دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره پنجم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۹۷
http://arpe.gonbad.ac.ir

اثر مقدار نیتروژن و محلول‌پاشی سولفات آهن بر عملکرد و اجزای عملکرد عدس (*Lens culinaris* Medik.) در شرایط دیم

علی سلخوری غیاثوند[۱]، پیمان شریفی[۲*]، هاشم امین پناه[۳]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
[۳،۲]دانشیاران گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۱۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۲۵

چکیده

مقدمه: با توجه به دوره رشد کوتاه، عدس می‌تواند در شرایط دیم کشت شود. آهن عنصر ضروری برای رشد و نمو گیاه است و در ستز کلروفیل و تیلاکوئید و نمو کلروپلاست نقش دارد. مزیت اساسی محلول‌پاشی برگی آهن اجتناب از تثبیت آهن بواسطه واکنش‌های قلیایی آهکی در خاک است. اگرچه عدس همانند سایر لگوم‌ها می‌تواند نیتروژن مورد نیاز خود را از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن تأمین نماید، اما یک مقدار نیتروژن به‌عنوان استارتر می‌تواند در افزایش عملکرد دانه نقش داشته باشد. نیتروژن نقش مهمی در تشکیل گره‌ها دارد و از این نظر در تثبیت نیتروژن هم نقش دارد. هدف از تحقیق حاضر، بررسی اثر نیتروژن و محلول‌پاشی آهن و همچنین اثرمتقابل دو فاکتور بر عملکرد و اجزای عملکرد عدس در شرایط دیم است.

مواد و روش‌ها: تحقیق حاضر در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، به‌صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در شهرستان قزوین انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل مقدار کود نیتروژن در سه سطح (۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع کود اوره) و محلول‌پاشی آهن در دو سطح (صفر و سه در هزار آهن از منبع

*نویسنده مسئول: sharifi@iaurasht.ac.ir

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

سولفات آهن) در مرحله گل‌دهی بودند. در مرحله رسیدگی، برخی از پارامترهای رشد شامل ارتفاع بوته و پارامترهای وابسته به عملکرد شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت اندازه‌گیری شدند.

نتایج: تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود نیتروژن و محلول‌پاشی آهن بر صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و محتوی پروتئین و آهن دانه معنی‌دار بود. حداکثر مقدار عملکرد دانه (۷۱۶/۷۲ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنی حاصل شد. با افزایش مقدار مصرف نیتروژن از صفر به ۵۰ کیلوگرم در هکتار، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب به میزان ۲۲، ۳۵، ۷، ۲۶ و ۲۲ درصد افزایش یافت. محلول‌پاشی سولفات آهن در مرحله گلدهی سبب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، محتوی پروتئین و آهن دانه به‌ترتیب به میزان ۶، ۶، ۴، ۱۲، ۴، ۲۰ و ۴۱ درصد گردید.

نتیجه‌گیری: در مجموع می‌توان چنین استنباط کرد که محلول‌پاشی سولفات آهن با غلظت ۳ در هزار و کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار سبب بهبود رشد، عملکرد و کیفیت دانه‌های عدس شدند.

واژه‌های کلیدی: تغذیه برگی، حاصلخیزی خاک، عدس دیم، عملکرد دانه

مقدمه

عدس (*Lens culinaris*) یکی از بقولات دانه‌ای، یکساله، خودگرده‌افشان و دیپلوئید است که به دلیل دارا بودن مقادیر بالای پروتئین و ریزمغذی‌هایی چون آهن، روی و بتاکاروتن در رژیم‌های انسانی و تغذیه حیوانی استفاده می‌شود. این گیاه همچنین نقش مهمی در حاصلخیزی خاک، کاهش شیوع علف‌های هرز، بیماری‌ها و آفات در تناوب با محصولات زراعی ایفا می‌کند (Sarker and Kumar, 2011). میزان کل تولید جهانی عدس ۴/۹ میلیون تن با میانگین عملکرد ۹۷۰ کیلوگرم در هکتار است. در ایران سطح زیر کشت آن ۱۲۰ هزار هکتار با میانگین عملکرد ۶۰۸ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (FAO, 2015). این گیاه تقریباً ۳۷/۵ کیلوگرم نیتروژن خالص (N)، ۱۰/۵ کیلوگرم فسفر خالص (P_2O_5) و ۲۸/۲ کیلوگرم پتاس (K_2O) از یک هکتار برداشت می‌کند (Yazdi-Samadi *et al.*, 2001). بنابراین تأمین عناصر غذایی فوق می‌تواند نقش مهمی را در افزایش عملکرد دانه داشته باشد.

تغذیه مناسب و متعادل گیاهان زراعی نقش مهمی در بهبود و افزایش عملکرد محصولات زراعی ایفا می‌کند. نیتروژن، به‌عنوان یکی از اجزای مهم کلروفیل، مهمترین عنصر غذایی در رشد و تولید گیاهان

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

زراعی به شمار می‌آید که کمبود آن در اکثر اکوسیستم‌های زراعی شایع است. این عنصر از اجزای اصلی تشکیل‌دهنده اسیدهای آمینه و بازهای آلی است که در ساختمان پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک مشاهده می‌شوند (Mishra *et al.*, 2011). با وجود آنکه، بقولات تا حدودی می‌توانند نیاز خود به نیتروژن را از طریق تثبیت زیستی آن برطرف نمایند، کمبود نیتروژن خاک به‌ویژه در مراحل اولیه رشد گیاه اثر سوء بر رشد و عملکرد آن‌ها دارد (Malhi and Gill, 2004). از طرفی دیگر در شرایط فراهمی نیتروژن به مقدار کافی، تثبیت نیتروژن جهت رشد بقولات دچار نقصان می‌شود (Fatima *et al.*, 2013).

