دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره چهارم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۹۶
http://arpe.gonbad.ac.ir

تأثیر سطوح مختلف سولفات روی و آهن بر ویژگی‌های کمی و کیفی سویا رقم L17

سمیرا عادلی[۱*]، مسعود رفیعی[۲]
[۱]کارشناسی‌ارشد گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم‌آباد
[۲]استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خرم‌آباد و دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم‌آباد
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۶/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۳۰

چکیده

مقدمه: سویا از منابع مهم روغن خوراکی و پروتئین گیاهی است و تقریباً ۵۰ درصد تولید دانه‌های روغنی دنیا را تشکیل می‌دهد. عناصر غذایی کم‌مصرف برای رشد طبیعی گیاهان و حصول عملکرد و کیفیت مناسب محصول ضروری هستند؛ به‌عنوان مثال عنصر آهن در تشکیل کلروفیل گیاهی و عنصر روی برای تولید هورمون رشد اکسین و انجام فتوسنتز نقش دارند. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تأثیر مصرف خاکی عناصر آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در شهرستان خرم‌آباد در سال زراعی ۱۳۹۶ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح کودی شاهد (صفر)، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن و هم‌چنین سولفات روی در چهار سطح شامل شاهد (صفر)، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی بودند. صفات مورد بررسی شامل تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، درصد روغن و درصد پروتئین بودند.

نتایج: نتایج نشان داد که مقادیر کود آهن و کود روی باعث افزایش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، درصد روغن و درصد پروتئین شد. هم‌چنین تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه، درصد روغن و پروتئین تحت تأثیر معنی‌دار برهم‌کنش سطوح مختلف

*نویسنده مسئول: soya1388@gmail.com

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-07-01]

کود روی و آهن قرار گرفت. تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و۹۰ کیلوگرم آهن در هکتار بیش‌ترین عملکرد دانه (۵۳۹۷/۳۸ کیلوگرم در هکتار) را نشان داد که با ۱۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و۶۰ کیلوگرم آهن در هکتار (۵۱۴۹/۱۸ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌داری نداشت. بنابراین می‌توان تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و۶۰ کیلوگرم آهن در هکتار را به‌عنوان بهترین گزینه مدیریت کود روی و آهن برای سویا در نظر گرفت.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان داد که آهن و روی نقش مثبتی در عملکرد و کیفیت پروتئین و روغن دانه دارند. نتایج در مورد صفات کمی نشان داد که با افزایش هر دو نوع کود، صفات مورد بررسی نسبت به شاهد افزایش یافته است، هرچند که در بیشتر صفات اختلافی از لحاظ آماری بین سطوح سوم و چهارم دیده نشد.

واژه‌های کلیدی: صفات کمی و کیفی، عناصر ریزمغذی، مصرف خاکی، سویا

مقدمه

سویا از قدیمی‌ترین محصولات زراعی دنیا و یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی است که به تنهایی حدود ۶۰ درصد تولید دانه‌های روغنی را به خود اختصاص داده است. سویا با توان تولید بالاتر از پنج تن محصول در شرایط مناسب، با محتوای ۳۵ تا ۵۴ درصد پروتئین، چهار درصد مواد معدنی و ۱۴ تا ۲۳ درصد روغن قادر است؛ نیازهای غذایی بشر را به میزان زیادی تأمین کند (Anjafi and Farnia, 2008). با توجه به اهمیت این گیاه و نیاز کشور به تولید آن، بهتر است تحقیقات بیش‌تری پیرامون مسایلی نظیر بالا بردن عملکرد، درصد روغن و پروتئین و هم‌چنین بهبود سایر صفات کیفی این گیاه انجام گیرد. یکی از مهم‌ترین مسایل، تغذیه صحیح و مناسب در طول رشد و تهیه عناصر غذایی مورد نیاز گیاه برای تولید محصول بیش‌تر و با کیفیت بهتر است. تحقیقات نشان می‌دهد ۴۰ درصد از مردم دنیا از کمبود ریزمغذی‌ها رنج می‌برند و بیش‌ترین کمبود مربوط به عناصر روی و آهن می باشد (Joshi *et al.*, 2010).

آهکی بودن خاک‌ها، pH بالای خاک و مصرف بی‌رویه کودهای فسفاته سبب شده که در خاک‌های ایران نیز کمبود عناصر ریزمغذی به‌ویژه روی و آهن دیده شود. روی از عناصر مهمی است ه برای رشد طبیعی و تولیدمثل گیاهان زراعی ضروری است (Alloway, 2004). اگرچه نیاز گیاهان به روی اندک است؛ ولی اگر مقدار کافی از این عنصر در دسترس نباشد،گیاهان از تنش‌های فیزیولوژیکی حاصل از ناکارایی سیستم‌های متعدد آنزیمی رنج خواهند برد (Bybordi, 2006). هم‌چنین عنصر روی در متابولیسم گیاه، توسعه ریشه و در تشکیل نشاسته دخالت دارد. روی در

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-07-01]

گلدهی و میوه‌دهی نیز نقش دارد و در شرایط کمبود آن، سرعت انجام این دو فرآیند کاهش می‌یابد (Fageria, 2009).

