Effect of organic fertilizer foliar application on grain yield, nutrient content, and water productivity of maize (*Zea mays* L.) under drought stress conditions

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received

Received

Accepted

Published online

Keywords:

Water stress,

Nutrient elements,

Organic compound,

Water consumption,

Foliar application

ABSTRACT

A pot experiment was conducted to investigate the effect of foliar application of Zargreen organic liquid fertilizer on the growth, chemical composition, and water productivity of maize (cv. Single cross) under drought stress conditions from November to March 2021 in the of Faculty of Agriculture of Shiraz University, Iran. Treatments consisted of four levels of foliar application of Zargreen amino acid fertilizer (0, 2.5‰, 5‰, and 7.5‰), and three levels of drought stress (100%, 75%, and 50% of the field capacity as no stress, moderate stress, and severe stress, respectively). During the growing season, in 1.5, 3, and 4 months after planting, the fertilizer solution was used for foliar spraying. Data was statistically analyzed and the effect of treatments was also studied using principal component analysis.
The highest greenness index (SPAD value) and fresh weight of cob were obtained with foliar application of 5‰ organic fertilizer under the highest drought stress conditions. The lowest number of leaves, fresh weight, and plant height were observed at the highest level of drought stress, which was improved by foliar application of the organic fertilizer. With the increase of drought stress, the shoot concentration of copper, manganese, and zinc increased due to decreased plant dry weight under drought conditions. The highest concentration of these elements in the aerial parts of maize under drought stress conditions was obtained by the high foliar application of the fertilizer. The highest water productivity was obtained with the foliar fertilizer application at the rate of 5‰ under the highest drought stress conditions. The results showed that the most positive correlation between the studied properties was obtained with foliar application of 5‰ of the organic fertilizer. It can be concluded that foliar application of the organic fertilizer has increased the plant's dry weight and reduced water consumption, consequently improving water productivity by helping plants save more water and supplying essential nutrients to plants.

Cite this article: Author, A. A., Author, B. B., & Author, C. C. (year). Article title. *Journal Title*, 56 (1), 1-20. DOI: http//doi.org/000000000000000000

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/00000000000000000000000

اثر محلول‌پاشی برگی کود آلی بر عملکرد دانه، محتوای عناصر غذایی و بهره‌وری آب در ذرت (*Zea mays* L.) در شرایط تنش خشکی

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت:
تاریخ بازنگری:
تاریخ پذیرش:
تاریخ انتشار:

کلیدواژه‌ها:
تنش رطوبتی، عناصر غذایی، ترکیب آلی، مصرف آب، محلول پاشی

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر محلول پاشی کود مایع آلی زرگرین بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ و شاخص بهره‌وری آب در شرایط تنش خشکی در آبان تا اسفند ۱۴۰۰ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح محلول پاشی کود آمینواسید زرگرین (با غلظت‌های صفر، ۲/۵ در هزار، ۵ در هزار و ۷/۵ در هزار) و سه سطح تنش خشکی (ظرفیت مزرعه، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه به‌ترتیب بدون تنش، تنش متوسط و تنش شدید) بودند. در طول فصل رشد طی سه نوبت و در زمان‌های ۱/۵، ۳ و ۴ ماه بعد از کاشت از محلول کود مایع آلی زرگرین با غلظت‌های ذکر شده برای محلول پاشی استفاده شد. تاثیر تیمارهای به کاربرده شده با روش تجزیه به مولفه‌های اصلی مطالعه شد.

نتایج نشان داد که بیشترین شاخص سبزینگی برگ و وزن تر بلال با محلول پاشی پنج در هزار کود زرگرین و در شرایط تنش شدید خشکی به دست آمد. کمترین تعداد برگ، وزن تر و ارتفاع بوته در تنش شدید خشکی مشاهده شدند درحالی‌که محلول پاشی کود آلی آن را بهبود بخشید. با افزایش تنش خشکی، غلظت مس، منگنز و روی اندام هوایی ذرت افزایش یافت که به سبب کاهش وزن خشک گیاه در شرایط مواجهه با خشکی است. بیشترین غلظت این عناصر در اندام هوایی ذرت در شرایط تنش، با محلول پاشی در سطح ۷/۵ در هزار کود آلی به دست آمد. بیشترین شاخص بهره‌وری آب در شرایط محلول پاشی کود آلی به میزان پنج در هزار در مواجهه با تنش شدید خشکی به دست آمد. نتایج نشان داد که بیشترین همبستگی مثبت میان ویژگی‌های مورد مطالعه با محلول پاشی پنج لیتر در هزار کود آلی به دست آمد. می‌توان گفت کاربرد کود آلی از یک سو با کمک به گیاه برای حفظ بیشتر آب و از سوی دیگر با تامین عناصر غذایی ضروری گیاه، سبب افزایش وزن خشک گیاه و کاهش مصرف آب شده و درنتیجه بهره‌وری آب را بهبود بخشیده است.

استناد: نام خانوادگی، نام؛ نام خانوادگی، نام؛ و نام خانوادگی، نام (سال). عنوان مقاله. *عنوان مجله*، ۲ (۴)، ۲۰-۱.

DOI: http//doi.org/ 10.22059/ijswr.2022.341492.669243

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

مقدمه

ذرت، پس از گندم و برنج، سومین محصول غله‌ای مهم جهان بوده و کشت آن در ایران نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. سطح زیر کشت ذرت در ایران بر اساس آمار سال ۲۰۱۸، بیش از ۱۹۲ هزار هکتار گزارش شده است (علی زاده فروتن و همکاران، ۱۴۰۱). در مناطق خشک و نیمه خشکی مانند کشور ما، به دلیل کمبود بارندگی و افزایش دما، تنش شدید خشکی تاثیر قابل توجهی بر رشد و توسعه گیاهانی مانند ذرت دارد که شدت این تاثیر بسته به نوع گونه گیاهی، مرحله رشد گیاه و طول مدت کم آبی متفاوت است. این تنش، سبب تغییرات فیزیولوژیکی گوناگونی در گیاه می‌شود. افزایش غلظت املاح و خروج آب از گیاه در نتیجه تنش خشکی، سبب کاهش ارتفاع بوته، کاهش سطح برگ، کاهش توسعه ریشه و زیست توده گیاه می‌شود (نصیری و همکاران، ۱۴۰۳). از دیگر اثرات تنش کم آبی، کاهش تولید رنگدانه‌های فتوسنتزی و فتوسنتز، افزایش تشکیل رادیکال‌های آزاد اکسیژن، افزایش پراکسیداسیون چربی‌های غشاء، تخریب پروتئین‌ها، بسته شدن روزنه‌ها، تخریب آنزیم‌ها و تجمع پرولین است (Yahyaabadi and Dehghani, 2021). در شرایط تنش خشکی به سبب کاهش تنفس، کاهش سطح برگ، کاهش سرعت فتوسنتز و درنتیجه کاهش ماده سازی و انتقال مواد در گیاهان، وزن خشک کل در گیاهان کاهش می‌یابد (Batool *et al*., 2015). از اثرات مضر تنش کم آبی، تولید گونه‌های فعال اکسیژن است که به ساختارهای سلولی از جمله کلروپلاست حمله کرده و ساخت و پایداری کلروفیل را کاهش می‌دهند (Li *et al*., 2020; Ahmad *et al*., 2022;). اثرات نامطلوب تنش خشکی، بسته به شدت و زمان مواجهه با آن ممکن است عملکرد گیاه را از ۳۰ تا ۹۰ درصد کاهش دهد. تنش خشکی از طریق تاثیر بر برخی از فرایندهای متابولیسمی سبب تغییر در رفتار و در نهایت مقاوم سازی گیاه در مقابل برخی تنش‌ها می‌شود (Yordanov *et al*., 2000). تنش خشکی جذب مواد غذایی توسط ریشه‌ها و انتقال این مواد به ساقه را کاهش می‌دهد که این کاهش به دلیل محدود شدن سرعت تعرق، آسیب رساندن به انتقال فعال و کاهش نفوذ غشایی است (Moosavi *et al*., 2015; Moridi *et al*., 2019). تنش خشکی از طریق کاهش تقسیم سلولی، نقش بازدارندگی بر تولید یا گسترش مریستم‌های زاینده دارد و از این طریق سبب کاهش تعداد بلال در بوته ذرت می‌شود (Sepasi *et al*., 2012). Heidary *et al*. (2016) بیان کردند تنش خشکی از طریق کاهش حلالیت و کاهش جذب عناصر غذایی سبب برهم زدن تعادل تغذیه ای در گیاه کلزا می‌شود. به منظور کاهش اثرات منفی تنش خشکی و بهبود عملکرد گیاهان رشد یافته در این شرایط، دستیابی به مدیریت مناسب، ضروری است. این مدیریت می‌تواند از طریق کاربرد برخی اصلاح کننده‌ها مانند ترکیبات آلی و اسیدهای آمینه به بهبود رشد گیاه در شرایط تنش محیطی کمک کند. اسیدهای آمینه نقش مهمی در تحمل گیاهان به تنش خشکی ایفا می‌کنند. تنظیم اسمزی از طریق تجمع اسیدهای آمینه مانند گلایسین، پرولین و آلانین، سمیت زدایی گونه‌های اکسیژن فعال و تنظیم pH درون سلول، از نقش‌های اسیدهای آمینه در مواجهه با تنش خشکی است. همچنین اسیدهای آمینه با افزایش تحمل به تنش‌های محیطی، افزایش غلظت کلروفیل و در نتیجه اثر بر فتوسنتز بر رشد و عملکرد گیاه اثر دارد. نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد افزودن گلوتامیک اسید بر بازو بسته شدن روزنه‌ها، آرژنین بر تولید هورمون‌های گیاهی موثر بر گلدهی و میوه‌دهی نقش دارند (Faten *et al*., 2010). کاربرد اسید آمینه با افزایش جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر کم مصرف سبب افزایش رشد و عملکرد ذرت شد (Faten *et*

(*al.*, 2010). حکیم چه بهیشات و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند کاربرد گلایسین بر وزن خشک، ارتفاع بوته و وزن هزار دانه ذرت اثر معنی‌داری نشان داد.

پیشینه پژوهش

نتایج پژوهش‌های بسیاری نشان می‌دهد که خشکی، فتوسنتز، جذب آب و عناصر غذایی و درنتیجه توسعه گیاه را کاهش می‌دهد (Nagy, 2010; Gavili et al., 2018, 2019). رضایی زاد و همکاران (۱۳۹۷) نشان دادند تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف در بلال ذرت شد. در پژوهش دیگری با افزایش تنش کم‌آبی به مقدار ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی، تعداد دانه در هر بلال ذرت کاهش یافت (قبادی و همکاران، ۱۳۹۴). بر اساس یافته‌های Cakmak (2008)، تنش خشکی سبب افزایش فشار اسمزی و در نتیجه کاهش جذب آب توسط گیاه و تحرک و جذب عناصر پرمصرف و کم مصرف می‌شود. از سوی دیگر با کاهش رطوبت، رشد ریشه گیاه محدود شده و درنتیجه جذب عناصر کم می‌شود. افزودن ترکیبات شیمیایی مختلف با هدف تامین کمبود عناصر غذایی، در بسیاری از پژوهش‌ها مورد توجه قرار گرفته است.

میر و همکاران (۱۴۰۳) نشان دادند تنش کم آبی سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه کلزا شد. کاربرد کودهای ریزمغذی و اسیدسالیسیلیک سبب افزایش عملکرد کلزا در هر دو شرایط عدم تنش و تنش شد که به‌ویژه در شرایط تنش مشهودتر بود. Rajaie و Ziaeyan (2009) بیان کردند افزودن آهن می‌تواند با افزایش تولید کلروفیل، سبب افزایش فتوسنتز و بهبود تولید کربوهیدرات و انتقال آن به دانه‌ها، و درنتیجه موجب افزایش عملکرد دانه ذرت شود. اگرچه کاربرد کودهای شیمیایی می‌تواند سبب افزایش تولیدات کشاورزی شود، اما استفاده دائم و فشرده از این ترکیبات، اثرات نامطلوبی بر محیط زیست وارد نموده و سبب افزایش آلودگی اکوسیستم، تجمع سموم، فرسایش خاک و هدررفت عناصر غذایی از محیط و کاهش تنوع زیستی شود (Daneshmandi and Seyyedi, 2019). استفاده از ترکیبات آلی دارای آمینواسیدها به دلیل اثر در ساختن پروتئین، سوخت و ساز گیاهی، افزایش میزان کلروفیل و فتوسنتز، رشد و توسعه گیاه و افزایش مقاومت به تنش‌های زیست محیطی و بهبود عملکرد توام با حفظ محیط زیست از آلودگی، بااهمیت است (پوریوسف و شهروان، ۱۳۹۳). افزودن بسیاری از اصلاح کننده‌ها سبب افزایش غلظت پتاسیم برگ شده و درنتیجه با تنظیم روابط آبی، کارآیی مصرف آب و شرایط رشد گیاه در مواجهه با تنش خشکی را بهبود می‌دهند (Wang *et al.*, 2013).

