

## ارزیابی کاربرد هورمون سیتوکینین و آهن بر عملکرد و میزان تجمع عناصر آهن، روی و منگنز در دانه ارقام نخود

کیانوش حمیدیان<sup>۱</sup>، شهرام لک<sup>۲\*</sup>، احمد نادری<sup>۳</sup> و اسلام مجیدی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد، گروه کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

<sup>۲</sup> دانشیار، گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

<sup>۳</sup> دانشیار، گروه اصلاح نباتات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

<sup>۴</sup> دانشیار، گروه اصلاح نباتات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۲۸

### چکیده

به منظور ارزیابی اثر هورمون سیتوکینین و آهن بر درصد تجمع عناصر آهن، روی و منگنز در دانه‌ی ارقام نخود آزمایشی در دو سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ و ۹۱-۱۳۹۰ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در شهرستان خرم آباد انجام شد. در این تحقیق سه رقم آزاد، هاشم و توده محلی در چهار سطح مصرف آهن شامل ۰ (شاهد)، ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر و چهار سطح مصرف هورمون سیتوکینین شامل ۰ (شاهد)، ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد برهمکنش مصرف آهن و سیتوکینین بر تجمع آهن در دانه مثبت بود و رقم هاشم در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر آهن و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر سیتوکینین بالاترین مقدار تجمع آهن در دانه را داشت. در مقابل با افزایش مصرف آهن و سیتوکینین، میزان تجمع روی و منگنز در دانه کاهش یافت. ارقام هاشم و آزاد در غلظت‌های ۵ میلی‌گرم در لیتر آهن و سیتوکینین بیشترین درصد روی در دانه را داشتند، در حالی که رقم آزاد در تیمار عدم مصرف آهن و مصرف پنج میلی‌گرم در لیتر سیتوکینین بیشترین میزان تجمع منگنز را نشان داد.

**واژگان کلیدی:** تنظیم‌کننده رشد، حبوبات، عناصر میکرو.

### مقدمه

می‌شود (موسوی و همکاران، ۱۳۸۸). نخود از جمله حبوباتی است که به‌عنوان یک منبع ارزان قیمت با پروتئین بالا در رژیم غذایی میلیون‌ها نفر در کشورهای در حال توسعه که نمی‌توانند به پروتئین حیوانی دسترسی داشته باشند مورد استفاده قرار می‌گیرد (Husman and Vander Poel, 1994).

هورمون‌ها، ترکیبات آلی هستند که به‌صورت طبیعی در گیاهان عالی ساخته شده و روی رشد و نمو اثر می‌گذارند (فرشادفر و بخشی‌خانیک، ۱۳۸۸). سیتوکینین‌ها هورمون‌های گیاهی هستند که رشد و تقسیم سلولی را تحریک کرده و برای رشد و نمو

حبوبات اهمیت زیادی از نظر حاصلخیزی خاک و استفاده در رژیم غذایی انسان دارند (حمزه‌ای و سیدی، ۱۳۹۱). کشت حبوبات به‌دلیل ویژگی مهم تثبیت نیتروژن اتمسفری، موجبات باروری خاک برای زراعت‌های بعدی (عمدتاً غلات) را فراهم می‌سازد و از طرفی دیگر قرار گرفتن حبوبات در تناوب‌های زراعی، موجب شکست چرخه زندگی آفات و بیماری‌های غلات ناشی از نظام‌های تک‌کشتی

\* نویسنده مسئول: Sh.Lack50@gmail.com

عملکرد نخود به مقدار ۱۲۲۸ کیلوگرم در هکتار از تیمار اثر متقابل ۲۰۰ کیلوگرم فسفر و غلظت ۶ در هزار آهن و روی حاصل شد. طبق نتایج فوق تلفیق ۲۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار با غلظت ۶ در هزار آهن و روی برای نخود زراعی (رقم ILC482) مناسب است. در تحقیق شیرانی و همکاران (۱۳۹۴) نیز اثر محلول پاشی نیتروژن، روی و منگنز بر عملکرد نخود در شهرکرد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد محلول پاشی با سولفات روی نیز اگرچه میزان روی موجود در دانه نخود را به طور معنی داری افزایش داد اما اثر معنی داری بر محصول دانه نداشت. همچنین افزایش غلظت روی در دانه با محلول پاشی روی مشاهده گردید. همچنین موسیوند و همکاران (۱۳۸۸) طی تحقیقی به منظور بررسی تاثیر محلول پاشی عنصر کم مصرف آهن بر عملکرد کمی ژنوتیپ‌های سویا نتیجه گرفتند محلول پاشی کود آهن موجب افزایش معنی دار در عملکرد دانه، عملکرد زیست توده، درصد پروتئین و روغن شد و در خصوص صفاتی از جمله وزن هزار دانه، تعداد غلاف در بوته و ارتفاع بوته افزایش معنی داری ملاحظه نگردید. محلول پاشی کود آهن به طور معنی داری به افزایش متوسط در عملکرد ماده خشک و دانه ژنوتیپ‌های سویا کمک نمود.

شاید موثرترین راه افزایش تولید در واحد سطح و نیز افزایش کیفیت بذر از لحاظ زراعی، استفاده از کودهای شیمیایی باشد. اما با توجه به اینکه این کودها بایستی علاوه بر افزایش تولید، کیفیت محصولات کشاورزی را نیز ارتقاء دهند، تعیین مقدار کود شیمیایی مورد نیاز یکی از مشکل ترین تصمیماتی است که زارع باید اتخاذ کند. با توجه به مطلب فوق هدف از اجرای این تحقیق، بررسی میزان اثر میزان مصرف آهن و سیتوکنین بر محصول دانه و تجمع عناصر آهن، روی و منگنز در دانه ارقام نخود بود.

طبیعی گیاه لازم می‌باشند (Howell et al., 2003). سیتوکنین‌ها در همکاری دو جانبه گیاه با باکتری‌های همزیست و مایکوریزا نیز نقش داشته و با تحریک فعالیت ژن‌های تشکیل گره، انتقال مواد غذایی بین گیاه و باکتری‌های همزیست را تسهیل می‌نمایند (Ng et al., 2012).

آهن یکی از عناصر کم مصرف و مهم برای گیاه محسوب شده که کمبود آن باعث کلروز بین رگبرگی، کاهش وزن خشک قسمت هوایی و ریشه و نیز میزان کلروفیل و در نتیجه کاهش فتوسنتز می‌شود (Malakouti, 2008). اگر چه بیشتر خاک‌ها حاوی مقدار آهن مناسبی هستند، اما مقداری که برای گیاهان قابل دسترسی است ناکافی می‌باشد که این وضعیت به فاکتورهای مختلفی از قبیل پایین یا بالا بودن درجه حرارت خاک، مواد آلی زیاد، تهویه کم، فشردگی خاک و pH قلیایی بستگی دارد (Lucena, 2000). تحقیقات نشان داده است که استفاده از کود آهن در زراعت نخود باعث پایداری تولید و افزایش جذب سایر عناصر توسط گیاه می‌شود (Pingoliya et al., 2014).

در میان ریز مغذی‌ها نیز عنصر روی بواسطه نقش‌های گسترده آن در گیاهان از اهمیت خاصی برخوردار است و کمبود آن آثار متعددی را بر گیاهان بر جای می‌گذارد. در این راستا اعلام شده است گیاه نخود اصولاً حساس به کمبود روی می‌باشد و میان واریته‌های نخود اختلافاتی در این خصوص وجود دارد (مومنی، ۱۳۹۰).

