Effect of Foliar Application of Iron and Zinc Sulfate at Different Growth Stages on Vegetative Growth Parameters and Yield Components of Forage Corn (*Zea maize* L.)

K. Asadi[1], M. Barani Motlagh[*], S.A.Movahedi Naeini and T. Nazari

نسخه پیش از انتشار

Abstract

In order to evaluate the effect of foliar application of iron and zinc sulfate on yield and yield components of forage corn, an experiment in a randomized complete block design with 3 replications was carried out. The treatments included the control (spraying solution with distilled water), spraying of micronutrients including iron sulfate ($FeSO_4.7H_2O$ (20%Fe), zinc sulfate ($ZnSO_4.7H_2O$ (22% Zn) and iron sulfate + zinc sulfate with a concentration of 5 in 1000 at the 4-leaf stage, 8-leaf stage and both stages (4 and 8- leaf). The results showed that the greatest height (with an average of 189.67 cm), shoot dry weight (with an average of 1774.40 grams/m^2), the number of seeds in a row (with an average of 50), the number of rows (with an average of 17.33) and the number of seeds in a cob (with an average of 866.67) were resulted from iron and zinc foliar spraying at both stages of 4 and 8 leaves, which increased by 15.28, 31.35, 11.34, 17.31, 28.34 and 2.33% compared to their lowest value (control). The result of this research indicates that the simultaneous foliar application of iron and zinc has a greater effect on the studied traits compared to the foliar application of each nutrient of iron and zinc alone. Therefore, in order to have forage with rather good characteristics, it is recommended to spray iron and zinc solution simultaneously at both 4 and 8-leaf stages.

Keywords: foliar spraying, growth parameters, yield components, forage corn, Iron and Zinc.

Background and Objective: Forage corn is one of Iran's strategic and important crops, which plays a major role in supplying the required protein. Almost every region of Iran has calcareous soil, which reduces the absorption of iron and zinc from the soil solution and reduces crop yields. Researchers have considered nutrient spraying to be economically viable for the plant. So the purpose of this study was to evaluate the effects of foliar spraying of iron and zinc sulfate on forage corn (*Zea maize* L.) growth parameters and yield components.

Methods: This experiment was carried out in a field near the village of Takhshi Mahalle, located 5 km northwest of Gorgan city with geographical coordinates (54° 17′ 56 ″ N) (36° 51′ 52 ″ E) in 2022. The physical and chemical properties of the soil were measured at a depth of 0-30 cm in different parts of the farm and the final composite of the soil samples was analyzed in the laboratory. The experiment was conducted in a randomized complete block design with 3 replications. The treatments included control (no

1- Department of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources * Corresponding author, Email: mbarani2002@yahoo.com

foliar spraying), foliar spraying of iron sulfate micronutrient elements ($FeSO_4.7H_2O$ (20%Fe), zinc sulfate ($ZnSO_4.7H_2O$ (22% Zn), and iron sulfate + zinc sulfate with a concentration of 5 per thousand in the 4-leaf stage, the 8-leaf stage and both stages (4-leaf and 8-leaf). Foliar spraying was done in the early hours of the morning and drip irrigation was used. Plants were harvested at 120 days after planting, washed with distilled water and dried with tissue paper. Vegetative growth parameters and yield components including shoot fresh and dry weight, plant height, stem diameter, cob length, cob diameter, number of seeds per row, number of grains per cob, and 1000-grain weight were measured.

Results: The analysis of variance results for vegetative growth parameters, yield, and yield components of the crop showed that the effect of all investigated traits was significant except the number of leaves per plant, leaf area, and cob diameter. The greatest plant height (average of 189.67 cm), shoot dry weight (average of 1774.40 g/m^2), the number of seeds in a row (average of 50), the number of seed rows (average of 17.33) and the number of seeds in cobs (average of 866.67) were resulted from iron and zinc foliar spraying at both 4 and 8-leaf stages and the lowest amount was related to the control treatment. The results of this research also showed that the highest value for 1000 grain weight with an average of 311.67 grams was obtained from iron and zinc foliar spraying at both 4 and 8-leaf stages, which had an increase equal to 12.72 and 9.52 compared to iron and zinc foliar spraying in the 8 and 4-leaf stage alone.

Conclusion: The results of this research indicate that simultaneous foliar spraying of iron and zinc has a greater effect on the studied traits compared to foliar spraying of each element of iron and zinc alone. Due to the limitations of iron and zinc elements in arid and semi-arid regions, foliar spraying is a practical method to increase vegetative growth parameters and yield components of forage corn. Therefore, it is recommended to apply simultaneous foliar spraying of iron and zinc at both the 4 and 8-leaf stages.

References:

1. Guderzi, H., Kasraei, P., Zand, B., 2013. The effect of different concentrations of iron and zinc micronutrients on yield and yield components of single cross 260 corn. *Agricultural Researches* (Environmental Stresses in Plant Sciences). 6(1): 49–61.
2. Nabavi Moghadam, R., Saberi, M.H., Sayyari, M.H., 2013. Effect of Soil Application of Iron and Manganese Sulfate on Quantitative and Qualitative Characteristics of Forage Maize Hybrid Single Cross 704. *Journal of Crop Improvment*, 15:2. 75–86.
3. Rasai Far, M., Moradi Aghdam, A., Haji Hosni Asl, N., Hosseini, N., 2019. The effect of iron, zinc, manganese and copper foliar application on grain sorghum yield and yield components. *Agricultural Researches* (Environmental Stresses in Plant Sciences), 2(4): 341–353.

اثر محلول‌پاشی توأم سولفات آهن و روی در مراحل مختلف رشد بر رشد رویشی و اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای (*Zea maize L.*)

کوثر اسدی[1]، مجتبی بارانی مطلق*، سید علیرضا موحدی نائینی و طالب نظری

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر محلول‌پا شی سولفات آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای (هیبرید ۷۰۴ سینگل کراس) آزمای شی به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر)، محلول‌پاشی عناصر غذایی کم‌مصرف سولفات آهن ($FeSO_4.7H_2O$ (20%Fe))، سولفات روی ($ZnSO_4.7H_2O$ (22% Zn)) و سولفات آهن + سولفات روی با غلظت ۵ در هزار در مرحله ۴ برگی، مرحله ۸ برگی و هر دو مرحله (۴ برگی و ۸ برگی) بود. نتایج ن شان داد که بیش‌ترین ارتفاع (با میانگین ۱۸۹/۷ سانتی‌متر)، وزن خشک شاخساره (با میانگین ۱۷۷۴/۴ گرم در مترمربع)، تعداد دانه در ردیف (با میانگین ۵۰)، تعداد ردیف دانه (با میانگین ۱۷/۳) و تعداد دانه در بلال (با میانگین ۸۶۶/۷) و وزن هزار دانه (میانگین ۳۱۱/۷ گرم) از محلول‌پاشـــی توأم آهن و روی در هر دو مرحله ۴ و ۸ برگی به‌د ست آمد که ن سبت به کم‌ترین مقدار آن‌ها (شاهد) به‌ترتیب افزای شی معادل با ۱۵/۲۸، ۳۱/۳۵، ۱۱/۳۴، ۱۷/۳۱، ۲۸/۳۴ و ۲۰/۳۳ درصد داشت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی توأم آهن و روی اثر بیش‌تری بر صفات مورد مطالعه در مقایسه با محلول‌پاشی هر یک از عناصر آهن و روی به تنهایی داشت. بنابراین بـرای داشـتن علوفـه‌ای بـا ویژگی‌های کمی خوب، محلول‌پاشی توأم آهن و روی در هر دو مرحله ۴ و ۸ برگی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آهن و روی، اجزای عمکرد، ذرت علوفه‌ای، محلول‌پاشی، ویژگی‌های رویشی.

مقدمه

ذرت (*Zea maize L.*) یکی از گ یا هان زراعی قدیمی مورد ا ستفاده از سان ا ست که از نظر عملکرد و مقدار تولید در دنیا رتبه اول و از نظر سطح زیرکشت پس از گندم و برنج در رده سوم دارد (Payero et al.,2009). ذرت یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی ایران است که با هدف تولید دانه و علوفه کشت می‌شود. بیش‌ترین مصرف این گیاه در تغذیه دام و طیور به‌صورت دانه، علوفه تازه و سـیلوشـده می‌باشـد (Ghaffari Malayeri et al, 2012). به این ترتیب ذرت بیش‌تر به‌طور غیرمسـتقیم از طریق تولید فرآورده‌های دام و طیور (گوشت، تخم مرغ و لبنیات) در