کاکماک (Cacmak, 2008) در گزارشی بیان کرده است استفاده از کود روی موجب افزایش غلظت روی در دانه و افزایش قوه نامیه بذر می‌شود. بذرهایی که توانایی جوانه‌زنی و رویش بالاتری دارند، از کیفیت مطلوب‌تری برخوردارند. رنگل و گراهام (Rengel and Graham, 1995) دریافتند مقدار بیش‌تر روی در بذر، به‌ویژه در خاک‌هایی که مقدار قابل استفاده این عنصر برای گیاه عامل محدودکننده رشد باشد، موجب افزایش رشد رویشی می‌شود. بنابراین کشت بذور با مقدار بالای عنصر روی می‌تواند مشکلات کمبود روی را تا حدی برطرف نماید. استفاده از سولفات روی خصوصاً در مراحل رشد رویشی باعث افزایش عملکرد دانه سویا می‌گردد (Berglund, 2002).

یکی دیگر از عوامل اصلی کاهش عملکرد سویا در خاک‌های آهکی کمبود آهن است (Thalooth *et al.*, 2006). آهن در ساختمان سیتوکروم‌ها به‌عنوان ناقل در سیستم‌های فتوسنتزی و واکنش‌های اکسید و احیا و هم‌چنین در ساختن رنگدانه کلروفیل نقش دارد. آهن می‌تواند کارایی اندامک‌های فتوسنتزی را به شدت تحت تأثیر قرار دهد (Frey and Reed, 2012). ترکیبات معدنی آهن بعد از اضافه شدن به خاک‌های آهکی به سرعت با آهک واکنش داده و رسوب اکسید آهک تولید می‌شود که قابلیت جذب آن برای گیاه بسیار کم است. بنابراین مصرف کلات‌های آهن در این شرایط در مقایسه با کودهای معدنی توصیه شده است (Godsey *et al.*, 2003).

در آزمایشی با مصرف خاکی ۲۰ کیلوگرم در هکتار آهن، تاثیر مثبت و معنی‌داری بر افزایش عملکرد و میزان روغن دانه آفتابگردان مشاهده شد (Mirzapour and Khosh goftar manesh, 2009). کالسیکان و همکاران (Calsikan *et al.*, 2008) گزارش نمودند کوددهی آهن باعث افزایش شاخص‌های رشد و عملکرد سویا می‌شود. ویرسما (Wiersma, 2005) مشاهده نمود که مصرف کافی کود آهن می‌تواند به‌طور مؤثری کلروز را کاهش و عملکرد را در سویا افزایش دهد. این آزمایش با هدف بررسی نقش کودهای سولفات آهن و روی بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت سویا و تعیین مطلوب‌ترین سطح مصرف کود در افزایش عملکرد و بهبود خصوصیات کمی و کیفی سویا اجرا شد. امید است که نتایج این آزمایش گامی در جهت تغذیه مطلوب سویا باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و ارتفاع حدود ۱۲۸۱ متر از سطح دریا، در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. آماده‌سازی زمین در اردیبهشت ۱۳۹۶ با عملیات شخم، دیسک و

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-07-01]

تسطیح انجام شد. قبل از عملیات کاشت، براساس تجزیه خاک (جدول ۱) مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره (حاوی ۴۶ درصد نیتروژن) به‌عنوان استارتر به کلیه کرت‌ها افزوده شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح کود روی صفر (عدم مصرف کود به‌عنوان شاهد)، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و چهار سطح کود آهن صفر (عدم مصرف کود به‌عنوان شاهد)، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن بودند.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک
Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil

بافت خاک Soil texture	نیتروژن N (%)	K	Mn	Cu	Zn	Fe	P	کربن آلی O.C (%)	EC (ds/m)	pH
		mg/kg								
لومی (Loam)	0.046	309	7.8	0.52	0.63	2.8	28	0.095	0.6	7.5

کودها از منبع سولفات آهن و سولفات روی انتخاب شدند و هم‌زمان با کاشت به خاک اضافه شدند و در پای بوته‌ها با خاک مخلوط گردیدند. تعداد ۱۶ کرت ۵ × ۲ متری در هر بلوک در نظر گرفته شد و چهار ردیف سویا به طول ۵ متر و با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر کشت گردید. جهت حصول نتایج آماری صحیح و جلوگیری از تحرک کودها، بین کرت‌ها در هر تکرار یک متر فاصله و بین تکرارها نیز چهار متر فاصله در نظر گرفته شد تا از اثرات جانبی نفوذ و پاشش کودها جلوگیری شود. پس از کاشت آبیاری انجام شد. ۱۲ روز پس از کاشت عملیات واکاری و حدود سه هفته پس از کاشت (مرحله ۳-۴ برگی) عملیات تُنک کردن کرت‌ها برای رسیدن به تراکم مطلوب انجام گرفت. آبیاری به‌صورت جوی و پشته با توجه به عرف منطقه هر هفت روز یک‌بار انجام گردید. کنترل علف‌های‌هرز در چندین نوبت به‌صورت دستی انجام گرفت.