فیاض و همکاران (۱۴۰۳) نشان دادند بیشترین ارتفاع بوته، وزن هزاردانه، تعداد خورجین در بوته و عملکرد کلزا با محلول پاشی ۲ گرم اسیدهای آمینه در لیتر در شرایط آبیاری کامل به دست آمد. محمودی (۱۳۹۱) نشان داد کاربرد ترکیبات دارای اسیدهای آمینه آزاد با افزایش درصد نیتروژن سبب افزایش پروتئین دانه نخود شد. همچنین درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه نخود با محلول پاشی اسیدآمینه افزایش معنی‌داری نشان داد. افزودن اسیدهای آمینه با افزایش جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر کم مصرف سبب افزایش رشد و عملکرد ذرت شد (پوریوسف و شهروان، ۱۳۹۳).

کاربرد خاکی برخی از اصلاح کننده‌های آلی و کودها در خاک‌های قلیایی و آهکی به سبب pH بیشتر از هفت و درنتیجه کاهش انحلال پذیری ترکیبات آنها، کارآیی چندانی در رفع کمبود عناصر ندارد، همچنین سبب آلودگی خاک و آب توسط

برخی عناصر می‌شود (Najafian *et al.*, 2022)، در این مواقع محلول پاشی عناصر می‌تواند کمبود آنها را در گیاه جبران و از آلودگی اکوسیستم جلوگیری کند (Rezaei-Chiane *et al.*, 2017). در پژوهشی محلول‌پاشی ترکیبات هیومیکی سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه دارویی بومادران شد (Zahedifar and Najafian, 2023). کاربرد خاکی و محلول‌پاشی کود آلی محتوی آمینواسید عملکرد دانه، شاخص سبزینگی و کارآیی مصرف آب در گندم را افزایش داد (زاهدی-فر و همکاران، ۱۴۰۱). در پژوهشی محلول پاشی آهن و منگنز، در سطوح مختلف تنش خشکی از آثار نامطلوب تنش بر وزن خشک گیاه ماش کاهش داد (Aghdasi *et al.*, 2018). میر و همکاران (۱۴۰۳) نشان دادند محلول پاشی عناصر کم مصرف می‌تواند با جبران کمبود این عناصر به‌ویژه آهن سبب افزایش کلروفیل شود. زاهدی‌فر و همکاران (۱۴۰۲) نشان دادند بیشترین کلروفیل برگ گوجه فرنگی در تیمار دارای بیشترین سطح تنش رطوبتی و بیشترین سطح محلول پاشی کود آلی به دست آمد. آنان نشان دادند محلول پاشی ترکیب آلی ارتفاع گیاه گوجه فرنگی را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. در این پژوهش بیشترین غلظت روی و مس اندام هوایی در گیاهان تحت بیشترین سطح تنش رطوبتی با کاربرد بیشترین سطح محلول پاشی کود آلی به دست آمد. گروه صنعتی پژوهشی فرهیختگان زرنام با هدف تولید محصولات کشاورزی سالم، ترکیبی با عنوان کود مایع آلی زرگرین بر پایه ترکیبات گیاهی و سازگار با محیط زیست تولید نموده است. این ترکیب به عنوان یکی از فرآورده‌های پالایشگاه علات زر شناخته شده، با pH حدود ۴/۵–۳/۵، دارای اسید آمینه‌های مختلف شامل گلوتامیک اسید، آلانین، گلیسین، هیستیدین، آرژنین، ترئونین، پرولین، والین، ایزولوسین، لیزین و لوسین به فرم آزاد (۶ درصد)، عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب به میزان۳، ۲/۵ و ۲ درصد، با ۳۰ درصد ماده آلی می‌باشد. با توجه به اینکه مطالعات محدودی درباره اثر این کود بر رشد و ترکیب شیمیایی و کیفیت محصولات زراعی به-ویژه در شرایط تنش رطوبتی انجام شده، بنابراین لازم است اثر این کود بر رشد و ترکیب شیمیایی گیاهان و همین‌طور شاخص بهره‌وری آب، مورد آزمایش و پژوهش قرار گیرد.

به منظور دستیابی به رشد اقتصادی، در شرایط کمبود منابع تولید، توجه به شاخص بهره‌وری آب بسیار اهمیت دارد. این شاخص به مقدار محصولی گفته می‌شود که از هر واحد حجم آب مصرفی به دست می‌آید (Abbasi et al., 2017) و هدف اصلی در بهبود این شاخص، افزایش عملکرد همزمان با کاهش مصرف آب است. دستیابی به این هدف به‌ویژه در مناطق خشکی مانند ایران مورد توجه زیادی است. شاخص بهره‌وری آب در گیاهان مختلف و تحت شرایط اقلیمی و نوع آبیاری متفاوت است. یکی از شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی، شاخص عملکرد به ازاء واحد حجم آب است. این شاخص برای ذرت دانه‌ای به روش آبیاری سنتی در شهرستان شهریار برابر با ۴/۵ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است (بهرامی و همکاران، ۱۳۹۹).

با در نظر گرفتن وسعت زیرکشت ذرت در ایران و لزوم حفظ منابع آبی در مناطق خشک و نیمه خشک، اهمیت مطالعه شاخص بهره‌وری آب در ذرت ضروری است. با توجه به کم بودن آب و استفاده بیش از حد از منابع محدود موجود، مدیریت مصرف آب در تامین نیاز آبی گیاهان به منظور کاهش بحران در کشاورزی، حائز اهمیت زیادی است. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر محلول پاشی اصلاح کننده آلی با نام تجاری کود مایع زرگرین بر ویژگی‌های رشد، عملکرد و غلظت

عناصر غذایی در شاخساره ذرت و همین‌طور بررسی کارآیی مصرف آب تحت تنش رطوبتی انجام شد. همچنین به منظور توصیف بهتر تاثیر تیمارهای محلول‌پاشی کود آلی و تنش خشکی مورد مطالعه بر ویژگی‌های رشد و ترکیب شیمیایی ذرت از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی استفاده شد.

مواد و روش‌ها

تهیه و آماده‌سازی و تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اولیه خاک

خاک مورد نیاز از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک آهکی (رس سیلتی) سری کوی اساتید (Loamy skeletal over fragmental, carbonatic, mesic, Fluventic Xerorthents) واقع در منطقه باجگاه استان فارس (در ارتفاع ۱۸۵۲ متری از سطح آزاد دریا و واقع بر طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی) برداشته شد. خاک مورد نظر پس از جمع‌آوری، هوا خشک شد. بخشی از نمونه‌ها از الک دو میلی‌متری عبور داده و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با استفاده از روش‌های معمول استاندارد به شرح زیر اندازه‌گیری شدند: بافت خاک (فراوانی نسبی ذرات شن، رس و سیلت) به روش هیدرومتری (Gee and Boder, 2002)، پ‌هاش در خمیر اشباع با دستگاه پ‌هاش‌متر (Thomas, 1996)، ماده آلی به روش اکسایش با بی‌کرومات پتاسیم و سپس تیتر کردن با آمونیوم فروسولفات معروف به روش ترسوزانی (Nelson and Sommers, 1996)، کربنات کلسیم معادل با روش تیتراسیون با اسید کلریدریک (Lopert and Suarez, 1996)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع به‌وسیله هدایت‌سنج الکتریکی (Rhoades, 1996)، فسفر قابل‌استفاده به روش اولسن و با عصاره‌گیری با بی‌کربنات‌سدیم (Olsen et al., 1954)، نیتروژن کل به روش کلدال (Bremner, 1996) ، غلظت عناصر کم‌مصرف کاتیونی (منگنز، مس، روی و آهن) به روش عصاره‌گیری با دی.تی.-پی.ا. (Lidsay and Norvell, 1978) و قرائت با دستگاه جذب اتمی مدل شیمادزو، AA-670، اندازه‌گیری شد (جدول ۱). کود آلی زرگرین از محصولات گروه صنعتی پژوهشی فرهیختگان زرنام به عنوان تیمار دارای اسیدهای آمینه مختلف با ویژگی‌هایی که در جدول شماره ۲ آورده شده است، انتخاب شد.

ویرایش شده

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اولیه خاک مورد استفاده برای کشت

ویژگی	واحد	مقدار
شن	درصد	۱۴
سیلت	درصد	۴۴
رس	درصد	۴۲
بافت	–	Silty clay
کربنات کلسیم معادل	درصد	۴۲
ماده آلی	درصد	۱/۱
پ‌هاش	–	۷/۵
قابلیت هدایت الکتریکی	دسی زیمنس بر متر	۰/۵
نیتروژن کل	درصد	۰/۱
فسفر قابل دسترس	میلی‌گرم در کیلوگرم خاک	۲۶
آهن قابل دسترس		۵,۴
مس قابل دسترس		۰/۱
روی قابل دسترس		۱/۲
منگنز قابل دسترس		۴/۳

جدول ۲- ویژگی‌های کود آلی زرگرین

ترکیبات	مقدار (w/w)	اسید آمینه آزاد	درصد (٪)
اسید آمینه کل	۴۰	اسید گلوتامیک	۰/۱۴
اسید آمینه آزاد	۶	گلیسین	۰/۲۴
نیتروژن کل	۳	هیستیدین	۰/۰۴
فسفر قابل دسترس (P_2O_5)	۲/۵	آرژنین	۰/۱۲
پتاسیم محلول در آب (K_2O)	۲	ترئونین	۱/۱۲
کربن آلی (OC)	۱۱	آلانین	۰/۶۷
ماده آلی (OM)	۳۰	پرولین	۰/۱۰
pH	۳/۵	والین	۰/۱۰
	درصد (٪)	ایزولوسین	۰/۱۰
روی (Zn)	۰/۰۰۴	لیزین	۰/۰۵
آهن (Fe)	۰/۰۳	لوسین	۰/۱۷

ویرایشاری شده

کشت گیاه در گلخانه

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه از آبان تا اسفند ۱۴۰۰ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح محلول پاشی کود آمینواسید شرکت زرگرین تهیه شده از گروه صنعتی پژوهشی فرهیختگان زرنام (با غلظت‌های صفر (F0)، ۲/۵ (F2.5)، ۵ (F5) و ۷/۵ (F7.5) لیتر کود در هزار لیتر آب)، سه سطح رطوبتی (ظرفیت مزرعه (W100)، ۷۵ (W75) و ۵۰ (W50) درصد ظرفیت مزرعه) (به‌ترتیب بدون تنش، تنش متوسط و تنش شدید خشکی) بودند. در ابتدا نمونه‌های خاک پنج کیلوگرمی آماده و سپس در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شد. به‌منظور جلوگیری از کمبود احتمالی سایر عناصر غذایی و بر اساس نتایج آزمون خاک اولیه (جدول ۱) عناصر نیتروژن، آهن، منگنز، روی و مس به‌ترتیب به مقدار مورد نیاز و از منابع اوره، کلات آهن (Fe- EDDHA)، سولفات منگنز، سولفات روی و

سولفات مس و به‌صورت محلول به خاک اولیه اضافه شدند. سپس خاک درون کیسه‌ها به‌طور کامل مخلوط شده و به داخل گلدان‌های پنج کیلوگرمی پلاستیکی با ابعاد ۲۵، ۱۸ و ۲۰ سانتی‌متر به ترتیب برای قطر بالا، قطر پایین و ارتفاع گلدان منتقل شد (مجموعا ۳۶ گلدان با فاصله حدود ۳۰ سانتیمتر در ردیف و ستون از یکدیگر). در تاریخ ۴ آبان ۱۴۰۰ در هر گلدان ۵ عدد بذر ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ که از دانشکده کشاورزی شیراز تامین شده بود، در عمق مناسب کاشته شد (شکل ۱). پس از دو هفته بوته‌های اضافی تنک و تعداد گیاهان به دو بوته در هر گلدان کاهش داده شد. سطوح رطوبتی ذکر شده در طول فصل رشد با توزین روزانه گلدان‌ها و جبران کمبود آب خاک در زمان آبیاری با افزودن مقدار آب لازم به آن‌ها پس از استقرار گیاهچه‌ها (دو هفته پس از کاشت) اعمال شد. در طول فصل رشد دمای حداقل و حداکثر گلخانه با دماسنج ثبات اندازه‌گیری شد. در طول فصل رشد طی سه نوبت و در زمان‌های ۱/۵، ۳ و ۴ ماه بعد از کاشت از محلول های کود آمینو اسید مورد استفاده با غلظت‌های ذکر شده برای محلول پاشی استفاده شد.

شکل ۱. برخی تصاویر تهیه شده از گیاه ذرت کاشت شده

اندازه‌گیری ویژگی‌های رشد و برداشت گیاه

در اواسط (۲ ماه پس از کاشت) و نزدیک به انتهای فصل رشد (۴ ماه پس از کاشت)، طی دو مرحله میزان سبزینگی برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر دستی (SPAD 502) اندازه‌گیری و میانگین‌گیری شد. در اواسط اسفند ۱۴۰۰، ارتفاع بوته، تعداد برگ‌ها و سطح برگ‌ها با استفاده از کاغذ شطرنجی اندازه‌گیری شد. در اواخر فصل رشد و پس از رسیدگی بلال‌ها، گیاهان از طوقه از سطح خاک برداشت شده، بلال‌ها نیز جدا و ویژگی‌های آنها اندازه گیری شد. اندام هوایی برداشت شده پس از توزین (وزن تر) و شستشو با آب معمولی و سپس با آب مقطر، نمونه‌های گیاهی در دمای ۶۵ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت در آون خشک شد. نمونه‌های خشک شده توزین و به‌وسیله آسیاب برقی پودر شدند.

