Research Article

Agricultural Engin., 44(4) (2022) 367-379
DOI: 10.22055/agen.2022.39694.1625

ISSN (P): 2588-526X
ISSN (E): 2588-5944

Evaluating the effect of iron and zinc micronutrient on wheat quantitative and qualitative yield under salinity stress in Khuzestan climate

A.R. Jafarnejhadi[1], F. Meskini-Vishkaee[2*], M. Hadi Mousavi-Fazl [3], Gh. Lotfali Ayeneh[4] and L. Behbahani [5]

1. Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran. arjafarnejady@gmail.com
2. Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.
3. Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran
4. Seed and Plant Improvement Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran
5. Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

Received: 8 January 2022 Accepted: 8 February 2022

Abstract

Introduction: In Iran, salinity is a pervasive and limiting Factor of agricultural sustainable production. Plants in saline conditions are exposed to limited absorption of nutrients, water and toxicity of some elements and subsequently, their yield will be affected by salinity. Moreover, being calcareous, the salinity of soil and irrigation water, low organic matter in the country's arable soils, and excessive consumption of phosphate fertilizers cause a lack of available nutrients for the plant uptake. As regards more than three billion people in the world suffer from a lack of micro nutrients, the bio-enrichment in strategic products such as wheat is necessary**.**

Materials and Methods: This study was carried out in Khuzestan province in a calcareous and saline soil with silty clay texture under wheat cultivation as a factorial experiment in a randomized complete blocks design with three replications. Factors included four levels of zinc (zero, 30, 60 and 120 kilograms per hectare of zinc sulfate) and the four levels of iron (zero, 2.5, 5, 7.5 kilograms per hectare of Fe- EDDHA). Zinc fertilizer treatments were used as application in soil and simultaneously with basic fertilizers (phosphorus and potassium fertilizers). While, iron fertilizer treatments were applied as irrigation fertilizer during wheat tillering stage. At the end of the growth season, wheat yield components (1000-seed weight, number of grains per spike, biomass weight, grain yield, number of tillers per square meter) and quality characteristics including hectoliters, seedling number, protein percentage, grain hardness and moisture content in different treatments were determined. MSTAT-C statistical software and Duncan's multiple range test were used to compare the means of the studied treatments.

© 2021 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Results and Discussion: The results showed that the interactions of zinc and iron on 1000-grain weight, number of grains per panicle and number of tillers and simple effects of zinc on total yield were significant ($p< 0.01$). The highest wheat grain yield was obtained in the treatment of 120 kilograms per hectare of Zn and 2.5 kilograms per hectare of iron and was equal to 6723 kilograms per hectare. The results showed that increasing one element alone had a negative effect on the number of plants per square meter. So that the lowest number of tillers per square meter (489 tillers per square meter) was observed when 60 kilograms per hectare of zinc fertilizer was consumed without iron fertilizer application. In other words, the imbalance in the amount of nutrients caused a significant reduction in the number of plants per square meter. Although the role of iron in yield and yield components of wheat in saline conditions was less than the element zinc, but the combined use of zinc and iron in a certain ratio had a positive effect on the yield components of wheat. Despite the less effect of iron application than zinc on wheat yield and yield components in saline conditions, the combined application of zinc and iron in a certain ratio had a positive effect on the wheat yield components. Combined and separate application of iron and zinc had no significant effect on wheat grain quality indicators including hectoliters, hardness and moisture. While the application of the most value of zinc caused a significant decrease in the wheat grain zeleny index. Higher levels of zinc fertilizer reduced the zeleny number of wheat grain, but the results showed that iron fertilizer levels followed the opposite trend rather than the element zinc. The least protein content (12.8%) was obtained in the treatment of 120 kg zinc fertilizer per hectare, which showed a statistically significant difference with the control treatment. Based on economic analysis, the application of 30 kg of zinc fertilizer per hectare, 2.5 kg of iron fertilizer per hectare and the combined application of both zinc and iron fertilizers resulted in a benefit-to-cost ratio of 2.3, 3.1 and 2, respectively.

Conclusion: Based on the economic analysis of treatments, their effect on qualitative and quantitative yield of wheat and the role of these micronutrients in human health, application of 30 kg ha^{-1} Zn fertilizer (as application in soil) and 2.5 kg ha^{-1} Fe fertilizer (as Irrigation fertilizer) in the wheat tillering stage was suggested in saline soil and climate conditions of khuzestan province.

Key words: Environmental stresses community health, sustainable agriculture, balanced, consumption of fertilizers

مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی) جلد ۴۴ شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

ارزیابی اثر عناصر کم‌مصرف آهن و روی بر عملکرد کمی و کیفی گندم تحت تنش شوری در اقلیم خوزستان

علیرضا جعفرنژادی[۱]، فاطمه مسکینی ویشکایی[۲*]، محمد هادی موسوی فضل[۳]، غلامعباس لطفعلی آینه[۴] و لیلا بهبهانی[۵]

۱- بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۲- بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۳- بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۴- بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۵- بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی(AREEO)، اهواز، ایران

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۱۸

پذیرش نهایی: ۱۴۰/۱۱/۱۹

کلمات کلیدی:

تنش‌های محیطی،

سلامت جامعه،

کشاورزی پایدار،

مصرف متعادل کودها

* عهده دار مکاتبات

Email: fatemeh.meskini@yahoo.com

چکیده

شوری و آهکی بودن خاک و آب آبیاری و پایین بودن موادآلی در خاک‌های زراعی کشور موجب کمبود عناصر غذایی قابل جذب گیاه می‌گردد. این مطالعه در شهرستان اهواز در یک خاک آهکی و شور با بافت رسی سیلتی تحت کشت گندم به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۶ تیمار کودی در سه تکرار و مجموع ۴۸ نمونه در دو سال متوالی (۱۳۹۷-۱۳۹۶ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷) اجرا شد. تیمارها شامل فاکتور اول چهار سطح عنصر روی شامل صفر، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار و فاکتور دوم شامل چهار سطح آهن به صورت ۰، ۲/۵، ۵، ۷/۵ کیلوگرم سکوسترین آهن بودند. نتایج نشان داد، اثرات متقابل روی و آهن بر میزان وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه، تعداد پنجه و اثرات ساده روی بر عملکرد کل معنی‌دار بودند ($p < ۰/۰۱$). با وجود تاثیر کمتر کاربرد آهن نسبت به روی بر عملکرد و اجزا عملکرد گندم در شرایط شور، کاربرد توام عنصر روی و آهن در نسبت مشخص بر اجزای عملکرد گندم تاثیر مثبتی داشت. اثرات متقابل و ساده کاربرد عناصر آهن و روی بر شاخص‌های کیفی دانه گندم شامل هکتولیتر، پروتئین، سختی و رطوبت معنی‌داری نبود ($p < ۰/۰۵$). اما، کاربرد بیش از ۶۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی موجب کاهشی معنی‌دار (۰/۱۳) در شاخص زلنی دانه گندم گردید.