۱- گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mbarani2002@yahoo.com

نسخه پیش از انتشار

تغذیه انسان نقش دارد (Ehsanullah et al., 2015). این گیاه به‌دلیل دارا بودن ویژگی‌های هم‌چون تولید زیاد علوفه در واحد سطح، کیفیت بالای علوفه سیلو شده، میزان انرژی بالا (قابلیت هضم و جذب بالا) و فیبر کم به‌عنوان یکی از بهترین گیاهان علوفه‌ای به‌شمار می‌رود (Ehsanullah et al., 2015). عملکرد ذرت علوفه‌ای در ایران حدود ۴۵ تن در هکتار است که سالانه از حدود ۴۸۰۰ هکتار از زمین‌های زیر کشت این محصول ۲۱۶ هزار تن علوفه تولید می‌شود (Ghaffari Malayeri et al., 2012). روی یکی از عناصر غذایی ضروری کم‌مصرف برای گیاهان است. این عنصر در فعالیت‌های آنزیم‌های گیاهی مؤثر بوده و بر ویژگی‌های مختلف رشد ذرت نقش اساسی دارد. کاهش رشد و پاکوتاه شدن از جمله علائم کمبود روی در گیاهان است (Potarzycki and Grzebisz, 2009). آهن یکی دیگر از عناصر غذایی ضروری کم‌مصرف برای گیاهان است که به‌مقدار نسبتاً زیاد در کلروپلاست و میتوکندری سلول‌های گیاهی مورد نیاز است و به‌عنوان کوفاکتور در چندین پروتئین در زنجیره انتقال الکترون نقش دارد (Bagheri Dehabadi et al., 2017; Nazari et al., 2018). کمبود آهن و روی از جمله اختلالات تغذیه‌ای رایج در گیاهان در خاک‌های آهکی و قلیایی است. محلول‌پاشی کودهای آهن و روی جهت رفع علائم کمبود عناصر غذایی در خاک‌های آهکی، در مقایسه با کاربرد خاکی آن‌ها، مؤثرتر است (Kumar et al., 2020). مزیت دیگر محلول‌پاشی، کاهش هزینه‌های مصرف کود به دلیل کاربرد کود کم‌تر در محلول‌پاشی نسبت به مصرف خاکی است (Guderzi et al., 2013). تغذیه از طریق برگ (به‌صورت محلول‌پاشی) یکی از روش‌های رایج برای رساندن عناصر غذایی برای گیاهان می‌باشد. گیاهان در شرایط حضور یون‌های بی‌کربنات و قلیایی بودن خاک، تنش‌های دمایی، رطوبت بالا یا پایین خاک، بیماری‌های ریشه، عدم تعادل تغذیه‌ای، نمی‌توانند مواد غذایی کافی را از طریق ریشه‌ها جذب کنند، در چنین شرایطی، استفاده از محلول‌پاشی می‌تواند جذب عناصر کم‌مصرف را برای گیاه بالا ببرد. با توجه به حل‌پذیری کم عناصر روی و آهن در خاک، محلول‌پاشی آن‌ها، می‌تواند تمامی نیاز گیاه را به این کودها در طول دوره رشد و نمو برآورده سازد (Havlin et ak., 2005; Mortvert et al, 1972). در همین راستا یوسف‌پور و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی تأثیر محلول‌پاشی آهن و روی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه ذرت گزارش کردند محلول‌پاشی کودها در یک مرحله در تعدادی از صفات نتوانست کارایی مصرف خاکی کود را داشته باشد اما جهت بهبود این ویژگی‌ها، مشابه با کاربرد خاکی کودهای آهن و روی لازم است حداقل در دو مرحله رشد رویشی و آغاز گلدهی، محلول‌پاشی آهن و روی انجام شود (Yousefpour et al., 2018). آن‌ها هم‌چنین گزارش کردند بیش‌ترین تعداد دانه در بلال با میانگین ۲۹۰/۴ از تیمار کاربرد توأم آهن و روی با غلظت ۵ در هزار و بیش‌ترین وزن صد دانه با میانگین ۲۴/۹۲ از کاربرد جداگانه آهن و روی با غلظت ۲/۵ در هزار به‌دست آمد (Yousefpour et al., 2018). محققان دیگر نیز گزارش نموده‌اند که محلول‌پاشی کودها تنها در یک مرحله کارایی چندانی در بهبود رشد گیاهان ندارد (Eivand et al, 2014). این نتایج نشان می‌دهد که مرحله رشد رویشی ضروری‌ترین عامل از نظر پاسخ به کاربرد کودهای عناصر غذایی کم‌مصرف آهن و روی از نظر رشد بوته و بلال می‌باشد، اما جهت تکمیل اثر محلول‌پاشی مرحله رشد رویشی، محلول‌پاشی در آغاز مرحله رشد زایشی نیز ضروری است (Zare et al, 2013; Palash et al, 2021). زارع و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی تأثیر کاربرد آهن در زراعت ذرت مشاهده نمودند که کاربرد کود آهن منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت شد (Zare et al, 2013). پوترا سیزکی و گرسبسز (۲۰۰۹) تأثیر محلول‌پاشی بوته‌های ذرت با غلظت‌های مختلف کود روی را مورد مطالعه قرار داده و مشاهده نمودند که کاربرد کود روی طول بلال‌های ذرت را ۹/۴ درصد افزایش داد (Potarzycki and Grzebisz, 2009). باقری ده‌آبادی و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی تأثیر میکوریزا و محلول‌پاشی آهن و روی بر صفات کمی و کیفی سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor L*) گزارش کردند که در بین

نسخه پیش از انتشار

تیمارهای مورد برر سی، تیمارهای تلفیقی کاربرد توأم میکوریزا و محلول‌پاشـــی با غلظت ۸ در هزار آهن و ۶ در هزار روی بیش‌ترین ارتـفاع بو ته (با م یانگین ۲/۳۶ متر) را تول ید کرد (Bagheri Dehabadi et al., 2017). قاسمی گلعذانی و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه محلول‌پاشـــی آهن و روی بر ویژگی‌های فیزیولوژکی گ یاه گلر نگ (رقم ســـی نا) گزارش کرد ند که محلول‌پاشـــی روی و آهن با افزایش محتوای کلروفیل برگ، تعداد دانه در کاپیتول و تعداد دانه در بوته موجب بهبود قابل ملاحظه محصول دانه گلرنگ در فواصل مختلف آبیاری شدند (Ghassemi Golezani et al., 2022). پژوهش های اندکی در ارتباط با کاربرد همزمان محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف آهن و روی بر رشد ذرت علوفه‌ای در مزرعه در استان گلستان به انجام رسیده است بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر سولفات آهن و روی و اثر توأم آن ها در مرا حل مختلف رشـــد بر ویژگی‌های رشـد رویشـی و عملکرد و اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای (هیبرید ۷۰۴ سینگل کراس) در شرایط مزرعه‌ای اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه‌ای زراعی در نزدیکی روسـتای تخشـی محله واقع در ۵ کیلومتری شمال غربی شهر گرگان با مختصات جغرافیایی (N ۵۶ ۱۷ ۵۴° E ۵۲ ۵۱ ۳۶°) در تابستان ۱۴۰۰ اجرا گردید. برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شـیمیایی خاک، پیش از اجرای آزمایش از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک از نقاط مختلف زمین نمونه‌برداری به صورت مرکب انجام شد. سپس ویژگی‌های فیزیکی و شـیمیایی خاک اندازه‌گیری شـد (جدول ۱). همچنین ویژگی‌های آب آبیاری مورد اســـتفاده از جمله واکنش آب (pH)، قابلیت هدایت الکتریکی، کل مواد محلول، ذرات معلق، ســـختی کل، بی‌کربنات، ســـولفات، کلر، مقادیر کلسـیم، منیزیم، سـدیم و نسـبت جذب سـدیم (جدول ۲) با اســـتفاده از روش‌های مرســـوم نمونه‌برداری و آزمایش آب اندازه‌گیری شـدند (APHA, 1992). پیش از کاشـت در تاریخ ۱۴۰۰/۰۴/۱۰ زمین زراعی شخم زده شد. سپس برای تسطیح و خرد شدن کلوخه‌ها از دیسک استفاده شد. در هر کرت ۴ ردیف کشت (با فاصله ۷۵ سانتی‌متر) به طول ۴ متر در نظر گرفته شد. م ساحت هر کرت ۱۲ مترمربع، فا صله بین بلوک‌ها از همدیگر ۱/۵ متر و فاصـــله بین کرت‌ها در یک بلوک، ۰/۵ متر در نظر گرفته شـــد. دو ردیف کناری و ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر ردیف به‌عنوان حا شیه درنظر گرفته شد. سپس بذرهای ذرت علوفه‌ای رقم هیبرید ۷۰۴ سینگل کراس که به‌عنوان رایج‌ترین رقم مورد استفاده کشاورزان منطقه بود با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و در عمق ۵-۳ سانتی‌متری با ردیف‌کار کشت شدند. این پژوهش به صورت طرح بلوک‌های کامل ت صادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل شاهد (محلول‌پا شی با آب مقطر)، محلول‌پا شی عناصـر کم‌مصـرف [سـولفات آهن ($FeSO_4.7H_2O$ (20%Fe)، سـولفات روی ($ZnSO_4.7H_2O$ (22% Zn) و سـولفات آهن + سولفات روی با غلظت ۵ در هزار] در مرحله ۴ برگی، مرحله ۸ برگی و هر دو مرحله (۴ برگی و ۸ برگی) بود. بدین ترتیب ۱۰ تیمار در هر بلوک آزمایشی قرار گرفت. همچنین برای کوددهی کل زمین جهت تقویت و تأمین عناصـر مورد نیاز، براسـاس توصیه کودی، مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل قبل از کشت به خاک افزوده شد. همچنین کود نیتروژن از منبع اوره (حاوی ۴۶ درصد نیتروژن) به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله دو برگی (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و شش برگی (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) از طریق سیستم آبیاری قطره‌ای به‌کار برده شـد. محلول‌پاشـی اوایل صـبح انجام گرفت تا حد امکان از آثار نامطلوب نور خورشـید جلوگیری به‌عمل آید. از مویان (صـابون محلول‌پاشـی) برای کاهش کشـش سـطحی و افزایش خیس‌خوردگی و جذب بیش‌تر محلول‌ها ا ستفاده شد. محلول‌پا شی ترکیبی به صورت جداگانه انجام شد بدین‌گونه که یک محلول در صـبح زود و دیگری در عصـر انجام گردید. آبیاری به‌صورت قطره‌ای و مطابق با نیاز معمول گیاه، به‌صورت یک‌سان و تقریباً هر ۱۵ روز یکبار انجام گرفت. مبارزه و کنترل علف‌های هرز مزرعه به‌منظور جلوگیری از تداخل علفکش‌ها

