اثر محلول پاشی عناصر ریز مغذی بر تنظیم کننده‌های اسمزی، عملکرد و اجزای عملکرد دانه آفتابگردان رقم آلستر در سه مرحله تنش خشکی

مهدی بابائیان، مصطفی حیدری* و احمد قنبری[۱]

(تاریخ دریافت: ۸۶/۱۱/۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۸/۸)

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز و حالات ترکیبی آنها در سه مرحله تنش خشکی بر دو تنظیم کننده کربوهیدرات و پرولین، عملکرد و اجزای عملکرد دانه آفتابگردان (رقم آلستر)، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل انجام گرفت. تیمار خشکی به صورت قطع آبیاری در سه مرحله ظهور طبق، گل‌دهی و پر شدن دانه به عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی به صورت‌های مصرف آهن، روی، منگنز، آهن+ روی، آهن+ منگنز، روی+ منگنز و آهن+ روی + منگنز به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که اعمال تیمار خشکی در هر سه مرحله رشدی اثر معنی‌داری بر عملکرد و کلیه اجزای عملکرد دانه آفتابگردان (رقم آلستر) داشته است. بیشترین مقدار این اثر مربوط به مرحله پر شدن دانه‌ها بود که سبب کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه، قطر طبق و وزن طبق گردید. استفاده از عناصر ریزمغذی هر چند سبب افزایش عملکرد دانه گردید ولی این اثر از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. در بین عناصر ریزمغذی، عنصر منگنز در طی اعمال تنش خشکی در مرحله ظهور طبق بیشترین تأثیر مثبت بر اجزای عملکرد دانه داشت و منجر به افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه گردید. اعمال تنش خشکی در هر سه مرحله رشد بر مقدار دو تنظیم کننده اسمزی کربوهیدرات و پرولین افزود. در این بین بیشترین مقدار افزایش مربوط به مرحله گل‌دهی بود. عناصر ریزمغذی نیز در طی بروز تنش خشکی بر مقدار سنتز و تجمع این دو ترکیب در بافت سبز برگ‌ها افزودند.

واژه‌های کلیدی: خشکی، عناصر ریزمغذی، عملکرد دانه، تنظیم کننده‌های اسمزی، آفتابگردان

مقدمه

گیاهان زراعی در طول دوره رشد خود با تنش‌های بسیار محیطی مواجه می‌شوند. این تنش‌ها به طور وسیعی بر رشد، متابولیسم و عملکرد آنها تأثیر می‌گذارند. در این بین خشکی مهم‌ترین عامل کاهش دهنده تولید گیاهان زراعی، به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌رود (۲۴). تنش خشکی از طریق کاهش فتوسنتز گیاهی سبب کاهش رشد خواهد شد. کاهش فتوسنتز گیاهی به واسطه کم شدن مقدار رطوبت نسبی برگ‌ها، کاهش پتانسیل آب برگ‌ها و کم شدن مقدار هدایت روزنه‌ها است (۱۱).

بسیاری از مناطق ایران جزء مناطق با اقلیم خشک و نیمه خشک به شمار می روند. در این شرایط کاهش رشد و

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Haydari2005@yahoo.com

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-09-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.11.0]

عملکرد گیاهان زراعی با شدت تنش خشکی، مرحله رشد گیاه و مدت زمان دوام تنش ارتباط دارد (۱۳ و ۱۷). مطالعات بیوشیمیایی نشان داده است که تنش‌های شوری و خشکی تعدادی از ترکیبات آلی (محلول‌های سازگار) در گیاهان تجمع می‌نمایند. این ترکیبات، تداخلی در فرایندهای شیمیایی گیاه وارد نمی‌کنند. از این ترکیبات می‌توان به انواعی از کربوهیدرات‌های محلول (مانیتول، ساکارز، رافینوز و الیگو ساکارید) و ترکیبات نیتروژنه (اسید آمینه، پرولین و گلیسین – بتائین) اشاره کرد. ترکیبات سازگار کننده نقش مهمی در بهبود تنظیم اسمزی گیاهان تحت تنش دارند و می توانند در ادامه انجام فرایندهای رشد به گیاه کمک کنند (۱۲).

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از گیاهان مهم روغنی است که دارای ۵۰٪ روغن در دانه و درصد بالای از اسید لینولئیک می‌باشد (۱ و۴). این گیاه تا حدی مقاوم به خشکی بوده، سازگاری وسیعی با شرایط آب و هوایی ایران داشته و از پراکنش بسیار گسترده‌ای در بیشتر نقاط کشور برخودار است (۴).

براساس مطالعات موریل (۲۲) و فلاجلا و همکاران (۹) مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه در آفتابگردان بیشترین حساسیت به تنش خشکی نشان می‌دهند. در این مراحل تعداد دانه، وزن صد دانه و کیفیت روغن تا حد زیادی تحت تأثیر خشکی قرار می گیرند. نتایج مطالعات مکی و همکاران (۱۹) نشان داد که در طی بروز تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها از عملکرد دانه، وزن دانه در طبق، وزن صد دانه و قطر طبق گیاه آفتابگردان کاسته می‌شود.

