتقال به‌موقع مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به دانه‌ها که برای افزایش تولید محصول لازم می‌باشد، استفاده هم‌زمان از این عناصر موجب افزایش میزان محصول ذرت گردید. اگرچه استفاده از روش محلول‌پاشی در موقع مناسب نیز بسیار بر نحوه اثر عناصر ریزمغذی بر رشد گیاه ذرت مؤثر می‌باشد (Mehta *et al.*, 2020). در همین راستا حلیمیان و همکاران (۱۳۹۸) بیان داشتند تیماری که آهن و روی را توأم دریافت نموده بیش‌ترین عملکرد دانه را دارا می‌باشد که به دلیل اثر مثبت روی در بیوسنتز اکسین و اثر آهن در افزایش فتوسنتز و رشد قابل انتظار می‌باشد که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد. نتایج آزمایش Stewart و همکاران (۲۰۲۰) در خصوص بکارگیری عناصر به‌صورت محلول‌پاشی و اثر آن‌ها در افزایش عملکرد هیبریدهای ذرت، مؤید مؤثر بودن این روش می‌باشد.



شکل ۱: مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و هیبرید در سال ۱۳۹۵

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]



شکل ۲: مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و هیبرید در سال ۱۳۹۶

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر محلول‌پاشی عناصرریزمغذی آهن، روی و منگنز و هیبرید در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین عملکرد بیولوژیک در سال اول از تیمار محلول‌پاشی ترکیبی آهن، روی و منگنز حاصل شد که با تیمار محلول-پاشی آهن و روی تفاوت آماری معنی‌داری نداشت و کم‌ترین میزان این صفت در تیمار عدم محلول‌پاشی عناصرریزمغذی (کنترل) مشاهده شد. هم‌چنین بیش‌ترین میزان عملکرد بیولوژیک از هیبرید ۶۷۰ و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک از هیبرید ۷۰۲ به‌دست آمد. در سال دوم آزمایش نیز بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک از تیمار محلول‌پاشی ترکیبی آهن، روی و منگنز حاصل شد که نسبت به تیمار کنترل حدود ۱۱ درصد افزایش نشان داد. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان عملکرد بیولوژیک نیز به ترتیب از هیبرید ۶۷۰ و ۷۰۲ به‌دست آمد (جدول ۳). این نتیجه بیانگر پتانسیل بالای هیبرید ۶۷۰ در استفاده از منابع جاری و نیز سایر عواملی است که سبب افزایش در تولیدات فتوسنتزی و آسیمیلات‌ها می‌شوند، که در نهایت منجر به رشد بیش‌تر اندام‌های گیاه و به‌ویژه افزایش بیوماس و عملکرد دانه از طریق بیش‌تر شدن تعداد دانه‌ها و وزن آن‌ها می‌شود (Stewart *et al.*, 2020). از طرفی کم‌تر بودن عملکرد بیولوژیکی در هیبریدهای ۶۷۱ و ۷۰۲ به‌دلیل توان و پتانسیل کم-تر این دو رقم در استفاده از شرایط و منابع جاری بود. هم‌چنین می‌توان اظهار داشت در این پژوهش افزایش عملکرد زیستی با مصرف عناصر ریزمغذی ممکن است به‌دلیل تغذیه بهتر و افزایش فتوسنتز در نتیجه افزایش بیوماس در گیاه باشد. این نتایج در تحقیقات Tariq (۲۰۱۴) نیز گزارش گردیده است. البته در شرایط کمبود مواد ریزمغذی، افزایش

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

تجمع ماده خشک محدود می‌شود و عملکرد بیولوژیکی گیاه کاهش خواهد یافت. هم‌چنان که پاینده و مجدم (۱۴۰۰) در مطالعات خود بیان نمودند که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی می‌تواند نقش معنی‌داری را در بهبود عملکرد بیولوژیک ذرت داشته باشد. به گونه‌ای که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک از تیمار محلول‌پاشی با کود میکرو و کم‌ترین میزان عملکرد به تیمار شاهد تعلق گرفت، که این نتایج با یافته‌های حاصل از این تحقیق مطابقت داشت. نتایج سایر پژوهش‌گران نظیر Soleymani و همکاران (۲۰۱۶) و Safyan و همکاران (۲۰۱۲) حاکی از اثر مثبت عناصرریزمغذی در افزایش عملکرد بیولوژیک می‌باشد.