نسخه پیش از انتشار

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش قبل از کاشت

Table 1. Some physico-chemical properties of soil tested before planting

بافت خاک Soil texture	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	کربن آلی Organic Carbon (%)	کربنات کلسیم معادل Calcium Carbonate Equivalent (%)	نیتروژن کل Total Nitrogen (%)	آهن قابل دسترس Available Iron (mg kg^{-1})	روی قابل دسترس Available Zinc (mg kg^{-1})	فسفر قابل دسترس Available Phosphorus (mg kg^{-1})	پتاسیم قابل دسترس Available potassium (mg kg^{-1})	قابلیت هدایت الکتریکی Electrical Conductivity (dS m-1)	پ هاش pH
سیلتی لومی	16	58	26	1.3	11.6	0.1	7.96	1.84	12.53	554	4.01	7.7

جدول ۲. ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده

Table 2. Chemical properties of used irrigation water

پ هاش pH	هدایت الکتریکی Electrical Conductivity (dS m^{-1})	سولفات Sulfate (meqL-1)	کلر Chl orine (meqL^{-1})	بیکربنات Carbonate (meqL^{-1})	سدیم Sodium (meqL^{-1})	منیزیم Magnesium (meqL^{-1})	کلسیم Calcium (meqL^{-1})	کلسیم و منیزیم Calcium + Magnesium (meqL^{-1})	ذرات معلق Total suspended solids (mg. L^{-1})	مواد محلول کل Total Dissolved Solids (mg. L^{-1})	نسبت جذب سدیم Sodium absorption ratio (%)	سختی کل Total Hardness (%)
7.66	3.5	10.2	6.1	17	13.6	7.1	14.1	21.2	26	2272	4.18	1060

نسخه پیش از انتشار

به‌صورت وجین دستی در مراحل مختلف رشد و نمو انجام گرفت. جهت تعیین زمان برداشت علوفه از محل قرار گرفتن خط شیری دانه به‌عنوان شاخص استفاده و برداشت زمانی انجام گرفت که خط شیری بین یک دوم و دو سوم دانه بود (Bergland and Denisa, 1999; Mortvert et al, 1972). سه ماه پس از کاشت، جهت بررسی صفات مورد مطالعه، از ۴ ردیف موجود در هر کرت دو ردیف کناری و هم‌چنین ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای دو ردیف وسط به‌عنوان حاشیه حذف شدند و فضای باقی‌مانده جامعه آماری را تشکیل داد. به‌منظور بررسی صفات مورد مطالعه ۵ بوته در دو ردیف وسط به‌طور تصادفی علامت‌گذاری شد و صفات مختلف بر روی این ۵ بوته بررسی و ثبت گردید. سپس ویژگی‌های رشد رویشی و اجزای عملکرد شامل وزن تازه و وزن خشک شاخساره، ارتفاع بوته، طول بلال، قطر بلال، قطر ساقه با کولیس، تعداد برگ در مترمربع، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه تعیین شد. تجزیه واریانس داده‌های این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD (در سطح احتمال ۵ درصد) انجام شد.

نتایج و بحث

با توجه به داده‌های جدول (۱) نوع بافت خاک سیلتی-لومی بود. غلظت قابل دسترس عناصر کم‌مصرف آهن و روی به‌ترتیب برابر با ۷/۹۶ (حد بحرانی ۱۰) و ۱/۸۴ (حد بحرانی ۲) میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که بر اساس این نتایج در حد کمبود قرار داشت (Javadi, 2020). طبق نتایج به‌دست آمده از جدول (۲) آنالیز نمونه آب نشان داد که واکنش آب (۷/۶۶) قلیایی می‌باشد. مهم‌ترین معیارهای کیفی در طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی شوری و مقدار سدیم در آن می‌باشد. زیرا این دو نه تنها بر رشد گیاه مؤثرند، بلکه درجه تناسب آب را از نظر آبیاری و تأثیر بر نفوذپذیری خاک را مشخص می سازند. هدایت الکتریکی (EC) و سدیم با معیار نسبت جذب سدیم (SAR) در این پژوهش به‌ترتیب برابر است با ۳/۵ دسی‌زیمنس بر متر و ۴/۱۸ بود.

وزن تازه و خشک شاخساره

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر محلول‌پاشی آهن و روی در سطح احتمال پنج درصد ($P<0/05$) بر صفت وزن تازه و در سطح احتمال یک درصد ($P<0/01$) بر صفت وزن خشک شاخساره گیاه معنی‌دار شدند (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های تیمارهای مورد بررسی نشان داد که بیش‌ترین مقدار وزن تازه با میانگین ۶۸۹۲ گرم در مترمربع از محلول‌پاشی آهن و روی در هر دو مرحله ۴ و ۸ برگی به‌دست آمد هرچند با محلول‌پاشی آهن در مرحله ۴ و ۸ برگی، محلول‌پاشی آهن و روی در مرحله ۸ برگی و محلول‌پاشی آهن و روی در مرحله ۴ برگی اختلاف چندانی نداشت و کم‌ترین مقدار وزن تازه با میانگین۴۸۷۲ گرم در مترمربع از تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) به‌دست آمد (جدول ۴). هم‌چنین مقایسه میانگین‌های تیمارهای مورد بررسی نشان داد که بیش‌ترین مقدار وزن خشک با میانگین ۱۷۷۴/۴۰ گرم در مترمربع از محلول‌پاشی آهن و روی در هر دو مرحله ۴ و ۸ برگی به‌دست آمد. کم‌ترین مقدار وزن تازه با میانگین ۱۲۱۸ گرم در مترمربع از تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) به‌دست آمد (جدول ۴). ویتی و چمبلیس (۲۰۰۵) مشکل اساسی ذرت، سورگوم، غلات دانه ریز و بادام زمینی در نواحی مرکزی و شمال فلوریدا را کمبود عناصر کم‌مصرف آهن، روی، منگنز و مس دانسته که ناشی از وجود خاک‌های شنی با pH بالای خاک، محتوای ماده آلی کم و عدم مصرف کودهای کم‌مصرف در گذشته است (Whitty and Chambliss, 2005). ایشان عنوان کردند محلول‌پاشی این عناصر به میزان سه کیلوگرم در هکتار در دفعات متعدد می‌تواند در رفع کمبود عناصر مزبور کمک کند (Whitty and Chambliss, 2005). کاربرد عناصر ریزمغذی به صورت محلول‌پاشی برگی به‌دلیل جذب سریع‌تر عناصر در اثر تماس مستقیم با سطح برگ و عدم واکنش و تثبیت عناصر در خاک نسبت به روش کاربرد خاکی از تأثیرگذاری بیش‌تری بر عملکرد گیاهان زراعی برخوردار است. بنابراین محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف در شرایط خاک‌های ایران در مقایسه با کاربرد

نسخه پیش از انتشار

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای محلول‌پاشی آهن و روی بر ویژگی‌های رشد رویشی ذرت علوفه‌ای

Table 3. Analysis of variance of the effect of Fe and Zn foliar spray treatment on vegetative growth parameters of forage corn

		مربعات میانگین Mean Square						
منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	وزن تازه شاخساره shoots fresh weight	وزن خشک شاخساره shoots dry weight	ارتفاع گیاه plant height	تعداد برگ Number of leaf	قطر ساقه Stem diameter	طول بلال Cob length	قطر بلال Cob diameter
بلوک Block	2	25838.40^{ns}	4817.16^{ns}	20.63^{ns}	4.43^{ns}	0.0030^{ns}	0.933^{ns}	0.900^{ns}
تیمار treatment	9	787997.86*	72724.13**	231.71**	15.68^{ns}	0.0089*	4.300**	5.614^{ns}
خطا Error	18	226505.07	7019.46	5.70	6.21	0.0033	0.48	4.93
ضریب تغییرات C.V (%)		7.91	5.59	1.37	3.36	2.62	3.07	9.49

ns ، ** و * به‌ترتیب غیر معناداری و معناداری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

ns, * and ** are non-significant, significant P≤0.05 and P≤0.01, respectively

آن‌ها در خاک به‌دلیل تأمین سریع نیاز گیاه، آسان‌تر بودن اجرای آن، کاهش سمیّت ناشی از تجمع این عناصر درخاک و جلوگیری از تثبیت، منا سب‌تر خواهد بود (Mirzavand et al, 2020). در همین رابطه سلیمانی و همکاران (۲۰۱۰) اثر جذب برگی عناصر میکرو بر رشد و عملکرد ذرت علوفه‌ای را مطالعه نمودند و اظهار داشتند نتایج نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثر محلول‌پاشی بر وزن خشک برگ، ساقه، وزن خشک کل و عملکرد علوفه‌تر بود (Soleimani et al., 2010). در مورد محلول‌پاشی عناصر غذایی آهن و روی گیاهانی که این عناصر را همزمان دریافت نموده‌اند، بیش‌ترین وزن خشک را خواهند داشت که به جهت اثر مثبت عنصر روی در بیوسنتز اکسین و اثرگذاری عنصر آهن در افزایش فتوسنتز و رشد انتظارپذیر خواهد بود (Fayazi et al., 2022). افزایش وزن خشک کل می‌تواند به‌علت افزایش فتوسنتز در نتیجه افزایش غلظت کلروفیل و نیز افزایش فعالیت فسفوانول پیروات کربوکسیلاز و ریبولوز دی‌فسفات کربوکسیلاز به‌دلیل وجود آهن و نیز افزوده شدن بر میزان آهن و منگنز و نقش مثبت آن‌ها در فتوسیستم‌های ۱ و ۲، که در نتیجه آن مواد فتوسنتزی بیش‌تری در گیاه ساخته می‌شود در نهایت منجر به افزایش وزن خشک کل گیاه می‌شود (Karimi et al., 2021). غفاری ملایری و همکاران (۲۰۱۲) با ارزیابی واکنش برخی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد ذرت دانه‌ای به کاربرد خاک مصرف و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف آهن، روی و کود کامل میکرو نتیجه‌گیری کردند که محلول‌پاشی کود کامل میکرو در مرحله ساقه رفتن + مرحله ظهور بلال به‌طور معنی‌داری موجب افزایش وزن خشک کل می‌شود (Ghaffari Malaveri et al., 2012). سلیمانی و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده نمودند که محلول‌پاشی عناصر روی و آهن اثر معنی‌داری بر وزن خشک کل در مترمربع ذرت علوفه‌ای داشت (Soleimani et al, 2010).

