اثر میزان درونی روی بذر و محلول‌پاشی سولفات‌روی بر عملکرد و ترکیبات ذخیره‌ای دانه گندم

مجید عبدلی[۱]، عزت‌اله اسفندیاری*[۲]، سید بهمن موسوی[۳]، بهزاد صادق‌زاده[۴] و محسن سعیدی[۵]

۱) دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.
۲) دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.
۳) دانشیار گروه خاکشناسی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.
۴) استادیار مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مراغه، ایران.
۵) استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

* **نویسنده مسئول:** Esfand1977@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۲/۰۱ **تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۴/۱۶**

چکیده

به منظور بررسی اثر محتوای درونی روی بذر و محلول‌پاشی سولفات‌روی بر عملکرد و کیفیت دانه گندم نان رقم کوهدشت این تحقیق به‌صورت گلدانی در سال ۱۳۹۳ در دانشگاه مراغه انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول میزان درونی روی بذر که شامل بذور با روی کم (۱۹۹ نانوگرم روی در بذر) و بذور با روی زیاد (۵۹۵ نانوگرم روی در بذر) و فاکتور دوم محلول‌پاشی سولفات‌روی شامل بدون محلول‌پاشی (شاهد) و محلول‌پاشی با غلظت دو گرم بر لیتر در مراحل ساقه‌دهی و آغاز پر شدن دانه بودند. نتایج نشان داد که محتوای روی بیش‌تر بذر اثر معنی‌داری در سطح پنج درصد بر درصد سبز شدن، عملکرد دانه و شاخص برداشت داشت، اما اثر این تیمار بر صفات زیست‌توده تولیدی، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه بارور و غلظت عناصر کم‌نیاز دانه معنی‌دار نبود. محلول‌پاشی سولفات‌روی نیز بر عملکرد دانه، زیست‌توده، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه بارور و ارتفاع بوته معنی‌دار بود که به ترتیب باعث افزایش ۵۸/۳، ۴۶، ۷۸/۶، ۲۶/۱ و پنج درصدی صفات فوق نسبت به شاهد (عدم محلول‌پاشی) گردید و هم‌چنین سبب افزایش ۱۸/۵ و ۳۳/۲ درصدی غلظت عناصر روی و منگنز در دانه گندم شد اما اثر معنی‌داری بر غلظت آهن و مس نداشت. محلول‌پاشی سولفات‌روی هر چند سبب کاهش ۲۴/۷ درصدی میزان اسیدفیتیک در دانه شد ولی از لحاظ آماری تفاوتی با عدم محلول‌پاشی نداشت.

واژه‌های کلیدی: اسیدفیتیک، خاک آهکی و عملکرد دانه.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.8.9]

مقدمه

گیاهان در طول دوره رشد و نمو خود تحت اثر انواع مختلف تنش‌های زیستی و غیرزیستی قرار می‌گیرند که از بین تنش‌های غیرزیستی می‌توان به کمبود عناصر ریزمغذی به ویژه در خاک‌های آهکی اشاره کرد. کمبود عنصر روی یکی از مهم‌ترین و گسترده‌ترین کمبود عناصر ریزمغذی در دنیا می‌باشد (Cakmak, 2008). طبق گزارش Malakouti (۲۰۰۷) بالغ بر ۶۰ درصد اراضی ایران به درجات مختلف کمبود روی مبتلا بوده و این عامل باعث کاهش ۵۰ درصدی عملکرد محصولات می‌شود. اگرچه نیاز گیاهان به عنصر روی اندک است ولی اگر مقدار کافی از این عنصر در دسترس نباشد گیاهان از تنش‌های فیزیولوژیکی حاصل از ناکارآمدی سیستم‌های متعدد آنزیمی و دیگر اعمال متابولیکی مرتبط با روی رنج خواهند برد (Sadeghzadeh, 2013). از دلایل کمبود این عنصر می‌توان به آهکی بودن خاک‌ها، بی‌کربناتی بودن آب آبیاری، پایین بودن مواد آلی خاک و مصرف بی‌رویه کودهای فسفاتی اشاره کرد، که برآیند این عوامل موجب کمبود روی در گیاه، کاهش عملکرد و افت ارزش تغذیه‌ای محصولات تولیدی (به خاطر افزایش میزان اسیدفیتیک) و در نهایت سبب بروز کمبود روی در جامعه انسانی که از این محصولات استفاده می‌کنند، می‌شود. امروزه کمبود این عنصر در بین مردم کشورهای در حال توسعه مانند ایران به عنوان یک مشکل عمومی مطرح است. به‌طوری‌که بیش از دو میلیارد نفر از مردم این کشورها و به‌طورکلی تقریباً یک سوم جمعیت جهان از کمبود روی رنج می‌برند (Alloway, 2009). باتوجه به اینکه روی در ساختار نزدیک به ۳۰۰ آنزیم نقش کوفاکتوری ایفا می‌کند پس کمبود آن سبب ضعف سیستم ایمنی بدن، کوتاهی قد افراد، ریزش مو، ناباروری و کاهش ضریب هوشی افراد جامعه می‌گردد (Rosado, 2003; Hotz and Brown, 2004). سازمان بهداشت جهانی[1] (۲۰۰۲) برآورد نموده‌است که به‌طور میانگین کمبود روی عامل مرگ ۸۰۰ هزار انسان در سال می‌باشد و کمبود این عنصر را پنجمین عامل مرگ و میر در کشورهای در حال توسعه اعلام کرده‌است (White and Broadley, 2009). امروزه محققان متعددی بهترین روش مقابله با کمبود ریزمغذی‌ها را غنی‌سازی زیستی[2] می‌دانند که قادر است با افزایش عملکرد کمی و کیفی گندم امنیت غذایی را بهبود بخشد (Mayer *et al*., 2008; Khoshgoftar-manesh *et al*., 2010; Abdoli *et al*., 2014). با توجه به مزیت‌های یاد شده، امروزه این روش در کشورهای متعددی مانند ترکیه، پاکستان، هند، استرالیا و برخی دیگر از کشورها با هدف کاهش سوء تغذیه و تقویت سیستم ایمنی و بهبود سلامت جامعه در حال اجرا می‌باشد. تاکنون تحقیقات متعددی در ارتباط با اثر محتوای روی بذر و روش‌های مختلف کاربرد روی بر عملکرد کمی و کیفی گندم صورت گرفته‌است (ثواقبی‌فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۸۲؛ استیری و همکاران، ۱۳۹۳؛ Yilmaz *et al*., 1998). به‌طوری‌که، اثر محلول‌پاشی عناصر کم نیاز به ویژه روی و در نتیجه افزایش میزان آن در

[1] World Health Organization (WHO)
[2] Biofortification

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.8.9]