وزیری کته شوری و همکاران (۱۳۹۲) به منظور بررسی تاثیر مقادیر مختلف کود فسفر، آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود زراعی آزمایشی را اجرا نمودند. نتایج نشان داد اثرات اصلی سطوح فسفر، آهن و روی بر عملکرد دانه، تعداد غلاف در واحد سطح و وزن صد دانه معنی دار بود. حداکثر

## مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر هورمون سیتوکینین و آهن بر محصول دانه و میزان تجمع عناصر آهن، روی و منگنز در دانه ارقام نخود، این تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مرکز خدمات کشاورزی گریته خرم‌آباد با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۷۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۷۹۴ متر از سطح دریا، در دو سال زراعی ۱۳۸۹-۹۰ و ۱۳۹۰-۹۱ اجرا گردید. هر کرت شامل پنج ردیف به طول شش متر بود که فاصله بین ردیف‌ها ۲۵ سانتی متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. تعداد کل کرت‌های این تحقیق ۱۹۲ کرت، مساحت هر کرت ۵/۷ مترمربع و کل مزرعه ۱۴۴۰ مترمربع بود. عملیات تهیه بستر در مهرماه سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ با انجام شخم توسط گاوآهن قلمی به منظور زیر خاک کردن بقایای محصول سال قبل (گندم) انجام گردید. در اسفند ماه هر سال و قبل از کاشت، مزرعه دیسک زده شد. بعد از تهیه زمین، کرت‌های آزمایشی با توجه به ابعاد ذکر شده، مشخص گردیدند. در سال اول کاشت درهشتم فروردین ماه سال ۱۳۹۰ و در سال دوم در بیست و سوم اسفند ماه سال ۱۳۹۰ در عمق ۵-۷ سانتی‌متری خاک با دست انجام شد. در این بررسی از هیچ یک از کودها و سموم شیمیایی استفاده نگردید. تیمارهای مورد بررسی شامل ارقام آزاد، هاشم و توده محلی گریته، چهار سطح مصرف هورمون سیتوکینین شامل شاهد (عدم مصرف)، ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر و چهار سطح مصرف آهن شامل شاهد (عدم مصرف)، ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر بود. آهن در مرحله رشد رویشی (مرحله ۵-۴ برگگی) از منبع سولفات آهن

( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) به صورت محلول تهیه و محلول پاشی گردید. پس از آن هورمون سیتوکینین (۶-بزیل آمینو پورین) به فاصله ۱۰ روز پس از مصرف آهن محلول پاشی شد. ۵۰ روز پس از محلول پاشی هورمون سیتوکینین، برداشت محصول انجام شد به طوری که دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدای هر کرت به عنوان اثرات حاشیه‌ای حذف، سپس ۶ بوته کف بر شده و از دانه آن‌ها ۲۰ عدد دانه به طور تصادفی انتخاب و جهت سنجش عناصر به آزمایشگاه منتقل شدند.

برای اندازه‌گیری تعدادی از پارامترهای خاک، در هر سال از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه یک نمونه مرکب به صورت تصادفی تهیه و برای تجزیه خاک شناسی به آزمایشگاه ارسال گردید. نتایج پارامترهای اندازه‌گیری شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

**سنجش غلظت عناصر آهن، روی و منگنز در گیاه:**  
برای اندازه‌گیری مقدار عناصر آهن، روی و منگنز، ابتدا نمونه به مدت ۶ تا ۱۲ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد در کوره قرار داده شد تا به خاکستر تبدیل شود. سپس نمونه را بیرون آورده ابتدا چند قطره آب مقطر و بعد ۵-۲ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ مولار به آن اضافه و به مدت یک ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از آن نمونه را در بالن ۵۰ سی‌سی با آب مقطر به حجم رسانده و با استفاده از دستگاه جذب اتمی و نصب لامپ مخصوص برای هر عنصر میزان جذب در طول موج‌های ۳/۲۴۸ نانومتر آهن، ۵/۲۷۹ نانومتر منگنز و ۹/۲۱۳ نانومتر روی قرائت گردید.

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس دو سالانه اثرات رقم، آهن و سیتوکینین بر میزان تجمع عناصر آهن، روی و منگنز دانه که در آن میانگین مربعات نشان داده شده است.

منگنز	روی	آهن	عملکرد دانه	درجه آزادی	منابع تغییر
۶۸/۸۲۳**	۳/۹۱۲ <sup>ns</sup>	۱۷۹۳/۸۴**	۴۱۹/۵۹**	۳	تکرار
۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۱۵۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۳۷ <sup>ns</sup>	۵۴/۳۹ <sup>ns</sup>	۱	سال
۰/۰۰۹**	۲/۱۳۷ <sup>ns</sup>	۱۰/۸۵۹**	۸۹/۹۲ <sup>ns</sup>	۳	سال×تکرار
۸/۰۱**	۳۳۰/۶۱۹**	۳۹۲۶/۲۷**	۹۲۷/۴**	۲	رقم
۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۶ <sup>ns</sup>	۲	سال×رقم
۳۳/۶۸۸**	۸۲۱/۴۱۲**	۱۲۰۶۰۹**	۱۱۹۱۸/۵*	۳	آهن
۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۱۱۸ <sup>ns</sup>	۳	سال×آهن
۳/۸۵۷**	۶۴/۸۱۹**	۳۳۷/۰۳**	۲۱۵۸/۶۵**	۶	رقم×آهن
۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۵۲ <sup>ns</sup>	۶	سال×رقم×آهن
۵۱/۶۳۹**	۵۵۲/۰۵۶**	۲۴۱/۲۲**	۱۱۰۳۲/۰۹**	۳	سیتوکینین
۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۳	سال × سیتوکینین
۰/۳۱۶**	۱/۱۲۱ <sup>ns</sup>	۲۳/۶۲**	۲۸۱/۲۷**	۶	رقم × سیتوکینین
۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۶	سال × رقم × سیتوکینین
۱/۳۸۹**	۱۱/۶۲۱**	۲/۳۸**	۳۳۱/۸۷**	۹	آهن × سیتوکینین
۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۹	سال × آهن × سیتوکینین
۰/۸۲۵**	۵/۳۵**	۱۵/۲۸**	۳۹۹/۱۸**	۱۸	رقم × آهن × سیتوکینین
۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۷ <sup>ns</sup>	۱۸	سال × رقم × آهن × سیتوکینین
۱/۱۰۸	۲/۴۸	۰/۶۶۲	۷۲/۷۲	۱۸۲	خطا

\*\* و\*: به ترتیب معنی داری در سطح ۱ و پنج درصد، ns اختلاف معنی دار نمی باشد

### نتایج

اثر سطوح مختلف آهن و سیتوکینین بر میزان آهن دانه: طبق نتایج بدست آمده تفاوت معنی داری میان ارقام، سطوح آهن و سیتوکینین از لحاظ اثر بر میزان تجمع آهن دانه مشاهده شد، هم چنین بر همکنش رقم و آهن، رقم و سیتوکینین و نیز آهن و سیتوکینین بر تجمع این عنصر در دانه معنی دار بود (جدول ۲). رقم هاشم با میانگین ۶۷/۱۴ میلی گرم در کیلوگرم بیشترین میزان تجمع آهن در دانه را داشت (جدول ۳). بیشترین میزان تجمع آهن در دانه در ترکیب تیمار رقم هاشم در غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر آهن با میانگین ۸۵/۷۱ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک دانه بدست آمد. در تمام ارقام مورد آزمایش با افزایش

محصول دانه: محصول دانه از رابطه زیر محاسبه شد:

$$U = \frac{K \times L \times Z \times A}{100}$$

در این رابطه U، K، L، Z و A به ترتیب محصول دانه (کیلوگرم در هکتار)، تعداد بوته در واحد سطح (مترمربع)، متوسط تعداد غلاف در بوته، متوسط تعداد بذر در غلاف و وزن هزار دانه (گرم) می باشند.

به منظور تجزیه واریانس مرکب داده ها ابتدا آزمون بارتلت انجام، سپس تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزارهای SAS و MSTATC انجام گردید. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel 2010 استفاده شد. در این تحقیق مقایسه میانگین ها به روش آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

تجمع روی در دانه را داشت (جدول ۴). برهم‌کنش آهن و سیتوکینین بر درصد تجمع روی نیز دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). طبق نتایج بیشترین میزان تجمع روی در دانه در ترکیب تیماری آهن و سیتوکینین در غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۳۷/۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم مشاهده شد (جدول ۶). برهم‌کنش سه گانه رقم  $\times$  آهن  $\times$  سیتوکینین بر میزان تجمع روی در دانه معنی‌دار بود (جدول ۲).

ارقام هاشم و آزاد در غلظت‌های ۱۵ میلی‌گرم در لیتر آهن و سیتوکینین با میانگین ۴۰/۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بیشترین درصد روی در دانه را داشتند (جدول ۷).