پس از رسیدن محصول در هر کرت، دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای آن به‌منظور کاهش اثر حاشیه حذف و بقیه جهت تعیین عملکرد، با رطوبت ۱۳ درصد برداشت شدند. وزن هزاردانه، پس از برداشت محصول و با شمارش تعداد هزار دانه از هر کرت برای هر تکرار انجام شد و با ترازوی حساس بر حسب گرم توزین شد و میانگین وزن هزاردانه ارقام مشخص گردید. در هر کرت تعداد ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی، جهت تعیین صفات ارتفاع ساقه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف انتخاب شد. از دانه‌های برداشت شده از هر کرت، نمونه‌ای به وزن ۱۰۰ گرم جهت تعیین درصد پروتئین و روغن دانه انتخاب شد. مقادیر جذب آهن و روی، توسط دستگاه جذب اتمی با استفاده از عصاره خاکستر خشک اندازه‌گیری شد (ranst *et al.*, 1999). درصد روغن با روش سوکسله و درصد

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-07-01]

پروتئین با روش میکرو کجلدال اندازه‌گیری شد (Kaufman, 1958). محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف روی و آهن بر ارتفاع بوته سویا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد؛ در حالی‌که اثر برهم‌کنش تیمارها بر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲) یعنی تیمارها به‌صورت مستقل بر ارتفاع بوته تأثیر گذاشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ارتفاع بوته در تیمار ۳۰ کیلوگرم در هکتار روی با میانگین۶۷/۹۴ سانتی‌متر نسبت به بقیه سطوح برتر بود و تیمار شاهد با میانگین۶۰/۷۴ سانتی‌متر کم‌ترین ارتفاع را دارا بود (جدول ۳). از سطح کودی ۳۰ کیلوگرم آهن در هکتار بالاترین ارتفاع بوته با میانگین ۷۰/۹۷ سانتی‌متر به‌دست آمد که با ۶۰ کیلوگرم آهن در هکتار از نظر آماری در یک گروه قرارگرفت (جدول ۴). تیمار شاهد نیز کم‌ترین ارتفاع بوته را با میانگین ۶۱/۵۶ سانتی‌متر را داشت (جدول ۴).

افزایش ارتفاع گیاه سویا توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Nagaraja and Mohankumar, 2010). افزایش ارتفاع گیاه می‌تواند ناشی از افزایش هورمون اکسین به‌دلیل کاربرد روی باشد. اکسین در نوک ساقه سنتز شده و با رشد طولی سلول‌ها باعث افزایش رشد طولی ساقه می‌شود (Malakouti, 2007). افزایش ارتفاع به واسطه کود آهن مربوط به نقش این عنصر در فتوسنتز است. این عنصر باعث افزایش ساخت کلروفیل در برگ‌های جوان و افزایش تنظیم‌کننده‌های رشد می‌شود، در نتیجه فتوسنتز افزایش می‌یابد و مواد فتوسنتزی بیش‌تری به نقاط مختلف گیاه از جمله ساقه‌ها وارد می‌شود و در نهایت، ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد (Heidarzadeh *et al.*, 2016).

تعداد غلاف در بوته: در این تحقیق مشاهده شد که اثرات روی، آهن و برهم‌کنش آن‌ها بر تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در بین سطوح مختلف، تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار روی همراه با ۳۰ و۶۰ کیلوگرم آهن در هکتار به‌ترتیب با میانگین ۱۰۹/۲۱ و ۱۰۷/۷۲ غلاف بیش‌ترین و تیمار شاهد روی و شاهد آهن با میانگین ۸۲/۷۷ غلاف کم‌ترین تعداد غلاف در بوته را دارا بودند (جدول ۵). راتود و همکاران (Rathod *et al.*, 2017) در یک آزمایش مزرعه‌ای نتیجه گرفتند که کاربرد روی، موجب افزایش تعداد غلاف در گیاه سویا می‌گردد. کامپاریوا (Kampariva, 1996) به افزایش تعداد غلاف در بوته سویا با به‌کارگیری کود روی، اشاره کرده است. در تحقیق دیگری با مصرف کود آهن افزایش تعداد غلاف سویا گزارش شده است (Mirzashhi *et al.*, 2017). عناصر روی و آهن از طریق افزایش کارایی در تجمع هیدروکربن‌ها موجب افزایش رشد شاخه فرعی و تعداد غلاف در بوته می‌شوند (Bahure *et al.*, 2016).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-07-01]

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-07-01]

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات زراعی و مورفولوژیکی سویا

Table 2- Analyses of variance (MS) for agronomic and morphological characteristics of soybean

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	ارتفاع بوته Height of plant	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	وزن هزار دانه 1000 seed weight	شاخص برداشت Harvest index
تکرار (بلوک) Replication	3	8.58	15.27	0.005	5.25	2.74
کود روی Zn	3	12.47**	245.95**	0.043**	27.35**	63.05*
کود آهن Fe	3	87.41**	378.04**	50.76*	48.67**	107.57**
روی × آهن Zn × Fe	9	6.82ns	49.07**	0.140**	6.24**	9.79*
خطا Error	45	11.23	32.41	0.011	12.15	3.68
ضریب تغیرات CV (%)		4.86	5.94	4.72	4.54	7.34

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

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

جدول ۳- اثر کود روی بر ارتفاع بوته و مقدار روی دانه سویا

Table 3- Effect of Zn on height of plant and seed Zn content

کود روی Zn (kg/ha)	ارتفاع بوته Height of plant (cm)	مقدار روی دانه Seed Zn content (mg/kg)
0	60.74 d	31.56 c
10	62.89 c	32.26 b
20	64.16 b	35.44 a
30	67.94 a	36.87 a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری دارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