در مطالعات صورت گرفته مشخص شده است که اکثر خاک‌های ایران دارای pH بالا و مقادیر زیادی آهک هستند (۵). در این نوع خاک ها حلالیت عناصر ریزمغذی کم است و همین امر منجر به کاهش قابلیت در دسترس بودن این عناصر برای عمده گیاهان زراعی می‌شود. در صورت بروز تنش خشکی اثر مذکور تشدید خواهد یافت. تنش خشکی باعث بر هم زدن تعادل تغذیه‌ای در گیاهان می‌شود ولی با تکمیل عناصر ریزمغذی از طریق خاک یا محلول پاشی می‌توان وضعیت رشد را در این شرایط تا حدی بهبود بخشید (۵ و ۲۶)

مصرف و به کارگیری عناصر ریزمغذی می‌تواند سبب افزایش کمیت و کیفیت دانه در گیاه آفتابگردان شود. رامش و همکاران (۲۳) اعلام کردند که با مصرف ۵ میلی‌گرم آهن در یک کیلوگرم خاک، عملکرد دانه آفتابگردان به صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد. براساس نظر ماریوتی و همکاران (۲۱) این افزایش مربوط به تأثیر مثبت آهن بر تولید شاخ و برگ و غلظت کلروفیل در برگ‌هاست. عناصر ریزمغذی نه تنها در آفتابگردان بلکه در دیگر گیاهان زراعی نیز با تأثیر بر فرایندهای رشد و نموی، شاخص‌های کمّی و کیفی آنها را تغییر می‌دهند. یلماز و همکاران (۳۰) اظهار داشتند عنصر روی باعث تخصیص بیشتر منابع فتوسنتزی از ساقه به سنبله ها در گندم شده و این امر افزایش وزن هزار دانه را به دنبال خواهد داشت. لبلانس و همکاران (۱۶) اعلام کردند که محلول پاشی عنصر روی می‌تواند به میزان ۱۰ تا ۲۰ کیلو گرم در هکتار عملکرد دانه در ذرت را افزایش دهد. در تحقیق دیگری مشخص گردید که مصرف منگنز به صورت محلول پاشی به طور معنی‌داری عملکرد دانه گلرنگ را از طریق افزایش تعداد دانه در گیاه افزایش می‌دهد (۱۸).

هدف از اجرای این پژوهش، بررسی اثر عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز به صورت مجزا و ترکیبی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه آفتابگردان (رقم آلستر) در سه مرحله تنش خشکی و تعیین رابطه بین آنها با دو تنظیم کننده اسمزی کربوهیدرات و پرولین بوده است.

مواد و روش‌ها

این بررسی در سال زراعی ۸۶– ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) با طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۸۷ متر از سطح دریا انجام گرفت. متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۶۳ میلی‌متر، متوسط

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-09-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.11.0]

حداقل و حداکثر دمای سالیانه آن به ترتیب$^{\circ}$C ۱۶ و $^{\circ}$C ۳۰ و از لحاظ اقلیمی جزء مناطق گرم و خشک به شمار می‌رود. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت در جدول ۱ آورده شده است.

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای خشکی به صورت قطع آبیاری در سه مرحله ظهور طبق (W1)، آغاز مرحله گل‌دهی (W2) و شروع مرحله پرشدن دانه (W3)، به عنوان عامل اصلی و ۷ سطح محلول پاشی عناصر ریز مغذی آهن (B1)، روی (B2)، منگنز (B3)، آهن+روی (B4)،آهن+منگنز (B5)، روی+منگنز (B6) و آهن+روی+منگنز (B7) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. جهت اعمال تنش خشکی در مراحل رشد ظهور طبق و گل‌دهی، بعد از ظهور هر یک از این مراحل رشد تیمار خشکی با قطع کامل آب در آن دوران شروع و بعد از اتمام هر یک از این مراحل رشد، مجدا به صورت معمول آبیاری شدند. ولی در مرحله پر شدن دانه‌ها قطع آبیاری در طول این دوره و تا زمان برداشت ادامه داشت.

در این آزمایش رقم آفتابگردان آلستر مورد بررسی قرار گرفت و محلول پاشی عناصر ریزمغذی در مراحل ۴ و ۸ برگی (پیش از اعمال تنش خشکی) انجام شد. در طول دوره آزمایش گیاهان به وسیله سیفون آبیاری شدند. دور آبیاری براساس میزان ۶۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A صورت گرفت. قبل از اجرای طرح براساس نتایج تجزیه شیمیایی خاک کود نیتروژن از منبع اوره به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، کود فسفره به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل و کود پتاس به میزان ۲۰۰ کیلوگرم از منبع اکسید پتاسیم مصرف شد. کود نیتروژن در سه مرحله (یک سوم پیش از کاشت، یک سوم در مرحله ۴ برگی و یک سوم در مرحله ۸ برگی) و کودهای فسفره و پتاس تماماً پیش از کاشت به خاک اضافه گردید.

عملیات کاشت در ۱۵ اسفند ماه ۱۳۸۵با قرار دادن دو بذر در هر کپه با عمق ۵-۶ سانتی‌متر با دست انجام گرفت. ابعاد هر کرت ۳×۳ متر، فاصله روی ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف ها ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شدند. پس از جوانه‌زنی و استقرار بوته‌ها در مرحله ۲-۴ برگی گیاهان تنک و به یک بوته در هر کپه رسانده شدند. در پایان دوره و پس از رسیدگی نهایی و برداشت، برای تعیین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، وزن و قطر طبق، وزن هزار دانه و شاخص برداشت، بوته‌های واقع در یک متر مربع وسط هر کرت برداشت شدند و اندازه‌گیری‌های لازم روی آنها صورت گرفت.

در طی انجام مراحل آزمایش و پس از هر بار اعمال تیمارهای خشکی، مقادیر دو تنظیم کننده اسمزی کربوهیدرات و پرولین در جوانترین برگ‌ها اندازه‌گیری شدند. کربوهیدرات‌های محلول با استفاده از اتانول و براساس روش اسید سولفوریک (۲۵) و پرولین با استفاده از روش بیتز و همکاران (۶) از بافت سبز و تازه برگ‌ها استخراج و اندازه‌گیری شدند. در نهایت داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزارSAS تجزیه و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام پذیرفت. برای رسم نمودارها و جداول از برنامه‌های EXCEL و WORD استفاده گردید.