#### اثر سطوح مختلف آهن و سیتوکینین بر میزان منگنز

**دانه:** تفاوت میان ارقام، سطوح آهن و سیتوکینین از لحاظ تاثیر بر میزان تجمع منگنز در دانه معنی‌دار بود، هم‌چنین بر هم‌کنش رقم و آهن، رقم و سیتوکینین و آهن و سیتوکینین بر تجمع این عنصر در دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). رقم آزاد با میانگین ۱۲/۸۳ و توده محلی با میانگین ۱۲/۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان تجمع منگنز در دانه را داشتند. با افزایش غلظت آهن و سیتوکینین میزان تجمع منگنز در دانه افزایش یافت و در غلظت‌های ۱۵ میلی‌گرم در لیتر به بالاترین میزان تجمع خود رسید (جدول ۳). رقم هاشم در غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر آهن با میانگین ۶۶/۱۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بیشترین مقدار منگنز در دانه را داشت. واکنش ارقام نسبت به تیمارهای اعمال شده متفاوت بود. در ارقام آزاد و توده محلی با افزایش غلظت آهن تا ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، میزان تجمع منگنز در دانه افزایش و پس از آن کاهش یافت (جدول ۴). رقم آزاد در غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر سیتوکینین با میانگین ۶۹/۱۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بیشترین میزان تجمع منگنز در دانه را داشت (جدول ۵). برهم‌کنش آهن و سیتوکینین روی تجمع منگنز در دانه معنی‌دار بود (جدول ۱) و

غلظت آهن تا ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، غلظت آهن در دانه افزایش و پس از آن کاهش یافت (جدول ۴).

رقم هاشم در غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر سیتوکینین با میانگین ۷۱/۶۸ میلی‌گرم در کیلوگرم بیشترین درصد تجمع آهن در دانه را داشت و با تیمار رقم هاشم در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۵). در کلیه ارقام مورد آزمایش با افزایش غلظت آهن و سیتوکینین، میزان تجمع آهن در دانه افزایش یافت در حالی که با افزایش غلظت این عنصر بیش از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، میزان تجمع آن در دانه کاهش یافت و ترکیب تیماری ۱۰ میلی‌گرم در لیتر سیتوکینین و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر آهن با میانگین ۸۷/۶۸ میلی‌گرم در کیلوگرم بیشترین غلظت آهن در دانه را دارا بود (جدول ۶). هم‌چنین برهم‌کنش سه گانه رقم، آهن و سیتوکینین بر درصد تجمع آهن در دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). درصد آهن در رقم هاشم در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر آهن و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر سیتوکینین با میانگین ۷۲/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم نسبت به ارقام دیگر بیشتر بود (جدول ۷).

#### اثر سطوح مختلف آهن و سیتوکینین بر میزان روی

**دانه:** نتایج تحقیق حاضر نشان داد تفاوت میان ارقام، سطوح مصرف آهن و سیتوکینین از لحاظ تاثیر بر میزان تجمع روی معنی‌دار بود، هم‌چنین برهم‌کنش رقم و آهن و نیز آهن و سیتوکینین بر تجمع روی در دانه معنی‌دار بود، تنها برهم‌کنش بین رقم و سیتوکینین بر درصد روی معنی‌دار نبود (جدول ۲). رقم هاشم با میانگین ۳۴/۹۶ و توده محلی با میانگین ۳۱/۸۶ میلی‌گرم در کیلوگرم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان تجمع روی در دانه را داشتند. با افزایش غلظت آهن و سیتوکینین میزان تجمع روی در دانه افزایش یافت و در غلظت‌های ۱۵ میلی‌گرم در لیتر به حداکثر مقدار خود رسید (جدول ۳). ترکیب تیماری رقم هاشم در غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر آهن با میانگین ۷/۳۸ میلی‌گرم در کیلوگرم بیشترین میزان

میلی گرم در لیتر آهن و سیتوکینین با میانگین ۲۸/۱۴ میلی گرم در کیلوگرم بیشترین میزان تجمع منگنز در دانه را داشت. با افزایش غلظت آهن و سیتوکینین، میزان تجمع منگنز در دانه به طور معنی داری افزایش یافت (جدول ۷).

ترکیب تیمار ۱۰ میلی گرم در لیتر آهن و سیتوکینین در غلظت ۱۵ میلی گرم در لیتر با میانگین ۱۳/۸ میلی گرم در کیلوگرم بیشترین غلظت منگنز در دانه را داشت (جدول ۶). همچنین طبق نتایج بدست آمده برهمکنش رقم، آهن و سیتوکینین بر تجمع منگنز در دانه معنی دار بود (جدول ۲). رقم آزاد در تیمار ۱۵

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس دو سالانه اثرات رقم، آهن و سیتوکینین بر میزان تجمع عناصر آهن، روی و منگنز در دانه و محصول دانه

منابع تغییر	درجه آزادی	آهن	روی	منگنز	عملکرد دانه
تکرار	۳	۱۷۹۳/۸۴**	۳/۹۱۲ <sup>NS</sup>	۶/۸۲۳**	۴۱۹/۵۹**
سال	۱	۰/۱۳۷ <sup>NS</sup>	۰/۱۵۸ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۷ <sup>NS</sup>	۵۴/۳۹ <sup>NS</sup>
سال×تکرار	۳	۱۰/۸۵۹**	۲/۱۳۷ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۹**	۸۹/۹۲ <sup>NS</sup>
رقم	۲	۳۹۲۶/۲۷**	۳۳۰/۶۱۹**	۸/۰۱**	۹۲۷/۴**
سال×رقم	۲	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۶ <sup>NS</sup>
آهن	۳	۱۲۰۶/۰۹**	۸۲۱/۴۱۲**	۳۳/۶۸۸**	۱۱۹۱۸/۵*
سال×آهن	۳	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۱۱۸ <sup>NS</sup>
رقم×آهن	۶	۳۳۷/۰۳**	۶۴/۸۱۹**	۳/۸۵۷**	۲۱۵۸/۶۵**
سال×رقم×آهن	۶	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۵۲ <sup>NS</sup>
سیتوکینین	۳	۲۴۱/۲۲**	۵۵۲/۰۵۲**	۵۱/۶۳۹**	۱۱۰۳۲/۰۹**
سال × سیتوکینین	۳	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۷ <sup>NS</sup>
رقم × سیتوکینین	۶	۲۳/۶۲**	۱/۱۲۱ <sup>NS</sup>	۰/۳۱۶**	۲۸۱/۲۷**
سال × رقم × سیتوکینین	۶	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۲ <sup>NS</sup>
آهن × سیتوکینین	۹	۳/۳۸**	۱۱/۶۲۱**	۱/۳۸۹**	۳۳۱/۸۷**
سال × آهن × سیتوکینین	۹	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۳ <sup>NS</sup>
رقم × آهن × سیتوکینین	۱۸	۱۵/۲۸**	۵/۳۵**	۰/۸۲۵**	۳۹۹/۱۸**
سال × رقم × آهن × سیتوکینین	۱۸	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۷ <sup>NS</sup>
خطا	۱۸۲	۰/۶۶۲	۲/۴۸	۱/۱۰۸	۷۲/۷۲

\*\* و\*: به ترتیب معنی داری در سطح ۱ و پنج درصد، NS: اختلاف معنی دار نمی باشد.

۱۵ میلی گرم آهن در لیتر با میانگین ۷/۱۷۵ گرم در مترمربع بالاترین وزن خشک دانه را داشت. با افزایش غلظت آهن، وزن خشک دانه روند صعودی داشت و افزایش یافت (جدول ۴). نتایج نشان داد برهمکنش رقم و سیتوکینین بر محصول دانه معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین وزن خشک دانه در تیمارهای توده محلی و رقم آزاد در غلظت ۱۵ میلی گرم در لیتر هورمون با میانگین ۹/۱۶۵ گرم در مترمربع و کمترین وزن خشک دانه با میانگین ۶/۱۳۴ گرم در مترمربع در تیمار رقم آزاد و عدم مصرف هورمون به دست آمد

اثر سطوح مختلف آهن و سیتوکینین بر محصول دانه: نتایج نشان داد توده محلی با میانگین ۱۵۶/۷ گرم در مترمربع بیشترین محصول دانه را داشت در حالی که تفاوت بین ارقام اصلاح شده معنی دار نبود. بالاترین محصول دانه در غلظت های ۱۵ میلی گرم در لیتر آهن و سیتوکینین بدست آمد. این روند در مورد آهن تاحدودی نامنظم بود ولی در مورد سیتوکینین با افزایش غلظت، محصول دانه افزایش یافت (جدول ۲ و ۳)، همچنین برهمکنش رقم و آهن بر محصول دانه معنی دار بود (جدول ۲). تیمار توده محلی در غلظت

جدول ۵). برهمکنش آهن و سیتوکینین نیز بر صفت محصول دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). بالاترین سطح معنی‌داری در توده محلی گریت با مصرف ۱۵ میلی‌گرم در لیتر آهن و ۱۵ میلی‌گرم هورمون با میانگین ۶/۱۷۹ گرم در مترمربع وجود داشت که با میانگین همین رقم با مصرف ۱۵ میلی‌گرم در لیتر آهن و ۱۰ میلی‌گرم هورمون تفاوتی نداشت (جدول ۷).