گوگرد و آهن نیز از عناصر مهم در بهبود رشد و کارکرد فیزیولوژیک گیاهان زراعی می‌باشند. در زمینه نقش مثبت گوگرد در گیاهان، گابال (Gabal, 1989) گزارش نمود که در صورت کاربرد کودهای دارای سولفات و یا کودهای با پوشش گوگردی، کمترین تجمع نیترات در گیاهان ایجاد می‌شود، زیرا گوگرد نقش اساسی را در احیای نیترات بر عهده دارد. مصرف زیادی کودهای نیتروژن، تجمع نیترات در اندام‌های مصرفی بیش از حد معمول بوده و چنانچه کودهایی نظیر سولفات پتاسیم و سولفات روی به کار رود، ضمن افزایش عملکرد و بهبود کیفیت، از غلظت نیترات از طریق احیای نیترات به نیتریت و در نهایت هیدروکسیل آمین تحت آنزیم‌های نیترات و نیتریت ردوکتاز به مقدار قابل توجهی کاسته می‌شود. اگرچه آهن جزء ساختمانی کلروفیل نیست، اما در بیوسنتز کلروفیل، سنتز تیلاکوئید و توسعه کلروپلاست نقش دارد (Marschner, 1995). همچنین آهن از اجزای سازنده دو گروه عمده پروتئین‌ها، پروتئین‌های هِم و پروتئین‌های آهن-گوگرد هستند. کمبود برخی از عناصر از قبیل گوگرد و آهن اثر سویی بر فعالیت آنزیم نیتروژناز (آنزیم تثبیت‌کننده نیتروژن در همزیستی بین بقولات و باکتری‌های ریزوبیوم) دارد. آهن در شرایط کمبود که بیشتر در خاک‌های قلیایی اتفاق می‌افتد، همانند بعضی از عناصر غذایی ریزمغذی نامحلول، غیرمتحرک و غیرقابل دسترس می‌شود (Fageria and Baligar, 2005). در نتیجه، در این حالت مصرف خاکی کودهای آهن تأثیری بر رشد و عملکرد گیاه ندارد و محلول‌پاشی آهن می‌تواند در این خاک‌ها موثر باشد (Troeh and Thompson, 2005).

مطالعاتی در زمینه استفاده از آهن و نیتروژن در عدس انجام شده است، به‌طوری‌که محسنی محمدجانلو و همکاران (Mohseni Mohammadjanloo *et al.*, 2012)، جودی و همکاران (Joudi *et al.*, 2012)، فاتیما و همکاران (Fatima *et al.*, 2013)، حبیب‌الرحمان و همکاران (Habib ur Rahman *et al.*, 2013)، تنا و همکاران (Tena *et al.*, 2016) اثر نیتروژن را بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد عدس مورد بررسی قرار داده‌اند و مقادیر ۳۰ تا ۵۰ کیلوگرم در هکتار را به‌عنوان بهترین مقادیر نیتروژن

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

برشمرده‌اند. در ارتباط با نقش مثبت محلول‌پاشی آهن در عدس نیز مطالعاتی انجام شده است که حاکی از تأثیر مثبت محلول‌پاشی آهن بر عملکرد و اجزای عملکرد عدس است (Mehraban, 2017; Mishra *et al*., 2011; Sadeghi and Noorhosseini, 2014). علاوه‌بر عدس در سایر بقولات نیز به اثرات مثبت محلول‌پاشی آهن اشاره شده است، از جمله گوس و جانسون (Goos and Johnson, 2001) نشان دادند که محلول‌پاشی آهن باعث افزایش عملکرد دانه در سویا شد. همچنین پنج‌تن‌دوست و همکاران (Panjtandoust *et al*., 2010) نشان دادند که مصرف آهن با غلظت ۴ در هزار سبب افزایش عناصر ضروری دانه در بادام‌زمینی گردید.