بذر سبب توسعه بهتر و بیش‌تر ریشه در مدت زمان جوانه‌زنی می‌شود (برانی دستجردی و همکاران، ۱۳۹۴). زیرا مقدار زیاد این عنصر در بذر طی مدت جوانه‌زنی باعث افزایش فعالیت‌های متابولیسمی جهت تفکیک سلول‌ها می‌شود. از طرف دیگر سبب حفاظت گیاهچه‌های جوانه‌زده در برابر بیماری‌های خاکزی و افزایش تحمل نسبت به تنش‌های محیطی می‌شود. Yilmaz و همکاران (۱۹۹۸) و ثواقبی‌فیروزآبادی و همکاران (۱۳۸۲) با تحقیق بر گیاه گندم اظهار کردند که عملکرد بوته‌های حاصل از بذور محتوای روی بالا، بیش از بذور با روی کم‌تر است. هم‌چنین برخی از محققان گزارش کردند که مصرف کودهای شیمیایی حاوی روی توانست ضمن افزایش میزان عملکرد دانه، میزان روی موجود در دانه را افزایش دهد که برآیند آن کاهش اسیدفیتیک دانه و افزایش عملکرد کیفی گندم تولید شده بود (ثواقبی‌فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۸۲؛ کدخدایی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Hussain *et al*., 2013). مارالیان و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کردند که محلول‌پاشی آهن و روی با غلظت سه در هزار توأم در مراحل پنجه‌زنی، سنبله‌دهی و پر شدن دانه‌ها سبب بهبود صفات زراعی (مانند تعداد پنجه، تعداد پنجه بارور و عملکرد دانه) و افزایش کیفیت دانه (به ویژه میزان پروتئین، روی، آهن و منگنز) گردید، که احتمالاً به دلیل اثر عنصر روی بر کلروفیل برگ و هورمون ایندول‌استیک‌اسید می‌باشد که با افزایش میزان رنگیزه‌ها، فتوسنتز بهبود می‌یابد و در نهایت موجب تولید ماده خشک و عملکرد بیش‌تر می‌شود. از طرف دیگر عنصر روی در گندم باعث تسهیل جریان کربوهیدرات‌ها از برگ و ساقه به دانه و در نهایت باعث بالارفتن کیفیت دانه نیز می‌شود. از دیگر مزایای مصرف روی، می‌توان به کاهش تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی و افزایش کارایی جذب نیتروژن و فسفر اشاره کرد که برآیند این عوامل سبب بهبود عملکرد کمی و کیفی طی مصرف روی در محصولات زراعی می‌شود (Krishna, 1995; Malakouti, 2008). بای‌بوردی و طهرانی (۱۳۸۹) نیز اثر مثبت مصرف خاکی و محلول‌پاشی روی را بر عملکرد کمی و کیفی گندم گزارش کرده‌اند. باتوجه به موارد یاد شده و نقش مهم گندم در تأمین انرژی مورد نیاز مردم کشور و درصد بالای خاک‌های آهکی در ایران به همراه اثر منفی بالا بودن میزان اسیدفیتیک و نسبت مولی اسیدفیتیک به روی، در این آزمایش سعی شده‌است اثر کاربرد برگی روی و محتوای روی بذر بر عملکرد کمی و کیفی گندم نان در خاک آهکی بررسی شود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر محتوای درونی روی بذر و محلول‌پاشی سولفات‌روی بر عملکرد و کیفیت دانه گندم نان رقم بهاره کوهدشت، این آزمایش در فضای آزاد به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳ در دانشگاه مراغه انجام شد. در این آزمایش فاکتور اول محتوای روی بذر شامل ۱۹۹ و ۵۹۵ نانوگرم روی در بذر (به ترتیب به عنوان مقادیر کم و زیاد روی بذر در نظر گرفته شد) و فاکتور دوم محلول‌پاشی سولفات‌روی شامل بدون محلول‌پاشی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.8.9]

(شاهد) و محلول‌پاشی با غلظت دو گرم بر لیتر از منبع $ZnSO_4.7H_2O$ در مراحل ساقه‌دهی و آغاز پر شدن دانه بودند. در سال قبل اثر دزهای مختلف محلول‌پاشی سولفات‌روی (صفر تا ۳ گرم بر لیتر) و هم‌چنین محلول‌پاشی سولفات‌روی در مراحل مختلف رشدی گندم (از مرحله پنجه‌زنی تا اواسط پر شدن دانه) بر عملکرد دانه بررسی شده بود و مناسب‌ترین دز و بهترین مرحله رشدی برای محلول‌پاشی در این آزمایش انتخاب شد (نتایج منتشر نشده است). به منظور جذب بهتر روی به محلول مورد استفاده در زمان اسپری برگی، اوره (۱۰ درصد وزنی- حجمی) و چند قطره تیپول به عنوان مویان اضافه شد (Singh Shivay *et al*., 2008). هم‌چنین عملیات محلول‌پاشی در ساعات پایانی روز با استفاده از سمپاش پشتی انجام گردید. لازم به ذکر است که بذور گندم با میزان روی متفاوت از محلول‌پاشی سولفات‌روی بر بوته‌های گندم در آزمایشات مزرعه‌ای سال قبل به‌دست آمد. میزان عنصر روی در دانه پس از تهیه عصاره با دستگاه جذب اتمی (مدل AA-6300 Shimadzu) اندازه‌گیری و پس از تجزیه نتایج اختلاف بذور از نظر میزان روی در سطح احتمال یک درصد مشخص گردید (جدول ۱).

پس از بررسی‌های اولیه خاک مورد نظر (خاک آهکی با ۲۰ درصد کربنات کلسیم و دارای روی قابل جذب کم‌تر از ۰/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) انتخاب و پس از هوا خشک کردن، از الک عبور داده شد. عناصری نظیر نیتروژن (۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک نیترات‌کلسیم) و فسفر (۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفات‌پتاسیم) با توجه به نتایج آزمون خاک و نیاز غذایی گیاه با خاک مخلوط شد. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۲ نشان داده شده است. بذور یکنواخت گندم با مقادیر متفاوت روی، در گلدان‌هایی با ابعاد ۵۰×۳۰×۳۰ سانتی‌متر به‌ترتیب طول، عرض و ارتفاع، که با ۲۵ کیلوگرم خاک پر شده بود در عمق سه تا چهار سانتی‌متری کشت شدند. به‌طوری‌که در هر گلدان ۹۰ عدد بذر با فواصل یکنواخت در ۲۰ فروردین ۱۳۹۳ کشت گردید. در طول دوره داشت، آبیاری گلدان‌ها بسته به شرایط جوی و نیاز گیاه به‌طورکلی به‌صورت یک روز در میان صورت گرفت. میانگین دمای هوا، بارندگی و رطوبت نسبی در طول فصل زراعی در جدول ۳ نشان داده شده‌است.

برای اندازه‌گیری درصد سبز شدن بذور، زمان‌های ظاهر شدن گیاهچه در سطح خاک به مدت دو هفته بعد از کشت، ثبت گردید. برای تخمین وزن خشک کاه سنبله و میان‌گره دم گل آذین[1]، سه هفته بعد از محلول‌پاشی (مصادف با اواسط پر شدن دانه) از هر یک از تیمارها پنج بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و پس از تفکیک به قسمت‌های مختلف در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، خشک و سپس توزین شد. در نهایت پس از رسیدن بوته‌های گندم به رسیدگی فیزیولوژیکی در تاریخ ۲۵ تیرماه ۱۳۹۳، برای تعیین عملکرد دانه و زیست‌توده تولیدی، کلیه بوته‌های در گلدان

[1] Peduncle

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.8.9]

کف‌بر شدند و برای محاسبه تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، تعداد سنبلچه بارور و ارتفاع بوته، ۲۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و پارامترهای مذکور اندازه‌گیری شدند. ارتفاع بوته فاصله بین سطح خاک در گلدان تا سنبلچه انتهایی در نظر گرفته شد.