براساس تحلیل اقتصادی تیمارها، تاثیر آن‌ها بر عملکرد کیفی و کمی گندم و نقش این عناصر کم‌مصرف در سلامت انسان، کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود روی (خاک کاربرد) و ۲/۵ کیلوگرم در هکتار کود آهن (کودآبیاری) در مرحله پنجه‌زنی برای کشت گندم در خاک‌های شور استان خوزستان پیشنهاد گردید.

مقدمه

در ایران، شوری یک مسئله فراگیر و محدودکننده تولید کشاورزی پایدار است، به‌طوری‌که قسمت‌های زیادی از مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور، به‌ویژه فلات مرکزی، دشت‌های ساحلی جنوب و دشت خوزستان، مبتلا به سطوح مختلف شوری هستند (۱۸). در کشور ایران، حدود ۷/۳ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی دارای مشکلات شوری هستند. گیاهان در شرایط شور با محدودیت جذب عناصر غذایی، آب و سمیت برخی عناصر قرار گرفته و عملکرد آنها متاثر از شوری خواهد بود. علاوه بر این، ایران در کمربند کمبود عنصر روی در جهان واقع شده است (۱۰). این کمبود به دلایل متعددی از جمله آهکی بودن، شوری خاک و آب آبیاری، پایین بودن موادآلی در خاک‌های زراعی، بی‌کربناته بودن آب‌های آبیاری، چیرگی تنش خشکی، زیاده‌روی در مصرف کودهای فسفاتی و عدم رواج مصرف کودهای ریزمغذی به‌ویژه کودهای محتوی روی و آهن می‌باشد (۶). بلالی و همکاران[1] (۸) با انجام آزمایش در ۷۰۰ مزرعه طی دوسال گزارش نمودند که ۳۷ درصد خاک‌های ایران دچار کمبود آهن، ۴۰ درصد دچار کمبود روی و ۲۵ درصد دچار کمبود منگنز می‌باشند. عنصر آهن در متابولیسم گیاه به ویژه در سنتز کلروفیل، در ساختار آنزیم‌هایی از قبیل کاتالاز، پراکسیداز و فلاوپروتئین‌ها نقش کلیدی ایفا می‌کند. کمبود عنصر روی هم به عنوان پنجمین عامل بیماری و مرگ در کشورهای در حال توسعه محسوب می‌شود (۱۶). بیشتر از ۲۰ درصد مرگ و میر کودکان زیر پنج سال در دنیا به کمبود آهن و روی نسبت داده می‌شود (۲۸).

گندم، ذرت و برنج ۹۰ درصد از جیره غذایی و ۶۰ تا ۷۰ درصد ازکالری مصرفی مردم جهان را تأمین می‌کند، بنابراین با توجه به اینکه بیش از سه میلیارد نفر در دنیا از کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف رنج می‌برند، بنابراین نیاز به غنی‌سازی زیستی در گیاه مهمی همچون گندم ایجاب می‌کند تا هرگونه راهکاری برای بهینه کردن تولید و کیفیت این محصول مورد ارزیابی قرار گیرد (۱۶). یک راهبرد مهم برای افزایش غلظت عناصر کم‌مصرف در دانه غلات، مصرف این عناصر به‌صورت کود است.

شیری (۲۶) تاثیر عناصر کم‌مصرف را بر عملکرد و ویژگی‌های مورفولوژیکی چند رقم مختلف گندم نان در شرایط کشت دیم ارزیابی نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که ارقام مختلف گندم، واکنش متفاوتی نسبت به محلول‌پاشی آهن، روی و تیمار ترکیبی آهن و روی نشان دادند. اما، در بیشتر رقم‌های مورد مطالعه، کاربرد عناصر کم‌مصرف موجب بهبود ویژگی‌های مورفولوژیکی و عملکرد دانه گندم گردید. عباسی و همکاران[2] (۲) تاثیر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف آهن و روی بر صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه دو رقم گندم نان (چمران و کوهدشت) را در منطقه زرین آباد بررسی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گندم رقم چمران گردید (۱۵ تا ۲۷ درصد)، در حالی‌که تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه گندم رقم کوهدشت

1- Belali *et al.*

2- Abbasi *et al.*

نداشت. نریمانی و همکاران[1] (۲۰) نیز به منظور بهبود عملکرد گندم در شرایط تنش شوری، استفاده از سولفات روی و محلول پاشی نانواکسید روی را مؤثر دانستند. پورجمشید و همکاران[2] (۲۲) و پورجمشید (۲۱) اثر محلول-پاشی عناصر کم‌مصرف بر صفات مرفولوژیک و زراعی گندم رقم چمران تحت رژیم‌های مختلف آبیاری را بررسی نمودند. نتایج این پژوهش‌ها نشان داد که کاربرد مجزا و ترکیبی محلول‌پاشی عناصر آهن، روی، منگنز در مراحل مختلف رشد گندم به طور متوسط موجب افزایش ۱۵، ۷، ۹ و ۳۲ درصد به‌ترتیب در طول پدانکل، طول سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم رقم چمران در منطقه رامهرمز شد.