جدول ۳: مقایسه میانگین دوسالانه اثرات ساده رقم، آهن و سیتوکینین بر میزان تجمع عناصر آهن، روی و منگنز در دانه و محصول دانه با استفاده از آزمون دانکن

تیمار	آهن (میلی‌گرم در لیتر)	روی (میلی‌گرم در لیتر)	منگنز (میلی‌گرم در لیتر)	عملکرد دانه (میلی‌گرم در لیتر)
هاشم	۶۷/۱۴ <sup>a*</sup>	۳۴/۹۶ <sup>a</sup>	۱۲/۴۹ <sup>b</sup>	۱۵۲/۱ <sup>b</sup>
رقم آزاد	۶۳/۷۲ <sup>b</sup>	۳۲/۶۸ <sup>b</sup>	۱۲/۸۳ <sup>a</sup>	۱۵۲ <sup>b</sup>
توده محلی	۵۶/۳ <sup>c</sup>	۳۱/۸۶ <sup>c</sup>	۱۲/۳۵ <sup>b</sup>	۱۵۶۷ <sup>a</sup>
۰	۵۸/۷۸ <sup>d</sup>	۲۹/۸۸ <sup>d</sup>	۱۱/۸ <sup>c</sup>	۱۴۹/۸ <sup>c</sup>
۵	۶۰/۵۵ <sup>c</sup>	۳۲/۰۸ <sup>c</sup>	۱۲/۵۱ <sup>b</sup>	۱۵۳/۸ <sup>b</sup>
۱۰	۶۶/۹۲ <sup>a</sup>	۳۳/۹۴ <sup>b</sup>	۱۲/۶۹ <sup>b</sup>	۱۵۵/۸ <sup>b</sup>
۱۵	۶۳/۲۹ <sup>b</sup>	۳۶/۷۸ <sup>a</sup>	۱۳/۲۳ <sup>a</sup>	۱۶۶/۲ <sup>a</sup>
۰	۶۰/۴۸ <sup>d</sup>	۳۰/۱۵ <sup>d</sup>	۱۱/۶۵ <sup>d</sup>	۱۴۰/۶ <sup>d</sup>
۵	۶۱/۷۵ <sup>c</sup>	۳۲/۵۴ <sup>c</sup>	۱۲/۳۳ <sup>c</sup>	۱۴۹/۶ <sup>c</sup>
۱۰	۶۳/۳۱ <sup>b</sup>	۳۴/۲۷ <sup>b</sup>	۱۲/۹۱ <sup>b</sup>	۱۵۹/۴ <sup>b</sup>
۱۵	۶۴/۰۱ <sup>a</sup>	۳۵/۷۲ <sup>a</sup>	۱۳/۳۴ <sup>a</sup>	۱۶۴/۸ <sup>a</sup>

\* اعداد هر ستون در هر تیمار که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح پنج درصد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۴: مقایسه میانگین دو سالانه برهمکنش رقم و آهن بر میزان تجمع عناصر آهن، روی، منگنز در دانه و محصول دانه با استفاده از آزمون دانکن

تیمار	رقم	آهن (میلی‌گرم در لیتر)	روی (میلی‌گرم در لیتر)	منگنز (میلی‌گرم در لیتر)	عملکرد دانه (گرم بر متر مربع)
هاشم	۰	۶۱/۰۹ <sup>g*</sup>	۳۰/۲۷ <sup>h</sup>	۱۱/۷۱ <sup>d</sup>	۱۳۲/۷ <sup>h</sup>
	۵	۶۶/۲۷ <sup>c</sup>	۳۴/۵۶ <sup>d</sup>	۱۲/۱۵ <sup>h</sup>	۱۵۶/۸ <sup>d</sup>
	۱۰	۷۱/۸۵ <sup>a</sup>	۳۶/۳۲ <sup>c</sup>	۱۲/۴۴ <sup>f</sup>	۱۵۹/۷ <sup>bcd</sup>
	۱۵	۶۹/۳۳ <sup>b</sup>	۳۸/۷ <sup>a</sup>	۱۳/۶۶ <sup>a</sup>	۱۵۹/۳ <sup>bcd</sup>
آزاد	۰	۶۴/۱۳ <sup>d</sup>	۲۹/۷۷ <sup>h</sup>	۱۳ <sup>i</sup>	۱۳۹/۹ <sup>g</sup>
	۵	۶۳/۴۶ <sup>e</sup>	۳۰/۳۳ <sup>h</sup>	۱۳ <sup>d</sup>	۱۶۱/۶ <sup>bc</sup>
	۱۰	۶۶/۵۴ <sup>c</sup>	۳۲/۷۱ <sup>f</sup>	۱۳/۲۶ <sup>d</sup>	۱۴۳/۱ <sup>fg</sup>
	۱۵	۶۰/۷۴ <sup>g</sup>	۳۷/۹۱ <sup>b</sup>	۱۳/۰۷ <sup>c</sup>	۱۶۳/۵ <sup>b</sup>
توده محلی	۰	۵۱/۱۳ <sup>j</sup>	۲۹/۶ <sup>h</sup>	۱۱/۶۸ <sup>j</sup>	۱۴۴/۸ <sup>f</sup>
	۵	۵۱/۹۲ <sup>i</sup>	۳۱/۳۳ <sup>g</sup>	۱۲/۳۷ <sup>g</sup>	۱۴۹/۰ <sup>c</sup>
	۱۰	۶۲/۳۶ <sup>f</sup>	۳۲/۷۸ <sup>f</sup>	۱۲/۳۷ <sup>g</sup>	۱۵۷/۴ <sup>cd</sup>
	۱۵	۵۹/۷۹ <sup>h</sup>	۳۳/۳ <sup>e</sup>	۱۲/۹۷ <sup>e</sup>	۱۷۵/۸ <sup>a</sup>

\* اعداد هر ستون در هر تیمار که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح پنج درصد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۵: مقایسه میانگین دو سالانه برهمکنش رقم و هورمون سیتوکینین بر میزان تجمع عناصر آهن، روی، منگنز و محصول دانه با استفاده از آزمون دانکن

عملکرد دانه (گرم/مترمربع)	منگنز (میلی گرم در لیتر)	روی (میلی گرم در لیتر)	آهن (میلی گرم در لیتر)	تیمار	
				سیتوکینین (میلی گرم در لیتر)	رقم
۱۴۰/۷ <sup>e</sup>	۱۱/۵۷ <sup>f</sup>	۳۲/۰۸ <sup>e</sup>	۶۴/۷۷ <sup>c*</sup>	۰	هاشم
۱۴۶/۹ <sup>d</sup>	۱۲/۲۹ <sup>f</sup>	۳۴/۳ <sup>c</sup>	۶۶/۶۰ <sup>b</sup>	۵	
۱۵۸/۳ <sup>b</sup>	۱۲/۹۵ <sup>d</sup>	۳۶/۰۲ <sup>b</sup>	۶۸/۴۵ <sup>a</sup>	۱۰	
۱۶۲/۷ <sup>ab</sup>	۱۳/۱۶ <sup>c</sup>	۳۷/۴۴ <sup>a</sup>	۶۸/۷۱ <sup>a</sup>	۱۵	
۱۳۴/۶ <sup>f</sup>	۱۱/۸۵ <sup>h</sup>	۲۹/۷۴ <sup>f</sup>	۶۲/۵۳ <sup>f</sup>	۰	آزاد
۱۴۸/۰ <sup>d</sup>	۱۲/۵۹ <sup>e</sup>	۳۱/۸۲ <sup>e</sup>	۶۳/۸۲ <sup>e</sup>	۵	
۱۵۹/۵ <sup>b</sup>	۱۳/۲۰ <sup>b</sup>	۳۳/۸ <sup>c</sup>	۶۴/۱۵ <sup>de</sup>	۱۰	
۱۶۵/۹ <sup>a</sup>	۱۳/۶۹ <sup>a</sup>	۳۵/۳۶ <sup>b</sup>	۶۴/۳۷ <sup>cd</sup>	۱۵	
۱۴۶/۶ <sup>d</sup>	۱۱/۵۲ <sup>j</sup>	۲۸/۶۲ <sup>g</sup>	۵۴/۱۳ <sup>l</sup>	۰	توده محلی
۱۵۴/۰ <sup>c</sup>	۱۲/۱۲ <sup>g</sup>	۳۱/۴۸ <sup>e</sup>	۵۴/۸۳ <sup>i</sup>	۵	
۱۶۰/۴ <sup>b</sup>	۱۲/۵۸ <sup>e</sup>	۳۲/۹۷ <sup>d</sup>	۵۷/۳۷ <sup>h</sup>	۱۰	
۱۶۵/۹ <sup>a</sup>	۱۳/۱۶ <sup>c</sup>	۳۴/۳۷ <sup>c</sup>	۵۸/۹۴ <sup>g</sup>	۱۵	

\* اعداد هر ستون در هر تیمار که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح پنج درصد با هم اختلاف معنی داری ندارند.