شاخص برداشت

در این تحقیق شاخص برداشت تحت اثر محلول‌پاشی عناصرریزمغذی آهن، روی و منگنز و هیبرید در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بالاترین شاخص برداشت در سال اول از تیمار محلول‌پاشی ترکیبی آهن، روی و منگنز و کم‌ترین میزان این صفت در تیمار عدم محلول‌پاشی عناصرریزمغذی (کنترل) مشاهده شد. هم‌چنین بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص برداشت به‌ترتیب از هیبرید ۶۷۰ و ۶۷۱ به‌دست آمد. در سال دوم آزمایش نیز بیش‌ترین شاخص برداشت از تیمار محلول‌پاشی ترکیبی آهن، روی و منگنز حاصل شد که نسبت به تیمار کنترل حدود ۵۰ درصد افزایش نشان داد. بیش‌ترین شاخص برداشت از هیبربد ۶۷۰ و ۷۰۱ و کمترین شاخص برداشت از هیبرید ۶۷۱ حاصل شد (جدول ۳). شاخص برداشت برای هر رقم تابع ویژگی‌های ژنتیکی و شرایط محیطی می‌باشد (Awan *et al.*, 2017). در مطالعه حاضر به‌نظر می‌رسد هیبریدهای پرمحصول ۶۷۰ و ۷۰۱ با برخوردار بودن از توان فتوسنتزی بیش‌تر و به‌تبع آن عملکرد بیولوژیکی بالا و الگوی توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی از شاخص برداشت بیش‌تری در مقایسه با هیبریدهای دیگر برخوردار بود که نتایج Stewart و همکاران (۲۰۲۰) در گیاه ذرت این نتایج را تأیید نمود. از طرفی می‌توان بیان داشت با توجه به نقش عناصر روی، آهن و منگنز در افزایش راندمان رشد رویشی گیاه به‌صورت اجزای عملکرد و عملکرد دانه بیش‌تر، افزایش شاخص برداشت قابل انتظار است. در این پژوهش محلول‌پاشی ترکیبی عناصر ریزمغذی عملکرد دانه را نسبت به عملکرد بیولوژیک بیش‌تر افزایش داده و این امر باعث افزایش شاخص برداشت شده است. از آن‌جایی که شاخص برداشت از کسر عملکرد اقتصادی (دانه) بر عملکرد بیولوژیک حاصل می‌گردد بنابراین، با افزایش عملکرد دانه شاخص برداشت نیز افزایش می‌یابد، این نتایج با نتایج تحقیقات گودرزی و همکاران (۱۳۹۳) مطابقت دارد. در همین راستا Toth و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند بیش‌ترین شاخص برداشت از تیمار محلول‌پاشی و کم‌ترین شاخص برداشت از تیمار عدم مصرف عناصر ریزمغذی حاصل گردید. هم‌چنان‌که محمدی لیمایی و همکاران (۱۳۹۸) اظهار داشتند، بیش‌ترین شاخص برداشت از تیماری که محلول‌پاشی توأم عناصر ریزمغذی را دریافت کرده بود و بیش‌ترین

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

عملکرد دانه را نیز به خود اختصاص داده بود به‌دست آمد که نظر به موارد فوق الذکر قابل قبول می‌باشد. از طرفی صالحی و همکاران (۱۳۹۱) در گیاه ذرت گزارش نمودند که با افزایش عنصر روی از صفر به ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گردید که با نتایج این تحقیق مشابهت داشت.