در ارتباط با برهمکنش آهن و نیتروژن در گیاهان مشخص شده است هنگامی‌که نیتروژن کافی در اختیار گیاه قرار داشته باشد، با توجه به نقش نیتروژن در تعداد و فعالیت پروتئین‌های حمل‌کننده آهن در غشاء سلول‌های ریشه، جذب آهن در ریشه و انتقال آن در ساقه گیاه افزایش می‌یابد (Kutman *et al*., 2011). وضعیت نیتروژن در گیاه، نقش مثبتی نیز در تخصیص آهن به دانه گیاه دارد (Aciksoz *et al*., 2011). همچنین نشان داده شده است که اثر هم‌افزایی نیتروژن در صورت مصرف سایر عناصر، مانند گوگرد، فسفر، آهن، مولیبدن و روی به‌دلیل افزایش کارایی در جذب نیتروژن است (He *et al*., 2013). از طرف دیگر مشخص شده است که مقدار کافی از عنصر آهن فعالیت آنزیم نیتروژناز و ظرفیت تبیت بیولوژیکی نیتروژن را افزایش می‌دهد (Terry and Jolley, 1994). آهن همچنین به‌عنوان عنصری ضروری برای باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، گره‌زایی، فعالیت گره‌ها و ساختن کلروفیل می‌باشد (O'Hara, 2001). هدف از تحقیق حاضر، بررسی اثر نیتروژن و محلول‌پاشی آهن و همچنین اثرمتقابل دو فاکتور بر عملکرد و اجزای عملکرد عدس در شرایط دیم بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در منطقه سلطان‌آباد شهرستان قزوین با طول جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی، عرض جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۲۸۰ از سطح دریا بر روی عدس (رقم قزوین، دارای عادت رشدی خوابیده و دیررس) به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار به اجرا درآمد. فاکتورهای آزمایشی شامل کود نیتروژن در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و محلول‌پاشی سولفات آهن در دو سطح (صفر و محلول سه در

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

هزار سولفات آهن) بودند. قبل از شروع آزمایش اقدام به آزمون خاک محل تحقیق گردید که نتایج آن در جدول یک ارائه شده است (Jones, 1999).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری)
Table 1- Characteristics of physical and chemical of the soil used in the test (depth 0-30 cm)

Characteristic	مشخصه	مقدار Quantity
Soil texture	بافت خاک	لومی-شنی Lomi-Sand
EC (dS/m)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	0.47
pH	پی اچ	7.66
Organic Carbon(%)	کربن آلی (درصد)	0.49
Total nitrogen (%)	نیتروژن کل (درصد)	0.049
Acceptable phosphorus (mg/kg)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم/کیلوگرم)	4.06
Acceptable potassium (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم/کیلوگرم)	338
Fe (mg/kg)	آهن (میلی‌گرم/کیلوگرم)	3.52
Clay (%)	رس (درصد)	33
Silt (%)	سیلت (درصد)	44
Sand (%)	ماسه (درصد)	23

متوسط بارندگی در منطقه آزمایش در طول دوره کاشت تا برداشت (اسفند تا تیرماه) ۱۴۸ میلی‌متر بود. عملیات خاک‌ورزی با ادوات دیم‌کاری توسط گاوآهن قلمی‌انجام گردید و سپس با دیسک زدن زمین، بیشتر کلوخه‌ها خرد شدند و بعد لولر زده شد. بعد از آماده شدن زمین، کاشت در کرت‌هایی با ابعاد چهار در سه متر در اسفند ۱۳۹۲، به صورت دیم‌کاری انجام شد. هر کرت شامل ۶ خط کاشت با فاصله بین ردیف ۴۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲/۵ سانتی‌متر بود. مقادیر مختلف کود نیتروژن نیز براساس سطوح فاکتور مورد نظر، در دو مرحله مصرف گردید که نصف آن به‌صورت پایه و در زمان شخم و باقیمانده

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

به‌صورت سرک در زمان گل‌دهی اعمال شد (Yazdi-Samadi *et al.*, 2001). محلول‌پاشی آهن از منبع سولفات آهن به میزان سه در هزار با استفاده از سمپاش پشتی در مرحله گلدهی انجام شد و برای جلوگیری از اختلاط تیمارهای محلول‌پاشی و غیرمحلول‌پاشی از پوشش‌های پلاستیکی در اطراف هر کرت در زمان محلول‌پاشی استفاده شد. همچنین کود سولفات پتاسیم به‌میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار و سوپرفسفات به‌میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت و یکجا به زمین اضافه شد.

برداشت در اواسط تیرماه انجام گرفت. صفات از جمله ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، محتوای آهن و پروتئین دانه اندازه‌گیری شدند. برای محاسبه اجزای عملکرد، از هر کرت ۱۰ بوته در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک به صورت تصادفی (با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای) برداشت شد و صفات مذکور تعیین گردید. برای محاسبه عملکرد دانه، دانه‌های استحصالی از مساحت ۶ مترمربع اندازه‌گیری و بر حسب کیلوگرم در هکتار با رطوبت ۱۴ درصد محاسبه گردید. برای محاسبه عملکرد بیولوژیک، در زمان رسیدگی کامل گیاه، گیاهان از سطح یک متر مربع کف‌بر شده و به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین شدند. برای محاسبه شاخص برداشت، عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک تقسیم شد. برای تعیین درصد نیتروژن دانه، از روش کجلدال شامل سه مرحله هضم ماده غذایی، تقطیر و تیتراسیون استفاده شد. درصد پروتئین دانه از ضرب عدد ثابت ۶/۲۵ در درصد نیتروژن دانه حاصل شد (Magomia *et al.*, 2014). برای اندازه‌گیری محتوای آهن دانه از دستگاه طیف‌سنجی جذب اتمی شعله‌ای استفاده شد (Ryan *et al.*, 2001).