جدول ۴- اثر کود آهن بر ارتفاع بوته و مقدار آهن دانه سویا

Table 4- Effect of Fe on height of plant and seed Fe content

کود آهن Fe (kg/ha)	ارتفاع بوته Height of plant (cm)	مقدار آهن دانه Seed Fe content (mg/kg)
0	61.56 c	29.13 c
30	70.97 a	31.61 b
60	70.42 a	34.38 a
90	62.12 b	35.07 a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری دارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

تعداد دانه در غلاف: تعداد دانه در گیاه سویا مهم‌ترین جزء عملکرد محسوب می‌شود و تحت تأثیر تعداد غلاف در گیاه می‌باشد. تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تعداد دانه در غلاف نشان می‌دهد اثر روی و اثر متقابل کودهای روی و آهن در سطح احتمال یک درصد و اثر کود آهن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیش‌ترین تعداد دانه در غلاف در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار روی و ۶۰ کیلوگرم آهن در هکتار با میانگین ۲/۸۵ دانه و کم‌ترین مقدار آن هم در تیمارهای شاهد روی و آهن با میانگین ۲/۱۳ به‌دست آمد (جدول ۵). نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (Kobraee and Shamsi, 2016).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-07-01]

عنصر روی در سنتز پروتئین لوله گرده شرکت کرده و سبب ذخیره پروتئین می‌گردد که این امر منجر به افزایش تلقیح و تشکیل میوه و دانه بیش‌تری می‌شود. روی با افزایش ساخت هیدروکربن‌های دانه گرده و افزایش طول عمر آن موجب افزایش تلقیح و تشکیل تعداد دانه بیش‌تری در غلاف می‌شود (Marshner, 1995). تعداد دانه در غلاف تا حد زیادی به میزان فتوسنتز طی دوره گلدهی و غلاف‌دهی بستگی دارد و وجود عوامل محدودکننده فتوسنتز در این دوره، باعث کاهش تعداد دانه در غلاف می‌شود (Sinclair *et al.*, 2010).

وزن هزار دانه: تأثیر تیمار عنصر روی و آهن و هم‌چنین برهم‌کنش تیمارها بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیش‌ترین وزن هزاردانه از تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار روی و۶۰ کیلوگرم آهن در هکتار با میانگین ۱۳۶/۳۳ گرم به‌دست آمد. تیمارهای ۱۰ کیلوگرم در هکتار روی و۳۰ و ۹۰ کیلوگرم آهن در هکتار با میانگین ۱۳۲/۸۲ و ۱۳۳/۳۹ گرم و همین‌طور تیمار۲۰ کیلوگرم در هکتار روی و۳۰ کیلوگرم آهن در هکتار با میانگین ۱۳۲/۹۹ گرم در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۵). کم‌ترین مقدار وزن هزار دانه از تیمار شاهد با میانگین ۱۲۷/۴۲به‌دست آمد (جدول ۵). مدنی و همکاران (Madani *et al.*, 2007) به این نتیجه رسیدند که با کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات‌روی در خاک میزان وزن هزار دانه سویا به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

حیدریان و همکاران نتیجه‌گیری کردند که کاربرد کود آهن نسبت به شاهد وزن هزار دانه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Heidarian *et al.*, 2011). افزایش وزن هزار دانه به‌دلیل نقش عناصر ریزمغذی روی و آهن در تشکیل و تجمع هیدروکربن‌ها و مواد فتوسنتزی در دانه است. عنصر روی با افزایش میزان فتوسنتز و متابولیسم گیاهی باعث افزایش ذخایر کربوهیدرات گیاه شده و در نتیجه به هنگام پُر شدن دانه، ماده خشک بیش‌تری در اختیار دانه‌ها قرار می‌گیرد، بنابراین وزن دانه‌ها افزایش می‌یابد (Baybordy and Mamedov, 2010).

شاخص برداشت: در این آزمایش تأثیر سطوح مختلف عنصر آهن در سطح احتمال یک درصد و سطوح مختلف عنصر روی و برهم‌کنش این دو در سطح احتمال پنج درصد بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۲). در برهم‌کنش تیمارها بیش‌ترین شاخص برداشت از تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار روی و۹۰ و۳۰ کیلوگرم آهن در هکتار با میانگین ۳۱/۲۹ و ۳۱/۱۷ به‌دست آمد، که با تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار روی و ۶۰ کیلوگرم آهن در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-07-01]

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-07-01]

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل آهن و روی بر خصوصیات سویا

Table 5- Mean comparison of effect of interaction Fe and Zn on characteristics of soybean

روی Zn (kg/ha)	آهن Fe (kg/ha)	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	وزن هزار دانه 1000 seed weight (gr)	شاخص برداشت Harvest index
0	0	82.77f	2.13f	127.42d	20.23f
	30	84.75e	2.25fj	129.66dc	24.74de
	60	95.38c	2.65bc	131.97bc	24.65de
	90	91.65d	2.60d	130.04c	23.99e
10	0	95.47c	2.46e	130.33c	29.17b
	30	109.21a	2.57de	132.82b	31.17a
	60	107.72a	2.58a	136.33a	30.87a
	90	102.23b	2.71ab	133.39b	31.29a
20	0	96.44c	2.47e	130.11c	27.89c
	30	94.11dc	2.60d	132.99b	29.66ab
	60	105.35ab	2.71b	131.08bc	29.11b
	90	92.04d	2.63c	130.77c	25.32d
30	0	91.52d	2.58de	130.40c	26.28dc
	30	93.07d	2.60d	130.06c	27.66c
	60	100.55bc	2.64bc	130.31c	28.14bc
	90	90.32de	2.59d	12.47dc	25.67d