استان خوزستان با دارا بودن بیش از ۴۰۰ هزار هکتار سطح زیر کشت گندم آبی با میانگین عملکرد چهار تن هکتار نقش بسزایی در تولید گندم در کشور دارد (۳). براساس نتایج پژوهش‌های موجود، بیشتر خاک‌های استان دارای مسائل و مشکلاتی نظیر شوری بالا، آهک زیاد و عدم تعادل تغذیه‌ای و حدود ۵۰ درصد خاک‌های استان دارای فقر عناصر آهن و روی هستند (۸). آهکی بودن خاک ؛ کمبود ماده آلی و کشت متناوب اراضی سبب تشدید کمبود عناصر کم مصرف در خاک‌های زیر کشت غلات می‌گردد (۱۶). بنابراین این پژوهش، با هدف بررسی کاربرد عناصر کم‌مصرف آهن و روی بر ویژگی‌های کمی و کیفی عملکرد گندم در شرایط خاک شور و اقلیم استان خوزستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در استان خوزستان در ایستگاه تحقیقاتی گلستان شهرستان اهواز (مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان) با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی با متوسط بارندگی سالیانه، ۲۲۴/۷ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت نیز ۲۲ درجه سانتیگراد از سال ۱۳۹۶ و به مدت دو سال زراعی اجرا گردید. خاک محل آزمایش شور و در سری خاک اهواز، فامیل Fine,carbonatic, hayperthermic, typic, Torriorthents قرار داشت. ابتدا برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی وشیمیایی خاک، از محل اجرای آزمایش یک نمونه مرکب خاک از عمق صفر الی ۳۰ سانتیمتری جمع‌آوری شد که نتایج آن در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. مقادیر کودهای شیمیایی نیتروژنی، فسفری و پتاسیمی بر اساس آزمون خاک و بر اساس نتایج آزمون خاک و روش‌های استاندارد موسسه تحقیقات خاک و آب تعیین گردید. براین اساس، ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل و ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم در نظر گرفته شد. کودهای سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به صورت خاک کاربرد و نواری در زمان کشت استفاده شدند، اما کود اوره در سه قسط در آبیاری دوم، مرحله تکمیل پنجه و سنبله رفتن گندم مصرف شد. این مطالعه، به‌صورت فاکتوریل ۴×۴ (فاکتور اول چهار سطح عنصر روی شامل صفر ، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی (حاوی ۲۴ درصد روی) و فاکتور دوم شامل چهار سطح آهن به صورت ۰، ۲/۵، ۵، ۷/۵ کیلوگرم در هکتار سکوسترین آهن[3] (حاوی ۶ درصد آهن) و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در مجموع ۴۸ کرت اجراء شد. تیمارهای کودی عنصر روی به صورت خاک کاربرد و همزمان با مصرف کودهای فسفری و پتاسیمی اعمال و تیمارهای کودی آهن در زمان پنجه‌زنی به صورت کودآبیاری استفاده شدند. ابعاد کرت‌ها ۱۲ متر مربع و با فاصله حدود یک و نیم متر در نظر گرفته شد و رقم گندم برات کشت شده و سایر توصیه‌های فنی نظیر: تاریخ کشت، تراکم و مبارزه با آفات و بیماری‌ها بر اساس توصیه بخش اصلاح و تهیه نهال و بذر (تاریخ کاشت ۲۰ آبان هرسال) انجام شدند. کلیه کودهای شیمیایی فسفره،

1- Narimani *et al.*
2- Pourjamshid *et al.*
3- Fe-(EDDHA)

پتاسیمه همزمان با کشت و کود اوره به شکل سرک (در سه تقسیط ۳۰ درصد همزمان آب دوم، ۴۰ درصد در زمان تکمیل پنجه‌زنی و ۳۰ درصد تکمیل ساقه‌روی) بر اساس توصیه‌های موسسه خاک و آب مصرف شدند (۱۹). در پایان فصل رشد، میزان عملکرد و اجزاء عملکرد (وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه، وزن زی‌توده و عملکرد دانه) و ویژگی-های کیفی شامل هکتولیتر (بذرهای هر واحد آزمایشی را در داخل استوانه مدرج یک لیتری ریخته و پس از توزین، وزن آنها بر حسب کیلوگرم در هکتولیتر بیان می‌شود)، عدد زلنی (شاخصی از کیفیت پروتئین دانه گندم و کیفیت نانوایی آردهای حاصله است که منعکس‌کننده توانایی جذب آب توسط گلوتن دانه گندم است) (۱)، درصد پروتئین (۲۹)، درصد سختی دانه (استفاده از دستگاه اینفراماتیک ۸۱۰۰) و میزان رطوبت در تیمارهای مختلف تعیین و با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C و مقایسه میانگین تیمارهای مورد مطالعه با آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

نتیجه تجزیه خاک و آب در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است. بافت خاک مورد مطالعه، رس سیلتی (دارای رس، سیلت و شن به ترتیب ۴۶، ۴۶ و ۸ درصد) بود. شوری خاک مورد مطالعه (۸ دسی زیمنس در متر) بیشتر از حد آستانه تحمل گندم به شوری (۶ دسی زیمنس در متر) بود (جدول ۱).

نتایج تجزیه واریانس مرکب دوساله کاربرد تیمارهای مورد مطالعه بر عملکرد و اجزای آن در گندم در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل روی و آهن بر میزان وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه و تعداد پنجه در مترمربع و اثرات ساده روی بر عملکرد کل در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار بودند.

عملکرد دانه گندم

نتایج نشان داد که اثرات ساده کاربرد روی بر عملکرد دانه گندم در شرایط شور تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشت. به‌طوری که بیشترین میزان عملکرد در تیمارهای ۶۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار به میزان ۶۱۷۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که با تیمارهای ۳۰ و ۱۲۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار اختلاف معنی‌داری نداشت اما نسبت به تیمار شاهد، افزایش معنی‌دار عملکرد دانه (۷۷۶ کیلوگرم در هکتار) در این تیمار مشاهده شد (جدول ۴). بابایی و همکاران[1] (۵) نیز گزارش نمودند که در شرایط تنش شوری، کاربرد کود روی با افزایش محتوای کلروفیل a و b، کلروفیل کل و بهبود وضعیت فتوسنتزی گندم موجب افزایش عملکرد دانه گندم شد.

نتایج حاکی از عدم وجود تفاوت معنی‌دار ناشی از کاربرد مقادیر مختلف آهن بر عملکرد دانه گندم در شرایط شور بود. بای‌بوردی و ملکوتی (۷) گزارش کردند که نقش آهن در عملکرد و اجزا عملکرد گندم در شرایط شور نسبت به عنصر روی کمتر می‌باشد. نتایج مطالعه این پژوهشگران نشان داد که کاهش جذب روی در خاک‌های شور به دلیل کاهش تحرک این عنصر در خاک و در نتیجه کاهش انتشار این عنصر در اطراف ریشه است.