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نیتروژن و محلول‌پاشی سولفات آهن بر ارتفاع بوته، طول غلاف، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، مقدار پروتئین دانه و مقدار آهن دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین اثر متقابل دو فاکتور بر هیچ‌کدام از صفات مورد مطالعه معنی‌دار نبود که نشان می‌دهد بین سطوح مختلف کود نیتروژن در هر سطح محلول‌پاشی آهن اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۲).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کود نیتروژن و محلول‌پاشی آهن بر صفات مورد بررسی عدس دیم

Table 2- Analysis of variance (MS) the effect of nitrogen fertilizer and Fe foliar on studies properties of rainfed lentil

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	ارتفاع بوته Plant height	تعداد غلاف در بوته Pods per plant	تعداد دانه در بوته Seeds per plant	وزن هزار دانه 1000 seed weight
تکرار Replications	2	1.56 ns	0.29 ns	0.25 ns	0.03 ns
نیتروژن Nitrogen (N)	2	75.05**	23.62**	171.09**	0.08**
محلول‌پاشی آهن Fe foliar (Fe)	1	43.55**	4.01**	33.37**	0.015**
نیتروژن × محلول‌پاشی Fe× N	2	0.38 ns	0.014 ns	0.26 ns	0.0018 ns
خطا Error	10	1.15	0.125	0.155	0.0029
ضریب تغییرات CV (%)	-	4.17	2.26	1.59	1.71

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 2026-11-04]

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کود نیتروژن و محلول‌پاشی آهن بر صفات مورد بررسی عدس دیم

Table 2- Analysis of variance (MS) the effect of nitrogen fertilizer and Fe foliar on studies properties of rainfed lentil

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	محتوی پروتئین دانه Seed protein	محتوی آهن دانه Seed Fe content
تکرار Replications	2	2191.7 ^{ns}	7242.7 ^{ns}	5.43 ^{ns}	1.12 ^{ns}	0.45 ^{ns}
نیتروژن Nitrogen (N)	2	57843.5**	450072.4**	5.56 ^{ns}	19.18**	14.35**
محلول‌پاشی آهن Fe foliar (Fe)	1	11065.7**	21355.6*	9.91 ^{ns}	18.93**	13.72**
نیتروژن × محلول‌پاشی Fe × N	2	727.10 ^{ns}	1253.7 ^{ns}	1.76 ^{ns}	4.72 ^{ns}	1.96 ^{ns}
خطا Error	10	1360.06	5752.18	3.29	1.37	0.79
ضریب تغییرات CV (%)	-	5.77	3.44	6.28	4.8	7.10

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 2026-11-04]

ارتفاع بوته: بررسی اثر کود نیتروژنی بر ارتفاع بوته نشان داد که مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنی در هکتار با میانگین ۲۹/۰۳ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع بوته را داشت که با سطح ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژنی در هکتار (۲۸/۶۷ سانتی‌متر) اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۳). با توجه به تأثیر نیتروژن بر ساخت هورمون‌های رشد از قبیل اکسین، به نظر می‌رسد که مصرف کودهای نیتروژنی می‌تواند از این طریق بر ارتفاع بوته تأثیرگذار باشد (Mkhabela and Warman, 2005). همچنین اثرات مثبت نیتروژن بر فرآیند تقسیم سلولی نیز گزارش شده است (Cheema *et al.*, 2010). در تطابق با نتایج تحقیق حاضر، سایر محققان نیز تأثیر مثبت کود نیتروژن را در افزایش ارتفاع بوته در عدس گزارش نمودند (Habib ur Rahman *et al.*, 2013; Fatima *et al.*, 2013; Tena *et al.*, 2016).

مقایسه میانگین‌های اثر سطوح محلول‌پاشی آهن بر ارتفاع بوته نشان داد که محلول‌پاشی با میانگین ۲۷/۳۳ سانتی‌متر باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته به میزان ۱۱ درصد گردید (جدول ۴). در تطابق با این نتیجه، صادقی و نورحسینی (Sadeghi and Noorhosseini, 2014) نشان دادند که محلول‌پاشی آهن سبب افزایش ارتفاع بوته عدس در مقایسه با تیمار شاهد شد. اثر مثبت آهن بر ارتفاع بوته می‌تواند ناشی از تأثیر مثبت آن بر اجزای برخی آنزیم‌ها باشد که نقش ضروری در متابولیسم گیاهان دارند (Abd E-Hady, 2007).

تعداد غلاف در بوته: مقایسه میانگین‌های اثر سطوح کود نیتروژنی بر تعداد غلاف در بوته نشان داد که مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنی با میانگین ۱۷/۰۸، بیشترین تعداد غلاف در بوته را داشت که اختلاف معنی‌داری با سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (۱۶/۶۶) نداشت (جدول ۳). این نتیجه در تطابق با یافته محسنی محمدجانلو و همکاران (Mohseni Mohammadjanloo *et al.*, 2012) و حاضری نیری (Hazeri Nayeri, 2009) است که نشان دادند با استفاده از ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنی حداکثر تعداد غلاف در بوته عدس تولید شد. همچنین در تطابق با نتیجه تحقیق حاضر، حبیب‌الرحمن و همکاران (Habib ur Rahman *et al.*, 2013) در آزمایشی با استفاده از سطوح ۱۳، ۱۹ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص نشان دادند که بیشترین تعداد غلاف در بوته عدس با استفاده از سطح ۲۵ کیلوگرم در هکتار تولید شد که معادل ۵۴ کیلوگرم کود اوره در هکتار می‌باشد.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه در سطوح مختلف کود نیتروژن