جدول ۶: مقایسه میانگین دو سالانه برهمکنش آهن و هورمون سیتوکینین بر میزان تجمع عناصر آهن، روی و منگنز در دانه و محصول دانه با استفاده از آزمون دانکن

عملکرد دانه (گرم/مترمربع)	منگنز (میلی گرم در لیتر)	روی (میلی گرم در لیتر)	آهن (میلی گرم در لیتر)	تیمار	
				سیتوکینین	آهن (میلی گرم در لیتر)
۱۴۱/۰ <sup>g</sup>	۱۱/۰۴ <sup>n</sup>	۲۵/۹۹ <sup>j</sup>	۵۷/۳۳ <sup>l*</sup>	۰	۰
۱۵۴/۱ <sup>ef</sup>	۱۱/۵۵ <sup>l</sup>	۲۸/۸۷ <sup>i</sup>	۵۸/۰۷ <sup>k</sup>	۵	
۱۶۲/۰ <sup>cd</sup>	۱۲/۰۴ <sup>g</sup>	۳۱/۶۷ <sup>g</sup>	۵۹/۴۵ <sup>i</sup>	۱۰	
۱۶۶/۱ <sup>c</sup>	۱۲/۵۶ <sup>g</sup>	۳۲/۹۹ <sup>f</sup>	۶۰/۲۹ <sup>h</sup>	۱۵	
۱۲۷/۳ <sup>i</sup>	۱۱/۳۵ <sup>m</sup>	۲۹/۸۷ <sup>h</sup>	۵۸/۹ <sup>l</sup>	۰	۵
۱۳۳/۸ <sup>h</sup>	۱۲/۲۷ <sup>l</sup>	۳۱/۸۷ <sup>g</sup>	۵۹/۸۳ <sup>hi</sup>	۵	
۱۴۰/۵ <sup>g</sup>	۱۳/۱۵ <sup>l</sup>	۳۳/۰۱ <sup>f</sup>	۶۱/۵۸ <sup>f</sup>	۱۰	
۱۵۴/۹ <sup>ef</sup>	۱۳/۲۷ <sup>d</sup>	۳۳/۵۶ <sup>ef</sup>	۶۱/۹۰ <sup>f</sup>	۱۵	
۱۳۹/۵ <sup>g</sup>	۱۱/۶۹ <sup>k</sup>	۳۰/۶۴ <sup>h</sup>	۶۴/۸۶ <sup>d</sup>	۰	۱۰
۱۵۰/۲ <sup>f</sup>	۱۲/۲۷ <sup>e</sup>	۳۳/۳ <sup>ef</sup>	۶۶/۴۴ <sup>c</sup>	۵	
۱۵۷/۷ <sup>de</sup>	۱۳/۰۱ <sup>f</sup>	۳۴/۷۵ <sup>d</sup>	۶۷/۵۱ <sup>b</sup>	۱۰	
۱۶۶/۳ <sup>c</sup>	۱۳/۸ <sup>a</sup>	۳۷/۰۶ <sup>b</sup>	۶۸/۸۷ <sup>a</sup>	۱۵	
۱۵۴/۷ <sup>ef</sup>	۱۲/۵ <sup>h</sup>	۳۴/۱ <sup>d</sup>	۶۰/۸۲ <sup>g</sup>	۰	۱۵
۱۶۰/۴ <sup>d</sup>	۱۳/۲۵ <sup>d</sup>	۳۶/۱ <sup>c</sup>	۶۲/۶۵ <sup>e</sup>	۵	
۱۷۷/۵ <sup>a</sup>	۱۳/۴۵ <sup>c</sup>	۳۷/۶۳ <sup>b</sup>	۶۴/۶۹ <sup>d</sup>	۱۰	
۱۷۲/۰ <sup>b</sup>	۱۳/۷۳ <sup>b</sup>	۳۹/۳ <sup>a</sup>	۶۴/۹۹ <sup>d</sup>	۱۵	

\* اعداد هر ستون در هر تیمار که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح پنج درصد با هم اختلاف معنی داری ندارند.



جدول ۷: مقایسه میانگین دو سالانه برهمکنش رقم، آهن و سیتوکلین بر میزان تجمع عناصر آهن، روی و منگنز دانه و محصول دانه با استفاده از آزمون دانکن