مقایسه میانگین دو ساله اثرات متقابل کاربرد توام عناصر روی و آهن بر عملکرد دانه گندم نشان داد، بین میانگین تیمارهای مختلف از نظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد وجود داشت (جدول ۵). بررسی اثرات متقابل دو فاکتور روی و آهن بر عملکرد دانه در شرایط شور نشان داد بیشترین عملکرد دانه در تیمار روی ۱۲۰ و آهن ۲/۵ کیلوگرم در هکتار به میزان ۶۷۲۷ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. نتایج نشان داد که در تمام سطوح روی مورد مطالعه کاربرد آهن ۲/۵ کیلوگرم در هکتار از افزایش قابل توجهی نسبت به سایر سطوح آهن برخوردار بود. کاربرد توام عنصر روی و آهن در نسبت مشخص بر میزان عملکرد دانه گندم تاثیر مثبتی داشت، به‌طوری که در تمام سطوح عنصر روی با افزایش میزان آهن، عملکرد دانه نیز افزایش یافت.

1- Babaei *et al.*

جدول (۱) ویژگی‌های شیمیایی خاک مورد مطالعه

Table (1) Chemical properties of the studied soil

روی Zn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	آهک T.N.V	کربن آلی Organic carbon	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity	عمق Depth
(mg kg^{-1})				(%)	(%)		(dS m^{-1})	(cm)
0.95	8	244	6.9	45	0.57	7.6	8.8	0-30

جدول(۲) ویژگی‌های شیمیایی آب مورد استفاده

Table (2) chemical properties of used water

منیزیم Mg	کلسیم Ca	سدیم Na	کلر Cl	روی Zn	آهن Fe	منگنز Mn	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity
(me L^{-1})				(µg L^{-1})		(mg L^{-1})		(dS m^{-1})
4	13	18	19	49.3	20	0.21	7.1	3.5

جدول(۳) تجزیه واریانس مرکب اثرات تیمارهای آهن و روی بر عملکرد گندم در شرایط شور

Table (2) Composite analysis of variance for the zinc and iron treatments effects on wheat yield under saline condition

تعداد پنجه در مترمربع Number of tillers per square meter	تعداد دانه در خوشه Number of grains per spike	وزن هزار دانه 1000 grain weight	عملکرد کل Total yield	عملکرد دانه Grain yield	درجه آزادی Degree of freedom	منبع تغییرات Variation source
151845.0	4374.5	787.5	349186959	6327757.5	1	سال year
12383.5 ^{ns}	20.4	1.1 ^{ns}	22114414.5	582042.5	4	تکرار × سال Year × replication
3706.7 *	6.19 ^{ns}	13.45 ^{ns}	26468026.5 **	2488645.5 ^{ns}	3	روی Zn
4550.1 ^{ns}	57.9	8.04 ^{ns}	15864553.8	471614.8	3	سال × روی Zn × year
5411.2 **	35.7 ^{ns}	18.54 *	2940775.5 ^{ns}	1612384.7 ^{ns}	3	آهن Fe
7234.8 ^{ns}	54.3	11.12	4433442.5	118355.5	3	سال × آهن Fe ×year
4829.2 **	73.9 **	10.4 *	5972277.9 ^{ns}	977141.2 *	9	روی × آهن Fe × Zn
142365.2	28.9	7.2	17959203.8	3098289.5	9	سال × روی × آهن Fe × Zn × year
1246.4 **	28.3	5.02	5369994.5	1360930.4	60	خطا Error
6.8	14.8	5.63	17	19.19		ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول(٤) مقایسه میانگین دوساله اثرات ساده تیمارهای روی و آهن بر برخی ویژگی‌های عملکرد گندم در خاک شور

Table (4) Comparison of biennial mean of simple effects of zinc and iron treatments on some yield characteristics of wheat

تعداد پنجه در مترمربع tillers per square meter	تعداد دانه در خوشه Number of grains per spike	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	عملکرد کل Total yield (kg ha^{-1})	عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})	تیمار treatment
508.7 b	36.7 a	39.2 b	12960 b	5593.7 b	روی ۰ Zn 0
517.1 ab	35.5 a	39.7 ab	12380 b	5937.3 a	روی ۳۰ Zn 30
525.3 a	35.9 a	40.9 a	14500 a	6370 a	روی ۶۰ Zn 60
537.4 a	35.9 a	39.5 b	14390 a	6318.3 a	روی ۱۲۰ Zn 120
504.2 b	36.8 a	38.7 b	13060 a	5778 a	آهن ۰ Fe 0
520.7 ab	37.2 a	39.5 ab	13870 a	6104.3 a	آهن ۲/۵ Fe 2.5
539.8 a	34.8 a	40.4 a	13640 a	6016.3 a	آهن ۵ Fe 5
514.1 b	35.1 a	40.6 a	13660 a	6121 a	آهن ۷/۵ Fe 7.5

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.05) نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05)

جدول(٥) مقایسه میانگین دوساله اثرات متقابل تیمارهای مورد مطالعه بر برخی ویژگی‌های عملکرد گندم

Table (5) Comparison of biennial mean of interactions effects of studied treatments on some yield characteristics of wheat

تعداد پنجه در مترمربع tillers per square meter	دانه در خوشه Grain per spike	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	عملکرد کل Total yield (kg ha^{-1})	عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})	تیمار آهن Fe	تیمار روی Zn
509.7 cd	38.5 abc	36.2 c	13480 abc	5450.7 ab	0	0
530.7 bcd	36.7 abc	40.3 ab	14070.6 ab	6258.3 ab	2.5	
484.4 de	36.8 abc	39.7 b	11720.3 bc	4945.0 b	5	
509.4 cd	34.8 abc	40.7 ab	12590 abc	5620.3 ab	7.5	
509.4 cd	35.3 abc	40.3 ab	10880.6 c	5493.3 ab	0	30
509.4 cd	41.0 ab	39.0 bc	12340 abc	6070.0 ab	2.5	
530.4 bcd	32.3 c	39.7 b	12780 abc	6043.3 ab	5	
524.7 bcd	33.3 c	39.8 b	13520 abc	6142.3 ab	7.5	
459.0 e	42.0 a	39.8 b	14770 ab	6185.0 ab	0	60
525.5 bcd	33.8 bc	39.3 b	14780 ab	6560.3 ab	2.5	
567.2 ab	33.3 c	43.2 a	14570 ab	6467.3 ab	5	
509.7 cd	34.3 bc	41.3 ab	13870 ab	6270.3 ab	7.5	
538.8 abc	31.5 c	38.3 bc	13090 abc	5485.3 ab	0	120
520.5 bcd	37.5 abc	39.5 b	14300 ab	6727.3 a	2.5	
577.5 a	36.8 abc	39.2 b	15480 a	6610.3 a	5	
513.5 cd	37.8 abc	40.8 ab	14690 ab	6452.3 ab	7.5	