Table 3- Mean comparison of studied traits in different levels of Nitrogen Fertilizer

کود نیتروژن Nitrogen (kg/ha)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد غلاف در بوته Pods per plant	تعداد دانه در بوته Seeds per plant	وزن هزار دانه 1000 seed weight (g)
0	23.00b	13.33b	18.92b	30.7b
50	28.67a	17.08a	29.33a	32.9a
100	29.03a	16.66a	28.97a	3.1a
LSD (5%)	1.38	0.45	0.51	0.71

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

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

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه در سطوح مختلف محلول‌پاشی آهن

Table 4- Mean comparisonS of studied traits in different levels of Fe foliar

محلول‌پاشی آهن Fe foliar (g/L)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد غلاف در بوته Pods per plant	تعداد دانه در بوته Seeds per plant	وزن هزار دانه 1000 seed weight (g)
0	24.22^{b}	15.17^{b}	24.94^{b}	31.3^{b}
3	27.33^{a}	16.22^{a}	26.53^{a}	32.5^{a}
LSD (5%)	1.13	0.37	0.41	0.57

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

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

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

مقایسه میانگین‌های اثر سطوح محلول‌پاشی سولفات آهن بر تعداد غلاف در بوته بیانگر این بود که تیمار محلول‌پاشی با میانگین ۱۶/۲۲ غلاف بیشترین مقدار را داشت و نسبت به تیمار شاهد (۱۵/۱۷) برتری معنی‌دار داشت و افزایش پنج درصدی تعداد غلاف در بوته شد (جدول ۴). در تطابق با نتیجه تحقیق حاضر، حیدریان و همکاران (Heidarian *et al.*, 2011) گزارش کردند که محلول‌پاشی آهن سبب افزایش تعداد غلاف در بوته‌های سویا شد. علاوه بر این، اظهار شده است که بهبود فعالیت پرچم با توجه به ماهیت خودگشنی عدس، در نتیجه محلول‌پاشی با آهن در مرحله گلدهی می‌تواند سبب افزایش تعداد گل‌ها و در نتیجه تعداد غلاف در بوته شود (Togay *et al.*, 2005). همچنین گزارش شده است که محلول‌پاشی آهن در مرحله گلدهی به دلیل افزایش ماندگاری گل و تبدیل آن به غلاف، از طریق افزایش آسمیلات‌ها به واسطه نقشی که این عنصر در فتوسنتز دارد، موجب افزایش تعداد غلاف در بوته می‌گردد (Marschner, 1995).

تعداد دانه در بوته: بیشترین تعداد دانه در بوته (۲۹/۳۳) در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنی حاصل شد که با سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (۲۸/۹۷) اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین تعداد دانه در بوته نیز در تیمار عدم مصرف کود نیتروژنی (۱۸/۹۲) مشاهده شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که کود نیتروژنی سبب افزایش اندام‌های فتوسنتزی و تعداد ساقه‌های فرعی شده باشد که در نتیجه آن بیشتر مواد فتوسنتزی در جهت افزایش تعداد دانه و غلاف در بوته مصرف می‌شود (Malhi and Gill, 2004). در تطابق با این نتیجه، جودی و همکاران (Joudi *et al.*, 2012)، محسنی محمدجانلو و همکاران (Mohseni Mohammadjanloo *et al.*, 2012) و نخزری مقدم و همکاران (Nakhzari Moghadam *et al.*, 2003) به‌ترتیب مقادیر ۴۵، ۵۰ و ۵۵/۵ کیلوگرم کود نیتروژنه در هکتار را بهترین مقادیر برای حصول حداکثر تعداد دانه در بوته عدس گزارش کردند.

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح محلول‌پاشی آهن بر تعداد دانه در بوته نشان داد که بیشترین تعداد دانه در بوته از تیمار محلول‌پاشی آهن با میانگین ۲۶/۵۳ دانه بدست آمد که نسبت به تیمار شاهد برتری شش درصدی را نشان می‌داد (جدول ۴). در تطابق با این نتیجه، مهربان (Mehraban, 2017) نشان داد که محلول‌پاشی چهار در هزار نانو کود آهن در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی عدس سبب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در بوته شد. به نظر می‌رسد این اثر مثبت ناشی از دسترسی بهتر به مواد غذایی، افزایش تعداد سلول‌های بنیادی و افزایش مواد فتوسنتزی باشد که سبب افزایش تعداد دانه در بوته شده است (Kazemeini *et al.*, 2010).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

وزن هزار دانه: مقایسه میانگین‌های اثر سطوح کود نیتروژنی بر وزن هزار دانه نشان داد که تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب با میانگین‌های ۳۲/۹ و ۳۲/۱ گرم دارای بیشترین وزن هزار دانه بودند که از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند. کمترین وزن هزار دانه نیز در تیمار شاهد (۳۰/۷ گرم) مشاهده شد که با دو سطح دیگر اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۳). در تطابق با نتیجه تحقیق حاضر، جودی و همکاران (Joudi *et al.*, 2012) و فاتیما و همکاران (Fatima *et al.*, 2013) نشان دادند که بیشترین وزن هزار دانه عدس با استفاده از ۴۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنی حاصل شد. با توجه به حضور مولکول‌های نیتروژن در ساختمان کلروفیل، به نظر می‌رسد که مصرف کود نیتروژنی سبب بهبود فتوسنتز در گیاه گردید که در نتیجه آن وزن هزار دانه افزایش یافت (Malhi and Gill, 2004).