میزان نیتروژن دانه

اثر محلول‌پاشی عناصرریزمغذی آهن، روی و منگنز و هیبرید در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ بر میزان نیتروژن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج نشان داد بیش‌ترین میزان نیتروژن دانه در سال اول از تیمار محلول‌پاشی ترکیبی آهن، روی و منگنز حاصل شد که با تیمار محلول‌پاشی آهن و منگنز و روی و منگنز تفاوت آماری معنی‌داری نداشت و کم‌ترین میزان این صفت در تیمار عدم محلول‌پاشی عناصرریزمغذی (کنترل) مشاهده شد. هم‌چنین بیش‌ترین میزان میزان نیتروژن دانه از هیبرید ۶۷۰ و کم‌ترین میزان نیتروژن دانه از هیبرید ۷۰۲ به‌دست آمد. در سال دوم آزمایش نیز بیش‌ترین میزان نیتروژن دانه از تیمار محلول‌پاشی ترکیبی آهن، روی و منگنز حاصل شد (با سایر تیمارهای ترکیبی دوگانه و تکی عناصر ریزمغذی تفاوت آماری معنی‌داری نداشت) که نسبت به تیمار کنترل حدود ۲۶/۵ درصد افزایش نشان داد. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان نیتروژن دانه نیز به ترتیب از هیبربد ۶۷۰ و ۷۰۲ به‌دست آمد (جدول ۳). می‌توان اظهار داشت میزان نیتروژن در دانه ذرت بستگی به پتانسیل ژنتیکی هر رقم و شرایط محیطی دارد. در این رابطه محققین بیان داشتند که بیش‌تر بودن درصد نیتروژن در هیبریدهای ذرت احتمالاً به خاطر واکنش بیش‌تر به تأمین عناصر غذایی و اختلاف ژنتیکی ارقام می‌باشد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۷) که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. از طرفی به‌نظر می‌رسد اثر افزاینده محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر میزان درصد نیتروژن دانه، به نقش این عناصر در متابولیسم نیتروژن مربوط می‌شود. در این رابطه Hussain و Fayad (۱۹۹۶) اعلام نمودند کاربرد عناصر ریزمغذی، غلظت نیتروژن در دانه ذرت را از ۱/۲ درصد در تیمار عدم کاربرد عناصر ریزمغذی به ۲ درصد افزایش داد. هم‌چنان که Safyan و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند محلول‌پاشی عنصر روی سبب افزایش غلظت عنصر نیتروژن در دانه ذرت شد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

از آن‌جا که در بحث تولید گیاهان زراعی، ارزش واقعی به کیفیت محصول وابسته است در این تحقیق مشخص گردید که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی نقش مهمی در رشد و نمو گیاه ذرت دارد و هم‌چنین با توجه به این‌که بیش‌ترین مقادیر عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیکی از کاربرد ترکیبی کود آهن، روی و منگنز که از عناصر ریزمغذی محسوب می‌شوند به‌دست آمد، احتمالاً می‌توان نتیجه گرفت که با استفاده از چنین کودهایی می‌توان بهترین شرایط را جهت حصول حداکثر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

عملکرد کمی و کیفی در گیاه ذرت فراهم نمود. با توجه به محدودیت جذب عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک محلول‌پاشی برگی عناصر جهت بالا بردن میزان عناصر ریزمغذی در گیاه یک روش منطقی کاربرد کود می‌باشد. در مجموع نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان بیان نمود که به‌منظور دست‌یابی به حداکثر عملکرد کمی، کشت گیاه ذرت با محلول‌پاشی ترکیبی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز در هیبرید ۶۷۰ پیشنهاد می‌گردد زیرا خاک‌های استان خوزستان به علت قلیایی بودن دارای کمبود عناصر میکرو هستند بنابراین محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی توانست کمبود این عناصر را جبران نماید.

منابع

برنجانی، ش.، مجدم، م.، لک، ش.، پاینده، خ.، شکوه فر، ع.ر. ۱۴۰۰. اثر سوپرجاذب و سویه‌های مایکوریزا بر عملکرد کمی و میزان انتقال مجدد ذرت هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۴ در شرایط تنش کمبود آب. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۳(۵۰): ۸۳-۶۷.

پاینده، خ.، و مجدم، م. ۱۴۰۰. تأثیر کلات آهن و روی بر ویژگی‌های کمی و میزان عناصر غذایی دانه ذرت تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۴(۳): ۷۲۹-۷۱۹.

حلیمیان، ا.، مجدم، م.، و دروگر، ن. ۱۳۹۸. ارزیابی عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) در واکنش به محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در شرایط تنش کم آبی. نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی. ۳۲(۴): ۱۵-۱.

داریوش‌کریمی، ن.، مجدم، م.، لک، ش.، پاینده، خ.، و شکوه‌فر، ع. ر. ۱۴۰۰. اثرکاربرد سوپرجاذب و محلول‌پاشی آهن و روی بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) (S.C.704) تحت رژیم‌های آبیاری. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۴(۲): ۴۰۲-۳۸۷.

صالحی، ر.، همتی، ع.، و دهقان‌زاده، ح. ۱۳۹۱. تأثیر پتاس و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت سینگل گراس تحت تنش قطع آبیاری. تولید گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های محیطی، ۴(۳): ۲۰-۱.

طهرانی، م.م.، و ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۴. نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس، دفتر نشر آثار علمی. ۳۲۸ صفحه.