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.05) نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05)

عملکرد کل گندم (وزن زی‌توده)

نتایج نشان داد اثرات ساده کاربرد روی بر عملکرد کل گندم در شرایط شور تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد داشت (جدول ۴). به‌طوری که بیشترین میزان عملکرد در تیمارهای ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم روی در هکتار به ترتیب به میزان ۱۴۵۰۰ و ۱۴۳۹۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. نتایج نشان داد تا سطح ۳۰ کیلوگرم روی در هکتار تفاوت معنی‌داری بین عملکرد شاهد و مصرف روی وجود نداشت ولی در سطوح بالاتر روی، عملکرد کل افزایش معنی‌داری را نشان داد (جدول ۴). گادالا و رامادان[1] (۱۳) با بررسی اثرات شوری بر رشد گندم عنوان کردند که در شرایط شور و کمبود روی ساختار ریشه، ساقه و برگ‌ها تغییر نموده و حتی قطر آوندها کوچک‌تر می شود، این موضوع با کاربرد عنصر روی بیشتر اصلاح و رشد ریشه بهبود و در نتیجه عملکرد افزایش یافت. همچنین کاربرد روی در شرایط شور سبب کاهش اثرات منفی یون‌های سدیم و کلر شده و در نتیجه رشد و توسعه سلولی را افزایش می‌دهد (۱۱). باید توجه داشت که عنصر روی به‌عنوان کوفاکتور در بسیاری از واکنش‌های آنزیمی در مسیرهای سوخت و ساز نقش مهمی را ایفا نموده و این تاثیرات در عملکرد مرتبط به این‌گونه فعل انفعالات می‌باشد. سیدشریفی و نامور (۲۵) پیشنهاد کردند که روی می‌تواند با گونه‌های فعال اکسیژن تولید شده توسط NADPH اکسیداز متصل به غشاء ترکیب شود و یک نقش محافظتی آنتی اکسیدانی برعلیه اکسیداسیون چندین نوع ترکیب حیاتی در سلول مانند کلروفیل، لیپیدهای غشاء و پروتئین‌ها ایفا کند و با افزایش یکپارچگی غشاء مانع خروج یون پتاسیم از سلول‌های محافظ روزنه شده و به افزایش هدایت روزنه‌ای در شرایط شوری کمک کند.

بررسی اثرات ساده تیمارهای آهن بر عملکرد کل گندم نشان داد که بین میانگین تیمارهای مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴).

مطالعه اثرات متقابل تیمارهای مورد مطالعه بر عملکرد کل گندم در شرایط شور نشان داد که در هر سطح عنصر روی با افزایش مقدار کود آهن روند افزایشی و سپس کاهشی حاصل گردید (جدول ۵). به‌طوری‌که در هر سطح عنصر روی تا میزان ۲/۵ کیلوگرم کودآهن در هکتار عملکرد کل افزایش و سپس از روند کاهشی تا سطح کاربرد ۷/۵ کیلوگرم کودآهن در هکتار پیروی نمود. به نظر می‌رسد افزایش سطح کود آهن بیشتر از ۲/۵ کیلوگرم در شرایط شور باعث ایجاد اثرات منفی در گیاه گردیده است. به طورکلی بررسی نتایج اثرات متقابل نشان داد روند عملکرد کل در سطح اول و دوم روی نسبت به سطوح سوم و چهارم در مقادیر مختلف کود آهن از مقادیر کمتری برخوردار است.

وزن هزار دانه

این خصوصیت یکی از ویژگی‌های مهم در تعیین عملکرد دانه می‌باشد. بررسی نتایج اثرات مصرف روی در سطوح مختلف نشان داد اختلاف معنی‌داری بین میانگین شاخص وزن هزار دانه‌ی تیمارهای مختلف در سطح ۵ درصد وجود داشت (جدول ۴). نتایج نشان داد با افزایش مصرف روی تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار میزان وزن هزار دانه گندم در شرایط شور روندی افزایشی داشت (وزن هزار دانه برابر با ۴۰/۹ گرم). نتایج نشان داد که با افزایش مقدار کود روی از ۶۰ به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، مقدار وزن هزار دانه روندی کاهشی داشته و حدود ۱/۴ گرم نسبت به تیمار ۶۰ کیلوگرم کود روی در هکتار کاهش یافت. اسماعیل زاده و همکاران[2] (۱۲) بیان نمودند که تنش شوری رنگدانه‌های فتوسنتزی و سیستم محافظتی وابسته به برخی رنگدانه‌ها مانند فلاونوئیدها را متأثر

1- Gadallah and Ramadan

2- Esmaeilzadeh *et al.*

ساخته و در نهایت با کاهش آسمیلات‌های درون سلولی، به کاهش وزن هزار دانه منجر می‌شود. افزایش وزن هزار دانه با کاربرد روی تحت شرایط تنش گزارش شده است که این افزایش را به افزایش فرایندهای فتوسنتزی، تجمع کربوهیدرات و کاهش اثرات تنش نسبت دادند (۲۷).

اثرات ساده کاربرد سطوح مختلف کود آهن بر میانگین وزن هزار دانه در شرایط شور نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان داد. با افزایش کود آهن وزن هزار دانه از روندی افزایشی پیروی نمود به‌طوری‌که بیشترین میزان وزن هزار دانه در تیمار ۷/۵ کیلوگرم کودآهن در هکتار به میزان ۴۰/۶ گرم بدست آمد (جدول ۴). هرچند نتایج نشان داد کاربرد مقادیر مختلف کود آهن (۲/۵، ۵ یا ۷/۵ کیلوگرم در هکتار) تاثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشت.

اثرات متقابل کاربرد سطوح کود روی و آهن بر میانگین وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۵). بیشترین وزن هزار دانه در تیمار کود روی به میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار و کود آهن ۵ کیلوگرم در هکتار به میزان ۴۳/۲ گرم بدست آمد. کمترین میزان وزن هزار دانه در تیمار بدون مصرف کود روی و آهن (شاهد) به میزان ۳۶/۲ گرم مشاهده شد. بررسی نتایج نشان داد بین بیشترین و کمترین وزن هزار دانه در تیمارهای مختلف حدود شش گرم اختلاف معنی‌دار وجود داشت که مقدار قابل توجهی است، به‌ویژه در شرایط شور که گیاه از نظر میزان عناصر غذایی و شرایط خاک در تنش قرار داشته و از این نظر دچار محدودیت‌های بسیار زیادی می‌باشد، این افزایش در وزن هزاردانه می‌تواند در میزان عملکرد دانه گندم نقش بسزایی داشته باشد. مطالعات نشان داده است که کاربرد عناصر روی و آهن باعث افزایش میزان هیدرات‌های کربن در گیاه شده که در نهایت منجر به افزایش وزن هزار دانه و تعداد دانه در خوشه در گندم می‌شود (۱۵).