مقایسه میانگین‌های اثر سطوح محلول‌پاشی آهن بر وزن هزار دانه نیز نشان داد که تیمار محلول‌پاشی با سولفات آهن با میانگین ۳۲/۵ گرم به میزان چهار درصد در مقایسه با عدم محلول‌پاشی وزن هزار دانه را افزایش داد (جدول ۴). این نتیجه در تطابق با یافته مهربان (Mehraban, 2017) در عدس و حیدریان و همکاران (Heidarian *et al.*, 2011) در سویا است که نشان دادند، اثر تیمار محلول‌پاشی آهن بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود و میزان آن در تیمار محلول‌پاشی بیشتر از سایر تیمارها بود. افزایش وزن هزار دانه به نقش مثبت آهن در فرایندهای سنتز کلروفیل و در نتیجه بهبود فتوسنتز نسبت داده شده است (Jin *et al.*, 2008).

عملکرد دانه: بررسی سطوح کود نیتروژنی بر عملکرد دانه نشان داد که تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنی با میانگین ۷۱۶/۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد که با تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (با میانگین ۶۷۰ کیلوگرم در هکتار) از نظر آماری هم‌گروه بودند و اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین عملکرد دانه نیز به میزان ۵۲۸/۲۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار عدم مصرف کود نیتروژنی بود که با دو سطح کودی فوق اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۵). این نتایج در تطابق با یافته‌های سایر محققین است که مصرف ۳۰ (Hojjat and Taherzadeh, 2013)، ۴۰ (Togay *et al.*, 2005)، ۴۵ (Fatima *et al.*, 2013)، ۵۰ (Mohseni Mohammadjanloo *et al.*, 2012; Hazeri Nayeri, 2009; Yazdi-Samadi *et al.*, 2001) و ۵۵/۵ (Nakhzari Moghadam *et al.*, 2003) کیلوگرم کود نیتروژنی در هکتار را به عنوان مقادیر مناسب برای حصول حداکثر عملکرد دانه در عدس گزارش کردند.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه در سطوح مختلف کود نیتروژن

Table 5- Mean comparison of studied traits in different levels of Nitrogen Fertilizer

کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (kg/ha)	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg/ha)	شاخص برداشت Harvest index (%)	پروتئین دانه Seed protein (%)	آهن دانه Seed Fe content (mg/kg)
0	528.20b	1901.00b	27.79a	22.36b	5.20b
50	717.7a	2432.83a	29.46a	24.96a	6.41a
100	670.00a	2380.50a	28.15a	25.83a	7.35a
LSD (5%)	47.44	97.57	2.34	1.51	1.14

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

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

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه در سطوح مختلف محلول‌پاشی آهن

Table 6- Mean comparison of studied traits in different levels of Fe foliar

محلول‌پاشی آهن Fe foliar (g/L)	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg/ha)	شاخص برداشت Harvest index (%)	پروتئین دانه Seed protein (%)	آهن دانه Seed Fe content (mg/kg)
0	597.73b	21292.99b	27.26a	21.75b	4.67b
3	678.90a	2284.57a	29.72a	27.02a	7.96a
LSD (5%)	38.73	79.66	1.92	1.22	9.93

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

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

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

همچنین در تطابق با نتیجه تحقیق حاضر، جودی و همکاران (Joudi *et al*., 2012) نشان دادند که عملکرد دانه تعدادی از ژنوتیپ‌های عدس با کاربرد کود نیتروژن تا ۴۵ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت و افزایش بیشتر کود نیتروژنی از میزان این صفت به‌طور معنی‌داری کاست. ایشان این افزایش عملکرد را ناشی از افزایش صفات تعداد غلاف پر در بوته، وزن صددانه، تعداد دانه در بوته و تعداد دانه در بوته گزارش کردند. در ارتباط با تأثیر مثبت کود نیتروژن به نظر می‌رسد که عناصر غذایی نظیر نیتروژن نقش عمده‌ای در فعالیت‌های بیوشیمیایی و بهبود فرآیندهای فتوسنتزی برگ‌ها داشته و در نتیجه ظرفیت تولید فتوآسمیلات‌ها و انتقال آن‌ها را به حداکثر می‌رسانند، که این امر به افزایش رشد و تولید بیشتر شاخه‌های فرعی منجر خواهد شد (Hall and Williams, 2003). همچنین ملاحظه گردید که با افزایش مقدار کود نیتروژن، صفاتی نظیر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، طول غلاف و وزن هزار دانه نیز افزایش یافت که این اجزا سبب بهبود عملکرد دانه در سطوح بالاتر نیتروژن شده است. در رابطه با تأثیر مثبت کود نیتروژن اظهار شده است که با وجود آنکه با افزایش کود نیتروژن، تثبیت آن در خاک دچار نقصان می‌شود، اما به‌واسطه جذب نیتروژن از خاک توسط گیاهان، این کمبود ناشی از عدم تثبیت کامل نیتروژن جبران می‌گردد (Zakeri, 2011).