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

محمد و همکاران (Mahmed *et al.*, 2010) گزارش کردند که محلول‌پاشی برگی با آهن یا منگنز و هم‌چنین محلول‌پاشی توأم آن‌ها، شاخص برداشت را در گندم افزایش داد. جذب این دو عنصر در اندام‌های فعال گیاه و مساعد شدن شرایط رشد، باعث انتقال بهتر مواد غذایی از اندام‌های هوایی به بخش زایشی و افزایش عملکرد دانه شده که این امر منجر به افزایش شاخص برداشت گردیده است. به عبارت دیگر گیاه ماده خشک اضافی تولید نکرده بلکه بخش اعظم مواد فتوسنتزی را به دانه منتقل کرده است (Richards, 2002).

عملکرد دانه: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تأثیر سطوح مختلف عناصر روی، آهن و برهم‌کنش آن دو بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). بیش‌ترین عملکرد مربوط به تیمار کودی ۱۰ کیلوگرم در هکتار روی و۹۰ کیلوگرم آهن در هکتار با میانگین ۵۳۹۷/۳۸ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که با تیمار کودی ۱۰ کیلوگرم در هکتار روی و۶۰ کیلوگرم آهن در هکتار با میانگین ۵۱۴۹/۱۸ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). پایین‌ترین میزان عملکرد دانه از تیمارهای بدون کاربرد روی و آهن با میانگین ۳۴۲۴/۱۴ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۷).

عادلی و همکاران (Adeli *et al.*, 2011) نیز به افزایش عملکرد سویا با به‌کارگیری کود روی اشاره کرده‌اند. در تحقیقات میرزاپور و خوش‌گفتارمنش (Mirzapour and Khosh goftar manesh, 2009) نشان داده شد که مصرف خاکی ۲۰ کیلوگرم در هکتار سکوسترین آهن، وزن هزار دانه و عملکرد دانه آفتابگردان را افزایش می‌دهد. در پژوهش دیگری مصرف ۶/۷ کیلوگرم FeEDDHA در هکتار، سبب افزایش معنی‌دار تعداد دانه و عملکرد دانه سویا شد (Wiersma, 2005). محققان دیگری نیز به اثر مثبت سولفات‌روی بر عملکرد دانه سویا اشاره کرده‌اند؛ که با نتایج این تحقیق هم راستا می‌باشد (Nagaraja and Mohankumar, 2010).

سولفات‌روی از طریق افزایش اکسین و تنظیم آب گیاه باعث بهبود رشد رویشی گیاه شده و از این راه به افزایش فتوسنتز و عملکرد گیاه کمک می‌کند (Ebrahimian *et al.*, 2010). روی و آهن با تأثیر مثبت بر تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و سایر اجزای عملکرد باعث افزایش در عملکرد دانه سویا می‌شود که می‌تواند به‌دلیل بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه و نقش مثبت این عناصر در عملکرد سیستم‌های نوری باشد (Ahmadi, 2010). به‌عبارت دیگر با مصرف عناصر آهن و روی، فعالیت فتوسنتزی گیاه افزایش یافته و باعث توسعه پوشش گیاهی و افزایش شاخ و برگ و عملکرد گیاه می‌شود (Varnaseri Ghandali and Nasiri Dehsorkhi, 2017).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-07-01]

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-07-01]

جدول ۶- تجزیه واریانس صفات زراعی و مورفولوژیکی سویا

Table 6- Analyses of variance for agronomic and morphological characteristics of soybean

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	عملکرد دانه Seed yield	درصد پروتئین Protein percent	درصد روغن Oil percent	مقدار روی دانه Seed Zn content	مقدار آهن دانه Seed Fe content
تکرار (بلوک) Replication	3	52836.60	1.15	0.63	26.87	21.67
کود روی Zn	3	13457.91**	13.62**	3.21**	78.64**	4.32ns
کودآهن Fe	3	17458.87**	7.23**	5.28 *	2.54n	37.08**
روی × آهن Zn × Fe	9	18259.78**	6.65**	12.98**	1.84ns	3.43ns
خطا Error	45	72941.61	7.37	6.97	10.46	5.13
ضریب تغیرات CV (%)		5.48	2.03	2.18	8.04	8.89

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

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-07-01]

جدول ۷ - مقایسه میانگین اثر متقابل اهن و روی بر خصوصیات سویا

Table 7- Mean comparison of effect of interaction Fe and Zn on characteristics of soybean