نتایج و بحث

الف) عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف، در جدول ۲ نشان داده شده است. این نتایج نشان می‌دهد که اعمال تنش خشکی در سه مرحله رشدی گیاه تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه آفتابگردان (رقم آلستر) داشته است. از آنجایی که در هر یک از مراحل ظهور طبق، گل‌دهی و پرشدن دانه‌ها بخش‌های خاصی از اجزای عملکرد دانه شکل می‌گیرند، لذا تأثیر خشکی بر هر یک از این مراحل متفاوت بود. مقایسه میانگین داده‌ها براساس میانگین‌های چند دامنه ای دانکن در سطح ۵٪ نشان داد (جدول ۳) که تنش خشکی در مراحل ظهور طبق و پر شدن دانه به ترتیب دارای کمترین و بیشترین تأثیر بر عملکرد دانه

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-09-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.11.0]

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری

هدایت الکتریکی	pH	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز	لای	رس	شن	بافت خاک
		پی پی ام						درصد			لومی- شنی
۱/۸	۷/۴	۶/۳	۱۲	۱۸۵	۲/۲	۴/۸	۳/۱	۲۷	۳۲	۴۱	

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد دانه، کربوهیدرات و پرولین

تیمار	درجه آزادی	عملکرد دانه ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیکی ($g.m^{-2}$)	وزن هزار دانه (گرم)	وزن طبق (گرم)	قطر طبق (cm)	شاخص برداشت (درصد)	پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)	کربوهیدرات میکرو گرم گلوکز در گرم وزن تر
تکرار	۲	۲۳۵/۲ ns	۵۵۱/۸ ns	۱۴/۴ ns	۴ ns	۰/۴۱ ns	۳/۳۸ ns	۷۰/۲ ns	۰/۰۵ ns
خشکی	۲	۵۳۹۸/۵**	۱۶۵۵۳/۲**	۱۶۰/۵**	۹۰۷/۷**	۵/۷**	۳۲۸/۸**	۱۳۲/۶**	۲۶/۹**
خطای a	۴	۷۶۴/۹	۲۶۴۳/۱	۲۲/۶	۷۰/۹	۰/۱	۵۵/۶	۲۶/۲	۰/۳
ریزمغذی	۶	۵۲۵/۲ns	۹۹۸/ ۲ ns	۱۶/ ۴ns	۱۶۱/۸**	۰/۷۲**	۷۳/۵ ns	۱۲۸/۱**	۱/۶**
خشکی× ریزمغذی	۱۲	۱۱۸۵/۷**	۲۰۳۹/۱ ns	۲۴ns	۵۴۱/۸**	۱/۴۲**	۱۶۳/۷**	۲۱۶/۲**	۱/۸**
خطای b	۳۶	۴۲۸	۲۴۶۵/۹	۱۲	۳۸/۱	۰/۱۹	۵۹/۹	۲۴/۱	۰/۲
%CV		۱۹/۵	۱۹/۵	۱۲/۷	۱۲	۵/۰۹	۱۸/۴۸	۱۲	۴/۲

ns، *، **: به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

آفتابگردان رقم آلستر است. میزان کاهش عملکرد دانه در مرحله پر شدن نسبت به مرحله ظهور طبق حدود ۲۴/۳ درصد بود. از دلایل کاهش عملکرد در این مرحله می‌توان به کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها (۲ و۱۰) و پیری زودرس برگ‌ها در این دوره (۲۷ و ۲۸) اشاره کرد.

استفاده از عناصر ریزمغذی به صورت منفرد و ترکیبی سبب تغییراتی در عملکرد دانه گردید، اگرچه تفاوت معنی‌داری بین میزان عملکرد در انواع متفاوت عناصر ریزمغذی دیده نشد (جدول ۲) ولی میزان عملکرد در زمانی که عناصر به صورت منفرد مصرف شدند بیش از حالات ترکیبی آنها بود (جدول ۳). با این وجود در شرایط اعمال تنش خشکی در هریک از مراحل رشد گیاه (ظهور طبق، ظهور گل‌دهی و پر شدن دانه‌ها) عناصر ریزمغذی باعث تغییرات معنی‌داری در عملکرد دانه شدند (جدول ۲) به طوری‌که تیمار w1b3 (عنصر منگنز در مرحله ظهور طبق) با میانگین ۱۵۵/۹ و تیمار w3b3 (عنصر منگنز در مرحله پر شدن دانه) با میانگین ۶۶/۳ گرم در متر مربع به ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد دانه بودند (شکل ۱). ویلسون و همکاران (۲۹) مشخص کردند که منگنز در فرایند فتوسنتز دخالت دارد. آنها بیان کردند که منگنز در آزادسازی O2 در طی فرایند فتولیز آب، سنتز کربوهیدرات و متابولیسم لپیدها دخالت دارد. هم‌چنین منگنز از عناصر ضروری برای تشکیل و پایداری کلروپلاست و سنتز برخی از پروتئین‌ها به شمار می‌رود. در این آزمایش به سبب تأثیر بالای خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها که همراه با پیری زود هنگام بود، کمترین میزان عملکرد دانه دیده شد. تأثیر بالای خشکی در این مرحله را می‌توان در بالا بودن غلظت پرولین در بافت سبز برگ‌ها نسبت به سایر مراحل دید (بخش ب).