مقایسه میانگین‌های سطوح محلول‌پاشی سولفات آهن بر عملکرد دانه نشان داد که محلول‌پاشی با میانگین ۶۷۸/۹۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش معنی‌دار ۱۲ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد (با میانگین ۵۹۷/۷۳ کیلوگرم در هکتار) گردید (جدول ۶). این نتایج در تطابق با یافته‌های سایر محققین است که نشان دادند محلول‌پاشی گیاه عدس با استفاده از غلظت‌های ۲ تا ۴ در هزار آهن سبب افزایش عملکرد دانه گردید (Mehraban, 2017; Mishra *et al*., 2011; Sadeghi and Noorhosseini, 2014; Mahmoudi *et al*., 2005; Zeidan *et al*., 2006). از آنجا که آهن به بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، تولید هورمون‌های رشد، انتقال اسیمیلات‌ها، محل ذخیره (Sink) و تشکیل کلروفیل و فعالیت آنزیم‌هایی مانند سیتوکروم‌ها، سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز، نیتروژناز، لگ‌هموگلوبین و نیتریت و نیترات ردوکتاز کمک می‌کند (Holmes and Tiffin, 2001)، فقدان آن سبب اختلال رشد، همزیستی، تثبیت نیتروژن، گره‌زایی، فتوسنتز، تولید ماده خشک و مواد مغذی گیاهی و در نتیجه کاهش عملکرد و اجزای تشکیل‌دهنده آن در گیاه می‌شود (Kobraee *et al*., 2011). بنابراین، محلول‌پاشی آهن در مرحله گلدهی موجب افزایش دسترسی به عناصر غذایی به‌خصوص آهن شده و از طریق افزایش اجزای عملکرد (تعداد دانه در بوته و وزن دانه)، عملکرد دانه را افزایش داده است. با توجه به

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

اینکه بر اثر کمبود عنصر آهن و فراهمی انرژی و کاهش جذب فعال آنیون‌ها در سلول‌های ریشه، جذب کاتیون‌هایی از جمله پتاسیم نیز دچار کاهش می‌شود، محلول‌پاشی آهن به‌طور معنی‌داری محتوای پتاسیم را در برگ‌ها و دانه‌های عدس افزایش می‌دهد که خود تأثیر مثبت بر عملکرد دانه دارد (Mahmoudi *et al.*, 2005).

عملکرد بیولوژیک: نتایج مقایسه میانگین‌های سطوح کود نیتروژنی نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک از تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنی با میانگین ۲۴۳۲/۸۳ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که با تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنی در هکتار با میانگین ۲۳۸۰/۵ اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف نیتروژنی) با میانگین ۱۹۰۱ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین‌های سطوح محلول‌پاشی آهن همچنین نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک از محلول‌پاشی آهن با میانگین ۲۲۸۴/۵۷ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که نسبت به تیمار شاهد برتری معنی‌داری داشت (جدول ۶). کودهای حاوی عناصر کم‌مصرف از جمله آهن از طریق افزایش سرعت رشد محصول، سنتز کربوهیدرات‌ها، سطح جذب، دوام برگ و فتوسنتز و وزن خشک گیاه را افزایش می‌دهند (Kazemeini *et al.*, 2010). همانطور که اشاره شد آهن در سنتز کلروفیل و انتقال الکترون در فتوسنتز نقش حیاتی دارد و محلول‌پاشی آهن در مرحله گلدهی به موجب افزایش میزان آهن در برگ، میزان کلروفیل برگ را نیز افزایش می‌دهد که در نتیجه آن فعالیت فتوسنتزی و سهم فتوآسمیلات اختصاص یافته به ریشه‌ها نیز بیشتر شده و در نهایت تعداد و وزن گره در ریشه و در نتیجه عملکرد بیولوژیک افزایش می‌یابد (Goos and Johnson, 2001).

شاخص برداشت: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر هیچ‌کدام از فاکتورها و اثر متقابل آنها بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۲). با این وجود، بیشترین میزان شاخص برداشت از سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار (۲۹/۴۶ درصد) حاصل شد که با دو سطح دیگر اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح محلول‌پاشی آهن بر شاخص برداشت نیز نشان داد که با وجود افزایش هشت درصدی شاخص برداشت تحت تأثیر محلول‌پاشی آهن، اختلاف معنی‌داری بین دو سطح این فاکتور وجود نداشت (جدول ۶). با توجه به فرمول شاخص برداشت، این نتایج نشاندهنده اثرات بیشتر مصرف نیتروژن و آهن بر افزایش عملکرد دانه در مقایسه با اثرات آنها بر افزایش عملکرد بیولوژیک در عدس می‌باشد.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