تعداد دانه در خوشه

تعداد دانه در خوشه یکی دیگر از اجزا بسیار مهم در میزان عملکرد دانه محسوب می‌شود. در شرایط شور عوامل مختلفی از جمله عدم تعادل عناصر غذایی نقش مهمی در میزان باروری و تلقیح دانه‌های گرده دارند. در بررسی اثرات ساده کاربرد کود روی و آهن بر تعدا دانه در خوشه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). اما بررسی اثرات متقابل این دو عنصر بر میزان تعداد دانه در خوشه در سطح ۵ درصد مبین وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف بود. به‌طوری‌که در حالت عدم مصرف کود روی در سطوح مختلف کود آهن تفاوتی بین تیمارها وجود نداشت ولی با افزایش مقدار کود روی تعداد دانه در خوشه در سطوح مختلف کود آهن با تغییرات قابل توجه همراه بوده و باعث ایجاد روند افزایشی و بهبود تعداد دانه در خوشه در شرایط شور گردیده است (جدول ۵).

تعداد بوته در متر مربع

وجود نمک در خاک و ایجاد شوری منجر به افزایش غلظت نمک در آب خاک شده و درنتیجه تاثیر قابل توجهی بر میزان سبز شدن بذور خواهد داشت (۲۴). نتایج اثرات ساده کاربرد کود روی در شرایط شور بر تعداد بوته بر متر مربع اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشت (جدول ۴). به‌طوری که افزایش میزان کود روی از سطح صفر تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش معنی‌دار شاخص تعداد بوته در متر مربع شد. بیشترین تعداد بوته در متر مربع در تیمارهای ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم کود روی در هکتار به ترتیب تعداد ۵۲۵ و ۵۳۸ بوته در متر مربع اندازه‌گیری شد که حدود ۱۷ و ۲۹ بوته در متر مربع بیشتر نسبت به شاهد در شرایط شور بود.

بررسی اثرات متقابل کاربرد سطوح کود روی و آهن در شرایط شور بر تعداد بوته در متر مربع مؤید وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف بود (جدول ۵). نتایج نشان داد افزایش یک عنصر به تنهایی، بر تعداد بوته در متر مربع اثر منفی داشت به طوری‌که با کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود روی و بدون مصرف کود آهن،

کمترین تعداد بوته در مترمربع به میزان ۴۸۹ مشاهده شد. به عبارت بهتر عدم تعادل در میزان عناصر غذایی سبب کاهش قابل‌توجهی در شاخص تعداد بوته در متر مربع گردید (جدول ۵).

نتایج خصوصیات کیفی عملکرد دانه گندم

تجزیه واریانس اثرات متقابل تیمارهای کودی بر شاخص‌های کیفی دانه گندم حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف بود (نتایج ارائه نشده است)، از این رو تنها مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارهای کودی روی و آهن بر برخی خصوصیات کیفی دانه گندم شامل هکتولیتر، پروتئین، شاخص زلنی، حجم نان، سختی دانه و درصد جذب آب در جدول ۶ ارائه شده است.

با افزایش میزان روی خصوصیت هکتولیتر دانه گندم دارای روندی افزایشی بود، اما اختلاف بین تیمارهای مختلف معنی‌دار نبود (جدول ۶). درصد پروتئین و شاخص سختی بذر تاثیر مستقیمی بر خواص نانوایی گندم دارد. نتایج نشان داد که اثرات ساده کاربرد کود روی و آهن بر خصوصیت پروتئین دانه گندم موجب اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف شد کمترین میزان پروتئین (۱۲/۸ درصد) در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم کود روی در هکتار بدست آمد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان داد. اما بین تیمارهای شاهد و سایر سطوح کود روی تفاوتی از نظر آماری مشاهده نشد. این موضوع بیانگر این مطلب است که سطوح بالای کود روی در شرایط این آزمایش سبب کاهش میزان پروتئین دانه گندم شده است. که با نتایج رضی و همکاران[1] (۲۳) و امیری نژاد و همکاران[2] (۴) مطابقت نداشت. این پژوهشگران گزارش نمودند که کاربرد روی در شرایط تنش شوری به دلیل افزایش محتوای کلروفیل و بهبود شرایط فتوسنتزی موجب افزایش درصد پروتئین گندم می‌شود. بررسی نتایج اثرات ساده کود آهن بر میزان پروتئین دانه گندم از روندی مشابه عنصر روی تبعیت نمود. به طوری‌که با افزایش سطح کود آهن میزان پروتئین نسبت به شاهد کاهش یافت. یکی از مهمترین ویژگی‌های مرتبط با کیفیت نهایی دانه گندم عدد زلنی است (۱۴). برخی محققین گزارش نمودند که عدد زلنی با صفات مهم مرتبط با خواص کیفی نانوایی مانند درصد پروتئین و میزان گلوتن همبستگی زیادی نشان می‌دهد (۳۰). همچنین روی ویژگی‌های رئولوژی خمیر مؤثر است (۹). با وجود اینکه سطوح بالاتر کود روی موجب کاهش عدد زلنی دانه گندم گردید، اما نتایج نشان داد که سطوح کود آهن از روندی معکوس نسبت به عنصر روی پیروی نمود (جدول ۶).

تحلیل اقتصادی تیمارهای مورد مطالعه

در این پژوهش کاربرد بهترین تیمارهای مورد مطالعه شامل کود روی (۳۰ کیلوگرم در هکتار)، کود آهن (۲/۵ کیلوگرم در هکتار) و اثرات متقابل هر دو نسبت به عدم مصرف (شاهد) تحلیل و ارزیابی اقتصادی گردید (جدول۷). بر این اساس ستون درآمد حاصل از افزایش عملکرد از حاصلضرب افزایش عملکرد در قیمت هر کیلوگرم گندم محاسبه گردیده است.