تجزیه شیمیایی گیاه

یک گرم ماده خشک گیاه در دمای۵۵۰ درجه سلسیوس خاکستر شده و سپس ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک۲ نرمال به آنها افزوده شد تا نمونه‌ها حل شوند. سپس نمونه حل شده از کاغذ صافی واتمن۴۲ عبور داده شد و حجم محلول صاف شده با آب مقطر به حجم۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد و غلظت عناصر کم مصرف آهن، منگنز، مس و روی و همچنین عناصر کلسیم و منیزیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی و عناصر سدیم و پتاسیم با دستگاه شعله‌سنج اندازه‌گیری شد. شاخص بهره‌وری آب به صورت شاخص عملکرد دانه به ازاء واحد حجم آب از تقسیم کردن عملکرد دانه بر حجم آب مصرف شده (اندازه گیری شده توسط ظروف با حجم مشخص) به دست آمد (بهرامی و همکاران، ۱۳۹۹).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری EXCEL و MSTATC انجام و میانگین‌ها با آزمون توکی و در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند. به منظور توصیف بهتر تاثیر محلول پاشی بر ویژگی‌های مورد مطالعه از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی (Principal component analysis) و برنامه Graph Pad Prism9 استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر محلول‌پاشی سطوح مختلف کود آلی و تنش خشکی بر ویژگی‌های رشد و عملکرد ذرت

شاخص سبزینگی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد محلول پاشی کود آلی اثر معنی‌داری بر مقادیر میانگین شاخص سبزینگی گیاه نداشت.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی کود آلی و سطوح تنش خشکی بر ویژگی‌های رشد و غلظت عناصر شاخساره ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات														
		ارتفاع بوته	تعداد برگ	شاخص سبزینگی برگ	وزن تر شاخساره	وزن هزار دانه	وزن بلال	عملکرد دانه	غلظت عناصر شاخساره							
									کلسیم	منیزیم	پتاسیم	سدیم	آهن	منگنز	روی	مس
کود	۳	۶۱۵**	۲/۸۵**	۱۲/۵۸	۴۱۹*	۱۳۰۱۲*	۲۱۷	۶۳/۵۷	۹۰۴۹۸	۲۵۷۶۵۰*	۲۹۴۷*	۷۷۶**	۶۰۳۸۱**	۲۲۳۳**	۲۵۶۴	۵۹/۸۶**
رطوبت	۲	۸۲۷**	۱۵/۲۵**	۱۹۸**	۴۴۶*	۵۴۶۳۴**	۱۰۳۴**	۲۷۴/۰۸**	۵۸۲۷۶۰**	۷۰۴۷۶	۳۰۷	۳۵/۰۵	۴۶۸۶۹**	۹۵۸*	۱۶۰۱۹*	۶/۶۱*
کود × رطوبت	۶	۷۶	۰/۴۳**	۱۹/۰۲	۱۶۵	۷۵۶۶	۱۶۴	۶۳/۵۷	۹۰۷۷۷	۱۴۶۳۸۷	۴۴۲۵**	۵۹۴**	۵۷۱۶۳**	۱۵۰*	۴۳۴۳*	۰/۹۷
خطا	۲۴	۶۱	۰/۰۵	۱۸/۵۱	۱۹۶	۹۰۷۱	۹۱	۳۷/۱۶	۶۶۴۴۸	۷۶۶۲۲	۷۲۸	۱۶۰	۶۶/۷۳	۵۱/۵۴	۳۲۰۱	۱/۸۱
ضریب تغییرات ٪		۵/۴۹	۱/۹۴	۱۳/۹۵	۱۴/۱۲	۱۲/۸	۸/۱۰	۱۰/۳	۱۷/۵۴	۴/۰۴	۱۸/۶۷	۱۳/۶۱	۳/۳۲	۹/۸۳	۸/۱۰	۵/۵۶

(جدول ۳). هرچند با افزایش سطوح محلول پاشی کود، شاخص سبزینگی در مقایسه با شاهد به طور غیر معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۲). همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد با افزایش تنش خشکی میزان شاخص سبزینگی افزایش یافت. نتایج نشان داد بیشترین میانگین شاخص سبزینگی برگ ذرت به میزان ۳۹/۰۸ با محلول پاشی تیمار ۵ در هزار از کود مورد مطالعه و در شرایط ۵۰ درصد تنش خشکی به دست آمد (شکل ۲). Shi *et al.* (2006) نتایج مشابهی گزارش کردند.

نتایج آنان نشان داد افزایش کلروفیل پس از کاربرد اسیدسالیسیلیک ممکن است به دلیل اثر افزایش این ترکیب بر رنگدانه های فتوسنتزی و ارتباط با متابولیسم نیترات درون بافت‌ها و بیوسنتز کلروفیل باشد. Chinsamy *et al.* (2014) نشان دادند با کاربرد ورمی‌کمپوست تحت شرایط تنش آبی، کلروفیل در گیاه گوجه افزایش یافت که علت این افزایش به دلیل همبستگی قوی با غلظت نیتروژن گزارش شد.

نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داد تنش خشکی با تولید انواع اکسیژن‌های فعال در تیلاکوئید سبب کاهش غلظت کلروفیل و کارتنوئید در گیاهان می‌شود (Farooq *et al.*, 2009). بر اساس نتایج El-Tayeb (2005)، کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی ممکن است به دلیل ناپایداری کمپلکس‌های پروتئینی و تخریب کلروفیل به وسیله افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز باشد. نتایج متفاوت پژوهش‌ها نشان می‌دهد حساسیت گیاهان مختلف و همین‌طور گونه‌های یک گیاه نسبت به تنش خشکی، متفاوت است. دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است. بر اساس برخی پژوهش‌ها، تنش خشکی بر کلروفیل گیاه اثری نداشته است.

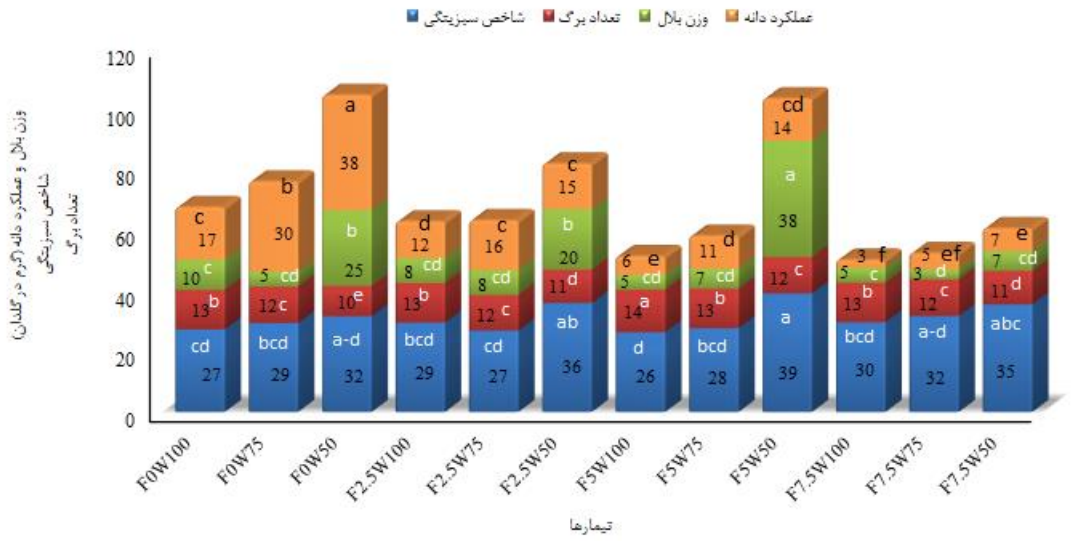
تعداد برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد محلول پاشی کود آلی و همچنین تنش خشکی اثر معنی‌داری بر تعداد برگ گیاه داشتند. نتایج مقایسه میانگین ها نیز نشان داد کاربرد سطوح ۷۵ و ۵۰ درصد تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار در سطح یک درصد میانگین تعداد برگ در بوته در مقایسه با شاهد شد (جدول ۳). همچنین نتایج نشان داد با افزایش سطوح کاربرد کود آلی، میانگین تعداد برگ‌های گیاه افزایش یافت. هرچند تنها محلول‌پاشی ۵ لیتر اسیدآمینه در هزار آب مورد مطالعه تعداد برگ‌های گیاه را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری در سطح یک درصد به میزان ۱۰ درصد افزایش داد (شکل ۲). به‌طوری که بیشترین میانگین تعداد برگ با محلول پاشی ۵ در هزار کود آلی به‌دست آمد. بیشترین (۱۴) و کمترین (۱۰) تعداد برگ در بوته به ترتیب در تیمارهای F5W100 و F0W50 مشاهده شد.

وزن بلال و عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تنش خشکی اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر وزن تر بلال و عملکرد دانه داشت. نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد در شرایط رطوبتی ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه وزن بلال و عملکرد دانه در مقایسه با سایر سطوح رطوبتی به طور معنی‌داری در سطح یک درصد افزایش یافت (جدول ۳). کاربرد سطوح ۲/۵ و ۵ در هزار کود مورد مطالعه در مقایسه با شاهد اثر معنی‌داری بر وزن بلال نداشت (شکل ۲). بیشترین وزن تر بلال گیاه به میزان ۳۸/۳۳ گرم در تیمار F5W50 به دست آمد. بیشترین عملکرد دانه در تیمار F0W50 مشاهده شد. نتایج برخی پژوهش‌ها متفاوت بود که می‌تواند به دلیل تفاوت در نوع رقم گیاه و شرایط نگهداری و رشد آن و یا زمان مواجهه با تنش باشد. شامحمدی و همکاران (۱۴۰۳) نشان دادند عملکرد دانه ذرت در شرایط بدون تنش، وجود آب کافی در خاک است که به دنبال آن گیاه می‌تواند آب و عناصر غذایی مورد نیاز خود را جذب کند، بنابراین فتوسنتز و به دنبال آن رشد و عملکرد افزایش می‌یابد. گاهی اوقات تنش خشکی سبب کاهش میزان کلروفیل برگ شده و با اثر سوء بر گرده افشانی، عملکرد ذرت کاهش می‌یابد. آنان نشان دادند استفاده همزمان کود شیمیایی و زیستی سبب کاهش اثرات تنش خشکی و درنتیجه افزایش عملکرد دانه ذرت شد. مصرف کودهای زیستی و آلی به حفظ آب و افزایش قابلیت دسترسی عناصرغذایی کمک می‌کند.

ویرایش اسکاری نشده



شکل ۲. اثر تیمارهای محلول‌پاشی کود آلی و تنش خشکی بر شاخص سبزینگی، عملکرد دانه، تعداد برگ و وزن بلال در ذرت. (در هر مورد، ستون‌هایی که حداقل در یک حرف کوچک مشترک هستند از نظر آماری با استفاده از آزمون توکی درسطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند).

وزن تر اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد محلول پاشی کود زرگرین و تنش خشکی اثر معنی‌داری بر وزن تر گیاه داشتند (جدول ۳). همچنین تنش خشکی وزن تر گیاه را به طور معنی‌داری در سطح پنج درصد کاهش داد. یافته‌ها نشان داد کاربرد همه سطوح محلول پاشی از کود مورد مطالعه در مقایسه با شاهد، وزن تر گیاه را افزایش داد. هرچند برخی از افزایش‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود و محلول‌پاشی ۵ در هزار کود، وزن تر گیاه را به طور معنی‌داری در سطح پنج درصد در مقایسه با شاهد به میزان ۱۷ درصد افزایش داد (شکل ۳). بیشترین وزن تر اندام هوایی ذرت (۱۱۳ گرم) در تیمار F7.5W100 و کمترین (۸۱ گرم) در تیمار F2.5W50 به دست آمد. زمانی‌که گیاه با تنش کم آبی مواجه می‌شود، برای حفظ آب روزنه‌ها را می‌بندد. با بسته شدن روزنه‌ها، مقدار جذب دی‌اکسیدکربن و درنتیجه فتوسنتز و عملکرد گیاه کاهش می‌یابد (Sun *et al.*, 2013). در پژوهش دیگری توسط Keshavarz *et al.* (2020)، تنش کم آبی، وزن خشک و تر نعناع فلفلی را کاهش داد درحالی‌که کاربرد ورمی‌کمپوست در این شرایط سبب بهبود این ویژگی شد. شادکام و همکاران (۱۴۰۳) نشان دادند محلول پاشی عناصر غذایی در شرایط تنش خشکی اثر مثبت معنی‌داری بر بهبود وزن تر نعناع فلفلی داشت.

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد محلول پاشی کود آلی و همچنین تنش خشکی اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته در مقایسه با شاهد در سطح یک درصد شد. همچنین محلول پاشی سطوح مختلف کود مورد مطالعه (۲/۵، ۵ و ۷/۵ لیتر اسیدآمینه در هزار آب) در مقایسه با شاهد ارتفاع گیاه را به طور معنی‌داری در سطح یک درصد به ترتیب به میزان ۸، ۱۰ و ۱۵ درصد افزایش داد (شکل ۳).