روی Zn (kg/ha)	آهن Fe (kg/ha)	عملکرد دانه Seed yield (Kg/ha)	درصد روغن Oil percent	درصد پروتئین Protein percent
0	0	3424.14e	17.24e	32.41f
	30	3674.30e	18.14de	33.64e
	60	3714.25de	18.89 d	34.09de
	90	3857.94d	19.34c	34.28d
10	0	4723.44b	19.11c	34.46c
	30	4925.39ab	20.49bc	37.97ab
	60	5149.18a	22.87a	39.91a
	90	5397.38a	22.15a	38.89a
20	0	4417.37dc	19.33c	35.40dc
	30	4743.70b	20.85b	36.37c
	60	4967.34ab	21.37ab	37.34b
	90	4623.83b	20.21bc	37.70ab
30	0	3984.28d	19.31c	35.19d
	30	4560.43c	20.39bc	36.13c
	60	4731.85b	20.14b	37.79ab
	90	4489.03dc	19.07dc	36.28c

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

درصد پروتئین: تجزیه واریانس مربوط به درصد پروتئین نشان داد که اثر کودهای روی، آهن و برهم‌کنش آن‌ها بر درصد پروتئین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). کم‌ترین درصد پروتئین در تیمار شاهد دیده شد. بیش‌ترین درصد پروتئین مربوط به تیمار کودی ۱۰ کیلوگرم در هکتار روی و ۶۰ کیلوگرم آهن در هکتار با میانگین ۳۹/۹۱ درصد به‌دست آمد؛ که با تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار روی و ۹۰ کیلوگرم آهن در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). با افزایش کود روی و آهن، درصد پروتئین نسبت به شاهد افزایش داشته است. از لحاظ آماری اختلافی بین سطوح ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتارآهن و همین‌طور ۲۰ و۳۰ کیلوگرم در هکتار روی دیده نشد (جدول ۷). عبدیلی همکاران (Abdili *et al.*, 2009) افزایش پروتئین سویا را با کاربرد سولفات‌روی گزارش کرده‌اند. درصد پروتئین به تغذیه گیاه بستگی دارد و تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار می‌گیرد. عنصر روی موجب افزایش انتقال اسیدهای آمینه و هم‌چنین افزایش ساخت RNA می‌شود که بدین وسیله سنتز پروتئین افزایش می‌یابد (Whitty, 2005). مصرف آهن نیز میزان فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز را که برای چرخه اسیدهای آمینه ضروری است افزایش می‌دهد و یکی از عناصر مهمی است که در متابولیسم نیتروژن نقش دارد و در نتیجه باعث افزایش پروتئین در گیاه می‌شود (Briat *et al.*, 2010).

درصد روغن: تجزیه واریانس داده های مربوط به درصد روغن نشان داد اثر روی و اثر متقابل کودهای روی و آهن در سطح احتمال یک درصد و اثر کود آهن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد و درصد روغن را افزایش داد (جدول ۶). به‌طوری‌که بالاترین درصد روغن از تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار روی و ۶۰ کیلوگرم آهن در هکتار، با میانگین۲۲/۸۷ درصد حاصل شد که با تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار روی و ۹۰ کیلوگرم آهن در هکتار با میانگین ۲۲/۱۵ تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). کم‌ترین میزان آن نیز در تیمارهای شاهد روی و آهن با میانگین ۱۷/۲۴ درصد به‌دست آمد (جدول ۷). نتایج مشابهی توسط سایر محققان نیزگزارش شده است (Bybordi and Malakouti, 2007).

مقدار عنصر روی و آهن دانه: کاربرد کود سولفات‌آهن هیچ اثر معنی‌داری بر میزان عنصر روی دانه نداشت؛ ولی سطوح مختلف کاربرد کود سولفات‌روی، بر میزان عنصر روی موجود در دانه از لحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و مقدار آن را افزایش داد. هم‌چنین هیچ‌گونه برهم‌کنش معنی‌داری بین این دو فاکتور مشاهده نگردید (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین مقدار عنصر روی موجود در دانه مربوط به تیمار ۳۰ کیلوگرم در هکتار روی به میزان ۳۶/۸۷ میلی‌گرم در کلیلوگرم بود که با تیمار ۲۰ کیلوگرم در هکتار روی با میانگین ۳۵/۴۴ میلی‌گرم در کلیلوگرم از لحاظ

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-07-01]

آماری اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند و در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۳). کم‌ترین میزان عنصر روی موجود در دانه از تیمار شاهد به میزان ۳۱/۵۶ میلی‌گرم در کلیلوگرم به‌دست آمد (جدول ۳). اثر اصلی سطوح مختلف کود سولفات‌آهن بر مقدار آهن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید و مقدار آن را افزایش داد؛ ولی اثر اصلی کاربرد سولفات‌روی و هم‌چنین برهم‌کنش عنصر روی و آهن از لحاظ آماری بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۶). بالاترین مقدار عنصر آهن موجود در دانه مربوط به تیمار ۹۰ کیلوگرم در هکتار آهن به میزان ۳۵/۰۷ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد و با تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار آهن با میانگین ۳۴/۳۸ میلی‌گرم در کیلوگرم در یک سطح قرار گرفتند (جدول ۴). تیمار شاهد نیز کم‌ترین میزان آهن موجود در دانه را با میانگین ۲۹/۱۳ میلی‌گرم در کیلوگرم دارا بود (جدول ۴).