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن است که اثر تیمارهای محلول‌پاشی آهن و روی بر صفت ارتفاع بوته در سطح احتمال یک (P <۰/۰۱) درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های تیمارهای مورد بررسی نشان داد که بیش‌ترین مقدار ارتفاع با میانگین ۱۸۹/۶۷ سانتی‌متر از محلول‌پاشی آهن و روی

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر تیمارهای محلول‌پاشی آهن و روی بر ویژگی‌های رشد رویشی ذرت علوفه‌ای

Table 4. Comparison of the average the effect of Fe and Zn foliar spray treatment on vegetative growth parameters of forage corn

تیمارها		وزن تازه شاخساره shoots fresh weight (gr m^{-2})	وزن خشک شاخساره shoots dry weight (gr m^{-2})	ارتفاع گیاه plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	طول بلال Cob length (cm)
	عدم محلول‌پاشی (شاهد) Blank	4872c	1218e	160.67^{d}	2.13^{d}	21.33d
	محلول‌پاشی روی Zinc foliar spraying	5824^{b}	1318^{e}	170.33^{c}	2.23^{abc}	22.66bc
مرحله ۴ برگی 4 leaf stages	محلول‌پاشی آهن Iron foliar spraying	5784^{b}	1440^{d}	171.67^{c}	2.26^{ab}	23.66^{ab}
	محلول‌پاشی آهن و روی Iron and zinc foliar spraying	6156^{ab}	1500^{bc}	172.33^{c}	2.20^{bcd}	24.66^{a}
	محلول‌پاشی روی Zinc foliar spraying	5912^{b}	1450^{d}	163.67^{d}	2.16^{cd}	22.33^{cd}
مرحله ۸ برگی 8 leaf stages	محلول‌پاشی آهن Iron foliar spraying	6040^{b}	1544^{bc}	171^{c}	2.13^{d}	21.66^{cd}
	محلول‌پاشی آهن و روی Iron and zinc foliar spraying	6208^{ab}	1592^{bc}	169^{c}	2.23^{ab}	22.66^{bc}
	محلول‌پاشی روی Iron foliar spraying	6068^{b}	1505^{b}	183^{b}	2.23^{abc}	22.33^{cd}
مرحله ۴ و ۸ برگی 4 and 8 leaf stages	محلول‌پاشی آهن Iron foliar spraying	6372^{ab}	1620^{b}	180^{b}	2.20^{bcd}	21.66^{cd}
	محلول‌پاشی آهن و روی Iron and zinc foliar spraying	6892^{a}	1774.40^{a}	189.67^{a}	2.3^{a}	24.66^{a}

ستون‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، به روش آزمون LSD تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means followed with the same letters in each column are not significant at p<0.05 by LSD Test.

در هر دو مرحله ۴ و ۸ برگی به‌دست آمد. کم‌ترین مقدار ارتفاع با میانگین ۱۶۰/۶۷ سانتی‌متر از تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) به‌دست آمد که با محلول‌پاشی روی در مرحله ۸ برگی با ارتفاع ۱۶۳/۶۷ سانتی‌متر اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۴). افزایش ارتفاع به واسطه این دو نوع کود مربوط به نقش این عناصر در فتوسنتز است که باعث افزایش ساخت کلروفیل در برگ‌های جوان و افزایش تنظیم‌کننده‌های رشد می‌شوند، در نتیجه فتوسنتز افزایش می‌یابد و مواد فتوسنتزی بیش‌تری به نقاط مختلف گیاه از جمله ساقه‌ها وارد می شود و در نهایت، ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد (Malakoti and Sepehr, 2004). هم‌چنین، آهن در سنتز ماده اولیه کلروفیل اهمیت زیادی دارد و با توجه به این‌که افزایش ارتفاع گیاه ناشی از تأثیر روی بر تعداد گره در ساقه اصلی می‌باشد (Varnaseri et al., 2017). بنابراین، می‌توان انتظار داشت که با کاربرد محلول‌پاشی آهن و روی ارتفاع گیاه افزایش یابد. افزایش ارتفاع به واسطه محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی توسط محققان زیادی نیز اثبات شده است

نسخه پیش از انتشار

(Ghazvineh and Yousefi, 2012). باقری ده‌آبادی و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی تأثیر میکوریزا و محلول‌پاشی آهن و روی بر صفات کمی و کیفی سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor L*) گزارش کردند که در بین تیمارهای مورد بررسی، تیمارهای تلفیقی کاربرد توأم میکوریزا و محلول‌پاشی با غلظت ۸ در هزار آهن و ۶ در هزار روی بیش‌ترین ارتفاع بوته (با میانگین ۲/۳۶ متر) را تولید می‌کند (Bagheri Dehabadi et al., 2017). خلفی و همکاران (۲۰۲۲) در بررسی اثر برگ پاشی آهن و روی از منابع سولفاتی و کلاتی بر ویژگی‌های کیفی و عملکرد ذرت (سینگل کراس ۷۰۱) در شهرستان دزفول گزارش کردند بیش‌ترین ارتفاع ذرت با میانگین ۲۶۳ سانتی‌متر از تیمار توأم آهن و روی سولفاتی به‌دست آمد هر چند با تیمار توأم آهن و روی کلاته با میانگین ۲۶۱ سانتی‌متر از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار نداشت و نسبت به تیمار شاهد افزایش ۱۳ درصدی را نشان داد (Khalafi et al., 2022). یوسفی و همکاران (۲۰۲۳) در بررسی محلول‌پاشی آهن (۰ و ۰/۴ درصد) و روی (۰، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۴ درصد) در مراحل گلدهی و تشکیل غلاف بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) گزارش کردند بیش‌ترین ارتفاع بوته با میانگین ۲۹ سانتی‌متر از تیمار ۰/۴ درصد روی بدون مصرف آهن به‌دست آمد. این درحالی است که در شرایط محلول‌پاشی آهن ارتفاع بوته تا تیمار ۰/۳ درصد روی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Yousefi et al., 2023).

قطر ساقه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر محلول‌پاشی آهن و روی در سطح احتمال پنج درصد ($P<0/05$) بر قطر ساقه معنی‌دار شدند (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های تیمارهای مورد بررسی نشان داد که بیش‌ترین مقدار قطر ساقه با میانگین۲/۳ سانتی‌متر از محلول‌پاشی آهن و روی در مرحله ۴ و ۸ برگی به‌دست آمد هر چند با محلول‌پاشی روی در مرحله ۴ و ۸ برگی، محلول‌پاشی آهن و روی در مرحله ۸ برگی، محلول‌پاشی آهن و محلول‌پاشی روی در مرحله ۴ برگی اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. کم‌ترین مقدار قطر ساقه با میانگین ۲/۱۳ سانتی‌متر از تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) به‌دست آمد (جدول ۴). با توجه به نیاز خاک به افزودن کودهای آهن و روی، اگر میزان این عناصر به‌خصوص آهن کم‌تر از حد مطلوب باشد، موجب رنگ پریدگی و ساخته نشدن کلروفیل در برگ‌های جوان و کاهش تنظیم‌کننده‌های رشد می‌شود. استفاده از کود آهن موجب افزایش فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به نقاط مختلف گیاه از جمله ساقه‌ها و افزایش قطر ساقه می‌شود (Nabavi Moghadam et al., 2013). بهبود شرایط تغذیه‌ای و نقش مثبت آهن می‌تواند در فتوسنتز و عملکرد فتوسیستم‌های نوری در افزایش شاخص‌های رشد از قبیل قطر ساقه مؤثر باشد (Malakoti and Sepehr, 2004). قطر ساقه معیاری از رشد رویشی گیاه ذرت است و در استحکام و مقاومت گیاه به عوامل نامساعد محیطی و همچنین انتقال مواد ذخیره شده به دانه نقش مهمی دارد (Yassen et al., 2010). نبوی مقدم و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی تأثیر کاربرد مقادیر مختلف آهن و منگنز بر صفات کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ دریافتند که اثر کودهای آهن بر قطر ساقه در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (Nabavi Moghadam et al, 2013). آن‌ها هم‌چنین گزارش کردند که با افزایش کود آهن قطر ساقه نسبت به شاهد افزایش یافته است، هرچند که از لحاظ آماری اختلافی بین سطوح ۲۰ و ۴۰ کیلوگرم دیده نشد. در همین راستا یاری و شمس (۲۰۱۸) در بررسی کودهای زیستی وعناصر کم‌مصرف بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت گزارش کردند که بیش‌ترین مقدار قطر ساقه با میانگین ۳/۵ سانتی‌متر مربوط به مصرف ازتوبارور همراه با روی و کم‌ترین مقدار با میانگین ۲/۵ مربوط به تیمار شاهد بود (Yari and Shams, 2018).