عملکرد دانه حاصل برآیند مجموعه‌ای از اجزاست. در این

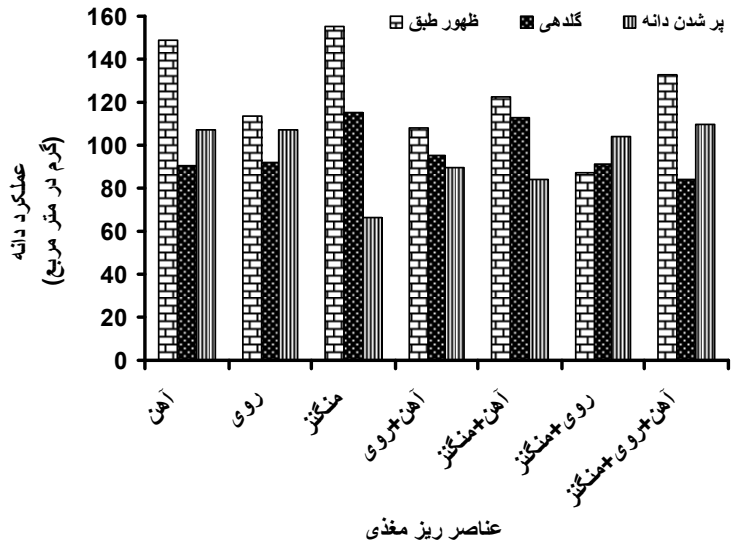
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-09-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.11.0]

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی و فرعی عملکرد، اجزای عملکرد دانه، کربوهیدرات و پرولین

تیمار	عملکرد دانه ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیکی ($g.m^{-2}$)	وزن هزار دانه (گرم)	وزن طبق (گرم)	قطر طبق (سانتی‌متر)	شاخص برداشت (درصد)	پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)	کربوهیدرات (میکروگرم گلوکز در گرم وزن تر)
				خشکی				
ظهور طبق	۱۲۶/۰۴^{a}	۲۸۰/۱۳^{a}	۲۹^{a}	۵۵/۳۶^{a}	۹/۲۱^{a}	۴۵/۰۵^{a}	۳۸/۶۲^{b}	۱۰/۱۴^{c}
گل‌دهی	۹۷/۳۴^{b}	۲۵۹/۱۸^{ab}	۲۸/۸^{a}	۵۴/۸۲^{a}	۸/۸۹^{b}	۳۷/۴^{b}	۴۳/۴۷^{a}	۱۲/۴۱^{a}
پر شدن دانه	۹۵/۳۴^{b}	۲۲۴/۵۴^{b}	۲۴/ ۵^{b}	۴۳/۷۱^{b}	۸/۱۹^{c}	۴۳/۱۳^{ab}	۳۹/۹۱^{ab}	۱۱/۱۲^{b}
				ریز مغذی				
آهن	۱۱۵/۵۲^{a}	۲۷۲/۹^{a}	۲۶/۸۶^{ab}	۵۱/۹۸^{ab}	۸/۹۱/^{ab}	۴۲/۵۶^{a}	۳۹/۷۵^{dc}	۱۱/۴۲^{ab}
روی	۱۰۴/۴۱^{a}	۲۵۱/۲^{a}	۲۹/۳۷^{a}	۵۳/۳۸^{ab}	۸/۸۱^{abc}	۴۳/۷۹^{a}	۴۵/۷۲^{a}	۱۱/۵۲^{ab}
منگنز	۱۱۲/۴^{a}	۲۴۸/۵^{a}	۲۸/۶۸^{ab}	۵۳/۴۲^{ab}	۸/۸۸^{ab}	۴۴/۶۴^{a}	۴۲/۹۴^{abc}	۱۱/۳۲^{ab}
آهن+ روی	۹۷/۸۷^{a}	۲۴۰/۹^{a}	۲۶/۳۸^{ab}	۴۴/۸^{c}	۸/۳۵^{c}	۳۹/۶۷^{a}	۳۶/۴۵^{d}	۱۰/۳۶^{c}
آهن+ منگنز	۱۰۶/۱۸^{a}	۲۴۰/۹^{a}	۲۶/۶۳	۴۹/۹۱^{bc}	۸/۵۴^{bc}	۴۳/۹۹^{a}	۳۶/۵۵^{d}	۱۱/۰۳^{b}
روی+ منگنز	۹۴/۰۱^{a}	۲۵۹/۹^{a}	۲۵/۵۳^{b}	۵۷/۷۹^{a}	۹/۲۳^{a}	۳۶/۵۹^{a}	۴۴/۵۶^{ab}	۱۱/۲۴^{ab}
آهن+ روی+ منگنز	۱۰۸/۶۸^{a}	۲۶۰/۲^{a}	۲۷/۶۴	۴۷/۸^{bc}	۸/۶۴^{bc}	۴۱/۸۳^{a}	۳۸/۶۸^{dc}	۱۱/۶۶^{a}

تفاوت حروف در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد.



شکل ۱. اثر متقابل خشکی و عناصر ریزمغذی بر عملکرد دانه

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-09-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.11.0]

آزمایش اعمال تنش خشکی در هر سه مرحله رشد ظهور طبق، ظهور گل‌دهی و مرحله پرشدن دانه‌ها تأثیر معنی‌داری بر کلیه اجزای عملکرد دانه آفتابگردان رقم آلستر(عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، وزن و قطر طبق) داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین صفات در تیمارهای مختلف خشکی نشان داد که بیشترین و کمترین میزان افت صفات در اثر تنش خشکی برای کلیه اجزای عملکرد دانه (به جز شاخص برداشت در مرحله گل‌دهی) به ترتیب مربوط به مراحل پر شدن دانه‌ها و ظهور طبق بود. در مرحله پر شدن دانه‌ها، خشکی سبب کاهش عملکرد بیولوژیکی به میزان ۲۴/۷ درصد نسبت به مرحله ظهور طبق گردید. این میزان کاهش برای وزن هزار دانه، وزن طبق، قطر طبق و شاخص برداشت (در مرحله گل‌دهی) به ترتیب برابر ۲۸/۲، ۲۶/۶، ۱۲/۴ و۲۰/۳ درصد بودند (جدول ۳). دلخوش و همکاران (۳) در کلزا نشان دادند که تنش خشکی در مرحله ساقه رفتن و دیگر مراحل رشدی، به‌طور معنی‌داری از عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت می‌کاهد.