بایبوردی و ممدوف (Bybordi and Mamedov, 2010) بیان کردند که با مصرف روی، افزایش غلظت روی در دانه‌ها، ریشه، کاه و کلش در گیاه کلزا افزایش می‌یابد. کبرایی و همکاران (Kobraee *et al.*, 2011) نیز افزایش مقدار عنصر روی و آهن دانه سویا را بر اثر کاربرد کود حاوی این عناصر گزارش نمودند. مورگان نیز به افزایش مقدار آهن دانه سویا از طریق کاربرد خاکی این عنصر اشاره کرده است (Moraghan, 1985). مقدار عناصر کم‌مصرف در دانه، به مقدار جذب این عناصر به وسیله ریشه طی مرحله توسعه دانه و انتقال مجدد این عناصر از بافت های گیاهی به دانه از طریق آوند آبکش ارتباط دارد (Bybordi and Mamedov, 2010).

نتیجه‌گیری

مصرف مقادیر بهینه کودهای ریزمغذی برای تولید حداکثر عملکرد کیفی وکاهش آثار زیست محیطی مهم است. از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده عملکرد دانه، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته است. با توجه به نقش آهن در فرآیندهای فتوسنتزی و نیز مشارکت آن در ساخت کلروفیل و انتقال الکترون در فتوسنتز، بدیهی است که تامین کافی آهن مورد نیاز گیاه منجر به افزایش وزن هزار دانه و به تبع آن عملکرد دانه می‌شود. از طرفی، یکی از عوامل موثر بر عملکرد دانه، افزایش تعداد غلاف در بوته می باشد، لذا هر عاملی که این ویژگی را افزایش دهد، عملکرد دانه نیز زیاد می‌شود. کاربرد کود روی، باعث افزایش ذخیره هیدروکربن دانه گرده می‌شود و منجر به افزایش تلقیح و تشکیل تعداد بیش‌تری دانه در غلاف می‌گردد. آهن و روی نقش مثبتی در عملکرد و کیفیت پروتئین و روغن دانه داشتند. از دلایل این امر فعالیت روی در ساختار آنزیم دهیدروژناز-پروتیناز و نقش کلیدی آن در تولید پروتئین است. نتایج در

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-07-01]

مورد صفات کمی نشان داد که با افزایش هر دو نوع کود، صفات مورد بررسی نسبت به شاهد افزایش یافته است، هرچند که در بیش‌تر صفات اختلافی از لحاظ آماری بین سطوح سوم و چهارم دیده نشد. با توجه به نتایج تحقیق در بین سطوح مختلف آزمایش، می‌توان بیان کرد که تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار سولفات‌روی و ۶۰ کیلوگرم سولفات‌آهن در هکتار که بیش‌ترین تأثیر مثبت را بر صفات مورد بررسی نشان دادند، به‌عنوان بهترین گزینه مدیریت کود روی و آهن برای سویا در این تحقیق معرفی می‌شود.

منابع

Abdili J., Roshdi M., Majidi A., Hasanzadeh Ghourttapeh A., Henareh M. 2009. Effect of zinc sulfate application method on soybean var. Williams. Journal of Research in Crop Sciences, 1 (4): 39-50. (In Persian).

Adeli S., Khorgami A., Rafiee M. 2011. Effect of foliar application of zinc sulphate on quantitative and qualitative traits of soybean in Khorramabad region. Agroecology Journal, 7 (3): 51-57. (In Persian).

Ahmadi M. 2010. Effect of zinc and nitrogen fertilizer rate on yield and yield components of oilseed rape (*Brassica napus* L.). World Applied Sciences Journal, 10: 298-303.

Alloway B.J. 2004. Zinc in Soils and Crop Nutrition. International Zinc Associated (IZA), Belgium.

Anajafi M., Farnia A. 2008. Effect of plant densities on morphological characteristics and seed yield of soybean genotypes in Markazi province. Agroecology Journal, 2 (2): 107-115. (In Persian).

Bahure G.K., Mirza I.A.B., Bankar R.T., Puri A.N., Mirche S.H. 2016. Effect of foliar application of zinc, iron and magnesium on growth, yield and quality economics of soybean (*glycine max* (L.) Merill). Ecology, Environment and Conservation, 22: 129-132.

Berglund D.R. 2002. Soybean Production Field Guide for North Dakota and Northwestern Minnesota. Published in cooperative and with support from the North Dakota Soybean Council, 136 p.

Briat J.F., Duc C., Ravet K., Gaymard F. 2010. Ferreting and iron storage in plant. Biophysical Acta General Subjects, 1800: 608-814.

Bybordi A. 2006. Zinc in soils and crop nutrition. First Edition, Parivar Publications, Tabriz, Iran. (In Persian).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-07-01]

Bybordi A., Malakouti M.J. 2007. Effects of zinc fertilizer on the yield and quality of two winter varieties of canola zinc crops. International Congress of Improving Crop Production and Human Health, 24-26 May, Istanbul, Turkey.

Bybordy A., Mamedov G. 2010. Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). Notulae Scientia Biologicae, 2 (1): 94-103.

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

Calsikan S., Ozkaya I., Caliskan M.E., Arslan A.2008. The effects of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in a Mediterranean-type soil. Field Crops Research, 108: 126-132.

Ebrahimian E., Bybordi A., Eslam B.P. 2010. Efficiency of zinc and iron application methods on sunflower. Journal of Food, Agriculture and Environment. 8 (3): 83-789.