نمونه‌های دانه در هر تیمار و تکرار جداگانه آسیاب شده و از هر کدام ۰/۵ گرم توزین و توسط کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت شش ساعت خاکستر شد. نمونه‌های خاکستر در پنج میلی‌لیتر اسیدکلریدریک (دو نرمال) حل شده و به مدت ۴۵ دقیقه روی هات‌پلات در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و در نهایت با آب مقطر به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده و عصاره‌گیری با عبور دادن محلول از کاغذ صافی انجام گرفت. در عصاره‌های به‌دست آمده میزان عناصر روی، آهن، مس و منگنز با دستگاه جذب اتمی (مدل AA-6300 Shimadzu) اندازه‌گیری شد (امامی، ۱۳۷۵). از روش Haug و Lantzsch (۱۹۸۳) برای اندازه‌گیری اسیدفیتیک در دانه استفاده شد. نسبت مولی اسیدفیتیک[1] به روی[2] بر اساس رابطه ۱ محاسبه شد (Erdal *et al*., 2002):

رابطه (۱): PA/Zn = [غلظت اسیدفیتیک (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم)] / [۶۶۰ / غلظت روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) ۶۵]

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

جدول ۱: غلظت و محتوای عنصر روی دو نوع بذر استفاده شده در آزمایش

میزان عنصر روی	غظت عنصر روی در بذر (میلی گرم بر کیلوگرم)	محتوای روی بذر (نانوگرم در بذر)
کم	۷/۷ ± ۰/۲b	۱۹۹ ± ۲۸b
زیاد	۱۹/۷ ± ۳/۶a	۵۹۵ ± ۱۰۲a

بذور با میزان عنصر روی متفاوت از محلول‌پاشی سولفات‌روی در مزرعه طی سال قبل به‌دست آمده بود. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. میانگین ± اشتباه معیار.

جدول ۲: برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	کربنات کلسیم (درصد)	اسیدیته	آهن	مس	روی	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	فسفر
			(پی.پی.ام)						
۲/۳	۲۰	۷/۲	۳/۱۲	۰/۷	۰/۶	۳۶۰	۴۶	۲۲/۸	۶/۱

جدول ۳: میانگین دمای هوا، بارندگی و رطوبت نسبی به تفکیک ماه در فصل زراعی ۱۳۹۳

ماه	دما (درجه سانتی‌گراد)			میزان بارندگی (میلیمتر)	رطوبت نسبی (درصد)		
	حداقل	حداکثر	میانگین		حداقل	حداکثر	میانگین
فروردین	۵/۳	۱۷/۲	۱۱/۳	۲۴/۴	۲۸	۷۱	۵۰
اردیبهشت	۱۲/۱	۲۵/۱	۱۸/۶	۲۱/۷	۲۵	۶۴	۴۵
خرداد	۱۵/۳	۲۹/۶	۲۲/۵	۷/۰	۱۸	۵۲	۳۵
تیر	۲۰/۹	۳۴/۸	۲۷/۹	۳/۷	۱۸	۴۸	۳۳

منبع: سایت هواشناسی کشور، آذربایجان شرقی، مراغه، ایران، ۱۳۹۳.

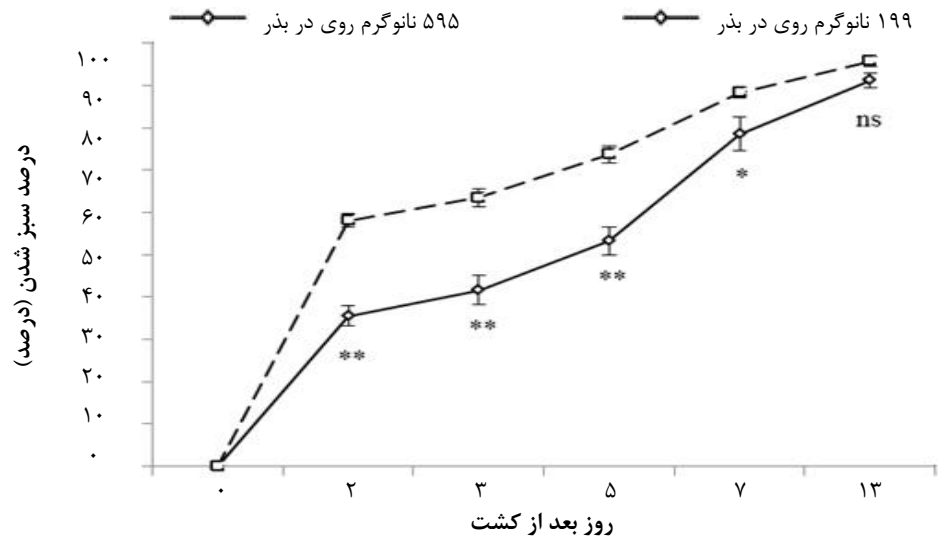
[1] Phytic acid (PA)
[2] Zinc (Zn)

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.8.9]

نتایج و بحث

درصد سبز شدن

بررسی نتایج نشان داد که بذور با روی بیش‌تر (۵۹۵ نانوگرم روی در بذر) در مقایسه با بذور محتوای روی کم (۱۹۹ نانوگرم روی در بذر) سریع‌تر سبز شده و در سطح خاک ظاهر شدند. به‌طوری‌که طی ۴۸ ساعت بعد از کشت در حدود ۶۰ درصد بذور با روی بیش‌تر و در حدود ۳۰ درصد بذور با روی کم جوانه‌زده و در سطح خاک مشاهده شدند. اما با گذشت زمان و در ۱۳ روز پس از کشت درصد بذور سبز شده در هر دو نوع بذر با روی کم و زیاد یکسان شد (شکل ۱). این امر نشانگر استقرار سریع‌تر بذور با محتوای روی زیاد است. باتوجه به نقش کوآنزیمی روی در آنزیم‌های متعدد، احتمالاً فرآیندهای متابولیسمی نظیر تجزیه ذخایر بذر و آزادسازی انرژی آن‌ها به همراه تأمین سوبسترای اولیه بیوسنتز سایر بیومولکول‌ها مانند پروتئین‌ها، لیپیدها و اسیدهای نوکلئیک سریع‌تر اتفاق افتاده و این عمل منجر به جوانه‌زنی زود هنگام و ظهور بذور با روی بیش‌تر شده است. در این ارتباط، بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه در بذور با محتوای روی بیش‌تر در نواحی با کمبود روی گزارش شده‌است (عبدلی و اسفندیاری، ۱۳۹۳؛ Yilmaz *et al*., 1998; Cakmak, 2008).



شکل ۱: اثر محتوای روی بذر بر درصد سبز شدن گیاهچه گندم

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد در هر یک از روزهای پس از کشت بین بذور با محتوای روی متفاوت می‌باشند. میله بارها نشانگر میزان اشتباه معیار است.