فرج‌زاده‌معماری‌تبریزی، ا.، یارنیا، م.، احمدزاده، و.، فرج‌زاده‌معماری‌تبریزی، ن. ۱۳۹۴. اثر تنش خشکی و غلظت‌های هومات‌پتاسیم بر دو هیبرید ذرت هیبرید ۷۰۴ و ۶۰۴. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۷(۲۵): ۱۱۸-۱۰۵.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

کوچکی، ع.، و سرمدنیا غ. ح. ۱۳۸۷. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۶۷ صفحه.

گودرزی، ح.، کسرایی، پ.، و زند، ب. ۱۳۹۳. تأثیر غلظت‌های مختلف ریزمغذی‌های آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت سینگل کراس ۲۶۰. مجله پژوهش‌های به زراعی. ۶(۱): ۴۹-۶۴.

متقی، م. ۱۴۰۰. اثر تاریخ کاشت بر خصوصیات فنولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد گروه‌های مختلف رسیدگی هیبریدهای ذرت در منطقه همدان. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۳(۵۲): ۲۰-۵.

محمدی لیمایی، ا.، مجیدیان، م.، محسن‌آبادی، غ.ر. ۱۳۹۸. اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی، بُر و مس بر شاخص‌های رشد و عملکرد ذرت شیرین. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۸(۳۳): ۴۴۸-۴۳۳.

ملازم، د.، بشیرزاده، ع.، و عظیمی، ج. ۱۴۰۰. اثر محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های ذرت در شرایط تنش شوری. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۳(۵۱): ۴۱-۲۵.

Adarsha, G.S., Veeresh, H., Narayana Rao, K., Kumar Gaddi, A., and Basavanneppa, M.A. 2019. Effect of foliar application of micronutrient mixture on growth and yield of maize (*Zea mays* L.). Journal Farm Science. 32(2): 162-166.

Awan, K., Ali, J., and Akmal, M. 2017. Yield comparison of potential wheat varieties by delay sowing as rainfed crop for Peshawar climate. Sarhad Journal of Agriculture. 33(3): 480-488.

Cakmak, I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. New Phytology. 146: 85-200.

Campillo, R., Jobet, C., and Undurraga, P. 2010. Effects of nitrogen on productivity, grain quality, and optimal nitrogen rates in winter wheat CV. Kumpa-inia in andisols of southern. Chilean Journal of Agricultural Research. 70:122-131.

Chinipardaz, F., Babaienejad, T., Gholami, A., and Barzegari, M. 2022. Grain yield and micronutrient concentrations of maize parental lines of new hybrid genotypes affected by the foliar application of micronutrients. Physiology and Molecular Biology of Plants. 28: 411-424.

Grote, U., Fasse, A., Nguyen, T.T., and Erenstein, O. 2021. Food security and the dynamics of wheat and maize value Chains in Africa and Asia. Frontiers in Sustainable Food Systems. 4: 1-17.

Hokmalipour, S., and Darbandi, M.H. 2011. Effects of nitrogen fertilizer on chlorophyll content and other leaf indicate in three cultivars of maize (*Zea mays* L.). World Application Science Journal. 15: 1780–1785.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

Hussain, E.A.A., and Fayad, M.N. 1996. The combined effect of poudrette, Zinc and cobalt on corn growth and nutrients uptake in alluvial soil. Egyptian Journal Soil Science. 36: 47-58.

Keeney, D.R., and Nelson, D.W. 1982. Nitrogen in organic forms. PP. 643-698. In: A.L. Page, Miller, R.H., and Keeney, D.R. (Eds.), Method of soil analysis. Part II.

Khalafi, A., Mohsenifar, K., Gholami, A., and Barzegari, M. 2021. Corn (*Zea mays* L.) Growth, yield and nutritional properties affected by fertilization methods and micronutrient use. International Journal of Plant Production. 15:589-597.

Mehta, B.K., Muthusamy, V., Zunjare, R.U., Baveja, A., Chauhan, H.S., Chhabra, R., Singh, A.K., and Hossain, F. 2020. Biofortification of sweet corn hybrids for provitamin-A, lysine and tryptophan using molecular breeding. Journal of Cereal Science. 96: 93-103.

Miransari, M. 2013. Soil microbes and the availability of soil nutrients. Acta Physiologiae Plantarum. 35:3075-3084.