محصول دانه	هاشم										تیمار
	آزاد					محصودانه*					
	منگنز	روی	آهن	منگنز	روی	آهن	منگنز*	روی*	آهن*	سیتوکلین	
۱۴۱/۱ <sup>h</sup>	۱۰/۸ <sup>d</sup>	۲۶/۱ <sup>c</sup>	۵۰/۵ <sup>c</sup>	۱۱/۵ <sup>c</sup>	۲۵/۴ <sup>g</sup>	۶۳/۳ <sup>cd</sup>	۱۲۲/۴ <sup>f</sup>	۱۰/۷ <sup>c</sup>	۲۶/۵ <sup>e</sup>	۵۸/۳ <sup>***</sup>	۰
۱۴۳ <sup>g</sup>	۱۱/۵ <sup>c</sup>	۲۸/۴ <sup>d</sup>	۴۹/۹ <sup>f</sup>	۱۱/۸ <sup>c</sup>	۲۹/۶ <sup>f</sup>	۶۴/۰ <sup>c</sup>	۱۲۷/۱ <sup>f</sup>	۱۱/۴ <sup>d</sup>	۲۸/۶ <sup>i</sup>	۶۰/۳ <sup>i</sup>	۵
۱۴۴/۸ <sup>f</sup>	۱۱/۹ <sup>c</sup>	۳۱/۶ <sup>bc</sup>	۵۱/۳ <sup>de</sup>	۱۲/۶ <sup>d</sup>	۳۱/۶ <sup>e</sup>	۶۴/۵ <sup>c</sup>	۱۲۸/۴ <sup>f</sup>	۱۲/۰ <sup>c</sup>	۳۲/۱ <sup>g</sup>	۶۲/۶ <sup>h</sup>	۱۰
۱۴۹/۹ <sup>f</sup>	۱۲/۴ <sup>b</sup>	۳۲/۳ <sup>bc</sup>	۵۲/۸ <sup>d</sup>	۱۲/۵ <sup>d</sup>	۳۲/۸ <sup>e</sup>	۶۴/۸ <sup>c</sup>	۱۵۲/۶ <sup>d</sup>	۱۲/۷ <sup>c</sup>	۳۳/۸ <sup>f</sup>	۶۳/۳ <sup>h</sup>	۱۵
۱۲۴/۹ <sup>qr</sup>	۱۱/۷ <sup>c</sup>	۲۹/۳ <sup>d</sup>	۵۰/۶ <sup>c</sup>	۱۱/۵ <sup>c</sup>	۲۸/۴ <sup>h</sup>	۷۱/۵ <sup>a</sup>	۱۵۰/۶ <sup>d</sup>	۱۰/۹ <sup>c</sup>	۳۱/۹ <sup>h</sup>	۶۴/۶ <sup>g</sup>	۰
۱۴۸/۱ <sup>f</sup>	۱۲/۱ <sup>b</sup>	۳۰/۱ <sup>c</sup>	۵۰/۸ <sup>c</sup>	۱۲/۶ <sup>d</sup>	۲۹/۹ <sup>f</sup>	۶۳/۱ <sup>cd</sup>	۱۵۵ <sup>c</sup>	۱۲/۰ <sup>c</sup>	۳۴/۹ <sup>e</sup>	۶۵/۶ <sup>f</sup>	۵
۱۵۹ <sup>d</sup>	۱۲/۶ <sup>b</sup>	۳۱/۷ <sup>bc</sup>	۵۲/۹ <sup>d</sup>	۱۳/۷ <sup>ab</sup>	۳۱/۷ <sup>c</sup>	۶۴/۹ <sup>c</sup>	۱۵۷ <sup>c</sup>	۱۳/۶ <sup>b</sup>	۳۵/۴ <sup>d</sup>	۶۶/۹ <sup>e</sup>	۱۰
۱۶۴ <sup>c</sup>	۱۳/۱ <sup>a</sup>	۳۳/۴ <sup>b</sup>	۵۳/۴ <sup>d</sup>	۱۴/۶ <sup>a</sup>	۳۱/۶ <sup>e</sup>	۶۴/۳ <sup>c</sup>	۱۶۴/۵ <sup>bc</sup>	۱۲/۵ <sup>c</sup>	۳۶/۰ <sup>d</sup>	۶۸/۰ <sup>d</sup>	۱۵
۱۴۹ <sup>f</sup>	۱۱/۳ <sup>c</sup>	۲۸/۴ <sup>d</sup>	۶۰/۰ <sup>b</sup>	۱۲/۳ <sup>d</sup>	۲۹/۶ <sup>f</sup>	۶۴/۳ <sup>c</sup>	۱۴۴/۹ <sup>e</sup>	۱۱/۵ <sup>d</sup>	۳۴/۳ <sup>c</sup>	۷۰/۳ <sup>c</sup>	۰
۱۵۲/۶ <sup>c</sup>	۱۲/۱ <sup>b</sup>	۳۳/۳ <sup>b</sup>	۶۱/۳ <sup>b</sup>	۱۲/۷ <sup>d</sup>	۳۱/۶ <sup>e</sup>	۶۶/۶ <sup>b</sup>	۱۵۷/۴ <sup>c</sup>	۱۲/۰ <sup>c</sup>	۳۵/۳ <sup>d</sup>	۷۱/۹ <sup>ab</sup>	۵
۱۵۸/۶ <sup>d</sup>	۱۲/۷ <sup>b</sup>	۳۴/۰ <sup>ab</sup>	۶۲/۳ <sup>ab</sup>	۱۳/۸ <sup>b</sup>	۳۳/۷ <sup>d</sup>	۶۶/۵ <sup>b</sup>	۱۶۹/۲ <sup>b</sup>	۱۲/۵ <sup>c</sup>	۳۶/۵ <sup>cd</sup>	۷۲/۷ <sup>ab</sup>	۱۰
۱۷۰/۳ <sup>b</sup>	۱۳/۴ <sup>a</sup>	۳۵/۳ <sup>a</sup>	۶۴/۹ <sup>a</sup>	۱۴/۳ <sup>ab</sup>	۳۶/۶ <sup>bc</sup>	۶۹/۱ <sup>a</sup>	۱۶۷/۵ <sup>b</sup>	۱۳/۷ <sup>b</sup>	۳۹/۱ <sup>bc</sup>	۷۲/۶ <sup>a</sup>	۱۵
۱۷۱ <sup>ab</sup>	۱۲/۶ <sup>b</sup>	۳۰/۷ <sup>c</sup>	۵۵/۴ <sup>c</sup>	۱۲/۱ <sup>d</sup>	۳۵/۹ <sup>c</sup>	۶۱/۱ <sup>d</sup>	۱۴۴/۵ <sup>e</sup>	۱۳/۱ <sup>b</sup>	۳۵/۷ <sup>d</sup>	۶۵/۹ <sup>f</sup>	۰
۱۷۲/۷ <sup>ab</sup>	۱۲/۷ <sup>b</sup>	۳۳/۴ <sup>b</sup>	۵۷/۴ <sup>c</sup>	۱۳/۶ <sup>c</sup>	۳۶/۵ <sup>bc</sup>	۶۱/۹ <sup>d</sup>	۱۴۸ <sup>de</sup>	۱۳/۷ <sup>b</sup>	۳۸/۴ <sup>c</sup>	۶۸/۷ <sup>d</sup>	۵
۱۷۹/۶ <sup>a</sup>	۱۳/۱ <sup>a</sup>	۳۴/۴ <sup>ab</sup>	۶۱/۸ <sup>b</sup>	۱۳/۱ <sup>c</sup>	۳۸/۵ <sup>b</sup>	۶۰/۷ <sup>de</sup>	۱۷۸/۷ <sup>a</sup>	۱۴/۱ <sup>a</sup>	۳۹/۹ <sup>ab</sup>	۷۱/۶ <sup>b</sup>	۱۵
۱۷۹/۶ <sup>a</sup>	۱۳/۷ <sup>ab</sup>	۳۶/۴ <sup>a</sup>	۶۴/۶ <sup>a</sup>	۱۳/۷ <sup>b</sup>	۴۰/۷ <sup>a</sup>	۵۹/۳ <sup>e</sup>	۱۶۵/۹ <sup>b</sup>	۱۳/۷ <sup>b</sup>	۴۰/۷ <sup>a</sup>	۷۱/۱ <sup>b</sup>	۱۵

\* اعداد هر ستون در هر تیمار که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح پنج درصد با هم اختلاف معنی داری ندارند.

\* اعداد مربوط به عناصر آهن، روی، منگنز و سیتوکلین در جدول بر حسب میلی گرم در لیتر و محصول دانه بر حسب گرم در متر مربع نشان داده شده است.

## بحث

در این بررسی ارقام اصلاح شده میزان تجمع آهن بیشتری در دانه داشتند که به نظر می‌رسد این مسئله می‌تواند به‌عنوان یکی از اهداف برنامه‌های اصلاحی مطرح شود. با افزایش غلظت آهن، میزان تجمع این عنصر در دانه افزایش و در تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر به حداکثر رسید و سپس کاهش یافت، در حالی که با افزایش غلظت سیتوکنین، این روند کاملاً صعودی بود. طبق نتایج جدول ۳ به نظر می‌رسد ارقام در جذب آهن با یکدیگر متفاوتند. طباطبایی و همکاران (۱۳۹۰) اثرات دو غلظت آهن در محلول غذایی شامل ۵ (کمبود آهن) و ۵۰ (کفایت آهن) میکرومولار از ترکیب Fe EDTA را روی محصولات زراعی مختلف شامل ذرت دانه ای (ارقام هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ و ۴۰۳)، ذرت شیرین (رقم الینر) و گلرنگ (ارقام اراک ۲۸۱۱ و کوسه) آزمایش نمودند. با کاهش غلظت آهن در محلول غذایی، محتوای کل آهن در محصولات زراعی مورد بررسی بجز ذرت شیرین و گلرنگ (رقم کوسه) کاهش یافت که بیشترین میزان کاهش محتوای آهن مربوط به ذرت دانه‌ای (رقم سینگل کراس ۷۰۴) با میانگین ۸۹ درصد بود. نصیری و همکاران (۱۳۹۲) در محلول پاشی بایون آلمانی با سولفات آهن، مشاهده کردند که محلول پاشی باعث افزایش غلظت آهن در بخش هوایی گیاه به میزان ۱/۸۰ و ۱/۶۵ درصد در مراحل ساقه‌دهی و گلدهی نسبت به شاهد گردید.

طبق نتایج بدست آمده در این پژوهش با افزایش مصرف هورمون، درصد تجمع دانه در کلیه ارقام مورد آزمایش روندی صعودی داشت ولی ارقام اصلاح شده هاشم و آزاد واکنش بهتری نشان دادند. با توجه به اصلاح ارقام جدید جهت تولید بیشتر در شرایط مصرف زیاد عناصر غذایی (Nooden et al., 1990) تجمع بیشتر آهن در دانه ارقام اصلاح شده هاشم و

آزاد قابل توجه است. با توجه به همبستگی مثبت بین مصرف سیتوکنین با تأخیر در پیری و همچنین همبستگی بالای بین غلظت سیتوکنین موجود در ریشه و اندام‌های هوایی و رشد قابل ملاحظه اندام‌های هوایی (Lilov and Andonova, 2012) سیتوکنین از طریق افزایش دوره و میزان رشد می‌تواند بر میزان تجمع عناصر در دانه مؤثر باشد.