عملکرد دانه و اجزای آن

نتایج حاصل نشان داد که محتوای روی بذر اثر معنی‌داری در سطح پنج درصد بر عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم رقم کوهدشت داشت، ولی بر صفات زیست‌توده تولیدی، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبلچه بارور از نظر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.8.9]

آماری معنی‌دار نبود (جدول ۴). با این حال بذور غنی از روی از نظر تمامی صفات فوق برتری نسبی داشتند به گونه‌ای که افزایش ۲۸/۷ درصدی عملکرد دانه، ۱۴ درصدی زیست‌توده، ۱/۸ درصدی وزن هزار دانه و ۱۹/۱ درصدی تعداد دانه در سنبله را داشت (جدول ۵). این افزایش عملکرد دانه در بذور حاوی روی زیاد نسبت به بذور با روی کم در صورت عدم محلول‌پاشی برگی سولفات‌روی چندان با اختلاف بالایی نیست. همین‌طور بر اساس نتایج به‌دست آمده در بذور با روی زیاد میزان شاخص‌های مورد ارزیابی بالاتر از بذور با روی کم می‌باشد، که مجموع این تغییرات در نهایت سبب بهبود عملکرد شده است. هم‌چنین افزایش شاخص برداشت تأیید کننده این مورد می‌باشد. زیرا در صورت عدم محلول‌پاشی برگی، روی موجود در دانه رقیق شده و اثرات مثبت آن کاهش می‌یابد. از طرفی با توجه به اینکه در این آزمایش میزان روی قابل جذب در خاک آهکی کم‌تر از نیاز گندم می‌باشد، بنابراین وجود روی بیش‌تر در بذر قادر است با تأمین نیازهای متابولیسمی گیاه، سبب گردد تا گیاه در شرایط مناسب‌تری قرار گرفته و بتواند گیاهچه‌های قوی‌تری در شرایط کمبود روی تولید نماید. درصد بیش‌تر سبز شدن بذر و سریع‌تر آن در بذور محتوای روی بیش‌تر به نوعی تأییدی بر این ادعاست (شکل ۱). به علاوه در بذور با محتوای روی بیش‌تر، گیاهچه‌های قوی‌تری ایجاد می‌شود که از توان فتوسنتزی بیش‌تری برخوردار است. در این ارتباط Yilmaz و همکاران (۱۹۹۸) و ثواقبی‌فیروزآبادی و همکاران (۱۳۸۲) نیز اثر میزان روی بذر را در افزایش عملکرد دانه گندم در خاک آهکی گزارش کرده‌اند.

جدول ۴: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر محتوای روی بذر و محلول‌پاشی سولفات‌روی بر عملکرد دانه و اجزای آن

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		زیست‌توده	عملکرد دانه	شاخص برداشت	تعداد سنبله در گلدان	وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله	سنبلچه بارور در سنبله
بلوک	۲	۳/۷۱^{ns}	۰/۱۹^{ns}	۲/۷۷^{ns}	۲۸/۶^{ns}	۲/۱۸^{ns}	۰/۷۵^{ns}	۰/۷۴^{ns}
محتوای روی بذر	۱	۳۵/۰^{ns}	۱۱/۲*	۴۲/۶*	۸/۳۳^{ns}	۰/۶۱^{ns}	۴/۶۹^{ns}	۰/۰۴^{ns}
کاربرد سولفات‌روی	۱	۲۸۱/۳**	۳۶/۱**	۲۷/۰^{ns}	۲۷/۰^{ns}	۱۲/۲^{ns}	۴۹/۲**	۳/۷۴*
محتوای روی بذر × کاربرد سولفات‌روی	۱	۳۳/۷^{ns}	۲/۵۶^{ns}	۲/۲۵^{ns}	۸۵/۳^{ns}	۴/۲۰^{ns}	۲/۱۷^{ns}	۰/۱۹^{ns}
خطا	۶	۱۱/۵	۱/۱۸	۶/۹۷	۴۰/۸	۴/۸۱	۲/۱۴	۰/۳۰
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۳/۱	۱۴/۲	۹/۰۱	۸/۵۶	۸/۵۴	۲۰/۴	۱۱/۴

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر ساده محتوای روی بذر و محلول‌پاشی سولفات‌روی بر عملکرد دانه و اجزای آن در گندم

تیمارها	عملکرد دانه (گرم بر گلدان)	زیست‌توده (گرم بر گلدان)	شاخص برداشت (درصد)	تعداد سنبله در گلدان	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبلچه بارور در سنبله
محتوای روی بذر (نانوگرم در بذر)							
۱۹۹	۶/۷۲b	۲۴/۲	۲۷/۴b	۷۳/۸	۲۵/۵	۶/۶	۴/۸
۵۹۵	۸/۶۵a	۲۷/۶	۳۱/۲a	۷۵/۵	۲۵/۹	۷/۸	۴/۹
تغییرات (درصد)	+۲۸/۷	+۱۴/۰	+۱۳/۸	+۲/۳	+۱/۸	+۱۹/۱	+۲/۴
کاربرد سولفات‌روی							
شاهد (عدم مصرف)	۵/۹۵b	۲۱/۱b	۲۷/۸	۷۳/۲	۲۶/۷	۵/۲b	۴/۳b
محلول‌پاشی	۹/۴۲a	۳۰/۷a	۳۰/۸	۷۶/۲	۲۴/۷	۹/۲a	۵/۴a
میزان تغییرات نسبت به شاهد (درصد)	+۵۸/۳	+۴۶/۰	+۱۰/۷	+۴/۱	-۷/۵	+۷۸/۶	+۲۶/۱

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1394.7.28.8.9]

تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، زیست‌توده تولیدی و عملکرد دانه در اثر محلول‌پاشی سولفات‌روی به ترتیب ۲۶/۱، ۷۸/۶، ۴۶ و ۵۸/۳ درصد افزایش یافت (جدول ۵). تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبلچه از جمله ویژگی‌های تعیین‌کننده ظرفیت مخزن به شمار می‌آید که تابع عوامل ژنتیکی و تغذیه‌ای است. میزان روی قابل جذب خاک، به دلیل نقش‌های فیزیولوژیک این عنصر در سلول‌های گیاهی، از عوامل تغذیه‌ای اثر گذار بر مراحل رشد گندم مانند جوانه‌زنی، استقرار و در نهایت عملکرد دانه محسوب می‌شود (Cakmak, 2008). در مراحل اولیه رشد گیاهچه، در اختیار گذاشتن مقدار مناسب روی، با بهبود ویگور گیاهچه و به دنبال آن افزایش توان تولید محصولات فتوسنتزی منجر به تشکیل تعداد بیش‌تر سنبلچه در سنبله می‌گردد. تعداد سنبلچه بارور در سنبله نتیجه توان فتوسنتزی گیاه می‌باشد، به‌طوری‌که هرچه تولید مواد فتوسنتزی[1] در گیاه بیش‌تر باشد به دلیل تخصیص بیش‌تر آن‌ها به سنبله در حال تکامل (به ویژه پس از گرده‌افشانی)، از عدم تکامل سنبلچه‌ها و سقط جنین پیشگیری شده و تعداد سنبلچه بارور در سنبله و یا گلچه بارور در سنبلچه افزایش می‌یابد که از وضعیت تغذیه‌ای گیاه از جمله محتوای روی متأثر می‌شود (Bagci *et al*., 2007; Abdoli *et al*., 2014). محلول‌پاشی سولفات روی در مراحل رشدی ساقه‌دهی و پر کردن دانه توانست میزان پارامترهای تعداد سنبلچه بارور در سنبله و تعداد دانه در سنبله را افزایش دهد (جدول ۵). که احتمالاً ناشی از اختصاص مواد فتوسنتزی کافی برای حفظ و در ادامه رشد هر یک از اجزای عملکرد می‌باشد. در این ارتباط بیان شده است که روی سبب افزایش غلظت کلروفیل و بیوسنتز اکسین (ایندول‌استیک‌اسید) می‌شود که در پی آن افزایش میزان فتوسنتز، مقدار ماده خشک تولیدی و در نهایت عملکرد گیاه می‌شود (استیری و همکاران، ۱۳۹۳؛ Brown *et al*., 1993). روی به عنوان کوفاکتور در بسیاری از آنزیم‌ها از جمله کربنیک‌آنهیدراز[2]، دهیدروژناز، پروتئیناز و پپتیداز می‌باشد (Vallace and Aulld, 1990). پس در خاک‌های آهکی که دارای کمبود عناصر ریزمغذی به ویژه روی می‌باشند با مصرف سولفات‌روی، فعالیت آنزیم‌های فوق که نقش به‌سزایی در سوخت و ساز گیاه دارند افزایش می‌یابد. افزایش تعداد سنبلچه بارور در سنبله و تعداد دانه در سنبله منجر به افزایش وزن سنبله و در نهایت عملکرد دانه خواهد شد (جدول ۵). مطابق با نتایج این تحقیق، سایر محققان نیز افزایش عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه را در اثر کاربرد سولفات‌روی در گندم گزارش کرده‌اند (مارالیان و همکاران، ۱۳۸۷؛ شاه‌امیری و مظاهری، ۱۳۹۳؛ Seadh *et al*., 2009).

وزن خشک کاه سنبله و میان‌گره دم گل آذین و ارتفاع بوته

نتایج جدول ۶ نشان داد که محتوای روی بذر اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه گندم داشت. به‌طوری‌که در بذور غنی از عنصر روی، ارتفاع بوته به ۳۷/۶ سانتی‌متر رسید که افزایش ۴/۶ درصدی نسبت به بذور با روی کم داشت (جدول ۷).

[1] Photoassimilate
[2] Carbonic anhydrase

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.8.9]

جدول ۶: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر محتوای روی بذر و محلول‌پاشی سولفات‌روی بر وزن خشک کاه سنبله و میان‌گره دم گل آذین و ارتفاع بوته

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن خشک کاه سنبله	وزن خشک میان‌گره دم گل آذین	ارتفاع بوته
بلوک	۲	۲۸۴/۳^{ns}	۰/۵۸^{ns}	۰/۷۶^{ns}
محتوای روی بذر	۱	۱۳۳/۳^{ns}	۱۲۶/۸^{ns}	۸/۳۳*
کاربرد سولفات‌روی	۱	۶۳۴۸/۰**	۱۱۰۲/۱*	۹/۷۲*
محتوای روی بذر × کاربرد سولفات‌روی	۱	۵۸۸/۰^{ns}	۸۰/۰^{ns}	۹/۰۱*
خطا	۶	۱۳۱/۷	۸۴/۱	۱/۱۱
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۱/۱	۱۹/۳	۲/۸۶

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

جدول ۷: مقایسه میانگین اثر ساده محتوای روی بذر و محلول‌پاشی سولفات‌روی بر وزن خشک کاه سنبله و میان‌گره دم گل آذین و ارتفاع بوته گندم

تیمارها	وزن خشک کاه سنبله (میلی‌گرم)	وزن خشک میان‌گره دم گل آذین (میلی‌گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
محتوای روی بذر (نانوگرم در بذر)			
۱۹۹	۱۰۰	۴۴	۳۶/۰b
۵۹۵	۱۰۶	۵۱	۳۷/۶a
تغییرات (درصد)	+۶/۸	+۱۵/۰	+۴/۶
کاربرد سولفات‌روی			
شاهد (عدم مصرف)	۸۰b	۳۸b	۳۵/۹b
محلول‌پاشی	۱۲۶a	۵۷a	۳۷/۷a
میزان تغییرات نسبت به شاهد (درصد)	+۵۷/۹	+۵۱/۷	+۵/۰

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

هم‌چنین محلول‌پاشی سولفات‌روی (در مراحل ساقه‌دهی و پر شدن دانه) سبب افزایش وزن خشک کاه سنبله، وزن خشک میان‌گره دم گل آذین و ارتفاع بوته شد (جدول ۷). مشخص شده که عنصر روی در تشکیل آنزیم ریبولوز ۱ و ۵-بیس‌فسفات کربوکسیلاز و اکسیژناز (روبیسکو) دخالت دارد و این آنزیم در تثبیت دی‌اکسید کربن در فتوسنتز شرکت می‌کند (Brown *et al*., 1993). از این رو محلول‌پاشی روی احتمالا سبب افزایش فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی در گیاه شده و افزایش ماده خشک تولیدی و وزن کاه سنبله و میان‌گره دم گل آذین شده است. نتایج برهمکنش محتوای روی بذر و محلول‌پاشی سولفات‌روی بر ارتفاع بوته نشان داد که در بذور حاوی روی زیاد (۵۹۵ نانوگرم در بذر) محلول‌پاشی سولفات‌روی اثری بر ارتفاع گیاه نداشت ولی در بذور حاوی غلظت روی کم محلول‌پاشی روی سبب افزایش ارتفاع گیاه گردید به‌طوری‌که به ارتفاع گیاه بذور غنی از روی رسید (جدول ۱۰). با توجه به اینکه تریپتوفان جهت سنتز ایندول‌استیک‌اسید (اکسین) لازم است و عنصر روی در تولید اسید آمینه فوق نقش به سزایی دارد و از طرف دیگر هورمون اکسین در گسترش و طویل شدن سلول‌ها مؤثر است، پس احتمالاً محلول‌پاشی روی با تولید اکسین بیش‌تر سبب توسعه میان‌گره‌ها ساقه و در نهایت ارتفاع گیاه گندم شده است. مطابق با نتایج این تحقیق Abdoli و همکاران (۲۰۱۴) طی بررسی دو ساله بر گندم نان گزارش کردند که محلول‌پاشی توأم در مراحل ساقه‌دهی و آغاز پر شدن دانه نسبت به فقط

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.8.9]

محلول‌پاشی در مرحله ساقه‌دهی اثر بهتری بر ارتفاع بوته گندم دارد به‌طوری‌که افزایش ۲۳/۱ درصدی ارتفاع بوته را در پی داشت.