بیشترین ارتفاع در تیمار F7.5W75 و به میزان ۱۵۵ سانتی‌متر به دست آمد. نتایج نشان داد در گیاهان تحت تنش خشکی در بیشترین سطح (۵۰ درصد ظرفیت مزرعه)، بدون محلول پاشی کود آلی، ارتفاع بوته کاهش یافته درحالی‌که در همین سطح تنش، محلول پاشی سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع در سطح یک درصد شد. می‌توان نتیجه گرفت محلول پاشی آثار منفی تنش خشکی را تعدیل کرده است. اسیدهای آمینه با بهبود فرآیندهای بیوشیمیایی اصلی و سوخت و ساز در گیاهان و همچنین با دارابودن نیتروژن سبب افزایش ارتفاع بوته می‌شوند. مروتی و همکاران (۱۴۰۳) نشان دادند با تشدید تنش کم آبی، ارتفاع بوته گیاه ماشک علوفه‌ای کاهش یافت اما محلول پاشی کود دارای آهن در شرایط دیم، ارتفاع بوته را در مقایسه با شاهد به طورمعنی‌داری افزایش داد. کاهش پتانسیل آب بافت‌های مریستمی در طول روز سبب کاهش پتانسیل فشاری به مقداری کمتر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلول‌ها می‌شود، در نتیجه ارتفاع بوته کاهش می‌یابد. همچنین در شرایط تنش خشکی، ترشح هورمون‌های رشد مانند سیتوکینین از ریشه کاهش یافته و با کاهش تقسیم سلولی، ارتفاع بوته کاهش می‌یابد (Lalinia *et al.*, 2012). نتایج مشابهی توسط عبادی و همکاران (۲۰۱۳) در گیاه ماشک گزارش شده است. افزودن عناصر کم مصرفی مانند آهن با تاثیر در ساخت کلروفیل، فتوسنتز و کربوهیدرات سازی، سبب رشد رویشی ساقه می‌شود (Erdal *et al.*, 2004). Cakmak (2008) بیان کرد افزایش ارتفاع بوته در تیمارهای محلول پاشی عناصرغذایی به دلیل تاثیر آنها در فتوسنتز سبب افزایش ساخت کلروفیل در برگ‌های جوان و افزایش سطح تنظیم کننده‌های رشد گیاهی شده که اثر مستقیمی بر فتوسنتز دارند. با تولید فتوآسمیلات‌های بیشتر و ورود آنها به ساقه، ارتفاع بوته افزایش می‌یابد. Keshavarz *et al.* (2020) نشان دادند کمترین ارتفاع بوته نعناع فلفلی در شرایط تنش کم آبی، بدون کاربرد ورمی‌کمپوست، و بیشترین ارتفاع با آبیاری کافی و افزودن ورمی‌کمپوست به‌دست آمد. نتایج پژوهش دیگری نشان داد تنش کم آبی، ارتفاع بوته نعناع فلفلی را کاهش داد، درحالی‌که در شرایط آبیاری کافی، تنش کم و شدید، کاربرد کود نیتروژن سبب بهبود ارتفاع بوته شد (Ebrahimi-Sborezi *et al.*, 2021).

وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد محلول پاشی کود زرگرین و تنش خشکی اثر معنی‌داری بر وزن هزاردانه داشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد در شرایط تنش رطوبتی ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، وزن هزاردانه در مقایسه با سایر سطوح رطوبتی به طور معنی‌داری در سطح یک درصد افزایش یافت. کاربرد سطوح ۲/۵ و ۵ در هزار کود مورد مطالعه در مقایسه با شاهد اثر معنی‌داری بر وزن هزاردانه نداشت ولی کاربرد ۷/۵ در هزار کود، سبب کاهش معنی‌دار وزن هزاردانه در سطح پنج درصد در مقایسه با شاهد و سایر سطوح کود مورد مطالعه شد (شکل ۳). بیشترین وزن هزاردانه (۲۰۴ گرم) در تیمار F0W50 به دست آمد. این نتایج با نتایج سایرین (محمدی بهمدی و آروین، ۱۳۹۶) متفاوت بود. Paknejad *et al.* (2017) نشان دادند تنش خشکی سبب کاهش ارتفاع، ماده خشک، وزن هزاردانه، تعداد سنبله در واحد سطح و عملکرد شده است. کاهش وزن هزاردانه با تنش خشکی در پژوهش‌های دیگر نیز بیان شده است (Shoa Hosseini *et al.*, 2008). بر اساس یافته‌های Rabbani و Emam (2012)، کمبود آب سبب تولید دانه‌های چروکیده با وزن کمتر در مرحله پرشدن دانه، کاهش فتوسنتز، کاهش شیره پرورده و درنهایت چروکیدگی دانه ذرت شده است. کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کلوین، کاهش تولید مواد پرورده و درنتیجه کاهش وزن هزاردانه از پیامدهای کمبود آب است. دلیل این تفاوت می‌تواند به نوع گیاه و رقم مورد استفاده و زمان کاربرد تنش خشکی با توجه به رشد گیاه باشد، چون حساسیت به تنش در مراحل مختلف رشد، متفاوت است.

شکل ۳. اثر تیمارهای محلول‌پاشی کود آلی و تنش خشکی بر وزن تر شاخساره، ارتفاع بوته و وزن هزاردانه ذرت. (در هر مورد، ستون‌هایی که حداقل در یک حرف کوچک مشترک هستند از نظر آماری با استفاده از آزمون توکی درسطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند).

اثر محلول‌پاشی سطوح مختلف کود زرگرین و تنش رطوبتی بر ترکیب شیمیایی ذرت

غلظت آهن، منگنز، روی و مس اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد محلول پاشی کود آلی و همچنین تنش خشکی اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر غلظت منگنز اندام هوایی ذرت داشتند. نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد کاربرد سطوح تنش خشکی ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی در مقایسه با شاهد سبب افزایش معنی دار غلظت منگنز اندام هوایی در مقایسه با شاهد در سطح یک درصد شد (جدول ۳). کاربرد سطوح مختلف ۲/۵، ۵ و ۷/۵ در هزار کود آلی سبب افزایش معنی‌دار ۳۷، ۴۳ و ۷۳ درصدی غلظت منگنز اندام هوایی ذرت در مقایسه با شاهد شد (شکل ۴). بیشترین غلظت منگنز اندام هوایی ذرت به میزان ۱۰۳ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک با محلول پاشی ۷/۵ در هزار کود در شرایط بیشترین سطح تنش رطوبتی (F7.5W50) به دست آمد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد محلول پاشی کود آلی و تنش خشکی اثر معنی‌داری بر غلظت روی اندام هوایی ذرت داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد کاربرد سطوح تنش خشکی ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی در مقایسه با شاهد سبب افزایش معنی‌دار غلظت روی اندام هوایی در مقایسه با شاهد در سطح پنج درصد شد. همچنین کاربرد سطوح مختلف ۲/۵، ۵ و ۷/۵ در هزار کود آلی سبب افزایش معنی‌دار ۱۲، ۴۵ و ۷۰ درصدی غلظت روی اندام هوایی ذرت در مقایسه با شاهد شد (شکل ۴). بیشترین غلظت روی اندام هوایی ذرت به میزان ۱۹۱ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک با محلول پاشی ۵ لیتر بر هزار کود زرگرین و تنش رطوبتی ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه (F5W50) به دست آمد.

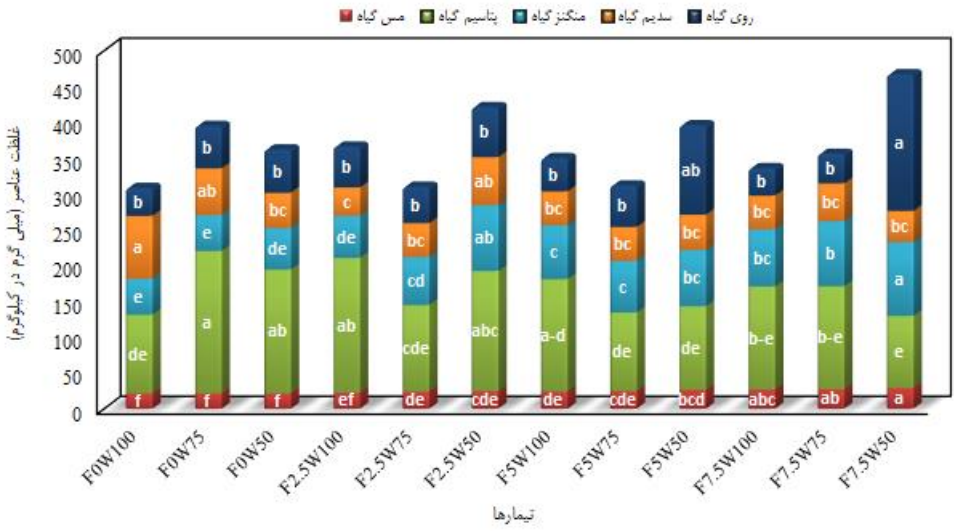
نتایج تجزیه واریانس نشان داد محلول پاشی کود آلی و تنش خشکی اثر معنی‌داری بر غلظت مس اندام هوایی ذرت داشت. کاربرد سطوح ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی در مقایسه با شاهد سبب افزایش غلظت مس اندام هوایی در مقایسه با شاهد در سطح پنج درصد شد هر چند تنها اثر کاربرد سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در مقایسه با شاهد از نظر آماری معنی‌دار بود. همچنین کاربرد سطوح مختلف ۲/۵، ۵ و ۷/۵ در هزار کود آلی سبب افزایش معنی‌دار ۱۱، ۱۶ و ۲۹ درصدی غلظت مس اندام هوایی ذرت در مقایسه با شاهد در سطح یک درصد شد (شکل ۴). بیشترین غلظت مس اندام هوایی به میزان ۲۸/۶۲ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک با محلول پاشی ۷/۵ در هزار کود در شرایط تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه

(F7.5W50) به دست آمد. نتایج نشان می‌دهد در شرایط تنش خشکی، غلظت منگنز، روی و مس اندام هوایی ذرت افزایش یافت که این افزایش می‌تواند به سبب کاهش وزن خشک گیاه در شرایط مواجهه با تنش خشکی باشد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد محلول پاشی کود آلی و تنش خشکی اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر غلظت آهن اندام هوایی ذرت داشتند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد کاربرد سطوح ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در مقایسه با شاهد سبب کاهش معنی‌دار میانگین غلظت آهن اندام هوایی ذرت در سطح یک درصد شد. همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد محلول پاشی سطوح مختلف ۲/۵، ۵ و ۷/۵ در هزار کود آلی سبب کاهش معنی‌دار ۱/۱۲ ، ۸/۴۶ و ۷/۵۹ برابری غلظت آهن اندام هوایی ذرت در مقایسه با شاهد در سطح یک درصد شد (شکل ۵). بیشترین غلظت آهن اندام هوایی به میزان ۵۷۲ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک در تیمار شاهد (F0W100) به دست آمد. کاهش غلظت آهن پس از کاربرد تنش خشکی می‌تواند به دلیل رابطه ضدیت با منگنز و روی باشد زیرا این عناصر برای جذب و انتقال دارای ناقل‌های مشابهی هستند (عسگری لجایر و همکاران، ۱۳۹۳).

نتایج Alizadeh *et al*. (2008) نشان داد با افزایش تنش خشکی، غلظت روی در اندام هوایی ذرت، افزایش، درحالی‌که غلظت منگنز به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. آنان گزارش کردند که تنش خشکی سبب توقف فعالیت ریشه‌های پیرتر شده و جذب عناصر غذایی تنها توسط نوک ریشه‌ها انجام می‌شود، بنابراین جذب کاتیون‌های دوظرفیتی نسبت به یک ظرفیتی کمتر انجام می‌گیرد. زارع و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند افزایش سطوح ورمی‌کمپوست، وزن خشک ذرت، غلظت نیتروژن، فسفر، آهن، مس و روی اندام هوایی را به طور معنی‌داری افزایش داد، درحالی‌که غلظت منگنز را کاهش داد. آنان نشان دادند با افزایش سطح تنش خشکی، وزن خشک ذرت به طورمعنی‌داری کاهش یافت و با کاهش زیست توده گیاه، غلظت عناصر در اندام هوایی به طورمعنی‌داری افزایش یافت. همچنین در بیشترین سطح تنش خشکی (۶۰ درصد ظرفیت مزرعه)، افزودن ۳۰ گرم ورمی‌کمپوست، وزن خشک ذرت را نسبت به شاهد به طورمعنی‌داری افزایش داد. می‌توان بیان کرد یکی از دلایل بهبود عملکرد گیاهان پس از افزودن ترکیبات آلی، افزایش قابلیت دسترسی عناصرکم مصرف است. این موضوع می‌تواند به دلیل تشکیل کمپلکس‌های محلول، اسیدی کردن محیط و یا افزایش فعالیت ریزجانداران خاکزی باشد.

ویرایش نشده



شکل ۴. اثر تیمارهای محلول‌پاشی کود آلی و تنش خشکی بر غلظت پتاسیم، سدیم، روی، منگنز و مس در اندام هوایی ذرت. (در هر مورد، ستون‌هایی که حداقل در یک حرف کوچک مشترک هستند از نظر آماری با استفاده از آزمون توکی درسطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند).