Ali و همکاران (۲۰۱۴) دریافتند که مصرف ۵/۱ درصد آهن در دو مرحله گلدهی و شاخه دهی باعث افزایش مقدار آهن در برگ، ساقه و دانه گاوآنه گردید. Jin و همکاران (۲۰۰۶) و Karaman و همکاران (۱۹۹۷) نیز افزایش مقدار آهن در اندام‌های گیاهان شبدر و لویزا را گزارش کردند. همچنین Pehlivan-Rad و Pessarakli (۲۰۰۹) به افزایش ۲۱ درصدی آهن در دانه گندم را در اثر محلول‌پاشی این عنصر اشاره نمودند.

طبق نتایج بدست آمده واکنش ارقام به افزایش غلظت عنصر روی متفاوت بود. رقم هاشم با وجودی که بالاترین میزان تجمع روی در دانه در غلظت‌های مختلف آهن را دارا بود ولی تغییرات زیادی داشت. درحالی که توده محلی با وجود واکنش نه چندان مثبت به افزایش غلظت عنصر روی از ثبات بیشتری برخوردار بود. به نظر می‌رسد واکنش پذیری بالای ارقام اصلاح شده به مصرف بیشتر عناصر غذایی دلیل این امر باشد.

با توجه به برهمکنش منفی آهن و روی (ملکوتی، ۱۳۸۳)، انتظار می‌رفت که مصرف آهن باعث کاهش غلظت روی در گیاه گردد اما در غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر تجمع روی در دانه افزایش یافت که این وضعیت احتمالاً به خاطر اثر هم افزایی هورمون سیتوکنین با آهن بوده که جذب روی توسط گیاه را تسهیل نموده است.

توسط Pazurkiewicz-kocot و همکاران (۲۰۱۱) با افزایش غلظت کیتین، تجمع منگنز در برگ‌های ذرت روند نزولی داشت. Wierzbowska و Nowak (۲۰۰۲) اظهار داشتند که تنظیم‌کننده‌های رشد بر جذب منگنز در قسمت‌های رویشی و دانه موثرتر از کودهای معدنی می‌باشند.

تحقیقات نشان داده است تفاوت رقم‌ها همانند محیط و طول دوره رشد فاکتور مهمی است که بر رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارد (Khattak et al., 2006). هورمون سیتوکینین به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد و نمو نقش مهمی در جلوگیری از پیری اندام‌ها و تحرک مواد غذایی دارد (Argueso et al., 2009).

Zulkarnain و همکاران (۲۰۱۳) اثر هورمون سیتوکینین بر گیاه برنج را در سه تیمار آبیاری غرقابی، شرایط اشباع و شرایط اشباع با مصرف ۲۰ میلی‌گرم در لیتر سیتوکینین در چهار مرحله رشدی را مطالعه کردند. نتایج نشان داد که مصرف سیتوکینین باعث افزایش تعداد پنجه، تعداد سنبله و در نهایت محصول دانه گردید. Fatima و همکاران (۲۰۰۸) اثر هورمون‌های رشد اکسین، آبسیزیک اسید و کیتین را بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد نخود در دو حالت اسپری و خیساندن بذر در محلول هورمون بررسی نمودند. نتایج حاکی از افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی در هر دو حالت اسپری و خیساندن بذر در کیتین و افزایش وزن دانه در حالت خیساندن بذر در کیتین بود. طبق گفته این محققان حداکثر وزن دانه در تیمار کیتین ممکن است به علت حرکت اسمیلات‌ها از قسمت‌های رویشی به زایشی باشد. مصرف همزمان سطوح بالای آهن و سیتوکینین بیشترین تأثیر را بر این صفات داشته و شاید با توجه به نقش مکملی آهن و سیتوکینین در رشد و توسعه گیاه و اجزای عملکرد این نتیجه قابل توجه باشد. Dwivedi و همکاران (۲۰۱۳) نیز با بررسی اثر سیتوکینین بر

حمزه‌پور و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی برهمکنش روی، آهن و منگنز در ارقام گندم گزارش کردند که مصرف آهن باعث شد غلظت روی در ریشه گندم افزایش ولی در خوشه و ساقه کاهش یابد. Tiwari و همکاران (۲۰۱۳) با مطالعه روابط روی و آهن به این نتیجه رسیدند که مصرف هریک از این دو عنصر، باعث کاهش غلظت دیگری می‌شود. De Oliveira و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان دادند که مقدار تجمع روی در اندام‌های هوایی تحت اثر منابع مختلف سیتوکینین قرار گرفت و تفاوت آنها نسبت به شاهد معنی دار بود. در این بررسی زآتین با میانگین ۱۲۹ میلی‌گرم در کیلوگرم بیشترین مقدار تجمع روی در گیاه را داشت. با توجه به وجود برهمکنش بین سیتوکینین، مواد معدنی و رشد، این احتمال وجود دارد که سیتوکینین به صورت مستقیم بر رشد اثر گذاشته و ترجیحاً از این طریق جذب مواد غذایی را افزایش داده است.

در مطالعه حمزه‌پور و همکاران (۱۳۸۹)، مصرف آهن باعث کاهش غلظت منگنز در خوشه و ساقه و افزایش آن در ریشه گردید. در حالی که در تحقیق Soni و همکاران (۲۰۰۱) مصرف آهن اثر مثبتی بر غلظت منگنز در دانه گندم داشت، به نظر می‌رسد تأثیر آهن بر جذب منگنز به pH خاک و میزان منگنز موجود در ریشه گیاه بستگی داشته باشد.

Argueso و همکاران (۲۰۰۹) و Kuiper (۱۹۸۸) نشان دادند که در بیشتر موارد زیادی آهن موجب کاهش منگنز در گیاه می‌شود. به نظر می‌رسد در این تحقیق، سیتوکینین تا حدودی اثر برهمکنش منفی آهن بر منگنز را کاهش داد. Bowszys و Wierzbowska (۲۰۰۸) در بررسی اثر هورمون‌های گیاهی بر جذب و تجمع عناصر ریزمغذی در گندم بهاره به این نتیجه رسیدند که کیتین باعث افزایش ۱۱ درصد منگنز در دانه نسبت به شاهد گردید. در تحقیق انجام شده

و فرآوری محصولات زراعی و باغی. سال ۵. شماره ۱۶. صفحات ۱۵۱-۱۴۳.

حمزه پور، ن.، ملکوتی، م.ج. و مجیدی، ع. (۱۳۸۹). برهمکنش عناصر روی، آهن و منگنز در اندام های مختلف گندم. مجله پژوهش های خاک (علوم خاک و آب). جلد ۲۴. شماره ۱. صفحات ۸-۱.

حمزه ئی، ج. و سیدی، م. (۱۳۹۱). واکنش سه رقم نخود به تاریخ های مختلف کاشت تحت شرایط دیم در منطقه همدان. ویژه نامه نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. صفحات ۹۴-۸۳.

طباطبایی، س.س.، رزازی، ع.، خوش گفتارمثنی، ا.ح.، خدائیان، ن.، مهربانی، ز.، عسگری، ا.، فتحیان، ش. و رمضانزاده، ف. (۱۳۹۰). تأثیر کمبود آهن بر غلظت، جذب و انتقال نسبی آهن، روی و منگنز در برخی محصولات زراعی با کارایی مختلف در شرایط آب کشت. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۵. شماره ۴. صفحات ۷۳۵-۷۲۸.

فرشادفر، م. و بخشی خانیکی، غ.ر. (۱۳۸۸). مبانی بیوتکنولوژی و کشت بافت گیاهی. انتشارات دانشگاه پیام نور. صفحه ۲۲۶.

ملکوتی، م.ج. (۱۳۸۳). تغذیه متعادل گندم راهی به سوی خودکفایی در کشور و تامین سلامت جامعه (مجموعه مقالات)، چاپ دوم. تهران. نشر آموزش کشاورزی، به سفارش مجری طرح گندم وزارت جهاد کشاورزی. صفحه ۵۴۴.

موسیوند، م.، خورگامی، ع. و رفیعی، م. (۱۳۸۸). بررسی تاثیر غلظت آهن، بر رشد و اجزا عملکرد در ژنوتیپ های مختلف سویا. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی. سال ۱. شماره ۴. صفحات ۴۵-۳۵.

روی ارقام گندم دریافتند که مصرف این هورمون باعث افزایش عملکرد دانه ارقام گندم گردید. در این بررسی ارقام حساس به تنش خشکی حدود ۷ درصد و ارقام مقاوم به خشکی حدود ۴ درصد افزایش عملکرد دانه داشتند. همچنین Kobraee و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی اثر کودهای ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا دریافتند که مصرف آهن در سطح ۲۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش عملکرد دانه سویا گردید. در تحقیق فوق افزایش مقدار کود آهن هرچند عملکرد دانه را کاهش داد ولی با سطح مصرف قبلی در یک گروه آماری بود.