تعداد برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر محلول‌پاشی آهن و روی بر صفت تعداد برگ معنی‌دار نشد

(جدول ۳) . تعداد کل برگ‌های هر بوته ذرت در پایان فصل رشد به‌وسیله تعداد آغازه‌های برگ موجود در جنین به‌علاوه تعداد آغازه‌های تشکیل شده تا مرحله آغازش گل تاجی تعیین می شود. تعداد برگ تحت تأثیر ژنوتیپ و محیط قرار می‌گیرد. تعداد برگ‌ها در زمان تشکیل سلول‌های مولد سنبله مشخص شده است و تحت تأثیر درجه حرارت و طول مدت روشنایی قرار می‌گیرد. در مورد تأثیر عناصر ریز مغذی بر تعداد برگ، نتایج متفاوتی وجود دارد، چرا که بعضی از محققان بر این باورند که این عناصر بر تعداد برگ تأثیری ندارند و تعداد برگ، بیش‌تر تحت تأثیر تراکم گیاه قرار می گیرد اما در مقابل بعضی دیگر معتقدند که این عناصر در تعداد برگ نقش مثبتی ایفا می‌کنند (Mirzavand et al., 2020). کریمی و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی تأثیر کود زیستی فسفات بارور-۲ و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عمکرد ذرت دانه‌ای ۷۰۴ گزارش کردند اثر محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی بر تعداد برگ در بوته معنی‌دار نبود (Karimi et al., 2012). هم‌چنین جوادی (۲۰۲۰) در بررسی تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی آهن وروی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان گزارش کردند محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بر تعداد برگ در شروع غنچه‌دهی معنی‌دار نبود که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (Javadi, 2020).

طول بلال

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر محلول‌پاشی آهن و روی در سطح احتمال یک درصد (P <۰/۰۱) بر صفت طول بلال معنی‌دار شدند (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های تیمارهای مورد بررسی نشان داد که بیش‌ترین مقدار طول بلال با میانگین ۲۴/۶۶ سانتی‌متر از محلول‌پاشی آهن و روی در مرحله ۴ و ۸ برگی به‌دست آمد که با محلول‌پاشی آهن و روی در مرحله ۴ برگی ۲۴/۶۶ سانتی‌متر اختلاف معناداری آماری نداشت. هم‌چنین کم‌ترین مقدار طول بلال با میانگین ۲۱/۳۳ سانتی‌متر از تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) به‌دست آمد (جدول ۴). طول بلال یکی از فاکتورهای مهم تأثیرگذار بر عملکرد ذرت است. پوتارزیکی و گرزبیش (۲۰۰۹) تأثیر محلول‌پاشی بوته‌های ذرت با غلظت‌های مختلف کود روی را مورد مطالعه قرار داده و مشاهده نمودند که کاربرد کود روی طول بلال‌های ذرت را به میزان ۹/۴ درصد افزایش داد (Potarzycki and Grzebisz, 2009). هم‌چنین قزوینه و یوسفی (۲۰۱۲) نیز افزایش طول بلال‌های ذرت را با کاربرد کود آهن گزارش نمودند. این پژوهش‌گران مشاهده نمودند که کاربرد کود آهن میزان ۱۳ درصد بر طول بلال‌های ذرت افزود (Ghazvineh and Yousefi, 2012). رسائی‌فر و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی تحت عنوان محلول‌پاشی آهن، روی، منگنز و مس بر عملکرد و اجزای عمکرد سورگوم دانه‌ای گزارش کردند که تیمارهای کودی مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر طول بلال داشت به‌طوری‌که بیش‌ترین طول بلال در تیمار روی + آهن+ مس+ منگنز با میانگین ۳۷/۰۷ سانتی‌متر و کم‌ترین آن با میانگین ۲۸/۸۵ سانتی‌متر در تیمار عدم محلول‌پاشی به‌دست آمد (Rasai Far et al., 2019). در همین راستا یاری و شمس (۲۰۱۸) در بررسی کودهای زیستی وعناصر کم‌مصرف بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت گزارش کردند که بیش‌ترین طول بلال با میانگین ۲۰/۹۵ مربوط به محلول‌پاشی عنصر روی و کم‌ترین مقدار با میانگین ۱۸/۱۱ مربوط به تیمار شاهد بود (Yari and Shams, 2018).

قطر بلال

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر محلول‌پاشی آهن و روی بر صفت قطر بلال معنی‌دار نشد (جدول ۳).

تعداد ردیف دانه در بلال

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر محلول‌پاشی آهن و روی بر صفت تعداد ردیف دانه در سطح احتمال پنج درصد (P <۰/۰۵) معنی‌دار شد (جدول ۵). مقایسه

نسخه پیش از انتشار

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای محلول‌پاشی آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای

Table 5. Analysis of variance of the effect of Fe and Zn foliar spray treatment on n yield and yield components of forage corn

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square					
		تعداد ردیف دانه در بلال Number of rows per seed	تعداد دانه در ردیف Number of seeds per row	تعداد دانه در بلال Number of seeds per cob	وزن ۱۰۰۰دانه 1000 grain weight	جذب آهن شاخساره Shoots Uptake Iron	جذب روی ساخساره Shoots Uptake Zinc
بلوک Block	2	0.833^{ns}	0.70^{ns}	2467.03^{ns}	104.43^{ns}	0.840ns	1.68^{ns}
تیمار treatment	9	2.725*	12.50*	16772.67*	1084.72**	158.67**	27.53**
خطا Error	18	1.092	4.848	5266.07	180.58	2.63	0.25
ضریب تغییرات C.V (%)		6.64	4.82	10.08	5.03	8.85	10.20

ns، ** و * به‌ترتیب غیرمعناداری و معناداری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

ns, * and ** are non-significant, significant P≤0.05 and P≤0.01, respectively

نسخه پیش از انتشار

میانگین‌های تیمارهای مورد بررسی نشان داد که بیش‌ترین تعداد ردیف دانه با میانگین۱۷/۳۳ از محلول‌پاشـــی آهن و روی در مرحله ۴ و ۸ برگی به‌دســت آمد هرچند با تیمار محلول‌پاشـی آهن و محلول‌پاشـــی روی در هر دو مرحله ۴ و ۸ برگی و محلول‌پاشـــی آهن و روی در مرحله ۸ برگی از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشـــت. کم‌ترین تعداد ردیف دانه نیز با میانگین ۱۴/۳۳ از تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) به‌دست آمد (جدول ۶). تعداد ردیف دانه در بلال به‌عنوان یکی از اجزای عملکرد ذرت محسوب می‌شود و معمولاً تعداد ردیف‌ها زوج می‌باشـد (Bozorgmehr and Nastari Nasrabadi, 2014). هر چند این جزء از عملکرد کم‌تر تحت شـرایط محیطی قرار می‌گیرد و به‌صورت ژنتیکی کنترل می‌گردد (Soleimani et al., 2010). لیکن نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که محلول‌پاشی آهن و روی بر تعداد ردیف در دانه مؤثر می‌باشـد. در همین راســـتا گودرزی و همکاران (۲۰۱۳) به‌منظور بررســـی آثار غلظت‌های مختلف کم‌مصرف آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت (*Zea mays L*) سینگل کراس ۲۶۰، با مطالعه اثر محلول‌پاشی سولفات آهن و سولفات روی در دو مرحله هشـت برگی و ظهور گل تاجی بود نشـان دادند که بیش‌ترین تعداد ردیف در بلال با میانگین ۲۴ عدد از تیمار محلول‌پاشـی سـولفات آهن ۴ در هزار و محلول‌پاشـی سـولفات روی ۸ در هزار به‌دست آمد که نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی سولفات آهن و روی با میانگین ۱۲ عدد، ۵۰ درصـــد برتری داشـــت (Guderzi et al., 2013).

تعداد دانه در ردیف

نتایج حاصـــل از تجزیه واریانس داده‌ها نشـــان داد که اثر محلول‌پاشی آهن و روی بر صفت تعداد دانه در ردیف در سطح احتمال پنج ($P <$ ۰/۰۵) درصـــد معنی‌دار شـــدند (جدول ۵). مقایســـه میانگین‌های تیمارهای مورد بررســـی نشـــان داد که بیش‌ترین تعداد دانه در ردیف با میانگین۵۰ از محلول‌پاشی آهن و روی در مرحله ۴ و ۸ برگی به‌دســـت آمد هر چند با محلول‌پاشی آهن و روی در مرحله ۴ برگی با میانگین ۴۸/۳۳ از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین تعداد دانه در ردیف میانگین۴۴/۳ از تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) به‌دست آمد (جدول ۶). این جزء از عملکرد به شـرایط محیطی بسـیار حساس می‌باشد و به شدت تحت تأثیر رقابت و عوامل محیطی قرار می‌گیرد. نتایج آزمایش طاهر و همکاران (۲۰۰۸) که در بررســی اثر روش‌های مختلف مصـرف عناصـر کم‌مصـرف بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مشـــابه را گزارش نکردند که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی ندارد (Taher et al., 2008). گودرزی و همکاران (۲۰۱۳) به‌منظور بررسی آثار غلظت‌های مختلف کم‌مصرف آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت (*Zea mays L*) سـینگل کراس ۲۶۰ گزارش کردند که بیش‌ترین تعداد دانه در ردیف بلال با میانگین ۴۶/۷ از تیمار محلول‌پاشی سولفات آهن ۴ در هزار و سولفات روی ۴ در هزار به‌دست آمد که نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشـی سـولفات آهن و سـولفات روی ۳۴/۲ عدد به عبارت دیگر بیش از ۹۱ درصد برتری داشت (Gudarzi et al., 2013). یوسفی و همکاران (۲۰۲۳) در ارزیابی کاربرد دو سطح کلات آهن (عدم محلول‌پاشی، ۰/۴ در صد) و ۴ سطح کلات روی (عدم محلول‌پاشی، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۴ درصد) بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) نشـان دادند که بیش‌ترین تعداد دانه در غلاف با میانگین ۳/۸۷ مربوط به تیمار ۰/۴ در صد محلول‌پاشی آهن و ۰/۳ در صد روی بود (Yousefi et al., 2023). خلفی و همکـاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که بیش‌ترین تعداد دانه در ردیف ذرت با میانگین ۴۳ دانه از محلول‌پاشـــی توام آهن و روی کلاته با غلظت ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد هرچند نسبت به محلول پاشی توأم آهن و روی سولفاته با غلظت ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۴۱ از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت و کم‌ترین مقدار با میانگین ۳۰ دانه مربوط به تیمار شاهد بود. یافته‌های آن‌ها نیز نشان داد بین محلول‌پاشی کلات آهن با غلظت ۳ میلی‌گرم در لیتر و محلول‌پاشی کلات و سولفات روی با غلظت ۳ میلی‌گرم