غلظت عناصر کم‌نیاز و کیفیت دانه

نتایج اثر محتوای روی بذر و محلول‌پاشی سولفات‌روی بر غلظت عناصر کم‌نیاز دانه (از جمله روی، آهن، مس و منگنز) و نسبت مولی اسیدفیتیک به روی دانه گندم در جدول ۹ ارائه شده‌است. با توجه به این که بذور غنی از روی سبب بهبود توسعه گیاه در مراحل اولیه جوانه‌زنی و رشد شده بودند، در بهبود جذب و انباشت عناصر کم‌نیاز از جمله روی، مس و منگنز در دانه مؤثر بود ولی از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با بذور حاوی روی کم نداشت (جدول ۸). با توجه به اینکه این تحقیق در یک خاک آهکی انجام شد، احتمالاً در جذب عناصر کم‌نیاز توسط گیاه مؤثر بوده است و یکی از دلایل عدم اختلاف شاید این مورد باشد. با توجه به اینکه بین بذور حاوی روی کم و زیاد از نظر غلظت عناصر کم‌نیاز دانه اختلافی مشاهده نشد (جدول ۹). با این حال بذور غنی از روی دارای اسیدفیتیک کم‌تری در دانه‌های تولیدی بودند و از نظر نسبت مولی اسیدفیتیک به روی نیز کاهش نشان دادند، که هر چه میزان نسبت مولی اسیدفیتیک به روی کم‌تر باشد در جذب عنصر روی توسط سیستم گوارشی بدن انسان اثر مثبتی دارد (جدول ۹). زیرا اسیدفیتیک در حدود ۵۰ تا ۸۰ درصد کل فسفر را شامل می‌شود که در مراحل توسعه و تشکیل دانه به‌صورت ترکیبی از نمک‌های فیتات آهن، روی، کلسیم، منیزیم و پتاسیم مشاهده می‌شود (Harland and Oberleas, 1987; Doria *et al*., 2009). این ترکیب (نمک فیتات) قابلیت جذب و استفاده از این عناصر را به واسطه ایجاد پیوند قوی به شدت کاهش داده و سبب اختلال در جذب و هضم آن‌ها در دستگاه گوارش انسان می‌شود (Urbano *et al*., 2000; Prasad, 2003). پس هر عاملی که در کاهش میزان اسیدفیتیک مؤثر باشد در جذب عناصر پر نیاز (به ویژه کلسیم، منیزیم و پتاسیم) و کم‌نیاز (به ویژه روی و آهن) مؤثر خواهد بود. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی سولفات‌روی بر غلظت عناصر روی و منگنز در دانه گندم اثر مثبتی را داشت و سبب افزایش آن‌ها به ترتیب به میزان ۱۸/۵ و ۳۳/۲ درصد شد ولی اثر چندانی بر غلظت آهن و مس نداشت (جدول ۹). مطابق با نتایج این تحقیق برخی از محققان گزارش کردند که مصرف سولفات‌روی نه تنها عملکرد را به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد بلکه غلظت این عنصر را در دانه افزایش داده و باعث غنی‌سازی دانه گندم می‌شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۸؛ بای‌بوردی و طهرانی، ۱۳۸۹؛ کدخدایی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Yilmaz *et al*., 1997). نتایج برهمکنش محتوای روی بذر و محلول‌پاشی بر غلظت روی دانه نشان داد که محلول‌پاشی در بذور حاوی روی زیاد سبب افزایش بیش‌تر نسبت به بذور با روی کم شده است (جدول ۱۰). هم‌چنین نتایج برهمکنش تیمارها نشان داد که در بذور حاوی روی زیاد (۵۹۵ نانوگرم در بذر) محلول‌پاشی سولفات‌روی اثری بر غلظت عناصر مس و منگنز دانه نداشت ولی در بذور حاوی روی کم محلول‌پاشی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.8.9]

روی سبب افزایش غلظت عناصر فوق (مس و منگنز) در دانه گردید به‌طوری‌که به غلظت مس و منگنز دانه‌های تولیدی در بذور غنی از روی رسید (جدول ۱۰). این مطلب نشانگر این است که محلول‌پاشی سولفات‌روی در مراحل ساقه‌دهی و آغاز پر شدن دانه در بذور کشت شده با محتوای روی کم، اثر بهتری نسبت به بذور حاوی روی زیاد بر غلظت عناصر کم‌نیاز به ویژه مس و منگنز دارد. در این ارتباط مبصر و همکاران (۱۳۸۴) گزارش کردند که مصرف سولفات‌روی و سولفات آهن در خاک باعث افزایش غلظت این عناصر در دانه گندم گردید.

جدول ۸: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر محتوای روی بذر و محلول‌پاشی سولفات‌روی بر غلظت عناصر روی، آهن، مس و منگنز دانه، اسیدفیتیک و نسبت مولی اسیدفیتیک به روی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		غلظت روی	غلظت آهن	غلظت مس	غلظت منگنز	اسیدفیتیک	نسبت مولی اسیدفیتیک به روی
بلوک	۲	۰/۱۴^{ns}	۱۰۵۱/۵^{ns}	۷/۸۵^{ns}	۲/۲۶^{ns}	۱۸۲۲/۲**	۳۷/۸**
محتوای روی بذر	۱	۱/۲۰ ^{ns}	۱۴۳۰/۱^{ns}	۵/۳۳^{ns}	۱۰/۳^{ns}	۱۴۲۱/۴**	۲۸/۶**
کاربرد سولفات‌روی	۱	۴۱۰/۷**	۳۰۴/۰^{ns}	۲۳/۵^{ns}	۱۲۱/۰**	۳۵۰/۰*	۱۸/۱*
محتوای روی بذر × کاربرد سولفات‌روی	۱	۲۲/۴*	۵۹/۰ ^{ns}	۴۴/۱*	۵۶/۸**	۱۸/۸^{ns}	۰/۲۱^{ns}
خطا	۶	۱/۸۹	۷۴۹/۳	۶/۵۷	۱/۹۰	۸۳/۴	۱/۸۳
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱/۹۹	۱۹/۹	۲۱/۱	۶/۱۷	۲۳/۸	۲۴/۱

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

جدول ۹: مقایسه میانگین اثر ساده محتوای روی بذر و محلول‌پاشی سولفات‌روی بر غلظت عناصر روی، آهن، مس و منگنز دانه، اسیدفیتیک و نسبت مولی اسیدفیتیک به روی در گندم

تیمارها	غلظت عناصر در دانه (میلی‌گرم بر کیلوگرم)				اسیدفیتیک	نسبت مولی
	روی	آهن	مس	منگنز	(میلی‌گرم بر گرم ماده خشک)	اسیدفیتیک به روی
محتوای روی بذر (نانوگرم در بذر)						
۱۹۹	۶۸/۹	۱۴۸/۸	۱۱/۵	۲۱/۴	۴۹/۳a	۷/۱۵a
۵۹۵	۶۹/۶	۱۲۷/۰	۱۲/۸	۲۳/۲	۲۷/۶b	۴/۰۶b
تغییرات (درصد)	+۰/۹	-۱۴/۷	+۱۱/۹	+۸/۷	-۴۴/۰	-۴۳/۲
کاربرد سولفات‌روی						
شاهد (عدم مصرف)	۶۳/۴b	۱۲۴/۹	۱۰/۷	۱۹/۱b	۴۳/۸	۶/۸۳a
محلول‌پاشی	۷۵/۱a	۱۳۲/۸	۱۳/۵	۲۵/۵a	۳۳/۰	۴/۳۸b
میزان تغییرات نسبت به شاهد (درصد)	+۱۸/۵	-۷/۱	+۲۶/۰	+۳۳/۲	-۲۴/۷	-۳۵/۹