در جدول ۴ نتایج ضرایب هم‌بستگی بین صفات مختلف آورده شده است. این نتایج مبین هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین کلیه اجزای عملکرد با عملکرد دانه آفتابگردان رقم آلستر می‌باشد. در این بین بیشترین هم‌بستگی‌ها مربوط به عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت بود. مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که تنش خشکی با تأثیر بر عملکرد بیولوژیکی و سایر اجزای عملکرد، سبب کاهش عملکرد دانه در گیاه کلزا می‌شود (۳).

در این آزمایش عناصر ریزمغذی تنها دارای تأثیر معنی‌داری بر وزن و قطرطبق بود (جدول ۲). سینگ و همکاران (۲۶) نتایج مشابهی در آفتابگردان گزارش کردند. اثر متقابل محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی در طی اعمال تنش خشکی در سه مرحله رشد گیاه تأثیر مثبت و معنی‌داری بر اجزای عملکرد دانه داشت و این اثر تنها در موارد وزن و قطر طبق و شاخص برداشت معنی‌دار بودند (جدول ۲). عنصر منگنز به صورت منفرد و در مرحله ظهور طبق (w1b3) دارای بیشترین و در مرحله پر شدن دانه (w3b3) دارای کمترین تأثیر بر کلیه اجزای عملکرد دانه بود که همین خاصیت برای عملکرد دانه نیز مشاهده شد. بعد از منگنز تیمار کودی b5 (آهن+منگنز) در مرحله ظهور طبق از برای وزن و قطر طبق در رتبه دوم بود و از بیشترین تأثیر بر اجزای عملکرد دانه در طی بروز تنش خشکی برخوردار بود (شکل‌های ۲ تا ۴).

براساس نظر ویلسون و همکاران (۲۹) منگنز نقش زیادی در افزایش عملکرد دانه سویا دارد، چرا که این عنصر در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، تشکیل و پایداری کلروپلاست، سنتز برخی از پروتئین‌ها و احیای نیترات دخالت دارد. در تایید این نظر چن (۷) اعلام کرد که منگنز به طور معنی‌داری باعث افزایش وزن هزار دانه در گندم شده و عملکرد دانه در گندم را افزایش داده است.

یکی از آثار خشکی تغییر در میزان pH محلول خاک است. جذب عناصر ریزمغذی توسط گیاهان تا حد زیادی مرتبط با pH محلول خاک است. در صورت مهیا بودن مقادیر مناسبی از این عناصر در محلول خاک، جذب آنها در این شرایط می‌تواند تا حدی تغییر کرده، بهبود یابد (۲۰). با توجه به نقش منگنز در بهبود عملکرد دانه، مشاهده گردید که جذب منگنز در آفتابگردان تا حد زیادی نسبت به سایر عناصر ریزمغذی افزایش یافته و با تأثیر مثبت بر اجزای عملکرد دانه، منجر به افزایش عملکرد دانه در آفتابگردان گردید.

ب) تنظیم کننده‌های اسمزی

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۲ نشان می‌دهد که اعمال تنش خشکی در هر یک از مراحل رشد ظهور طبق، گل‌دهی و پر شدن دانه‌ها تأثیر معنی‌داری بر میزان تجمع دو تنظیم کننده اسمزی کربوهیدرات و پرولین در آفتابگردان رقم آلستر دارد. در این بین میزان تجمع پرولین حدود سه برابر کربوهیدرات در هر سه مرحله تنش خشکی بود. به طوری‌که بالاترین میزان کربوهیدرات با میانگین‌های ۱۲/۴ میکروگرم گلوکز در گرم وزن تر و پرولین با میانگین ۴۳/۴ میکرومول در گرم وزن تر

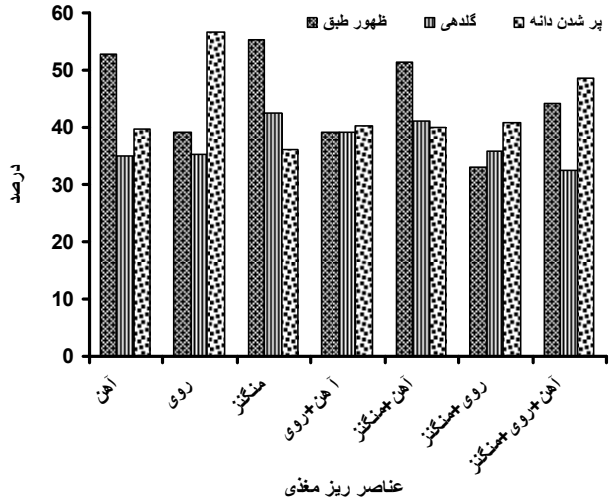
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-09-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.11.0]