در جدول ۷، قیمت هر کیلو گندم ۴۰۰۰۰ ریال، قیمت هر کیلو کود سولفات روی ۲۰۰۰۰۰ ریال و قیمت هر کیلو کود کلات آهن ۱۵۰۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. بر اساس جدول (۷) کاربرد تیمارهای مورد مطالعه از نظر نسبت فایده به هزینه اقتصادی بود. با وجود اینکه بیشترین نسبت فایده به هزینه از تیمار کود آهن ۲/۵ بدست آمد، اما به دلیل تاثیر عناصر میکرو روی و آهن بر سلامت جامعه و اقتصادی بودن استفاده همزمان از هردو عنصر (نسبت سود به هزینه برابر با ۲)، تیمار مصرف همزمان کود آهن ۲/۵ کیلوگرم در هکتار و کود روی ۳۰ کیلوگرم در هکتار مناسب‌ترین تیمار برای توصیه در شرایط مزرعه است.

1- Razi *et al.*
2- Amirinejad *et al.*

جدول(٦) مقایسه میانگین تیمارهای مورد مطالعه بر برخی ویژگی‌های کیفی گندم

Table (6) Mean comparison of the studied treatments on some quality characteristics of wheat

رطوبت Moisture (%)	سختی hardness (%)	عدد زلنی Zeleny number	پروتئین Protein (%)	هکتولیتر Hectoliters	تیمار Treatment
65.9 a	49.5 a	32.0 a	13.0 a	75.7 a	روی ۰ Zn 0
65.8 a	50.2 a	31.7 a	13.07 a	76.1 a	روی ۳۰ Zn 30
65.9 a	50.0 a	30.7 c	13.0 a	76.3 a	روی ۶۰ Zn 60
65.4 b	49.7 a	31.2 b	12.8 b	76.9 a	روی ۱۲۰ Zn 120
65.9 a	50.5 a	31.2 b	13.02 ab	75.9 a	آهن ۰ Fe 0
65.9 a	50.5 a	31.5 a	13.05 a	76.5 a	آهن ۲/۵ Fe 2.5
65.9 a	48.5 a	32.25 b	12.85 a	78.5 a	آهن ۵ Fe 5
65.9 a	50.5 a	31.75 a	12.9 ab	76.1 a	آهن ۷/۵ Fe 7.5

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P<0.05$) نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($P<0.05$)

جدول(۷) بررسی اقتصادی کاربرد تیمار کودی آهن و روی در مقایسه با تیمار شاهد بر عملکرد گندم

Table (7) Economic evaluation of iron and zinc fertilizer application in comparison with control treatment on wheat yield

نسبت فایده به هزینه Benefit to cost ratio	افزایش هزینه تیمار کودی نسبت به تیمار شاهد Increased cost in fertilizer treatment compared to control treatment (Rials)	درآمد حاصل از افزایش عملکرد Revenue from yield enhancement (Rials)	افزایش عملکرد Yield enhancement (kg ha^{-1})	عملکرد دانه در تیمار شاهد Grain yield Of control treatment (kg ha^{-1})	عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})	تیمار Treatment
0	0	0	0	5450	5450	شاهد control
2.3	6000000	13800000	345	5593	5938	کود روی ۳۰ 30 Zn fertilizer
3.1	4250000	13040000	326	5778	6104	کود آهن ۲/۵ 2.5 Fe fertilizer
2.0	12250000	24800000	620	5450	6070	برهمکنش کود روی و آهن Interaction of Zn and Fe fertilizer

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، اثر کاربرد سطوح مختلف دو عنصر کم‌مصرف روی و آهن و کاربرد توام آنها بر اجزای عملکرد گندم و شاخص‌های کیفی دانه گندم در شرایط خاک‌های آهکی و شور استان خوزستان بررسی گردید. کاربرد توام عنصر روی و آهن به طور همزمان بر میزان عملکرد دانه گندم تاثیر مثبتی داشت، به‌طوری که در تمام سطوح عنصر روی با افزایش میزان آهن، عملکرد دانه نیز افزایش یافت. با وجود تاثیر کمتر کاربرد آهن نسبت به روی بر عملکرد و اجزا عملکرد گندم در شرایط شور، کاربرد توام عنصر روی و آهن در نسبت مشخص بر اجزای عملکرد گندم تاثیر مثبتی داشت. هرچند باید به این نکته توجه نمود که عدم تعادل در میزان مصرف عناصر روی و آهن (عدم رعایت نسبت مناسب کاربرد همزمان این دو عنصر) سبب کاهش قابل‌توجهی در اجزای مختلف عملکرد گندم همچون تعداد پنجه در واحد سطح گردید. بر اساس تحلیل اقتصادی، کاربرد ۳۰ کیلوگرم کود روی در هکتار، ۲/۵ کیلوگرم کود آهن در هکتار و کاربرد توام هردو کود روی و آهن با نسبت فایده به هزینه به ترتیب برابر با ۲/۳، ۳/۱ و ۲ داری صرفه اقتصادی مناسبی بودند. با این وجود، کاربرد همزمان ۲/۵ کیلوگرم در هکتار کود آهن و ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود روی (با نسبت سود به هزینه برابر با ۲)، به دلیل تاثیر این عناصر بر سلامت جامعه به عنوان مناسب‌ترین توصیه در شرایط مزارع استان خوزستان در نظر گرفته شد.

References

1. AACC. 2005. AACC Approved Methods. St. Paul, Minnesota, USA: AACC, American Association of Cereal Chemists, Inc.

2. Abbasi, N., Cheraghi, J. and Hajinia, S. 2019. Effect of iron and zinc micronutrient foliar application as nano and chemical on physiological traits and grain yield of two bread wheat cultivars. Scientific Journal of Crop Physiology, I.A.U. Ahvaz, 34: 85-104. (In Persian with English Summary)

3. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Hatami, f., Abdshah, H. and Kazemian, A. 2019. Agricultural Statistics of 1396-1397. Information and Communication Technology Center of the Ministry of Jihad Agriculture, Tehran. (In Persian)

4. Amirinejad, M., Gholamali, A., Baghizadeh, A., Allahdadi, I., Shahbazi, M., and Naimi, M. 2015. Effects of drought stress and foliar application of zinc and iron on some biochemical parameters of cumin. Journal of Agriculture and Crop Management, 17: 855-866. (In Persian)

5. Babaei, Kh., Seyed Sharifi, R., Pirzad, A.R., and Khalilzadeh, R. 2017. Effects of bio fertilizer and nano Zn-Fe oxide on physiological traits, antioxidant enzymes activity and yield of wheat (Triticum aestivum L.) under salinity stress. Journal of Plant Interaction, 12: 381-389. (In Persian with English Summary)