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۱۰: مقایسه میانگین برهمکنش محتوای روی بذر و محلول‌پاشی سولفات‌روی بر غلظت عناصر روی، مس و منگنز دانه و ارتفاع بوته گندم

تیمارها		غلظت عناصر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)			ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
محتوای روی بذر (نانوگرم در بذر)	کاربرد سولفات‌روی	روی	مس	منگنز	
۱۹۹	شاهد (عدم مصرف)	۶۴/۵c	۸/۲c	۱۶/۰c	۳۴/۲b
	محلول‌پاشی	۷۳/۴b	۱۴/۸a	۲۶/۷a	۳۷/۷a
۵۹۵	شاهد (عدم مصرف)	۶۲/۴c	۱۳/۳ab	۲۲/۲b	۳۷/۶a
	محلول‌پاشی	۷۶/۸a	۱۲/۳b	۲۴/۲b	۳۷/۷a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1394.7.28.8.9]

رحیمی‌چگینی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی سطوح متفاوت کودهای سولفات‌روی و منگنز بر ویژگی‌های کمی و کیفی گندم گزارش کردند که بیش‌ترین و کم‌ترین تجمع غلظت روی در دانه به ترتیب مربوط به تیمار مصرف توأم سولفات‌روی به همراه سولفات منگنز (به ترتیب ۲۵ و ۴۵ کیلوگرم در هکتار) و تیمار شاهد (عدم مصرف کود) بود که معادل ۲۹/۳ و ۲۳/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم دانه گندم بود. به‌طورکلی محلول‌پاشی سولفات‌روی با این که سبب کاهش ۷/۱ و ۲۴/۷ درصدی غلظت آهن و میزان اسیدفیتیک در دانه شد ولی از لحاظ آماری اختلافی با عدم محلول‌پاشی نداشت (جدول ۹). با این حال اثر محلول‌پاشی سولفات‌روی در کاهش نسبت مولی اسیدفیتیک به روی در دانه (۳۵/۹ درصد) چشم‌گیر بود. سازمان بهداشت جهانی (۱۹۹۶) طبقه‌بندی زیر را با توجه به نسبت مولی اسیدفیتیک به روی برای جذب روی موجود در جیره غذایی پیشنهاد کرد که اگر این نسبت کم‌تر از پنج باشد در حدود ۵۰-۵۵ درصد روی موجود توسط انسان جذب می‌شود و اگر این نسبت بین ۵-۱۵ باشد در حدود ۳۰-۳۵ درصد و در نهایت اگر این نسبت بیش‌تر از ۱۵ باشد کم‌تر از ۱۵ درصد روی موجود در غذا جذب می‌شود. متشرع‌زاده و ثواقبی (۱۳۹۱) طی تحقیقی بر ارقام مختلف لوبیا قرمز گزارش کردند که مصرف بهینه کود موجب کاهش نسبت مولی اسیدفیتیک به روی گردید که این امر می‌تواند در ارتقای سطح سلامت افراد جامعه از طریق بهبود قابلیت جذب عناصر غذایی مورد نیاز انسان مؤثر باشد. در این تحقیق نیز با افزایش میزان روی در دانه و کاهش اسیدفیتیک به عنوان عامل ضد تغذیه‌ای، بهبود کیفیت دانه تولیدی را در پی داشته است.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، نتایج این تحقیق نشان داد که کشت بذور غنی از روی سبب تولید عملکرد بیش‌تر در خاک آهکی می‌شود و محلول‌پاشی سولفات‌روی در مراحل ساقه‌دهی و آغاز پر شدن دانه نه تنها عملکرد و صفات زراعی را به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد بلکه غلظت عناصر روی، مس و منگنز در دانه گندم را افزایش داده و باعث غنی‌سازی دانه می‌شود. از طرفی کشت بذور غنی از روی سبب کاهش فیتات و افزایش نسبت مولی روی به فیتات گردید که این امر می‌تواند در ارتقای سطح سلامت افراد جامعه از طریق بهبود قابلیت جذب عناصر غذایی مورد نیاز انسان مؤثر باشد.

سپاس‌گزاری

این مقاله مستخرج از رساله دکتری نویسنده اول می‌باشد که مورد حمایت و پشتیبانی پژوهشکده فرهنگ و معارف اسلامی وابسته به نهاد نمایندگی مقام معظم رهبری در دانشگاه‌ها قرار گرفته‌است. هم‌چنین از دانشگاه مراغه بدلیل حمایت و فراهم نمودن امکانات سپاس‌گزاری می‌شود.

منابع

استیری، ه.، آرمین، م. و فیله‌کش، ا. ۱۳۹۳. تأثیر محلول‌پاشی مقادیر مختلف سولفات‌روی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در شرایط تنش خشکی. نشریه تولید گیاهان روغنی. ۱: ۷۷-۶۵.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.8.9]

امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه (جلد اول). سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۹۸۲. ۱۲۸ ص.

بای‌بوردی، م.ر. و طهرانی، م.م. ۱۳۸۹. اثر برهمکنش مقادیر و روش مصرف مس و روی بر خصوصیات گیاهی و پروتئین گندم. مجله علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۲ (۸): ۴۴-۲۹.

برانی‌دستجردی، م.، رفیعی‌الحسینی، م.، دانش‌شهرکی، ع. و هاشمی‌جزی، س.م. ۱۳۹۴. بررسی شاخص‌های جوانه‌زنی لوبیا قرمز تولیدی در شرایط تنش خشکی و محلول‌پاشی منگنز و روی. نشریه علوم و فناوری بذر ایران. ۴ (۱): ۸۳-۹۶.

ثواقبی‌فیروزآبادی، غ.، ملکوتی، م.ج. و اردلان، م. ۱۳۸۲. اثر سولفات روی و غلظت روی بذر بر پاسخ‌های گیاه گندم در خاک آهکی. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۴: ۴۸۲-۴۷۱.

رحیمی‌چگینی، ر.ا.، خورگامی، ع.، رفیعی، م. و زیدی‌طولابی، ن.ا. ۱۳۹۰. بررسی اثر سطوح مختلف کودهای سولفات‌روی و سولفات منگنز بر خصوصیات کمی و کیفی سه رقم گندم آبی در شهرستان خرم آباد. مجله دانش زراعت. ۴ (۵): ۴۲-۳۳.

شاه‌امیری، س.م. و مظاهری، د. ۱۳۹۳. بررسی اثر عناصر کم مصرف آهن و روی بر بهبود عملکرد سه رقم گندم بهاره. مجموعه مقالات اولین کنگره بین المللی و سیزدهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات و سومین همایش علوم و تکنولوژی بذر، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، ۶-۴ شهریور ۱۳۹۳، کرج، ایران.

عبدلی، م. و اسفندیاری، ع.ا. ۱۳۹۳. تأثیر محلول‌پاشی روی بر عملکرد کمی و کیفی و خصوصیات رشدی گیاهچه گندم نان (رقم کوهدشت). نشریه زراعت دیم ایران. ۳ (۱): ۹۰-۷۷.