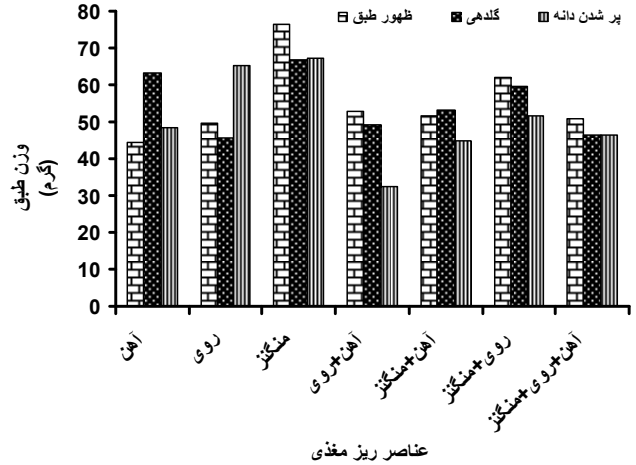
جدول ۴. ضرایب هم‌بستگی بین عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه، کربوهیدرات و پرولین

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
(۱) عملکرد دانه	۱							
(۲) عملکرد بیولوژیکی	۰/۵۹**	۱						
(۳) وزن هزار دانه	۰/۵۱**	۰/۴۲**	۱					
(۴) وزن طبق	۰/۴۲**	۰/۳۴**	۰/۵۱**	۱				
(۵) قطر طبق	۰/۳۹**	۰/۳۷**	۰/۵۵**	۰/۶۹*	۱			
(۶) شاخص برداشت	۰/۶۳**	−۰/۲۱*	۰/۲۵*	۰/۲۲ns	۰/۱۸ ns	۱		
(۷) پرولین	−۰/۱۱۵ns	−۰/۰۹ ns	۰/۲۲ ns	۰/۲ ns	۰/۱۹۵ ns	−۰/۰۱۹ ns	۱	
(۸) کربوهیدرات	−۰/۲۷*	−۰/۰۶ ns	۰/۰۵ ns	۰/۰۱۷ ns	−۰/۰۵ ns	− ۸۷ *	۰/۱۴ ns	۱

ns، *،**: به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد



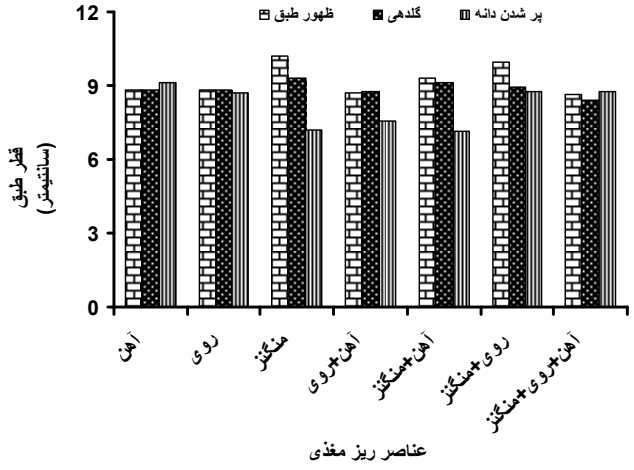
شکل ۲. اثر متقابل خشکی و عناصر ریزمغذی بر درصد شاخص برداشت



شکل ۳. اثر متقابل خشکی و عناصر ریزمغذی بر وزن طبق

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-09-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.11.0]



شکل ۴. اثر متقابل خشکی و عناصر ریزمغذی بر قطر طبق

در زمان اعمال خشکی در مرحله گل‌دهی به دست آمد (جدول ۳). نتایج تحقیقات هیر(۱۵) نشان می‌دهد که تجمع پرولین درتمام اندام‌های گیاهان در طی تنش خشکی بالا می‌رود، با این وجود میزان تجمع آن در برگ‌ها بیش از سایر اندام‌هاست. پرولین اسیدآمینه ذخیره شده در سیتوپلاسم بوده و احتمالا در حفاظت از ساختمان ماکرومولکول های درون سلول در طی تنش خشکی نقش مؤثری دارد (۱۵). گود و زاپاچینیسکی (۱۲) اعلام کردند که تجمع ترکیباتی همانند پرولین و اسیدهای آمینه در بافت سبز گیاه کلزا تحت تنش خشکی می‌تواند تا حدی شرایط لازم برای ادامه جذب آب از محیط ریشه را برای گیاه فراهم نماید. ولی اتکای گیاهان به این ترکیبات آلی برای تنظیم اسمزی هزینه بر بوده و گیاه این هزینه را از طریق کاهش عملکرد ادا می کند. مشابه نتایج گود و زاپاچینیسکی (۱۲)، نتایج به دست آمده در این آزمایش نیز بیانگر وجود هم‌بستگی معنی‌دار و منفی بین این تجمع دو ترکیب کربوهیدرات و پرولین با عملکرد دانه آفتابگردان رقم آلستر است (جدول ۴).

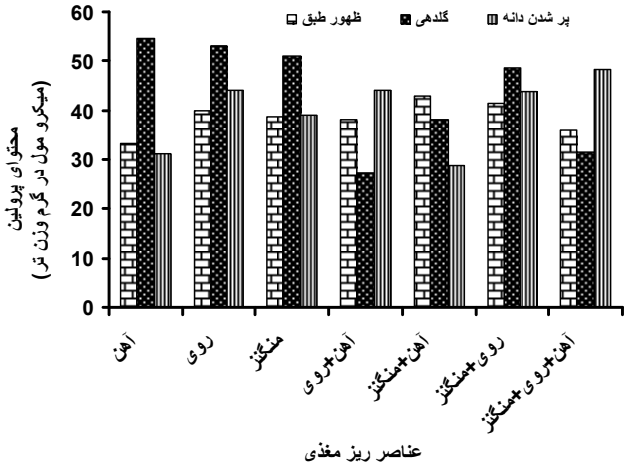
عناصر ریزمغذی تأثیر معنی‌داری بر سنتز و تجمع دو ترکیب کربوهیدرات و پرولین در این رقم از آفتابگردان داشت (جدول ۲). در این بین تیمارهای کودی b2 (عنصر روی) و b7 (آهن+روی+منگنز) به ترتیب دارای بیشترین تأثیر بر سنتز و تجمع پرولین و کربوهیدرات بودند (جدول ۳). براساس نظر مارشنر (۲۰) عناصر آهن، روی و منگنز هر کدام به نوعی در فرایند فتوسنتز و تولید کربوهیدرات دخالت دارند. در این آزمایش نیز مشخص گردید که تیمار ترکیبی این سه عنصر بیشترین تأثیر بر تولید کربوهیدرات در آفتابگردان داشتند.