6. Baibordi, M. 2006. Sustainable soil management in agriculture and the environment. Conference on Soil, Environment and Sustainable Development. Pp, 7-9. Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. (In Persian)

7. Baibordi, M. and Malakouti, M.J. 2003. The effect of iron, manganese, zinc and copper on the quantity and quality of wheat in saline conditions. Journal of Soil and Water Sciences, 17(2): 24-45. (In Persian)

8. Belali, M.R., Mohajer Milani, P., Khademi, Z., Dorudi, M.S., Mashaiekhi, H.H. and Malakouti, M.J. 2001. Comprehensive computer model recommending chemical fertilizers for sustainable agricultural production of wheat. Publication of agricultural education, Karaj, Iran. (In Persian)

9. Branlard, G., Dardevet, M., Saccomano, R., Lagoutte, F. and Gourdon, J. 2001. Genetic diversity of wheat storage proteins and bread wheat quality. Euphotic, 119: 59-67.

10. Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? Plant Soil, 302: 1-17.

11. El-Habbah, M.S., Saman, A.O.O. and Badran, M.M. 1995. Effect of some micronutrients fertilizers and transplanting on wheat productivity in newly reclaimed saline soils. Annals Agricultural Science (Cario), 40: 145-152.

12. Esmaeilzadeh, V., Zahedi, H., Sharghi, Y., Modarres Sanavy, S.A.M., and Alaviasl, S.A. 2018. Interaction effect of zeolite and salt stress in reproductive stage of four canola varieties. Environmental Stresses in Crop Sciences. 11: 393-400. (In Persian with English Summary)

13. Gadallah, V. and Ramadan, M. 1997. Effects of zinc and salinity on growth and anatomical structure of Carthamus tinctorius L. Biologio Plant Arum, 39 (3): 411-418.

14. Haghparast, R., Rajabi, R., Najafian, G., Rashmekarim, K., and Aghaee Sarbarze, M. 2009. Evaluation of indices related to grain quality in advanced bread wheat genotypes under rainfed conditions. Seed and Plant Improvement Journal. 25 (2): 315-328. (In Persian)

15. Hemantaranjan, A. and Gray, O.K. 1988. Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality Triticum aestivum. L. Journal of Plant Nutrition, 11: 1439-1452.

16. Li, M., Wang, S., Tian, X., Zhao, J., Li, H., Guo, C., Chen, Y. and Zhao, A. 2015. Zn distribution and bioavailability in whole grain and grain fractions of winter wheat as affected by applications of soil N and foliar Zn combined with N or P. Journal of Cereal Science, 61: 26-32.

17. Malakouti, M.J. 2014. Optimal fertilizer use recommendation for agricultural products in Iran. Chapter One, Page 2-4. (In Persian)

18. Momeni, A. 2010. Geographical distribution and salinity levels of Iranian soil resources. Iranian Journal of Soil Research, 24(3): 202-2015. (In Persian with English Summary)

19. Moshiri, F. Shahabi, A.A., Keshavarz, P., khugar, Z., Feizi-asl, V., Tehrani, M.M., Asadi-Rahmani, H., Samavat, S., Gheybi, M.N., Sadri, M.H., Rashidi, N., Saadat, S. and Khademi, Z. 2013. The guideline of soil fertility and nutrition integrated management of wheat. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Agricultural Education and Extension Research Organization, Soil and Water Research Institute, SANA Publications, Tehran, Iran. (In Persian)

20. Narimani, H. and Seyed Sharifi, R. 2020. Effects of foliar and soil application of zinc on photosynthetic pigments, chlorophyll fluorescence and grain yield of wheat (Triticum aestivum L.) under soil salinity. J. of Soil Management and Sustainable Production, 10(2): 89-105. (In Persian with English Summary)

21. Pourjamshid, S.A. 2021. Study the effect of iron, zinc and manganese foliar application on morphological and agronomic traits of bread wheat (Chamran cultivar) under irrigation regime. Environmental Stresses in Crop Sciences, 14(1): 109-118. (In Persian with English Summary)

22. Pourjamshid, S.A., Ghaysari, M., Sharifi Nick, A. and Salemi, F. 2020. Effect of micronutrients foliar application on some physiological and agronomic traits of bread wheat (Triticum aestivum L.) under complete irrigation and terminal drought stress condition. Environmental Stresses in Crop Sciences, 13(2): 401-412. (In Persian with English Summary)

23. Razi, S., Gholami, M., and Azizi, A. 2014. Physiological Consequences of Foliar Application of Zinc Chelate in Strawberry Cultivation under Salt Stress Condition. Plant Production Technology. 6: 1. 59-68. (In Persian)

24. Rostami, M., Javadi, A. and Hosseinizadeh, S.M. 2020. Induction of resistance to salinity stress in the produced seeds of wheat after foliar application of nano-zinc oxide and nano- iron oxide. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 33(3): 553-565. (In Persian with English Summary)

25. Seyed Sharifi, R., and Namvar, A. 2015. Bio Fertilizers in agronomy. University of Mohaghegh Ardabili. Press, 282p. (In Persian)

26. Shiri, M. 2018. The effect of micronutrients on yield and morphological characteristics of bread wheat cultivars. The first national conference on novel ideas in agriculture and natural resources, Ardabil, Iran. Pp, 1099-1101. (In Persian)

27. Shojaei, H., and Makarian, H. 2015. The effect of nano and non-nano Zinc oxide particles foliar application on yield and yield components of mungbean (Vigna radiate) under drought stress. Iranian Journal of Field Crop Research, 12(4): 727- 737. (In Persian)

28. Velu, G., Ortiz-Monasterio, I., Cakmak, I., Hao, Y. and Singh, R.P. 2014. Biofortification strategies to increase grain zinc and iron concentrations in wheat. Journal of Cereal Science, 59: 365-372.

29. Williams P.C. and Sobering D.C. 1993. Comparison of commercial near infrared transmittance and reflectance instruments for analysis of whole grains and seeds. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 1:25-32.

30. Zhiying, D., Fang, C., Shuna, H., Qingdian, H., Jiansheng, C., Cailing, S., Yongxiang, Z., Shouyi, W., Xuejiao, S. and Jichun, T. 2014. Inheritance and QTL analysis of flour falling number using recombinant inbred lines derived from strong gluten wheat ‘Gauteng 8901’ and waxy wheat ‘Naomi. Australian Journal of Crop Science, 8: 468-474.