نسخه پیش از انتشار

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر تیمارهای محلول‌پاشی آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای

Table 5. Comparison of the average of the effect of Fe and Zn foliar spray treatment on n yield and yield components of forage corn

تیمارها		تعداد ردیف دانه در بلال Number of rows per seed	تعداد دانه در ردیف Number of seeds per row	تعداد دانه در بلال Number of seeds per cob	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 grain weight (gr)	جذب آهن شاخساره Shoots Uptake Iron (gr m^{-2})	جذب روی ساخساره Shoots Uptake Zinc (gr m^{-2})
عدم محلول‌پاشی (شاهد) Blank		14.33d	44.33^{c}	621^{c}	248.33^{d}	7.96e	0.91h
مرحله ۴ برگی 4 leaf stages	محلول‌پاشی روی Zinc foliar spraying	15.33bcd	45^{bc}	690.67^{c}	261.67^{bcd}	9.53de	4.19de
	محلول‌پاشی آهن Iron foliar spraying	15.33^{bcd}	44.33^{c}	680.67^{c}	250^{cd}	16.51c	2.12g
	محلول‌پاشی آهن و روی Iron and zinc foliar spraying	17^{ab}	48.33^{ab}	822.33^{ab}	282^{b}	20.61b	6.50c
مرحله ۸ برگی 8 leaf stages	محلول‌پاشی روی Zinc foliar spraying	15.33^{bcd}	46^{bc}	682.67^{c}	261^{bcd}	12.20d	3.96def
	محلول‌پاشی آهن Iron foliar spraying	14.66^{cd}	44.66^{bc}	654.67^{c}	250.33^{cd}	20.62b	3.28f
	محلول‌پاشی آهن و روی Iron and zinc foliar spraying	16.33^{abc}	45.33^{bc}	741.33^{bc}	272^{bc}	20.50b	4.76d
مرحله ۴ و ۸ برگی 4 and 8 leaf stages	محلول‌پاشی روی Iron foliar spraying	15.66^{abcd}	44.33^{c}	720.67^{bc}	270.67^{bcd}	17.02c	10.66a
	محلول‌پاشی آهن Iron foliar spraying	16^{abcd}	44.66^{bc}	717^{bc}	263^{bcd}	28.37a	3.58ef
	محلول‌پاشی آهن و روی Iron and zinc foliar spraying	17.33^{a}	50^{a}	866.67^{a}	311.67^{a}	29.84a	9.04b

ستون‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، به روش آزمون LSD تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means followed with the same letters in each column are not significant at $p<0.05$ by LSD Test.

نسخه پیش از انتشار

در لیتر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (Khalafi et al., 2022). در واقع آنان این‌گونه بیان کردند بین دو منبع سولفاتی و کلاتی اختلاف معنی‌دار وجود نداشت و محلول‌پاشی روی به‌تنهایی مؤثرتر از محلول‌پاشی آهن به‌تنهایی بود.

تعداد دانه در بلال

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر محلول‌پاشی آهن و روی بر صفت تعداد دانه در بلال در سطح احتمال پنج درصد ($P<0/05$) معنی‌دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین‌های تیمارهای مورد بررسی نشان داد که بیش‌ترین تعداد دانه در بلال با میانگین ۸۶۶/۶۸ از محلول‌پاشی آهن و روی در مرحله ۴ و ۸ برگی به‌دست آمد هرچند با محلول‌پاشی آهن و روی در مرحله ۴ برگی با میانگین ۸۲۲/۳۳ از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین تعداد دانه در بلال با میانگین ۶۲۱ از تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) به‌دست آمد (جدول ۶). تعداد دانه در بلال فاکتوری است که وابسته به فاکتورهای تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه و درصد پوکی در بلال می باشد به‌طوری‌که از حاصل‌ضرب تعداد ردیف دانه در تعداد دانه در هر ردیف، تعداد دانه در بلال به‌دست می‌آید (Thalooth et al., 2006). عناصر کم‌مصرف آهن و روی نقش مهمی را در رشد و عملکرد گیاهان بر عهده دارند. مصرف برگی این عناصر به‌دلیل عدم تثبیت در خاک، بیش از مصرف خاکی یا تیمار بذرها با عناصر فوق باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد محصول زراعی می‌شود (Afshani et al., 2015). هم‌چنین، مرور منابع متعدد نشان می‌دهد که محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف در دو مرحله شش برگی و ظهور گل تاجی بیش از محلول‌پاشی در هر یک از این دو مرحله بر بهبود صفات کمی و کیفی گیاه علوفه‌ای مؤثر است (Bergland and Denisa, 1999). در همین راستا یوسف پور و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی تأثیر محلول‌پاشی آهن و روی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه ذرت گزارش کردند محلول‌پاشی کودها در یک مرحله در تعدادی از صفات نتوانست کارآیی مصرف خاکی کود را داشته باشد لیکن جهت افزایش صفات، مشابه با مصرف خاکی کودهای آهن و روی لازم است در سه مرحله و حداقل در دو مرحله رشد رویشی و آغاز گلدهی، محلول‌پاشی آهن و روی انجام شود. آن‌ها هم‌چنین گزارش کردند بیش‌ترین تعداد دانه در بلال با میانگین ۲۹۰/۴ از تیمار کاربرد توأم آهن و روی با غلظت ۵ در هزار به‌دست آمد (Yousefpour et al., 2018). محققان دیگر نیز گزارش نموده‌اند که محلول‌پاشی کودها تنها در یک مرحله نمی‌تواند از کارآیی کافی در افزایش رشد گیاهان برخوردار باشد (Eivand et al., 2014). این نتایج نشان می‌دهد که مرحله رشد رویشی ضروری‌ترین زمان از نظر پاسخ به کودهای کم‌مصرف آهن و روی از نظر رشد بوته و بلال به‌شمار می‌رود، اما جهت تکمیل اثر محلول‌پاشی مرحله رشد رویشی، نیاز به محلول‌پاشی در آغاز مرحله رشد زایشی نیز است (Zare et al., 2013). زارع و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی تأثیر کاربرد آهن در زراعت ذرت مشاهده نمودند که کاربرد کود آهن منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت شد (Zare et al., 2013). بهبود صفات رشدی گیاه در نتیجه کاربرد عناصر کم‌مصرف از جمله آهن و روی ممکن است به‌دلیل افزایش شدت فتوسنتز و فعالیت‌هایی باشد که منجر به افزایش تقسیم سلول و طویل شدن آن‌ها می‌شود. این طویل شدن سلول‌ها احتمالاً می‌تواند منجر به افزایش طول غلاف و در نهایت به دلیل طول بلال بیش‌تر، مکان بیش‌تری برای افزایش تعداد دانه فراهم می‌شود (Yosefi et al., 2023).

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن است که اثر تیمارهای محلول‌پاشی بر مقدار وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد ($P<0/01$) معنی‌دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین‌های تیمارهای مورد بررسی نشان داد که بیش‌ترین مقدار وزن هزار دانه با میانگین ۳۱۱/۶۷ گرم از محلول‌پاشی آهن و روی در هر دو مرحله ۴ و ۸ برگی به‌دست آمد (جدول ۶). هم‌چنین نتایج