علاوه بر اثرات ساده هر کدام از تیمارهای خشکی و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی، اثرات متقابل آن دو نیز تأثیر معنی‌داری بر سنتز و تجمع این دو ترکیب در آفتابگردان رقم آلستر داشت (جدول ۲). در این آزمایش پرولین در تیمار w2b1 (خشکی در مرحله گل‌دهی و تیمار کودی آهن) و کربوهیدرات در تیمار w2b7 (خشکی در مرحله گل‌دهی و تیمار کودی روی+ آهن+ منگنز) دارای بیشترین غلظت در بافت سبز برگ‌های خود بودند (شکل‌های ۵ و ۶).

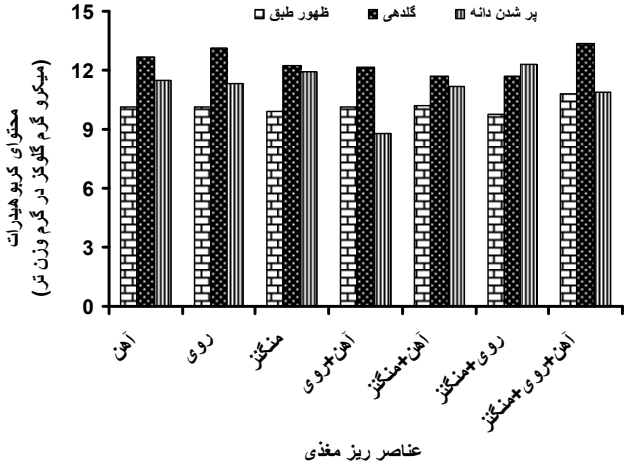
دلانی و همکاران (۸) اعلام کردند عناصر روی و منگنز بخصوص در ارقام مقاوم به خشکی در شرایط تنش نقش افزایش دهنده در امر تنظیم اسمزی (به واسطه افزایش میزان پرولین و یا قند های محلول) دارند. پرولین به طور کلی از دو مسیر عمده ساخته می‌شود: مسیر گلوتامات که آنزیم‌های آن در سیتوپلاسم قرار دارند و مسیر اورنتین که آنزیم های آن در میتوکندری واقع هستند. مسیر گلوتامات در گیاهان عالی اهمیت بیشتری دارد و به نظر می‌رسد آنزیم‌های کلیدی این مسیر به محلول‌پاشی روی و آهن واکنش مثبت نشان می‌دهند (۸).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-09-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.11.0]



شکل ۵. اثر متقابل خشکی و عناصر ریزمغذی بر میزان پرولین برگ



شکل ۶. اثر متقابل خشکی و عناصر ریزمغذی بر میزان کربوهیدرات برگ

همانترانجان (۱۴) اعلام کرد عنصر روی نقش بسیار مهمی در سنتز پروتئین و کربوهیدرات‌ها، متابولیسم سلول، محافظت غشا از رادیکال‌های آزاد اکسیژن و سایر فرایندهای مرتبط با امر سازگاری گیاهان به تنش‌ها دارد. مارشنر (۲۰) از نقش آهن و منگنز و ویلسون همکاران (۲۹) از نقش منگنز در تولید کربوهیدرات گزارش کرده‌اند. در این آزمایش نیز مشخص گردید حتی در شرایط بروز تنش خشکی ترکیب این سه عنصر توانست بالاترین تأثیر در سنتز کربوهیدرات را داشته باشد.

به طور کلی از نتایج به دست آمده در این آزمایش می‌توان استنباط کرد که بروز تنش خشکی در هر یک از مراحل رشد ظهور طبق، گل‌دهی و پر شدن دانه می‌تواند سبب تغییراتی در عملکرد دانه تولیدی آفتابگردان رقم آلستر گردد. در این بین بروز تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه‌ها بیشترین تأثیر را در عملکرد داشته و نسبت به دو مرحله رشدی ظهور طبق و گل‌دهی کاهش بیشتری را در عملکرد دانه سبب می‌گردد. استفاده از عناصر ریز مغذی بخصوص منگنز و یا ترکیب روی+منگنز در این شرایط با تأثیر مثبت بر اجزای عملکرد، افزایش عملکرد دانه تولیدی را به دنبال خواهد داشت. در طی بروز تنش در هر یک از مراحل رشد ظهور طبق، گل‌دهی و پر شدن دانه مقادیر دو تنظیم کننده اسمزی کربوهیدرات و پرولین

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-09-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.11.0]

برای ادامه انجام فرایندهای رشد در بافت سبز برگ‌های آفتابگردان رقم آلستر بالا رفت. با این وجود عناصر ریزمغذی (به خصوص آهن و آهن+روی+ منگنز) بر میزان سنتز و تجمع آنها افزودند. هر چند تنظیم اسمزی یکی از روش‌های بسیار مهم و مؤثر در ایجاد شرایط لازم برای ادامه جذب آب و انجام فرایندهای حیاتی به شمار می‌رود ولی با افزایش سنتز این ترکیبات از عملکرد دانه تولیدی کاسته شد.