غلظت پتاسیم، سدیم، کلسیم و منیزیم اندام هوایی

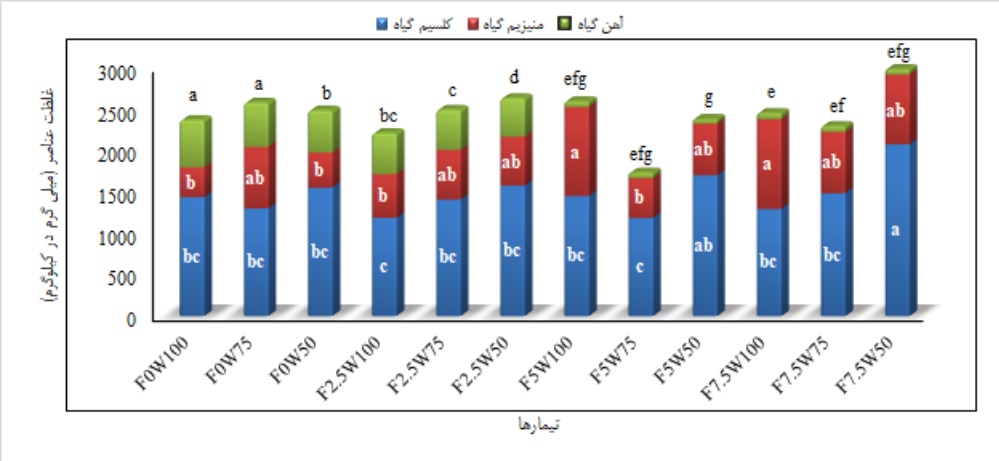
نتایج تجزیه واریانس نشان داد محلول پاشی کود آلی اثر معنی‌داری بر غلظت پتاسیم اندام هوایی ذرت داشت اما تنش خشکی اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). محلول پاشی سطوح مختلف ۲/۵، ۵ و ۷/۵ در هزار کود آلی سبب کاهش ۱، ۲۰ و ۲۰ درصدی میانگین غلظت پتاسیم اندام هوایی ذرت در مقایسه با شاهد در سطح پنج درصد شد، هرچند تنها افزایش‌های ۲۰ درصدی در مقایسه با شاهد معنی‌دار بودند (جداول میانگین نشان داده نشده است). بیشترین غلظت پتاسیم اندام هوایی ذرت به میزان ۱۹۹ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک و در تیمار F0W75 به دست آمد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد محلول پاشی کود آلی اثر معنی‌داری بر غلظت سدیم اندام هوایی ذرت داشت اما تنش خشکی اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). کاربرد سطوح مختلف ۲/۵، ۵ و ۷/۵ در هزار کود آلی سبب کاهش ۲۴، ۲۹ و ۲۹ درصدی غلظت سدیم اندام هوایی ذرت در مقایسه با شاهد در سطح یک درصد شد (شکل ۴). بیشترین غلظت سدیم اندام هوایی به میزان ۸۷/۹۶ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک و در تیمار F0W50 به دست آمد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد محلول پاشی کود زرگرین و تنش رطوبتی اثر معنی‌داری بر غلظت کلسیم اندام هوایی ذرت داشتند (جدول ۳). نتایج نشان داد کاربرد ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در مقایسه با شاهد در سطح یک درصد سبب افزایش معنی‌دار غلظت کلسیم اندام هوایی در مقایسه با شاهد شد. کاربرد سطوح مختلف ۲/۵ در هزار کود آلی سبب افزایش معنی‌دار ۱۳ درصدی غلظت کلسیم اندام هوایی ذرت در مقایسه با شاهد شد (شکل ۵). بیشترین غلظت کلسیم اندام هوایی به میزان ۲۰۷۳ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک با محلول پاشی ۲/۵ در هزار کود آلی در تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه (F2.5W50) به دست آمد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد محلول پاشی کود آلی اثر معنی‌داری بر غلظت منیزیم اندام هوایی ذرت داشت اما تنش خشکی بر غلظت منیزیم اندام هوایی ذرت اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). کاربرد سطوح مختلف ۲/۵، ۵ و ۷/۵ در هزار کود

آلی سبب افزایش معنی‌دار ۱۳، ۴۳ و ۷۴ درصدی غلظت منیزیم اندام هوایی ذرت در سطح پنج درصد شد هرچند تنها افزایش‌های ۴۳ و ۷۴ درصدی در مقایسه با شاهد معنی‌دار بودند (شکل ۵). بیشترین غلظت منیزیم اندام هوایی ذرت به میزان ۱۰۸۴ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک با محلول پاشی ۷/۵ در هزار کود آلی و بدون تنش خشکی (F7.5W100) به دست آمد. دلیل تفاوت رفتار عناصر غذایی می‌تواند به تفاوت شیمی عناصر در خاک و گیاه و همچنین برهمکنش‌های مثبت و منفی بین آنها در خاک و گیاه و یا پاسخ‌های متفاوت عناصر به عوامل موثر بر آنها باشد.



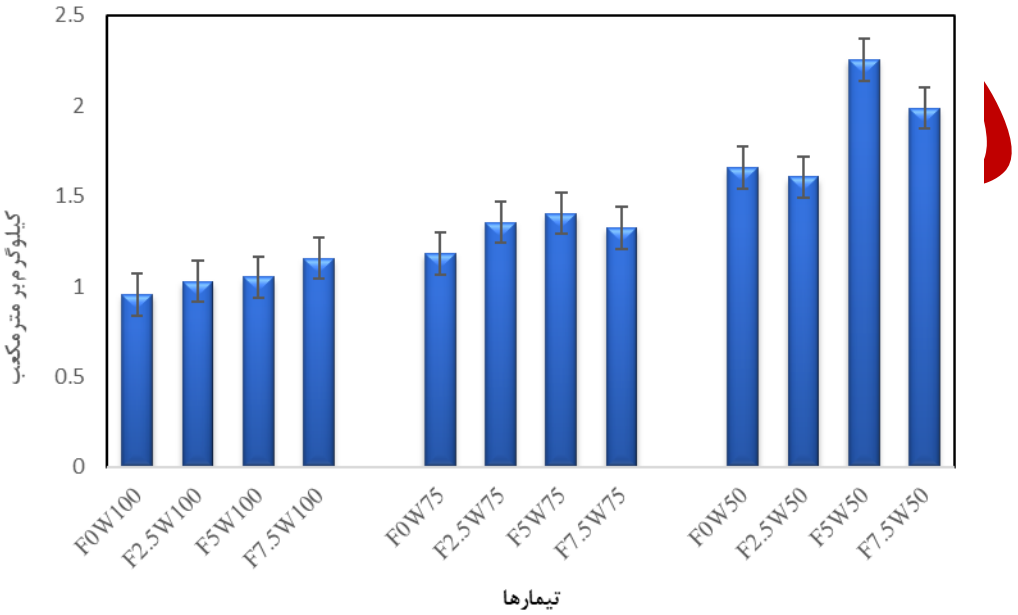
شکل ۵. اثر تیمارهای محلول‌پاشی کود آلی و تنش خشکی بر غلظت کلسیم، منیزیم و آهن در اندام هوایی ذرت. (در هر مورد، ستون‌هایی که حداقل در یک حرف کوچک مشترک هستند از نظر آماری با استفاده از آزمون توکی درسطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند).

شاخص بهره‌وری آب

نتایج نشان می‌دهد در تمام سطوح تنش خشکی، محلول پاشی کود آلی، بهره‌وری آب را افزایش داد (شکل ۶). بیشترین بهره‌وری آب (۲/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب) با محلول پاشی ۵ در هزار کود در شرایط تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه به‌دست آمد. اکبری (۱۳۹۶) نشان داد تنش رطوبتی به‌ویژه قبل از گلدهی سبب کاهش شدید بهره‌وری آب در ذرت شد. Payero *et al.* (2008) بیان کردند که بهره‌وری آب، حساسیت زیادی به مقدار آب آبیاری داشته و با افزایش حجم آب مصرفی، این ویژگی مهم مدیریتی کاهش می‌یابد. صدرالدینی و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند بیشترین بهره‌وری آب بر اساس وزن کل گیاه ذرت به مقدار ۰/۸ کیلوگرم در مترمکعب در ۷۲ درصد آبیاری به دست آمد و بیشترین بهره‌وری آب بر اساس وزن دانه ذرت به مقدار ۰/۶۲ کیلوگرم در مترمکعب در ۷۲ درصد آبیاری مشاهده شد. آنان نشان دادند تنش آبی تا ۷۵ درصد سبب افزایش بهره‌وری آب و صرفه‌جویی در مصرف می‌شود.

کاربرد کود مورد مطالعه با تامین برخی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، سبب افزایش وزن خشک گیاه و همچنین کاهش مصرف آب و در نتیجه افزایش کارآیی مصرف آب شده است (زاهدی‌فر و همکاران، ۱۴۰۱). در پژوهشی بیشترین کارآیی مصرف آب گندم به میزان ۰/۴۸ کیلوگرم بر مترمکعب با محلول پاشی ۷/۵ در هزار کود آلی در شرایط تنش خشکی ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه (F7.5W75) مشاهده شد (زاهدی‌فر و همکاران، ۱۴۰۱). صفری و همکاران (۱۴۰۱) نشان دادند کارآیی مصرف آب برگ انگور با کاربرد تیمارهای کودی آلی در شرایط تنش خشکی بیشتر از سایر تیمارها در شرایط بدون تنش خشکی بود. آنان بیان کردند بیوچار می‌تواند در کاهش اثرات نامناسب تنش خشکی نقش تعیین کننده داشته باشد.

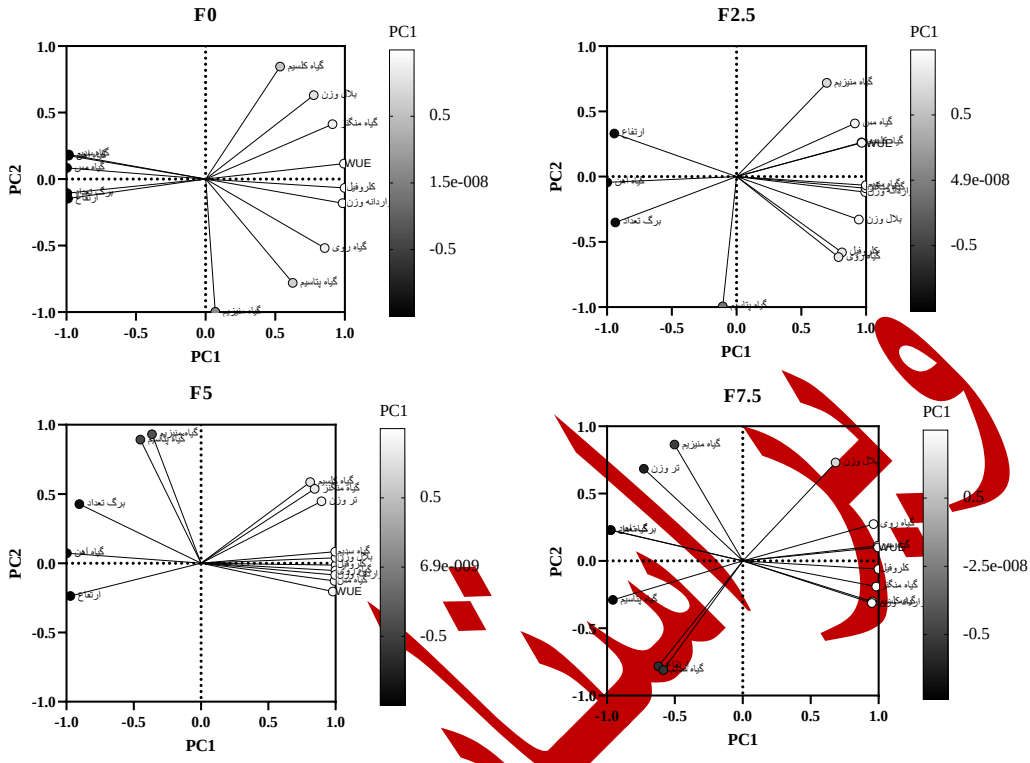
در شرایط تنش خشکی، بهره‌وری آب در گیاهان تحت تاثیر قرار می‌گیرد. بهره‌وری آب با حساسیت گیاه به تنش خشکی ارتباط دارد. برخی از گونه‌های گیاهی می‌توانند کم آبی را به خوبی تحمل کنند ولی در شرایط بدون تنش نمی‌توانند استفاده مناسب و کارآمدی از آب داشته باشند. بنابراین می‌توان گفت کارآیی مصرف آب تحت تاثیر عوامل مدیریتی، گونه گیاهی، زمان کاشت و مرحله رشد مواجه شده با تنش تغییر می‌کند (Keshavars *et al.*, 2012). کاربرد کودهای آلی به سبب تامین آب کافی برای گیاه و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی، کارآیی مصرف آب را بهبود می‌بخشد. همچنین بهبود رشد گیاه و تحمل به خشکی پس از افزودن ترکیبات آلی حاصل شده است.



شکل ۶. اثر تیمارهای محلول‌پاشی کود آلی و تنش خشکی بر شاخص بهره‌وری آب در ذرت.