نسخه پیش از انتشار

حاصل از جدول مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که محلول‌پاشی آهن و روی در هر دو مرحله ۴ و ۸ برگی به‌ترتیب نسبت به محلول‌پاشی آهن و روی در مرحله ۸ برگی و محلول‌پاشی آهن و روی در مرحله ۴ برگی افزایشی معادل ۱۲/۷۲ و ۹/۵۲ را نشان داد (جدول ۶). نتایج حاصل از این پژوهش حاکی از آن است که محلول‌پاشی توأم آهن و روی اثر بیش‌تری بر وزن هزار دانه در مقایسه با محلول‌پاشی هر یک از عناصر آهن و روی به‌تنهایی دارد (جدول ۶). هم‌چنین کم‌ترین مقدار وزن هزار دانه با میانگین ۲۳۸/۳۳ از تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۶). دوره پر شدن دانه یکی از مراحل حساس به کمبود عناصر غذایی است که اگر کمبودی از لحاظ عناصر غذایی پر مصرف و کم‌مصرف وجود داشته باشد، دانه‌های تشکیل شده کوچک می‌مانند و وزن هزار دانه کاهش پیدا می‌کند (Begland and Denisa, 1999). محلول‌پاشی روشی جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و خطرات زیست محیطی آن‌ها می‌باشد با این روش تغذیه می‌توان عناصر را در سریع‌ترین زمان در اختیار گیاه قرار داد تا عناصر غذایی به‌طور مستقیم در اختیار شاخه، برگ یا میوه قرار گیرند. بهره‌گیری از عناصر غذایی چون آهن و روی با توجه به اثرگذاری بر ساخت کلروفیل و افزایش مقدار هورمون‌های تنظیم‌کننده‌های رشد، موجب افزایش فتوسنتز برگ‌های جوان شده و انتقال مواد غذایی به مکان‌های ذخیره‌ای مانند پانیکول‌ها را افزایش داده که این امر موجب افزایش وزن دانه در بوته می‌گردد (Fayazi et al., 2022). در همین رابطه عبدل سلام و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند مصرف برگی عناصر آهن، روی بهتر از مصرف خاکی و تیمار بذور می‌تواند در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه مؤثر واقع شود (Abdolslam et al., 1994). محتوای کل کربوهیدرات، نشاسته، ایندول استیک اسید، کلروفیل و پروتئین دانه به‌طور معنی‌داری با مصرف روی و آهن افزایش می‌یابد که این عوامل در افزایش وزن دانه بلال مؤثر است (Rajaie and Ziaeyan, 2009). در همین راستا یوسف‌پور و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی تأثیر محلول‌پاشی آهن و روی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه ذرت گزارش کردند که بیش‌ترین وزن صد دانه با میانگین ۲۴/۹۲ از کاربرد جداگانه آهن و روی با غلظت ۲/۵ درهزار به‌دست آمد (Yousefpour et al, 2018). خلفی و همکاران (۱۴۰۱) در بررسی اثر برگ‌پاشی آهن و روی از منابع سولفاتی و کلاتی بر ویژگی‌های کیفی و عملکرد ذرت (سینگل کراس ۷۰۱) در شهرستان دزفول گزارش کردند بیش‌ترین وزن هزار دانه با میانگین ۳۶۷ گرم از تیمار توأم آهن وروی کلاتی به‌دست آمد هر چند با محلول‌پاشی آهن و روی سولفاتی با میانگین ۳۶۲ از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت و نسبت به تیمار شاهد افزایش ۷ درصدی را نشان داد (Khalafi et al., 2022). محتوای کل کربوهیدرات، نشاسته، ایندولاستیک‌اسید، کلروفیل و پروتئین دانه به‌طور معنی‌داری با مصرف آهن وروی افزایش می‌یابد که این عوامل در افزایش وزن دانه بلال مؤثر است (Mahalleh and Roshdi., 2008). یوسفی و همکاران (۲۰۲۳) در ارزیابی محلول‌پاشی کلات‌های آهن بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) گزارش کردند در تیمار ۰/۴ درصد و عدم محلول‌پاشی آهن بیش‌ترین وزن صد دانه با میانگین ۵۳/۹ و ۴۴/۵ گرم به‌ترتیب از تیمار ۰/۳ و ۰/۴ درصد محلول‌پاشی روی به‌دست آمد (Yousefi et al., 2023). تغذیه بهینه با عناصر کم‌مصرف همانند آهن و روی از طریق تأثیر بر سنتز اکسین باعث رشد دانه‌ها در بلال می‌شود و با فراهمی این عناصر جذب عناصر پر مصرف نیز به‌صورت بهینه انجام می‌گیرد و مواد آلی زیادی در بذر تجمع پیدا می‌کند و باعث سنگینی و بزرگی دانه‌های ذرت می‌شود. این امر، باعث افزایش وزن هزار دانه می‌گردد که یکی از اجزای مهم عملکرد دانه ذرت می‌باشد.

جذب آهن و روی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای محلول پاشی بر جذب آهن و روی شاخ‌ساره در سطح احتمال یک درصد ($P < ۰/۰۱$) معنی‌دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین‌های تیمارهای مورد بررسی نشان داد که بیش‌ترین مقدار جذب آهن

نسخه پیش از انتشار

شاخساره با میانگین ۲۹/۸۴ گرم بر مترمربع از محلول‌پاشی آهن در هر دو مرحله ۴ و ۸ برگی به‌دست آمد هر چند با تیمار محلول‌پاشی آهن در هر دو مرحله ۴ و ۸ برگی با میانگین ۲۸/۳۷ گرم بر مترمربع از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶). هم‌چنین محلول‌پاشی آهن در هر دو مرحله ۴ و ۸ برگی به‌ترتیب نسبت به محلول‌پاشی آهن در مرحله ۸ برگی و مرحله ۴ برگی افزایشی معادل ۲۷/۳۱ و ۴۱/۸۰ درصد را نشان داد (جدول ۶). کم‌ترین مقدار جذب آهن شاخساره با میانگین ۷/۹۶ از تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) به‌دست آمد (جدول ۶). هم‌چنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین مقدار جذب روی شاخساره با میانگین ۱۰/۶۶ گرم بر مترمربع از محلول‌پاشی روی در هر دو مرحله ۴ و ۸ برگی به‌دست آمد و نسبت به محلول‌پاشی روی در مرحله ۸ برگی و مرحله ۴ برگی به‌ترتیب با مقادیر ۳/۹۶ و ۴/۱۹ گرم بر مترمربع افزایشی معادل ۶۲/۸۵ و ۶۰/۶۹ در صد داشت (جدول ۶). محلول‌پاشی برگی عناصر کم‌مصرف بهتر از استفاده آن‌ها به‌صورت خاکی است، زیرا باعث واکنش سریع، اثربخشی و حذف علائم کمبود عناصر کم‌مصرف می‌شود. استفاده از عناصر کم‌مصرف از طریق شاخ و برگ می‌تواند ۱۰ تا ۲۰ برابر کارآمدتر از کاربرد خاکی باشد (Zaman and Schumann., 2014). یوسف‌پور و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی تأثیر محلول‌پاشی آهن و روی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه ذرت شیرین گزارش نمودند که بیش‌ترین غلظت عنصر روی در دانه مربوط به تیمار کاربرد روی با غلظت ۵ در هزار بود. در این تیمار غلظت روی ۲۸/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد و کم‌ترین غلظت روی نیز با ۱۴/۸ و ۱۴/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌ترتیب در تیمارهای کاربرد آهن با غلظت ۲/۵ در هزار و غلظت ۵ در هزار به‌دست آمد. این پژوهشگران هم‌چنین گزارش کردند محلول‌پاشی در سه مرحله رشد رویشی، ظهور گل آذین نر و پر شدن دانه، غلظت روی در دانه‌های ذرت را ۴۶ درصد افزایش داد (Yousefpour et al., 2018). یوسفی و همکاران (۲۰۲۳) در ارزیابی کاربرد دو سطح کلات آهن (عدم محلول‌پاشی، ۰/۴ درصد) و ۴ سطح کلات روی (عدم محلول‌پاشی، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۴ درصد) بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) نشان دادند محلول‌پاشی روی و آهن و آثار متقابل این دو عامل بر میزان روی اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. در شرایط عدم محلول پاشی آهن بیش‌ترین مقدار روی با میانگین ۹۹/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم از تیمار ۰/۴ درصد محلول پاشی روی به‌دست آمد این درحالی است که در شرایط محلول‌پاشی آهن بیش‌ترین مقدار روی با میانگین ۹۳/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم از تیمار ۰/۳ درصد محلول‌پاشی روی به‌دست آمد (Yousefi et al., 2023).

نتیجه‌گیری

آزمایش انجام شده روی محصول ذرت علوفه‌ای با محلول‌پاشی آهن و روی در مرحله ۴ برگی، ۸ برگی و ۴ و ۸ برگی محلول‌پاشی انجام شد و نتایج به‌دست آمده نشان داد که تمام تیمارها مورد بررسی به جز قطر بلال، تعداد برگ و سطح برگ معنی دار شدند. بیش‌ترین ارتفاع، وزن خشک و وزن هزار دانه مربوط به تیمار محلول‌پاشی آهن و روی در هر دو مرحله ۴ و ۸ برگی بود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی توأم آهن و روی اثر بیش‌تری بر صفات مورد مطالعه در مقایسه با محلول‌پاشی هر یک از عناصر آهن و روی به‌تنهایی داشت. با توجه به محدودیت عناصر آهن و روی در مناطق خشک و نیمه خشک، محلول‌پاشی یک روش کاربردی به‌منظور افزایش سطح عناصر کم‌مصرف در گیاهان می‌باشد بنابراین برای داشتن علوفه‌ای با ویژگی‌های کمی و کیفی خوب، محلول‌پاشی توأم آهن و روی در هر دو مرحله ۴ و ۸ برگی توصیه می‌شود.

تشکر و سپاسگزاری

تضاد منافع

نویسندگان مقاله اذعان دارند هیچ‌گونه تضاد منافعی با شـخص، شرکت یا سازمانی برای این پژوهش ندارند.