منابع مورد استفاده

۱. آلیاری، ه . و ف. شکاری. ۱۳۷۹. *دانه‌های روغنی، زراعت و فیزیولوژی*. انتشارات عمیدی، تبریز.

۲. احمدی، م . ۱۳۶۸. گزارش پژوهشی تحقیقات کنجد. مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح وتهیهٔ نهال و بذر، بخش تحقیقات دانه‌های روغنی .

۳. دلخوش، ب .، ا. ح. شیرانی راد، ق. نورمحمدی و ف. درویش.۱۳۸۴ . بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و برخی صفات زراعی و فیزیولوژیک ارقام کلزا. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی ۳: ۱۶۶-۱۷۷.

۴. سعادت لاجوردی، ن. ۱۳۵۹. *دانه‌های روغنی* . انتشارات دانشگاه تهران.

۵. ملکوتی، م. ج. و م. غیبی.۱۳۷۶. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی محصولات استراتژیک وتوصیه صحیح کودی در کشور. انتشارات آموزش کشاورزی، کرج.

6. Bates, L. S., R. P. Waldern. and E. D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil 39: 205-207.
7. Chen, M. C. 1989. A study on the nutritional effects of manganese and zinc fertilizer on winter wheat crop. Scientia Agric. Sci. 22 :58-64.
8. Delaney, A. J., C. A. A. Hu, K. P. B. Kishor and D. P. S. Verma. 1993. Cloning ornithine-aminotransferase cDNA from vigna anconitifolia by trans-complementation in *Escherichia coil* and regulation of proline biosynthesis. J. Biol. Chem. 268:18673-18678.
9. Flagella, Z. T., R. Rotunno., R. Dicatarina and A. Di Curo. 2002. Changes in seed yield and oil faty acid composition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrid in relation to the sowing date and the water regime. Eur. J. Agron. 7:221-230.
10. Fredrick, J. R., J. T. Wooley., J. D. Hesketh and D. B. Peters. 1991. Seed yield and agronomic traits of old and modern soybean cultivars under irrigation and soil water-deficit. Field Crop Res. 27: 71-82.
11. French, R. J. and N. C.Turner. 1991. Water deficit change dry matter partitioning and seed yield in narrow leafed lupins. Aust. J. Agric. Res. 42: 471- 484.
12. Good, A., and S. Zaplachiniski. 1994. The effects of drought on free amino acid accumulation and protein syntesis in Brassica napus. Physiologia Plantarum 90: 9–14
13. Harold,V. E. 1989. Effects of water deficits on yield, yield components and water use efficiency of irrigated corn. Agron. J. 78:1035-1040.
14. Hemantaranjan, A. 1994. Physiology an biochemical significance of zinc in plants. PP. 151-178. *In*: Advancement in Micronutrient Research.
15. Heuer, B. 1994. Osmoregulatory role of proline in water stress and salt-stressed plants. PP. 363-481. *In*: M. Pessarkli (Ed.), Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Pub., New York.
16. Leblance, D. V., U. C. Gupta. and B. R. Christie. 1997. Zinc nutrition of silage corn grown on acid podzol. J. Plant Nutr. 20: 345-355.
17. Levit, J. 1980. Responses of Plants to Enviromental Stresses. Vol 2. Academic Press, New York.
18. Lewis, D. C. and J. D. Macfalane. 1986. Effect of foliar applied manganese on the growth of safflower (*Carthamus tinctorious* L.) and the diagnosis of manganes deficiency by plant tissue and seed analysis. Aust. J. Agric. Res. 37: 567-572.
19. Mekki, B. B., M. A. EL-kholy and E. M. Mohamed. 1999. Yield oil and fatty acids content as affected by water deficit and potassium fertilization in to sunflower cultivars. Egypt. J. Agron. 21: 67-85.
20. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed., Academic Press. Ltd, London.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-09-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.11.0]

21. Mariotti, M., L. Ercoli and A. Masoni. 1996. Spectral properties of iron deficient corn and sunflower leaves. Remot Sens. Environ.58:282 -288.
22. Murriel, J. L. 1975. Yield of sunflower in field plots in response to various watering regimes and to irrigation during critical phases of growth. In Proceedings of the Sixth International Sunflower Conference. International Sunflower Association Romania. PP. 577-582
23. Ramesh, S., S. Raghbir, S. Mohinder, R. Sharam, R. Singh and M. Singh. 1999. Effect of P and Fe on the yield of sunflower. Ann. Agri. Res . 4: 445-450.
24. Reddy, A. R., K. V. Chaitanya and M. Vivekanandan. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. J. Plant Physiol. 161: 1189-1202.
25. Schlegel, H. G. 1956. Die Verwertung organischer sauren durch chlorella in lincht. Planta. 47: 510-515.
26. Sigh, R., R. K. Sharma and M. Singh. 1996. Effects of P, Zn, Fe CaCO3 and Farmyad manure application on yield and quality of sunflower. Ann. Biol. Ludhiana 12: 203-208.
27. Turner, N. C. 1977. Drought Resistance and Adaptation to Water Deficit in Crop Plants. John Wiley and Sons Pub., New York.
28. Whitfield, D. M., D. J. Cornner and A. J. Hall. 1989. Carbon dioide balance of sunflower subjected to water stress during grain filling. Field Crops Res. 20: 65-81.
29. Wilson, D. O., F. C. Boswell, K. Ohki, M. B. Parker, L. M. Shuman and M. D. Jellum. 1982. Change in soybean seed oil and protein as influenced by manganese nutrition. Crop Sci. 22: 948-952.
30. Yilmaz, A., H. Ekis and I. Cakmak. 1997. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat. J. Plant Nutr. 20: 461-471.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-09-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.11.0]