Mosavifeyzabadi, H., Vazin, F., and Hassanzadehdelouei, M. 2013. Effects of nitrogen and zinc spray on yieldof corn (*Zea mays* L.) in drought stress. Cercetari Agronomice in Moldova. 3(155): 329-39.

Oliveira, K.S., de Mello Prado, R., and de Farias Guedes, V.H. 2020. Leaf spraying of manganese with silicon addition is agronomically viable for corn and sorghum plants. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 20: 872-880.

Safyan, N., Naderidarbaghshahi, M.R., and Bahari, B. 2012. The effect of microelements spraying on growth, qualitative and quantitative grain corn in Iran. International Research Journal of Applied and Basic Sciences. 3(S): 2780-2784.

Soleymani, A., and Shahrajabian, M.H. 2016. The effects of Fe, Mn and Zn foliar application on yield and protein percentage of forage sorghum in climatic condition of Esfahan. International Journal of Biology. 4(3): 92-97.

Stewart, Z.P., Paparozzi, E.T., Wortmann, C.S., Jha, P.K., and Shapiro, C.A. 2020. Foliar micronutrient application for high-yield maize. Agronomy. 10: 1946.

Szabo, A., Mousavi, S.M.N., Csaba,B., Ragan, P., Nagy, J., and Vada, A. 2022. Analysis of nutrient-specific response of maize hybrids in relation to leaf area index (LAI) and Remote Sensing. Plants. 11(9): 1-22.

Tariq, M., Sharif, M., Shah, Z., and Khan, R. 2007. Effect of foliar application of micronutrients on the yield and quality of sweet orange (*Citrus sinensis* L.). Pakistan Journal of Biological Science. 10(11): 1823- 1828.

Toth, B., Moloi, M.J., Mousavi, S.M.N., Illes, A., Bojtor, C., Szoke, L., and Nagy, J. 2022. The evaluation of the effects of Zn, and amino acid-containing foliar fertilizers on the physiological and biochemical responses of a hungarian fodder corn hybrid. Agronomy. 12: 1523.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

Zambrosi, F.C.B., and Quaggio, J. A. 2017. Micronutrient supply through granular-coated single superphosphate under field conditions. Journal of Crop Improvement. 31: 311-322.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

Evaluation of quantitative yield and some physiological traits of new hybrids of corn (*Zea mays* L.) in response to foliar application of micronutrients

F. Chini Pardaz[1], T. Babainejad*[2], A. Gholami[3], M. Barzagari[2]and N. Ghanavati[2]

1, 2, 4 & 5) Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
3) Water Studies Research Center, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

***Corresponding author: Timoorba@yahoo.com**

This article is taken from a doctoral dissertation.

Received date: 2023.09.30 **Accepted date: 2024.01.13**

Abstract

This research was conducted in order to investigate the effect of foliar application of micronutrients on the yield and some physiological traits of new corn hybrids during 2016and 2017 in Safiabad Dezful research farm. This experiment was performed as a split plot based on a randomized complete block design in four replications. The main treatment includes foliar application of micronutrients in the eight-leaf stages and the time of full emergence of plant organs in the control levels, Fe, Mn, Zn, Fe+Mn, Fe+Zn, Mn+Zn, Mn+Zn+Fe and hybrid levels (single cross) including 637 (45/1-2z25), hybrid 637 (45/1-2z2), hybrid 670 (mol7), hybrid 701(mx11z18/1), hybrid 677 (1/64/018z35), hybrid702 (2/12/15/3-1) and hybridimbin (mx11z18/2) were considered as secondary treatment. The results of variance analysis showed the simple effect of micronutrient elements and hybrid on leaf area index, number of seeds per cob, 100 grain weight, grain yield, biological yield, harvest index and seed nitrogen percentage at the probability level of one percent and the interaction effect of micronutrient elements in hybrid on the grain yield was significant at the 1% probability level. The highest index of leaf area and biological yield in the second year was obtained from the combined foliar application of iron, manganese and zinc. The highest seed yield (14.61 ton/ha) was obtained in the second year with the combined application of iron, manganese and zinc in hybrid 670, which increased by 45% compared to the control treatment in hybrid 702. According to the above results, it is recommended to spray the three micronutrient elements iron, manganese and zinc in two times of eight leaves and the time of full appearance of the plant organs to increase the yield and improve the physiological characteristics of hybrid corn 670 in the conditions of the region.

Key word: 1000 Grain weight, Harvest index, Iron, Leaf area index and Seed nitrogen.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]