منابع مورد استفاده

1. Abdolsalam, A., Ibrahim, A.A.H., ElGarhi, A.H., 1994. Comparative of application or foliar spray or seed coating to maize on a sand soil. Annals of Agricultural Scince Moshthor. 32: 660–673.
2. Afshani, S., Amirnia, R., Hadi, H., 2015. Investigating the effect of iron and zinc foliar application on the yield and yield components of fall rapeseed (Brassica napus L.) under low irrigation conditions. Iranian Jornal of Field Crops Research, 13(1), 43–52. (In Persian with English abstract).
3. APHA, 1992. Standard methods for the Examination of water and wast water. 18th.Edition; APHA; AWWA.
4. Astolfi, S., Zuchi, S., Hubberten, H.M., Pinton, R., Hoefgen, R., 2010. Supply of sulphur to S-deficient young barley seedlings restores their capability to cope with iron shortage. Journal of Experimental Botany. 61: 799–806.
5. Bagheri Dehabadi, M., Moghadam, H., Chaichi, M., Ziloui, N., 2017. Investigation of mycorrhiza and foliar application of iron and zinc on quantitative and qualitative traits of fodder sorghum. To Agro Agriculture, 19 (3): 799–815. (In Persian with English abstract).
6. Bergland, R., Denisa, M.C.W., 1999. Corn production for grain and silage. North Dakota State University Pablishd.
7. Bozorgmehr, J., Nastari Nasrabadi, H., 2014. Effect of planting dates and cultivars on corn forage yield and quality. Applied Field Crops Research, 27(104), 160–164. (In Persian with English abstract).
8. Densley, R.J., Austin, G.M., Williams, I.D, Tsimba, R., Edmeades, G.O., 2006. Maize silage and winter crop options to maximise drymatter and energy for NZ dairy systems. In Proceedings of the New Zealand Grassland Association, 68, 193–197.
9. Ehsanullah F, Tariq A, Randhawa MA, Anjum S A, Nadeem M, 2015. Exploring the role of zinc in maize (Zea Mays L.) through soil and foliar application. Universal Journal of Agricultural Research. 3(3): 69–75.
10. Eivand. H.R., Ismaili, A., Mohammad, M., 2014. On the authorship of Khorramabad. Journal of World Agricultural Sciences. 45, 278–29. (In Persian with English abstract).
11. Fayazi, H., Zeinali, E., sultan, A. Torabi, B., 2022. Lentil genotypes Selection for freezing tolerance by fluorescence chlorophyllEstimating the potential and yield gap of forage maize in Iran based on the Global Yield Gap Atlas Protocol', Iranian Journal of Field Crop Science. 53(3): 233–247. (In Persian with English abstract).
12. Ghaffari Malayeri, M., Akbari, G.A., Mohammadzadeh, A., 2012. Response of Yield and Yield Components of Corn on Soil Use and Foliar Application of Micronutrients. Iranian Journal of Field Crops Research, 10(2): 368–373. (In Persian with English abstract).
13. Ghassemi Golezani. K., Ardalan, N., Raei, Y., Dalil, B., 2022. Improving some physiological and yield parameters of safflower by foliar sprays of Fe and Zn under drought stress. Journal of Plant Physiology and Breeding,12(1): 15–27. doi: 10.22034/jppb.2022.14657.
14. Ghazvineh, S., Yousefi, M., 2012. Study the effect of micronutrient application on yield and yield components of maize. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science. 12 (2): 144–147.
15. Girma. K., Martin. K., Freeman, K., Mosali, J., Teal, R., Raun, W.R, Moges, S., Arnall, D., 2007. Determination of optimum rate and growth stage for foliar applied phosphorus in corn. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 38: 1137–1154.
16. Guderzi, H., Kasraei, P., Zand, B., 2013. The effect of different concentrations of iron and zinc micronutrients on yield and yield components of single cross 260 corn. Agricultural Researches (Environmental Stresses in Plant Sciences). 6(1): 49–61.
17. Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., Nelson, W.L., 2005. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall. 515: 97–141.
18. Javadi, H., 2020. Effect of water stress and foliar application of iron and zinc on yield and yield components of sunflower for second cropping system. Journal of plant ecophysiology, 39(11): 1–11.
19. Junus, M.A., Cox, F.R., 1987. A zinc soil test calibration based upon Mehlich 3 extractable zinc, pH, and cation exchange capacity. Soil Science Society of America Journal, 51(3): 678–683.
20. Karimi, N., Mojaddam, M., Lack, S., Payandeh, K., Shokuhfar, A., 2021. The effect of superabsorbent and iron and zinc foliar application on antioxidant enzyme activity and yield maize (S.C.704) (Zea mays L.) under irrigation regimes. Environmental Stresses in Crop Sciences, 14(2): 387–402(In Persian with English abstract).
21. Karimi, Z., Nasrollah zaseh asl, A., Jalili, F., Valiloo, R., 2012. The effect of barvar-2 phosphae biofertilier and foliar application of micro nutrient on yield and yield components of grain corn (Zea Mays l.). Journal research in crop scinces.

4(15): 33.44. (In Persian with English abstract).
22. Khalafi, A., Mohsenifar, K., Gholami, A., Barzegari, M., 2022. Effect of Foliar Application of Iron and Zinc from Chelate and Sulfate Sources on Growth and Yield of Maize, at Dezful Province of Khuzestan. Journal of Crop Ecophysiology.16 (61):131–46. (In Persian with English abstract)
23. Kumar, D., Patel, K., Ramani, V., Shukla, A., Meena. R.S., 2020. Management of micronutrients in soil for the nutritional security. Nutrient Dynamics for Sustainable Crop Production. Springer. 103–134.
24. Mahalleh JK, Roshdi MO, 2008. Effect of foliar application of micro nutrients on quantitative and qualitative characteristics of 704 silage corn in Khoy. Seed and Plant Journal. 22;24(2):281–93.
25. Malakoti, M.J., Tehrani, M.M., 1999. Effects of micronutriens on the Yield and Quality of Agricultural Products. Tarbiat Modarres University Publications. 22(2): 292–294.
26. Malakouti M J and Sepehr A, 2004. Optimize onushment for oil seeds (effective step to attained oil independence in country). Khaniran press, Tehran. 464 p.
27. Mirzavand. J., Chehrengar, M., Zare, M., 2020. Effect of saline irrigation water and application methods of iron and zinc on yield and quality of corn silage in a calcareous soil. Environmental Stresses in Crop Sciences, 13(3), 953–967. doi: 10.22077/escs.2020.2250.1573.
28. Mortvert, J., Chairman, J., Giordano, P.M., Lindsay, W.L., 1972. Micronutrient in agriculture. J. Soil Sci. Soc. Am. 666 pp.
29. Nabavi Moghadam, R., Saberi, M.H., Sayyari, M.H., 2013. Effect of Soil Application of Iron and Manganese Sulfate on Quantitative and Qualitative Characteristics of Forage Maize Hybrid Single Cross 704. Journal of Crop Improvment, 15:2. 75–86.
30. Nazari, T., Baranimotlgh, M., Dordipour, E., Ghorbani Nasrabadi, R., Sefidgar Shahkolaee, S., 2020. Comparison of soil, foliar and fertigation application of humic acid on growth parameters and availability of iron and phosphorous of canola. Journal of Agricultural Engineering Soil Science and Agricultural Mechanization, (Scientific Journal of Agriculture), 42(4), 1–14.
31. Palash, M., Bafkar, A., Farhadi Bansouleh. B., Ghobadi, M., 2021. Effects of deficit irrigation on, quantity, quality characteristics and water productivity in grain maize (KSC 706) in Kermanshah. Advanced Technologies in Water Efficiency. 1(1): 68–88. (In Persian with English abstract).
32. Payero, J., Tarkalson, D., Irmak, S., Davison, D., Petersen, J., 2009. Effect of timing of a deficit-irrigation allocation on corn evapotranspiration, yield, and water use efficiency and dry mass. Agricultural Water Management. 96: 1387–1397.
33. Potarzycki, J., Grzebisz, W., 2009. Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding components. Plant Soil Environment. 55(12): 519–527.
34. Rajaie, M., Ziaeyan, A.H., 2009. Combined effect of zinc and boron on yield and nutrients acumulation in corn. International Journal of Plant Production. 3(3): 35–440.
35. Rasai Far, M., Moradi Aghdam, A., Haji Hosni Asl, N., Hosseini, N., 2019. The effect of iron, zinc, manganese and copper foliar application on grain sorghum yield and yield components. Agricultural Researches (Environmental Stresses in Plant Sciences), 2(4): 341–353.
36. Shakarami, G., Rafiee, M., 2009. Response of Corn (Zea mays L.) to planting pattern and density in Iran. American-Eurasian J. of Agric. Environ. Sci. 5(1): 69–73
37. Soleimani, A., Firouzi Bersiani, M., Shahrajabian, M.H., Naranjani, L., 2010. Investigating the effect of foliar absorption of microelements on the growth and yield of fodder corn. The fifth national conference of new ideas in agriculture.
38. Taher, M., Roshdi, M., Khalili, J., Kharazmi, K., Hajihasani, N., 2008. Effect of different methods of application of micronutrients on yield and yield components of maize in Khoy city. Journal of Research in Crop Sciences. 1: 72–84. (In Persian with English abstract).
39. Thalooth, A.T., Tawfik, M.M., Mohamed, H.M., 2006. A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plants grown under water stress conditions. World Journal of Agricultural Sciences. 2(1):37–46.
40. Varnaseri Ghandali, V., Nasiri Dehsorkhi, A., 2017 Investigation of foliar application of Zinc and Iron elements in nano form on growth and yield of cowpea under water deficit stress, 4(1): 109–136.
41. Whitty E N and Chambliss CG, 2005. Fertilization of Field and Forage Crops. Nevada State University Publication. 240 p.
42. Yari, M., Shams, K., 2018. Evaluate the effect of bio-fertilizers and micronutrients on yield and yield components of maize (Zea mays L). Iranian Plant and Biotechnology Quarterly, 13(4): 31–42. (In Persian with English abstract)
43. Yassen, A., Abou El-Nour, E.A, Shedeed, S., 2010. Response of Wheat to foliar spray with urea and Micronutrients. Journal of American Science. 6: 14–22.

44. Yousefi, Z., Sharifi. P., Rabiee, M., 2023. Effect of Foliar Application of Zinc and Iron on Seed Yield and Yield Components of Common Bean (Phaseolus vulgaris). Journal of Agricultural Science, 45(1), 154–162.
45. Yousefpour, A., Farajzadeh Memari Tabrizi, E., 2018. Evaluation of Micronutrient Application at Different Growth Stages on Yield and Yield Components and Grain Quality of Sweet Corn. Journal of Crop Ecophysiology, 12(46(2)), 287–302.
46. Zaman, Q., Schumann, A. W. 2006. Nutrient management zones for citrus based on variation in soil properties and tree performance. Precision Agriculture, 7, 45–63.
47. Zare, K., Vazin, F., Hassanzadeh delouei, M., 2013. Effects of potassium and iron on yield of corn (Zea mays L.) in drought stress. Cercetări Agronomice în Moldova. 8: 45–57.

نسخه پیش از انتشار