بررسی اثر کاربرد کود آلی بر ویژگی‌های رشد و عملکرد ذرت بر اساس آنالیز مولفه اصلی

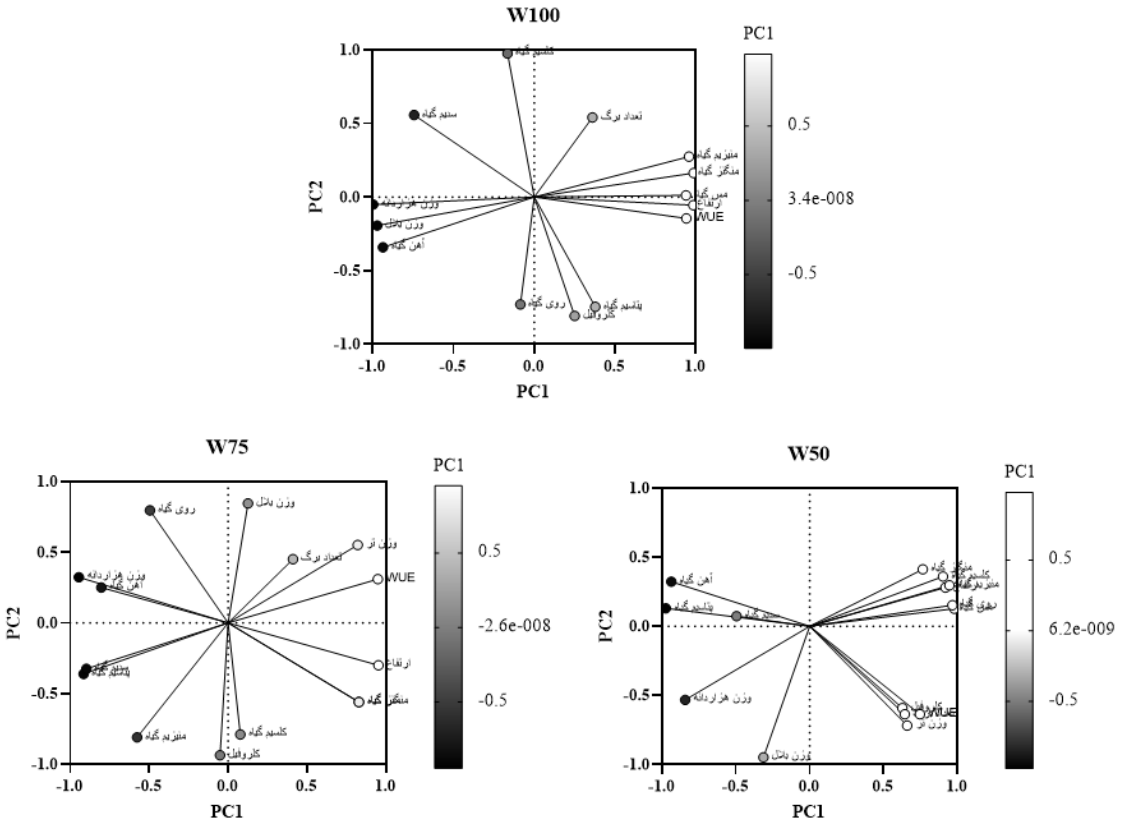
براساس آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA) مشارکت برای همه ویژگی‌ها ۷۶/۳۵ درصد برای PC1 و ۲۳/۶۵ درصد برای PC2 در F0، ۷۹/۳۴ درصد برای PC1 و ۲۰/۶۶ درصد برای PC2 در F2.5، ۸۱/۲۴ درصد برای PC1 و ۱۸/۷۶ درصد برای PC2 در F5، ۷۶/۴۵ درصد برای PC1 و ۲۳/۵۵ درصد برای PC2 در F7.5 به‌دست آمد. در آنالیز مولفه‌های اصلی اگر ویژگی‌های مورد مطالعه در نمودار ترسیم شده، به‌هم نزدیک باشند و زاویه تند میان آنها شکل گرفته باشد، نشان دهنده همبستگی مثبت بین آنها است. نتایج نشان می‌دهد بیشترین همبستگی مثبت میان ویژگی‌های مورد مطالعه با محلول پاشی ۵ در هزار کود آلی به دست آمد (شکل ۷).



شکل ۷. آنالیز مولفه اصلی، مولفه اول (PC1) و دوم (PC2) از ویژگی‌های رشد و ترکیب شیمیایی ذرت تحت تاثیر محلول پاشی کود آلی

براساس آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA) در مورد بررسی اثر تنش خشکی، مشارکت برای همه ویژگی‌ها ۶۵/۷۱ درصد برای PC1، ۲۱/۹۱ درصد برای PC2 و ۱۲/۳۸ درصد برای PC3 در W50، ۴۹/۶۴ درصد برای PC1، ۳۶/۳۴ درصد برای PC2 و ۱۴/۰۱ درصد برای PC3 در W75، ۵۷/۷۱ درصد برای PC1، ۲۷/۳۴ درصد برای PC2 و ۱۴/۹۶ درصد برای PC3 در W100 به‌دست آمد. نتایج نشان می‌دهد بیشترین همبستگی مثبت میان ویژگی‌های مورد مطالعه در تنش رطوبتی ۵۰ درصد به دست آمد (شکل ۸).

پیش‌نویس



شکل ۸. آنالیز مولفه اصلی، مولفه اول (PC1) و دوم (PC2) از ویژگی‌های رشد و ترکیب شیمیایی ذرت تحت تاثیر تنش خشکی

نتیجه‌گیری

به منظور کاهش اثرات منفی تنش خشکی و بهبود عملکرد گیاهان رشد یافته در این شرایط، دستیابی به مدیریت مناسب، ضروری است. این مدیریت می‌تواند از طریق کاربرد برخی اصلاح کننده‌ها مانند ترکیبات آلی به بهبود رشد گیاه در شرایط تنش محیطی کمک کند. نتایج این پژوهش نشان داد در تمامی سطوح رطوبتی، وزن تر و ارتفاع گیاه ذرت با محلول پاشی کود آلی زرگرین افزایش یافت. بیشترین غلظت مس، روی و منگنز اندام هوایی ذرت در شرایط تنش خشکی پس از محلول پاشی کود آلی مشاهده شد. مناسب‌ترین غلظت محلول پاشی ۵ در هزار کود به‌دست آمد. مصرف کودهای آلی به حفظ بیشتر آب و تامین عناصر غذایی ضروری گیاه کمک می‌کند. کود آلی زرگرین با دارا بودن مقادیر قابل توجهی اسیدهای آمینه و نیتروژن و به میزان کمتر از سایر عناصر غذایی ضروری، می‌تواند تامین کننده مناسبی برای این عناصر باشد و با کمک به حفظ بیشتر آب گیاه، بر رشد و عملکرد آن تاثیر قابل توجهی داشته باشد.

پژوهشگاه

منابع مورد استفاده

ابراهیمی اسبورزی، حسین؛ مدرس ثانوی، سید علی محمد و باغبانی آرانی، ابوالفضل. (۱۴۰۰). بررسی صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد کمی و کیفی نعناع فلفلی (*Mentha piperita*. L) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری و کاربرد انواع کود نیتروژن. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۱۴(۲)، ۴۲۵-۴۳۷.

اقدسی، سجاد؛ مدرس ثانوی، سید علی محمد؛ آقاعلیخانی، مجید و کشاورز، حامد. (۱۳۹۷). اثر محلول‌پاشی آهن و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش سبز در شرایط تنش کم‌آبی .*دانش آب و خاک*، ۲۸(۳)، ۱۳-۲۵.

اکبری نودهی، داوود. (۱۳۹۶). تاثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و راندمان مصرف آب ذرت. مدیریت آب و آبیاری، ۷(۲)، ۳۰۵-۳۱۸.

بهرامی، مهدی؛ اسعدی، محمدعلی و خلیلیان، صادق. (۱۳۹۹). ارزیابی شاخصهای بهره‌وری آب با تأکید بر آبیاری‌های نوین و سنتی در محصولات زراعی شهرستان شهریار. *محیط زیست و مهندسی آب*، ۶(۳)، ۲۸۵-۲۹۳.

پوریوسف میاندوآب، م.، و شهروان، ن. (۱۳۹۳). اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در زمان‌های مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. *فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی*، ۲۳، ۲۱-۳۲.

حکیم چه بهیشات، ش.؛ شکوه فر، ع؛ حبیبی، د. و ساجدی، ن.۱۳۹۰.پاسخ ذرت سینگل کراس۷۰۴ به مصرف کودهای بیولوژیک عصاره جلبک دریایی و اسیدآمینه گلایسین درمنطقه اهواز. مجموعه مقالات ششمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی.

حیدری، امین؛ بیژن زاده، احسان؛ نادری، روح اله و امام، یحیی. (۱۳۹۴). اثر تنش خشکی پایان فصل و سالیسیلیک اسید بر عملکرد دانه و دمای سایه انداز گیاهی در دو رقم کلزا. *فیزیولوژی گیاهان زراعی*، ۷(۲۷)، ۳۷-۵۳.

خدابین، قربان؛ طهماسبی سروستانی، زین العابدین؛ شیرانی راد، امیر حسین، مدرس ثانوی، سید علی محمد و بخشنده، اسماعیل. (۱۳۹۹). تأثیر قطع آبیاری و محلول‌پاشی روی و منگنز بر عملکرد و صفات اکوفیزیولوژیک کلزا (*Brassica napus* L.). *پژوهشهای زراعی ایران*، ۱۸(۱)، ۸۵-۱۰۰.

ربانی، جواد و امام، یحیی. (۱۳۹۰). پاسخ عملکرد دانه هیبریدهای ذرت به تنش خشکی در مراحل مختلف رشد، *مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی*، ۱(۲)، ۶۵-۷۸.

رحیمی مقدم، سجاد؛ کامبوزیا، جعفر ,و دیهیم فرد، رضا. (۱۳۹۵). بررسی کارایی مصرف آب ذرت (*Zea mays* L.) در اقلیم‌های گرم تحت شرایط تغییر اقلیم .*فصلنامه علوم محیطی*، ۱۴(۳)، ۲۷-۴۰.

رضائی چیانه، اسماعیل؛ خرم دل، سرور؛ مولودی، آرزو و رحیمی، امیر .(۱۳۹۶). اثر کود نانو کلات روی و تلقیح با قارچ مایکوریزا بر برخی خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط تنش خشکی. *پژوهشهای زراعی ایران*، ۱۵(۱)، ۱۶۸-۱۸۴.

رضایی زاد، عباس؛ تیموری، بهمن و مهرابی، علی مهراس. (۱۳۹۷). واکنش برخی هیبریدهای ذرت به تنش آبی .*تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۱۱(۲)، ۳۰۱-۳۱۲.

زارع، لیلا؛ رونقی، عبدالمجید؛ موسوی، سید علی اکبر و قاسمی، رضا. (۱۳۹۵). اثر کاربرد ورمی‌کمپوست بر کاهش اثر سوء تنش آبی بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت در یک خاک آهکی .*آب و خاک*، ۳۰(۵)، ۱۶۰۷-۱۶۱۹.

زاهدی‌فر، مریم؛ موسوی، سیدعلی اکبر؛ ارشادی، آرش و جعفری اصل، مهدی (۱۴۰۱). بررسی کارایی مصرف آب وویژگی‌های رشد گندم تحت تأثیر کاربرد خاکی ومحلول‌پاشی کود آلی زرگرین در شرایط خشکی. *تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۴(۱)، ۱۳۵-۱۵۳.

زاهدی فر، مریم؛ موسوی، سید علی اکبر؛ ارشادی، آرش و گویلی کیلانه، ادریس. (۱۴۰۲). اثر تنش رطوبتی و محلول پاشی کود مایع آلی زرگرین بر رشد و عملکرد گوجه فرنگی .*تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۴(۹)، ۱۳۶۳-۱۳۷۹.

سپاسی، شیما؛ کلارستاقی، کیومرث و ابراهیمی، حسین. (۱۳۹۱). اثر سطوح مختلف تنش خشکی و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای سینگل کراس ۷۰۴. *اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی (علوم کشاورزی)*، ۶(۳ (۲۳))، ۲۷۹-۲۸۸.

ویرایش شده

شادکام، صادق؛ شرفی، سوران؛ یزدان ستا، سامان؛ میر محمودی، تورج و حبیبی، فرشاد. (۱۴۰۳). اثر محلول‌پاشی کودهای مختلف نانو بر خصوصیات کمی و کیفی نعناع فلفلی (*Mentha piperita*. L) تحت شرایط تنش کم‌آبی .*تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۱۷(۲)، ۳۵۵-۳۷۰.

شامحمدی، نوذر؛ زارع، مهدی؛ اردوخانی، کوروش؛ عارف، فرشید و شرف زاده، شهرام. (۱۴۰۳). عملکرد ذرت دانه‌ای تحت تاثیر تنش کم‌آبی، کودهای زیستی و شیمیایی .*علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۵ (۱)، ۲۳-۳۶.

شعاع حسینی، سید مسعود؛ فارسی، محمد و سعید خاوری خراسانی. (۱۳۸۷). بررسی اثرات تنش کمبود آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد در چند هیبرید ذرت دانه ای با استفاده از تجزیه علیت. *دانش کشاورزی*، ۱۸(۱)، ۷۱-۸۵.