کدخدایی، ا.، کلباسی، م.، صلحی، م.، نادیان، ح.ا. و غلامی، ع. ۱۳۹۳. مطالعه اثر کاربرد بقایای گیاهی و سولفات‌روی بر عملکرد کمی و کیفی گندم. مجله علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۶ (۲۱): ۷۲-۶۱.

مارالیان، ح.، دیدار طالشمیکائیل، ر.، شهبازی، ک. و ترابی‌گیگلو، م. ۱۳۸۷. اثر محلول‌پاشی آهن و روی در بهبود خصوصیات کمی و کیفی دانه سه رقم گندم. مجله پژوهش کشاورزی (آب، خاک و گیاه در کشاورزی). ۸ (۴): ۵۹-۴۷.

مبصر، ح.ر.، حیدری‌شریف‌آباد، ح.، موسوی‌نیک، س.م.، نورمحمدی، ق. و درویش، ف. ۱۳۸۴. مطالعه تأثیر مصرف عناصر پتاسیم، روی و مس بر عملکرد و غنی‌سازی بذر گندم در شرایط کمبود آب. مجله علوم کشاورزی. ۱۱ (۴): ۱۴۲-۱۳۳.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.8.9]

متشرع‌زاده، ب. و ثواقبی، غ.ر. ۱۳۹۱. تأثیر مصرف بهینه کود بر غلظت عناصر غذایی و نسبت مولی اسیدفیتیک به روی در ارقام ایرانی لوبیا قرمز در مراحل مختلف تکامل دانه. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۳ (۹): ۸۳-۷۳.

ملکوتی، م.ج.، ملکوتی، ا.، مجیدی، ع.، بای‌بوردی، ا.، سالاری، ا. و فلاحی، ا. ۱۳۸۸. مقایسه اثر بخشی غنی‌سازی گندم در مزرعه با غنی‌سازی آرد در کارخانه در ارتقای سطح سلامت جامعه. مجله علوم و صنایع غذایی. ۶: ۱۳۰-۱۱۷.

Abdoli, M., Esfandiari, E., Mousavi, S. B. and Sadeghzadeh, B. 2014. Effects of foliar application of zinc sulfate at different phenological stages on yield formation and grain zinc content of bread wheat (cv. Kohdasht). Azarian Journal of Agriculture 1 (1): 11-17.

Alloway, B. J. 2009. Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. Environ Geochem Health 31 (5): 537-548.

Bagci, S. A., Ekiz, H., Yilmaz, A. and Cakmak, I. 2007. Effect of zinc deficiency and drought on grain yield of field-grown wheat cultivars in Central Anatolia. Journal of Agronomy and Crop Science 193 (3): 198-206.

Brown, P. H., Cakmak, I. and Zang, Q. 1993. Form and function of zinc in plant. In: Robson, A.D. (ed.) Zinc in Soils and Plants, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 90-106.

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

Doria, L., Galleschi, L., Calucci, L., Pinzino, C., Pilu, R., Cassani, E. and Nielsen, E. 2009. Phytic acid prevents oxidative stress in seeds: evidence from a maize (*Zea mays* L.) low phytic acid mutant. Journal of Experimental Botany 60 (3): 967-978.

Erdal, I., Yilmaz, A., Tan, S., Torun, B. and Cakmak, I. 2002. Phytic acid and phosphorus concentrations in seeds of wheat cultivars grown with and without zinc fertilization. Journal of Plant Nutrition 25 (1): 113-127.

Harland, B. F. and Oberleas, D. 1987. Phytate in foods. In: Bourne, G.H. (ed.). World Review of Nutrition and Dietetics, Basel: Karger Medical Publishing Co. pp. 235-259.

Haug, W. and Lantzsch, H. J. 1983. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereal products. Journal of the Science of Food and Agriculture 34 (12): 1423-1426.

Hotz, C. and Brown, K. H. 2004. Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. Food and Nutrition Bulletin 25 (1): S91-S204.

Hussain, S., Maqsood, M. A., Rengel, Z., Aziz, T. and Abid, M. 2013. Estimated zinc bioavailability in milling fractions of biofortified wheat grains and in flours of different extraction rates. International Journal of Agriculture and Biology 15 (5): 921-926.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.8.9]

Khoshgoftarmanesh, A. H., Schulin, R., Chaney, R. L., Daneshbakhsh, B. and Afyuni, M. 2010. Micronutrient-efficient genotypes for crop yield and nutritional quality in sustainable agriculture. A review. Agronomy for Sustainable Development 30 (1): 83-107.

Krishna, S. 1995. Effect of sulphur and zinc application on yield, sulphur and zinc uptake and protein content of mung bean (green gram). Legume Research 18 (2): 89-92.

Malakouti, M. J. 2007. Zinc is a neglected element in the life cycle of plants. Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology 1 (1):1-12.

Malakouti, M. J. 2008. The effect of micronutrients in ensuring efficient use of macronutrients. Turkish Journal of agriculture and Forestry 32 (3): 215-220.

Mayer, J., Pfeiffer, W. and Beyer, P. 2008. Biofortification crops to alleviate micronutrient malnutrition. Current Opinion in Plant Biology 11 (2): 166-170.

Prasad, A. S. 2003. Zinc deficiency. British Medical Journal 326: 409-410.

Rosado, J. 2003. Zinc and copper: proposed fortification levels and recommended zinc compounds. Journal of Nutrition 133 (9): 2585-2989.

Sadeghzadeh, B. 2013. A review of zinc nutrition and plant breeding. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 13 (4): 905-927.

Seadh, S. E., El-Abady, M. I., El-Ghamry, A. M. and Farouk, S. 2009. Influence of micronutrients foliar application and nitrogen fertilization on wheat yield and quality of grain and seed. Journal of Biological Sciences 9 (8): 851-858.

Singh Shivay, Y., Prasad, R. and Rahal, A. 2008. Relative efficiency of zinc oxide and zinc sulphate-enriched urea for spring wheat. Nutrient Cycling in Agroecosystems 82 (3): 259-264.

Urbano, G., Lopez-Jurado, M., Aranda, P., Vidal-Valverde, C., Tenorio, E. and Porres, J. 2000. The role of phytic acid in legumes. Journal of Physiology and Biochemistry 56 (3): 283-294.

Vallace, B. L. and Aulld, D. S. 1990. Zinc coordination, function and structure of zinc enzyme and other protein. Biochemical Journal 29 (24): 5647-5659.

White, P. J. and Broadley, M. R. 2009. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets-iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. New Phytologist 182 (1): 49-84.

World Health Organization. 1996. Trace Element in Human Nutrition and Health. World Health Organization (WHO), Geneva, Switzerland.

World Health Organization. 2002. World Health Report 2002: reducing risks, promoting healthy life. World Health Organization (WHO), Geneva, Switzerland.

Yilmaz, A., Ekis, H., Gultekin, I., Torun, B., Barut, H., Karanlik, S. and Cakmak, I. 1998. Effect of seed zinc content on grain yield and zinc concentration of wheat grown in zinc deficient calcareous soils. Journal of Plant Nutrition 21 (10): 2257-2264.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.8.9]

Yilmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Gultekin, I., Karanlik, S., Bagci, S. A. and Cakmak, I. 1997. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc deficient calcareous soils. Journal of Plant Nutrition 20 (4-5): 461-471.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.8.9]