Fageria N.K. 2009. The use of nutrients in crop plants. CRC Press, Publisher Taylor and Francis Group, New York.

Frey P.A., Reed G.H. 2012. The ubiquity of iron. ACS Chemical Biology, 7: 1477-1481.

Godsey C.B., Schmidt J.P., Schlegel A.J., Taylor R.K., Thompson C.R., Gehl R.J. 2003. Correcting iron deficiency in corn with seed row-applied iron sulfate. Agronomy Journal, 95: 160-166.

Heidarian A.R., Kord H., Mostafavi K., Parviz Lak A., Amini Mashhadi F. 2011. Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean (*Glycine max* (L) Merr.) at different growth stages. Journal of Agricultural Biotechnology and sustainable Development, 3: 189-197.

Heidarzade A., Esmaeili M., Abbasi R. 2016. Response of soybean to molybdenum and iron spray under well-watered and water deficit conditions. Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences, 4 (1): 37-46.

Joshi A.K., Crossa J., Arun B., Chand R., Trethowah R., Vargas M., Ortiz Monasterio I. 2010. Genotype environment interaction for zinc and iron concentration of wheat grain in eastern Gangetic plain of India. Field Crops Research, 116: 268-277.

Kaufman H.P. 1958. Analysis of Fat and Fat Products. Springer Verlag, Berlin.

Khampariva N.K. 1996. Yield and yield attributing characters of soybean as affected by levels of phosphorous and zinc and their interactions on Vertisoil. Crop. Research Hisar, 12: 75-282.

Kobraee S., NoorMohamadi G., HeidariSharifabad H., DarvishKajori F., Delkhosh B. 2011. Influence of micronutrient fertilizer on soybean nutrient composition. Indian Journal of Science and Technology, 4 (7): 763-769.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-07-01]

Kobraee S., Shamsi K. 2015. Relationships between oil, protein and dry matter in soybean seed with some of micronutrients fertilization. Research Journal of Soil Biology, 7: 56-63.

Madani H.K., Kelerestaghi B., Yarnia M. 2007. The Agronomical aspects of zinc sulfate application on soybean in Iranian condition Gonbad region. Proceeding of Zinc Crops Conference, Istanbul, Turkey.

Mahmed M.F., Thalooth A.T., Khalifa R.K.M. 2010. Effect of foliar spraying with uniconazole and micronutrients on yield and nutrients uptake of wheat plants grown under saline condition. Journal of American Science, 6 (8): 398- 404.

Malakouti M.J. 2007. Zinc is a neglected element in the life cycle of plants: A review. Journal of Plant Science Biotechnology, 1: 1-12.

Marshner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London, England, 889 p.

Mirzapour M.H., Khosh Goftar Manesh A.H. 2009. Iron fertilization effects on growth, yield and oil seed content of sunflower grown on a saline-sodic calcareous Soil. Agricultural research, 9 (5): 61-74. (In Persian).

Mirzashahi K., Nourgholipour F., Samavat S. 2017. Effects of two Fe-fertilizers on yield and yield components of soybean grown in the north of Khuzestan. Journal of Land Management, 4 (2): 191-201. (In Persian).

Moraghan J.T. 1985. Manganese deficiency in soybean as affected by Fe-EDDHA and low soil temperature. Soil Science Society of America Journal, 49: 1584-1586.

Nagaraja A.P., Mohankumar H.K. 2010. Effect of micronutrient and bio-inoculants on growth and yield of soybean. Mysore Journal of Agricultural Science, 44 (2): 260-265.

Ranst E., Verloo M., Demeyer A., Pauwels J.M. 1999. Manual for the soil chemistry and fertility laboratory: analytical methods for soils and plants equipment, and management of consumables. Gent University, Belgium.

Rathod P.K., Rathod P.K., Chavan K.N., Patil M. 2017. Influence of lime, zinc and boron on yield and yield contributing characters of soybean. International Journal of Applied and Pure Science and Agriculture, 3 (1): 54-57.

Rengel Z., Graham R.D. 1995. Importance of seed Zn content for wheat growth on Zn deficient soil (II: Grain yield). Plant and Soil, 173: 267-274.

Richards R., Rebetzke G.J., Condon A.G., Van Herwaarden A.F. 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. Crop Science, 42: 111-121.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-07-01]

Sinclair T.R., Messina C.D., Beatty A., Samples M. 2010. Assessment across the United States of the benefits of altered soybean drought traits. Agronomy Journal, 102: 475-482.

Thalooth M., Tawfik M., Magda Mohamed H. 2006. A comparative study on the effect of foliar application of zinc potassium and magnesium on growth yield and some chemical constitutes on Mungbean plant growth under water stress conditions. World Journal of Agriculture Science, 2: 37-46.

Varnaseri Ghandali V., Nasiri Dehsorkhi A. 2017. Investigation of foliar application of Zinc and Iron elements in nano form on growth and yield of cowpea under water deficit stress. Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology, 4 (1): 109-136. (In Persian).

Whitty E.N., Chambliss C.G. 2005. Fertilization of Field and Forage Crops. Nevada State University Publication, Pp: 21-24.

Wiersma J.V. 2005. High rates of Fe-EDDHA and seed iron concentration suggest partial solutions to iron deficiency in soybean. Agronomy Journal, 97: 924-934.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-07-01]