صدرالدینی، سیدعلی اشرف؛ پرندین، محمدامین و ناظمی، امیرحسین. (۱۳۹۸). اثرات کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد و تعیین بهره وری آب ذرت دانه ای درایستگاه اسلام آباد غرب. *پژوهش آب در کشاورزی (علوم خاک و آب)*، ۳۳(۲ (ب))، ۱۸۹-۲۰۴.

صفری، آسیه؛ فاطمی، اکرم؛ سعیدی، محسن و کلاه چی، زهرا. (۱۴۰۱). اثر تنش خشکی بر کارایی مصرف آب انگور (Vitis vinifera. L)رقم بیدانه قرمز در تیمار های مختلف کودی .*مجله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)(علمی)*، ۳۵(۴)، ۸۳۶-۸۴۷.

عامریان، محمد؛ هاشمی گرم دره؛ سید ابراهیم و کرمی، عذرا. (۱۴۰۰). اثر کم‌آبیاری در آبیاری قطره‌ای بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت سینگل کراس ۷۰۴ .*پژوهش آب در کشاورزی*، ۳۵(۳)، ۲۴۷-۲۵۸.

عباسی، علیرضا؛ محمدی نرگسی، بهروز؛ کشاورز نیا، رضا و پور ابراهیم، قربان. (۱۳۹۲). بررسی تنوع ژنتیکی ماشک گل خوشه ای براساس صفات مورفولوژیکی تحت دو شرایط نرمال و تنش خشکی .*علوم گیاهان زراعی ایران*، ۴۴(۳)، ۳۵۹-۳۷۰.

عسگری لجایر، حمایت؛ متشرع زاده، بابک؛ ثواقبی فیروزآبادی، غلامرضا و هادیان، جواد. (۱۳۹۳). تأثیر کاربرد مس و روی برغلظت و جذب عناصر غذایی کممصرف (مس، روی، آهن و منگنز) (*Satureja hortensis* L.) و پرمصرف (فسفر) در گیاه دارویی مرزه در شرایط گلخانه‌ای. علوم و فنون کشت‌های گلخانه ای، ۵(۳)، ۹۵-۱۱۲.

علی زاده فروتن، معصومه؛ پارسا، سهیل؛ جامی الاحمدی، مجید و محمودی، شهراب. (۱۴۰۱). ارزیابی کاربرد زئولیت بر عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت (*Zea mays* L.) تحت شرایط کم‌آبیاری .*تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۱۵(۳)، ۶۸۱-۶۹۴.

فیاض، اسماعیل؛ سروش زاده، علی و حیدرزاده، علی. (۱۴۰۳). تأثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در شرایط تنش کم آبی آخر فصل رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا .(*Brassica napus* L.) *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۵(۱)، ۱۳۹-۱۴۹.

قبادی، روژین؛ شیرخانی، علی و جلیلیان، علی. (۱۳۹۴). بررسی اثرات تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد و کارآیی مصرف آب و نیتروژن گیاه ذرت (SC 704). *پژوهش های کاربردی زراعی (پژوهش و سازندگی)*، ۱۰۶(۲۸)، ۷۹-۸۷.

کشاورز، حامد؛ مدرس ثانوی، سید علی محمد؛ سفیدکن، فاطمه و مختصی بیدگلی، علی. (۱۳۹۸). تاثیر حاصلخیزکننده‌های خاک بر ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانتی و عملکرد اندام‌های رویشی گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) تحت تنش کم‌آبی .*پژوهشهای زراعی ایران*، ۱۴(۴)، ۶۶۱-۶۷۲.

محمدی بهمدی، محمد و آرمین، محمد. (۱۳۹۶). اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف ذرت در شرایط کشت تأخیری. تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی، ۴ (۱) ، ۱۷-۳۴.

محمودی، ح. (۱۳۹۱).گزارش نهایی بررسی اثرات محلول‌پاشی اسیدهای آمینه آزاد برعملکرد کمی و کیفی نخود) رقم جم (در شرایط دیم. انتشارات موسسه تحقیقات کشاورزی دیم. نشریه۴۱۹۳۳. مراغه. الف

مروتی، فرمیسک؛ میر محمودی، تورج و یزدان ستا، سامان. (۱۴۰۳). اثر محلول‌پاشی اشکال مختلف کود آهن بر عملکرد و خصوصیات علوفه ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa* Roth) در شرایط تنش خشکی .*تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۱۷(۲)، ۲۵۵-۲۷۰.

ویرایش اولیه

میر، یونس؛ خسروی، حامد؛ دانشور، ماشااله و اسماعیلی، احمد. (۱۴۰۲). محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و اسید سالیسیلیک به‌منظور بهبود برخی صفات کیفی و عملکرد کلزا (*Brassica napus*. L) تحت تنش کم‌آبی. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۱۷(۱)، ۳۱-۴۵.

نصیری، سجاد؛ عندلیبی، بابک؛ توکلی، افشین؛ دلاور، محمدامین و ون زویتن، لوکاس. (۱۴۰۳). اثر بیوچار و متیل جاسمونات بر تغییرات بیوشیمیایی، عملکرد و اجزای عملکرد جو (*Hordeum vulgare*. L) در شرایط تنش خشکی. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی* ، ۱۷(۱)، ۱۵۸-۱۴۱.

یحیی آبادی، مجتبی و دهقانی، محسن. (۱۴۰۰). اثر تنش خشکی و مصرف کودهای آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی (مطالعه موردی استان اصفهان). *تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۲(۲)، ۴۸۳-۴۹۵.

Abbasi, A., Mohammadi Nargesi, B., Keshavarznia, R., & Poor Ibrahim, Q. (2013). The study of genetic variation of common vetch (*vicia sativa. l*) based on morphological traits under normal and stress conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 3, 370-359 (In Persian).

Abbasi, F., Abbasi N., & Tavakili A. (2017). Water productivity in agriculture: challenges and perspectives. *Water Sustain. Develop*., 4(1), 141-144 (In Persian).

Aghdasi, S., Modares Sanavy, S.A.M., Aghaalikhani, M., & Keshavarz, H. (2018). Effect of foliar application of iron and manganese on yield and yield components of mungbean under water deficit stress. *Water and Soil Science Journal*, 28, 13-25 (In Persian).

Ahmad, S., Wang, G.Y., Muhammad, I., Chi, Y.X., Zeeshan, M., Nasar, J., & Zhou, X.B. (2022). Interactive Effects of Melatonin and Nitrogen Improve Drought Tolerance of Maize Seedlings by Regulating Growth and Physiochemical Attributes. *Antioxidants*, 11, 359.

Akbari Nodehi, D. (2018). Effect of water stress on different growth stages of yield and water use efficiency of maize. Journalof Water and Irrigation Management, 7(2), 305-318 (In Persian).

Alizadeh, O., Majidi, E., & Noormohammadi, G. H. (2008). Effect of drought and soil nitrogen levels on nutrients uptake of corn C.V. 704. *Journal of Research in Agricultural Sciences*, 4(1): 51-59.

Alizadeh Forutan, M., Parsa, S., Jami Al-Ahmadi, M., & Mahmoodi, S. (2022). Evaluation of zeolite application on yield and water use efficiency of maize (*Zea mays* L.) under deficit irrigation. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 15(3), 681-694 (In Persian).

Amerian, M., Hashemi Garmdareh, S. E., & Karami, A. (2021). Effect of Deficit Drip Irrigation on Yield and Water Use Efficiency of Single Cross Corn 704. *Journal of Water Research in Agriculture*, *35*(3), 247-258 (In Persian).

Anonymous. 2009. Agriculture production–micro organo liquid, amino powder, amino start and spurt. Agrowchem Inc. Ontario, Canada

Asgari Lejayer, H., Motshare Zade, B., Savaghebi, Gh., & Hadian, J. (2014). Effect of Cu and Zn application on the concentration and uptake of micronutrients (Cu, Zn, Fe and Mn) and macro nutrient (P) in Savory herbs (*Satureja hortensis* L.) Under greenhouse conditions. *Journal of Greenhouse Culture Science and Technology*, 19, 95-111(In Persian).

Bahrami, M., Asaadi, M. A., & Khalilian, S. (2020). Evaluation of water productivity indices with emphasis on modern and traditional irrigation in crops of Shahriar County. *Environment and Water Engineering*, 6(3), 285–293 (In Persian).

Batool, A., Taj, S., Rashid, A., Khalid, A., Qadeer, S., Saleem, A., & Ghufran, M. (2015). Potential of soil amendments (biochar and gypsum) in increasing water use efficiency of *Abelmoschus esculentus* l. Moench. *Frontiers in Plant Science*, 6, 1-14.

Bremner, J. 1996. Nitrogen total. Methods of Soil Analysis. In: D. L. Sparks et al. (Eds). Method of Soil Analysis. Part 3. pp. 1085-1121. Chemical Methods. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.

Cakmak, I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil*, 302, 1–17.

Chinsamy, M., Kulkarni, M.G., & Van Staden, J. (2014). Vermicompost leachate reduces temperature and water stress effects in tomato seedlings. *HortScience*, 49(9), 1183-1187.

Daneshmandi, M. S., & Seyyedi, S. M. (2019). Nutrient availability and saffron corms growth affected by composted pistachio residues and commercial poultry manure in a calcareous soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50, 1465-1475.

Dehghanisanij, H., Zounemat-Kermani, M., & Asadi, R. (2014). Application of municipal wastewater in irrigation of corn under furrow and drip irrigation systems. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 8(3), 423-429 (In Persian).

Ebrahimi-Sborezi, H., Modarres- Sanavy, S.A.M., & Baghbani-Arani, A. (2021). Assessment of morpho-physiological and quantitative and qualitative yield of Peppermint (*Mentha piperita L.)* under different irrigation regimes and application of different nitrogen fertilizer. *Environmental Stress in Crop Science*, 14, 425-437 (In Persian).

EI-Tayeb, M. A. (2005). Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation*, 45, 215-224.

Erdal, I., Kepenek, K., & Kizilgoz, I. (2004). Effect of foliar iron applications at different growth stages on iron and some nutrient concentrations in strawberry cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28, 421-427.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, SM. A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 185-212.

Faten, S.A., Shaheen, A.M., Ahmad, A.A. & Mahmoud, A.R., (2010). Effect of foliar application of amino acids as antioxidants on growth, yield and characteristics of squash. *Research Journal of Agriculture and Biological Science*, 5, 583-588.

Fayaz, E., Sorooshzadeh, A., & Heidarzadeh, A. (2024). Effect of Foliar Application of Amino Acids under Water Deficit Conditions during Late-Season on Yield and Yield Components of Oil Rapeseed (Brassica napus L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, *55*(1), 139-149 (In Persian).

Gavili, E., Moosavi, A. A., & Haghighi, A. A. K. (2019). Does biochar mitigate the adverse effects of drought on the agronomic traits and yield components of soybean? *Industrial Crops and Products*, *128*, 445-454.

Gavili, E., Moosavi, A. A., & Moradi Choghamarani, F. (2018). Cattle manure biochar potential for ameliorating soil physical characteristics and spinach response under drought. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *64*(12), 1714-1727.

Gee, G. W., & Boder, D. (2002). Particle-size analysis. In: Dane, J. H. and G. C. Topp. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 4- Physical Methods. Agronomy Monograph, No 9. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, PP. 255-293.

Ghobadi, R., Shirkhani, A., & Jalilian, A. (2015). Effects of water stress and nitrogen fertilizer on yield, its components, water and nitrogen use efficiency of corn (*Zea Mays* L.) cv. SC. 704. *Applied Field crops Research (Pajouhesh & Sazandegi)*, 28(106), 79-87 (In Persian).

Heidary. A., Bijanzadeh, A., Naderi, A., & Imam, Y. (2016). Effect of end-of-season drought stress and salicylic acid on seed yield and plant shading in two rapeseed cultivars. *Journal of Crop Physiology*, 7.37-53 (In Persian).

Keshavars, L., Farahbakhsh, H., & Golkar, P., (2012). The effects of drought stress and absorbent polymer on morph-physiological traits of Pear Millet. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3 (1), 148-154.