### نتیجه گیری نهایی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد افزایش مصرف آهن و هورمون سیتوکینین، سبب شد تجمع عناصر روی و منگنز در دانه کاهش یابد. ارقام هاشم و آزاد در غلظت های ۵ میلی گرم در لیتر آهن و سیتوکینین با میانگین ۷۵/۴۰ میلی گرم در کیلوگرم بیشترین درصد روی در دانه را داشتند، اما رقم آزاد در تیمار عدم مصرف آهن و مصرف ۵ میلی گرم در لیتر سیتوکینین با میانگین ۲۸/۱۴ میلی گرم در کیلوگرم بیشترین میزان تجمع عنصر منگنز را دارا بودند. در مجموع استفاده از عنصر آهن و هورمون سیتوکینین علاوه بر افزایش محصول، باعث افزایش میزان عناصر ریزمغذی که نقش بالایی در کیفیت محصول و ارتقاء نقش تغذیه ای آن دارند گشت.

### منابع

شیرانی، ب.، خدامباشی، م.، فلاح، س. و دانش شهرکی، ع. (۱۳۹۴). اثر محلول پاشی نیتروژن، روی و منگنز بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه نخود در دو فصل کاشت. مجله تولید

- development in *Annona glabra* L. Science Agrotechnology Lavras. 34(6): 1439-1445.
- Dwivedi, S.K., Arora, A., Singh, S.D., Singh, G.P., Nagar, and Kumar, S. (2013).** PGRs improve carbohydrate metabolism and yield attributes in wheat (*Triticum aestivum* L.) under water deficit condition. Journal of Wheat Research. 5 (2): 12-17.
- Fatima, Z., Aslam, M. and Bano, A. (2008).** Chickpea nitrogen fixation increases production of subsequent wheat in rain red system. Pakistan Journal of Botany. 40(1): 369-376.
- Howell, S.H., S. Lall, S. and Che, P. (2003).** Cytokinins and shoot development trends. Plant Science. 8: 453-459.
- Jin, W.C., He, Y.F., Tang, C. X., Wu, P. and Zheng, S.J. (2006).** Mechanisms of microbially enhanced Fe acquisition in red clover (*Trifolium pretense* L.). Plant Cell and Environment. 29: 888-897.
- Karaman, M.R., Brohi, A.R., Inal, A. and Taban, S. (1997).** Effect of iron and zinc applications on growth and on concentration of mineral nutrients of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in artificial siltation soils. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 23: 341-348.
- Khattak, S.G., Khan, D.F., Shah, S.H., Madani, M.S. and Khan, T. (2006).** Role of rhizobial inoculation in the production of Chickpea. Crop Soil and Environment. 25(2): 143-145.
- Kobraee, S., Shamsi, K. and Rasekhi, B. (2011).** Effect of micronutrients application on yield and yield components of Soybean. Annals of Biological Research. 2(2):476-482.
- Kuiper, D. (1988).** Growth responses of *Platango major* ssp. *pleiosperma* (Pilger) to changes in mineral supply: Evidence for regulation by cytokinins. Plant Physiology. 87: 555-557.
- Lilov, D. and Andonova, T. (2012).** Cytokinins, growth, flower and fruit formation in *Vitis vinifera*. Vitis. 15: 160-170.
- Lucena, J.I. (2000).** Effects of bicarbonate, nitrate and other environmental factors on Iron deficiency chlorosis: a review. Journal of Plant Nutrition. 23(11-12): 21-24.
- Malakouti, M.J. (2008).** The effect of micronutrients in ensuring efficient use of macronutrients. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 32: 215-220.
- Ng, P.P., Cole, A.L., Jameson, P.A. and Mcwha, J.A. (2012).** Cytokinin production by ectomycorrhizal fungi. New Phytologist. 91: 57-62.
- مومنی، ف. (۱۳۹۰). بررسی اثر آبیاری تکمیلی بر خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی نخود (*Cicer arietinum* L.) در سطوح مختلف پتاسیم و روی. پایان نامه کارشناسی ارشد. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه رازی. صفحه ۱۱۳.
- وزیری کته شوری، س.، دانشور، م.، سهرابی، ا. و نظریان فیروز آبادی، ف. (۱۳۹۲). تاثیر مقادیر مختلف فسفر و محلول پاشی آهن و روی بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) مجله به زراعی کشاورزی. سال پانزدهم، شماره ۲. صفحات ۳۰-۱۷.
- موسوی، س.ک.، احمدی، ع.ر. و قربانی، ر. (۱۳۸۸). اثر تاریخ و تراکم کاشت بر صفات مورفولوژیکی و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) و جمعیت علف‌های هرز در شرایط دیم استان لرستان. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. شماره ۱. صفحات ۲۵۵-۲۴۱.
- نصیری، ی.، زهتاب سلماسی، س.، نصراله‌زاده، ص.، قاسمی گل‌عذانی، ک.، نجفی، ن. و جوانمرد، ع. (۱۳۹۲). ارزیابی اثر محلول‌پاشی سولفات آهن و روی بر عملکرد گل و غلظت عناصر غذایی در بخش هوایی بایونیه آلمانی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. جلد ۲۳. شماره ۳. صفحات ۱۰۵-۱۱۵.
- Ali, B., Ali, A., Tahir, M. and Ali, S. (2014).** Growth, seed yield and quality of mungbean as influenced by foliar application of Iron Sulfate. Pakistan Journal of Life Society Science. 12(1): 20-25.
- Argueso, C.T., Ferreira, F.J. and Kieber, J.J. (2009).** Environmental perception avenues: the interaction of cytokinin and environmental response pathways. Plant, Cell and Environment. 32: 1147-1160.
- De Oliveira, L.M., Paiva, R. and De Santana, J.R.F. (2010).** Effects of cytokinins on in vitro mineral accumulation and bud

- Nooden, L.D., Singh, S. and Lethevn, D.S. (1990).** Correlation of xylem sap cytokine levels with monocarpic senescence in soybean. *Plant Physiology*. 93: 33-39.
- Pahlavan-Rad, M.R. and Pessarakli, M. (2009).** Response of wheat plants to zinc, iron, and manganese applications and uptake and concentration of zinc, iron, and manganese in Wheat grains. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 40: 1322-1332.
- Pazurkiewicz-kocot, K., Kita, A. and Haduch, A. (2011).** The effect of kinetin on the chlorophyll pigments content in leaves of *Zea mays* L. seedlings and accumulation of some metal ions. *Inzynieria Ochrona Srodowiska*. 14 (4): 397-409.
- Pingoliya, K.K., Dotaniya, M.L. and Lata, M. (2014).** Effect of iron on yield, quality and nutrient uptake of chickpea. *African Journal of Agriculture Research*. 9(37): 2841-2845.
- Ravi, S., Channal, H.T., Hebsur, N.S., Patil, B.N. and Dharamtti, P.R. (2008).** Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Karnataka Journal of Agriculture of Science*. 21: 382-385.
- Soni, M.L., Swarup, A. and Singh, M. (2001).** Influence of manganese and iron application on yield and manganese and iron nutrition of Wheat in a reclaimed sodic soil. *Current Agriculture*. 25: 73-77.
- Tiwari, K.N. and Pathak, A.N. (2013).** Studies on Fe-Zn interrelationships in Rice under flooded and unflooded condition. *Journal Plant Nutrition*. 5 (4-7): 741-742.
- Wierzbowska, J. and Bowszys, T. (2008).** Effect of growth regulators applied together with different phosphorus fertilization levels on the content and accumulation of potassium, magnesium and calcium in spring Wheat. *Journal of Elementol*. 13(3): 411-422.
- Wierzbowska, J. and Nowak, G.A. (2002).** The influence of growth regulators and increasing doses of nitrogen on the phosphorus and potassium management of spring Wheat. *Poland Journal and Nature Science*. 12(3): 7-19.
- Zulkarnain, W.M., Ismail, M.R., Saud, H.M., Othman, R., Habib S.H. and Kausar, H. (2013).** Effect of synthetic cytokine precursor on growth and yield of Rice under limited water. *Journal of Food Agriculture and Environmental*. 11(2): 372-375.