Keshavarz, H., Modarres-Sanavy, S. A. M., Sefidkon, F., & Mokhtassi-Bidgoli, A. (2020). Effect of organic fertilizers and Urea fertilizer on phenolic compounds, antioxidant activity, yield and

yield components of peppermint (*Mentha piperita* L.) under drought stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 17, 661-672 (In Persian).
Khodabin, Q., Tahmasebi Sarvestani, Z., Shirani Rad, A.J., Modares Sanavi, S.A.M., & Bakhshande, A. (2019). The effect of irrigation cut-off and foliar application of zinc and manganese on yield and ecophysiological traits of rapeseed. Iranian *Journal of Crop Research*, 18,100-85 (In Persian).
Lalinia, A.A., Marefatzadeh Khamenh, M., Galostian, M., Majnoon Hoseini, N., & Esmailzade Bahabadi, S. (2012). Echophysiological impact of water stress ongrowth and development of mungbean. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 3, 599-607.
Li, L., Lin, D., Wang, J., Yang, L., & Wang, Y. (2020). Multivariate Analysis Models Based on Full Spectra Range and Effective Wavelengths Using Different Transformation Techniques for Rapid Estimation of Leaf Nitrogen Concentration in Winter Wheat. *Frontiers in Plant Science*,11.
Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal, 42: 421-428.
Lopert, R. H. and D. L. Suarez. 1996. Carbonate and gypsum. In: Sparks, (Ed.) Methods of Soil Analysis. Part III, 3rd Ed. Soil Science Society of American, Inc, American Society of Agronomy Madison, WI. PP. 437-474.
Mir, Y., Khosravi, H., Daneshvar, M., & Ismaili, A. (2023). Foliar application of micronutrients and salicylic acid to improve some quality traits and yield of canola (*Brassica napus* L.) under water deficit stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 17(1), 31-45 (In Persian).
Moohamadi Behmadi M, Armin M. (2017). Effect of drought stress on yield and yield components of different corn cultivars in delayed planting conditions. *Applied Research of Plant Ecophysiology***,** 4 (1), 17-34 (In Persian).
Moosavi, A. A., Mansouri, S., & Zahedifar, M. (2015). Effect of soil water stress and nickel application on micronutrient status of canola grown on two calcareous soils. *Plant Production Science*, 18(3), 377-387.
Moridi, A., Zarei, M., Moosavi, A. A., & Ronaghi, A. (2019). Influence of PGPR-enriched liquid organic fertilizers on the growth and nutrients uptake of maize under drought condition in calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition*, 42(20), 2745-2756.
Mrovati, F., Mir Mahmoodi, T., & Yazdan Seta, S. (2024). Effect of foliar application of different forms of iron fertilizer on yield and forage properties of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) under drought stress conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *17*(2), 255-270 (In Persian).
Nagy, J. (2010). Impact of Fertilization and Irrigation on the Correlation between the Soil Plant Analysis Development Value and Yield of Maize. Communication of Soil Science and Plant Analysis, 41, 1293–1305.
Najafian, Sh., Zahedifar, M., & Ghasemi, A. R. (2022). Effect of organic and inorganic zinc foliar application on the natural product composition and antioxidant activity of lemon balm (*Melissa officinalis*). *Iran Agricultural Research*, 40(2), 85-92.
Nasiri, S., Andalibi, B., Tavakoli, A., Delavar, M. A., & Van Zwieten, L. (2024). The effect of biochar and methyl Jasmonate on biochemical alterations, yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.) under drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *17*(1), 141-158 (In Persian).
Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1996. Total carbn, organic carbn, and organic matter. In: D. L. Sparks et al. (Eds.). Method of Soil Analysis. Part 3, 3rd Ed. pp. 961-1010. Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.

Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: D. L. Sparks et al., (Eds.). Methods of Soil Analysis. Part III. 3rd Ed. Soil Science Society of America Inc., American Society of Agronomy Madison, WI. PP. 61-1010.

Olsen, S. R., C. V. Cole, F. S. Watanabe, and L. A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Cir. 939. U. S. Gov. Print. Office, WI.

Paknejad, F., Fatemi Rika, Z., & Elkaee Dehno, M. (2017). Investigation end season drought effect on yield and yield components of ten Barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in Karaj region. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences*, 10, 391-401.

Payendeh, Kh., Mujaddam, M., & Droudgar, N. (2020). Study of quality and yield of rapeseed seed Hayola 401 with composite fertilizers of iron, zinc and manganese under irrigation stress. *Journal of Environmental Stresses in Agricultural Sciences*, 13, 109-119.

Payero, J.O., Tarkalson, D.D., Irmak, S., Davison, D., & Petersen, J. L. (2008). Effect of irrigation amounts applied with subsurface drip irrigation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency, and dry matter production in a semiarid climate. *Agricultural of water management*, 95, 895–908.

Pouryousef Miandoab, M., & Shahravan, N. (2014). Effect of foliar application of amino acids at different times on yield and yield components of maize. *Crop Physiology Journal*, 23, 21-32 (In Persian).

Rabbani, J., & Emam, Y. (2012). Yield response of maize hybrids to drought stress at different growth stages. *Journal of Crop Production and Processing*, 1, 65-78 (In Persian).

Rajaie, M., & Ziaeyan, A.H. (2009). Combined effect of zinc and boron on yield and nutrients accumulation in corn. *International Journal of Plant Production*, 3, 35-440.

Rahimi Moghaddam, S., Kambouzia, J., & Deihimfard, R. (2016). Investigating the maize (*Zea mays* L.) water use efficiency in hot areas under climate change conditions. *Environmental Sciences*, *14*(3), 27-40 (In Persian).

Rezaei-Chiane, A., Khoramdel, S., Molodi, A., & Rahimi, A. (2017). Effects of nano chelated zinc and mycorrhizal fungi inoculation on some agronomic and physiological characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Filed Crops Research* 15, 168-184 (In Persian).

Rezaizad, A., Taimori, B., & Mehrabi, A. M. (2018). Response of some maize hybrids to water stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11(2), 301-312 (In Persian).

Rhoades, J. D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In: D. L. Sparks et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part III, 3rd Ed. American Society of Agronomy Madison, WI. PP. 417-436.

Richards, L. A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. United States Salinity Laboratory Staff. United States Department of Agriculture, Hand Book No. 60, Washington, DC 160 p.

Sadraddini, A. A., Parandin, M. A., Nazemi, A. H. (2019). Effects of deficit irrigation on yield and yield components and determination of water productivity of Zea Maize in Islamabad-Gharb area. Iranian Journal of Water Research in Agriculture (Formerly Soil and Water Sciences), 33(2), 189-204 (In Persian).

Safari, A., Fatemi, A., Saiedi, M., & Kolahchi, Z. (2022). Effect of drought stress on water use efficiency of grapevines (Vitis vinifera L.) cultivar 'Bidaneh Ghermrz' under different fertilizer treatments. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology*), 35(4), 836-847 (In Persian).

Sepasi, S., Klarstaqy, K., & Abraham, H. (2012). Effects of different levels drought stress and plant density on yield and yield components of maize? SC 704. *Journal of Crop Ecophysiology*, 3, 279-288 (In Persian).

Shadkam, S., Sharafi, S., Yazdan Seta, S., Mir Mahmoodi, T., & Habibi, F. (2024). The effect of foliar application of different nano fertilizers on the quantitative and qualitative characteristics of peppermint (*Mentha piperita* L.) under water stress conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 17(2), 355-370 (In Persian).

Shamohammadi, N., Zare, M., Ordokhani, K., Aref, F., & Sharafzaeh, S. (2024). Grain corn yield under the influence of water deficit stress, biological and chemical fertilizers. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *55*(1), 23-36 (In Persian).

Shi, Q., Bao, Z., Zhu, Z., Ying, Q., & Qian, Q. (2006). Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. *Plant Growth Regulation*, 39, 137-141.

Shoa Hosseini, M., Farsi, M., Khavari, K.S. (2008). Investigation of water deficit stress effects on yield and yield components using path analysis in some corn hybrids. *Sustainable Agriculture and Production Science*, 92, 71-85. (In Persian).

Summer, M. E. and W. P. Miller. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficient. In: D. L. Sparks et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part III. 3rd Ed. Soil Science Society of America. ASA. Madison, WI. PP. 1201-1229.

Sun, X. P., Yan, H. L., Kang, X. Y., & Ma, F. W. (2013). Growth, gas exchange, and water-use efficiency response of two young apple cultivars to drought stress in two scion-one rootstock grafting system. *Photosynthetica*, 51, 404-410.

Thomas, G.W. 1996. Soil pH and Soil Acidity. In: D. L. Sparks et al. (Eds). Methods of Soil Analysis. Part3, 3rd Ed. Am. Soc. Agron. Madison, WI. PP. 475-490.

Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., & Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(4), 7370-7390.

Yahyaabadi, M., & Dehghani, M. (2021). Effect of drought stress and consumption of organic fertilizers on yield and yield components of potato (Case Study of Isfahan Province). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 52, 483-495 (In Persian).

Yordanov, I., Velikova, V., & Tsonev, T. (2000). Plant responses to drought, acclimation, and stress tolerance. *Photosynthetica*, 38, 171–186.

Zahedifar, M., & Najafian, Sh. (2023). Evaluation of essential oil composition and antioxidant activity of yarrow as influenced by foliar application of humic substance-based products: Using multivariate exploratory method. *Scientia Horticulturae*, 308, 111557.

Zahedifar, M., Moosavi, A. A., Ershadi, A., & Jafari-asl, M. (2023). Investigating water use efficiency and wheat growth characteristics as influenced by soil and foliar application of Zargreen organic fertilizer under drought conditions. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 54(1), 135-153 (In Persian).

Zahedifar, M., Moosavi, A. A., Ershadi, A., & Gavili Kilaneh, E. (2023). Effect of moisture stress and foliar application of Zargreen organic liquid fertilizer on tomato growth and yield. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, *54*(9), 1363-1379 (In Persian).

Zare, L., Ronaghi, A., Moosavi, S. A. A., & Ghasemi, R. (2016). The Effect of Vermicompost on Reducing the Adverse Effects of Water Stress on Growth and Chemical Composition of Corn in a Calcareous Soil. *Water and Soil*, 30(5), 1607-1619 (In Persian).

Effect of organic fertilizer foliar application on grain yield, nutrient content, and water productivity of maize (*Zea mays* L.) under drought stress conditions

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Maize is the third most important grain crop in the world and its cultivation is also very important in Iran. In arid and semi-arid regions like Iran, due to the lack of rainfall and the increase in temperature, severe drought stress has a significant effect on the growth and development of plants such as maize. This stress causes various physiological changes in the plant. Drought stress disturbs the nutritional balance in the plant by reducing the solubility and nutrients absorption. In order to reduce the negative effects of drought stress and improve the performance of plants grown in these conditions, proper management is necessary. This management through using some modifiers such as organic compounds can improve plant growth in environmental stress conditions. Considering the importance of maize cultivation in Iran and necessity to preserve water resources, it is essential to study the efficiency of water consumption in maize. Due to the low efficiency of water consumption and excessive use of limited available resources, water consumption management is very important. Therefore, the present study was conducted to investigate the effect of foliar application of Zargreen liquid organic fertilizer on the growth characteristics, yield, and concentration of nutrients in maize shoots and also to investigate the water productivity index under drought conditions.

Material and Methods

A factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in greenhouse conditions in November to March 2021 in the Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran. Treatments consisted of four levels of foliar application of Zargreen organic liquid fertilizer (with concentrations of 0, 2.5‰, 5‰, and 7.5‰), and three moisture levels (100%, 75%, and 50% of field capacity, FC as no stress, moderate stress, and severe stress, respectively). During the growing season, in 1.5, 3, and 4 months after planting, the fertilizer solution was used for foliar spraying. During the growing season, the amount of water consumed was measured. Two weeks after the last stage of foliar application, the greenness index and before harvesting the height of the plant, and after harvesting, the fresh and dry weight of shoot were measured. Shoot nutrient concentrations were also determined. Data was analyzed using EXCEL and SPSS software packages and the means were statistically compared with the Tukey test at 5% probability level.

Results and Discussion

The highest leaf chlorophyll and fresh weight of kernel were obtained with foliar application of 5‰ solution of the studied fertilizer and under the highest drought stress conditions. The lowest number of leaves, fresh weight, and plant height were observed at the highest level of drought stress, which was improved by foliar application of organic fertilizer. With the increase of drought stress, the shoot concentration of copper, manganese, and zinc increased due to a decrease in the plant's dry weight under drought conditions. The highest concentration of these elements in the aerial parts of maize under water stress conditions was obtained by foliar application with a high level of organic fertilizer. The highest water productivity was obtained with foliar applications of the fertilizer at the rate of 5‰ under the highest level of drought stress. Results showed that the most positive correlation between the studied properties was obtained with foliar application of 5‰ of the organic fertilizer. It can be concluded that the use of organic fertilizer on the one hand by helping plants to save more water and on the other hand by supplying essential nutrients to plants has increased the plant's dry weight and reduced water consumption, and consequently improved the water productivity.

Conclusion

In order to reduce the negative effects of drought stress and improve the performance of plants grown in arid conditions, it is necessary to apply proper managerial practices. These managerial practices such as using some modifiers (e.g., organic compounds) can improve plant growth in environmental stress conditions. The results of this study showed that in all drought stress levels, fresh weight and height of maize plants increased with foliar application of Zargreen

organic fertilizer. The highest concentration of copper, zinc, and manganese in the aerial parts of maize was observed under drought stress conditions after foliar application of the organic fertilizer. Zargreen organic fertilizer, with significant amounts of amino acids and nitrogen and a lesser amount of essential nutrients, can be a suitable supplier for these nutrients and have significant impacts on the growth and nutritional parameters.

Keywords: *Water deficit, maize yield, leaf chlorophyll, organic fertilizer, foliar application*

Author Contributions

Conceptualization, M.Z. and E. G.; methodology, M. Z.; software, M. Z.; validation, M. Z. and E. G.; formal analysis, M. Z.; investigation, M. Z. and E. G.; resources, M. Z. and E. G.; data curation, M. Z.; writing—original draft preparation, M. Z.; writing—review and editing, M.Z.; visualization, M. Z. and E. G.; supervision, M. Z.; project administration, M. Z.; funding acquisition, M. Z. and E. G.

All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Data Availability Statement

The data supporting the findings of this study are available in the manuscript.

Acknowledgments

The authors would like to thank Fasa and Shiraz Universities and the Innovation Center of Zarnam Educators Research Industrial Group for providing all the needed facilities.

Ethical considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ویراستاری نشده