درصد آهن دانه: نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که استفاده از سطوح کود نیتروژنی سبب افزایش معنی‌دار درصد آهن دانه شد، به‌طوری‌که بیشترین درصد آهن دانه (۷/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) با استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تولید شد (جدول ۵). این نتایج همچنین نشان داد که محلول‌پاشی آهن سبب افزایش ۴۱ درصدی محتوی آهن دانه شد (جدول ۶). این نتیجه در تطابق با یافته مهربان (Mehraban, 2017) در عدس و هی و همکاران (He *et al.*, 2013) در برنج است. همچنین بشارت و همکاران (Basharat *et al.*, 2014) نشان دادند که محلول‌پاشی با سولفات آهن سبب افزایش ۴۶ درصدی محتوی آهن دانه ماش (*Vigna radiata* L.) شد. افزایش غلظت آهن دانه می‌تواند در نتیجه‌ی بهبود تولید آسیمیلات ناشی از فتوسنتز جاری و همچنین انتقال مجدد و مطلوب مواد به دانه‌ها باشد که در نتیجه محلول‌پاشی آهن حاصل شده است (Goos and Johnson, 2001). در این راستا گزارش شده است که کاربرد آهن به صورت محلول‌پاشی در مقایسه با کاربرد خاکی آن، غلظت آهن را در اندام‌های هوایی افزایش داد. این افزایش ناشی از جذب آسان‌تر و سریع‌تر آهن توسط اندام‌ها است. بنابراین فراهمی آهن در روش محلول‌پاشی از تخریب کلروفیل و به دنبال آن زردی برگ‌ها جلوگیری کرده و سبب بهبود فتوسنتز جاری گیاه به علت نقش مؤثر آهن در سیستم انتقال الکترون شده است (Masoni *et al.*, 1996). همچنین مشخص شده است هنگامی‌که نیتروژن کافی در اختیار گیاه قرار داشته باشد، با توجه به نقش نیتروژن در تعداد و فعالیت پروتئین‌های حمل‌کننده آهن در غشاء سلول‌های ریشه، جذب آهن در ریشه و انتقال آن در ساقه گیاه افزایش می‌یابد (Kutman *et al.*, 2011) و نیتروژن نقش مثبتی در تخصیص آهن به دانه گیاه نیز دارد (Aciksoz *et al.*, 2011).

درصد پروتئین دانه: بیشترین مقدار پروتئین دانه از مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنی در هکتار (۲۵/۸۳ درصد) حاصل شد که با سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار (۲۴/۹۶ درصد) اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵). این نتیجه در تطابق با یافته محسنی محمدجانلو و همکاران (Mohseni Mohammadjanloo *et al.*, 2012) و حاضری نیری (Hazeri Nayeri, 2009) است. در راستای تأثیر مثبت کود نیتروژنی بر مقدار پروتئین دانه اظهار شده است که کودهای نیتروژنی، علاوه بر تغذیهٔ اندام‌های رویشی، از طریق افزایش مقدار واردات نیتروژن از قسمت‌های رویشی به دانه در مقایسه با کربوهیدرات‌ها موجب افزایش غلظت نیتروژن دانه و درصد پروتئین آن می‌شوند (Togay *et al.*, 2005).

نتایج مقایسه میانگین‌ها همچنین نشان داد که محلول‌پاشی آهن سبب افزایش ۲۰ درصدی مقدار پروتئین دانه در مقایسه با تیمار شاهد عدم محلول‌پاشی گردید (جدول ۶). در تطابق با این نتیجه، مهربان

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

(Mehraban, 2017) برتری محلول‌پاشی چهار در هزار آهن در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی را نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی بر محتوی پروتئین عدس گزارش نمود. همچنین بشارت و همکاران (Basharat *et al.*, 2014) نشان دادند که استفاده از محلول‌پاشی آهن در ماش سبب افزایش هفت درصدی محتوی پروتئین دانه شد. همچنین در تطابق با این نتیجه، هی و همکاران (He *et al.*, 2013) افزایش هشت درصدی پروتئین دانه برنج را با محلول‌پاشی ۰/۲ درصد $FeSO_4$ گزارش کردند. منصف افشار و همکاران (Monsef Afshar *et al.*, 2012) در تحقیقی نشان دادند که محلول‌پاشی ۱/۵ در هزار آهن سبب افزایش محتوی نیتروژن دانه در لوبیا چشم بلبلی شد.

همچنین در تطابق با این نتیجه، در تحقیقی دیگر نشان داده شد که حداکثر مقدار و جذب نیتروژن در گیاه نخود با مصرف ۲ کیلوگرم در هکتار آهن حاصل شد (Khan *et al.*, 2014). به نظر می‌رسد که افزایش محتوی پروتئین و نیتروژن دانه می‌تواند به اثر غیرمستقیم عناصر ریزمغذی در افزایش جذب نیتروژن در خاک نسبت داده شود، که نهایتاً منجر به افزایش سنتز پروتئین خواهد بود (Jin *et al.*, 2008). از طرف دیگر عناصر ریزمغذی مانند آهن و روی در ساختار پروتئین‌ها و متابولیسم نیتروژن شرکت می‌کنند و بدان وسیله ممکن است سبب افزایش مقدار پروتئین دانه شوند (Monsef Afshar *et al.*, 2012). در ارتباط با تأثیر مثبت آهن بر افزایش میزان نیتروژن دانه، مشخص شده است که آهن عنصری ضروری برای باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، گره‌زایی، فعالیت گره‌ها و ساختن کلروفیل می‌باشد (O'Hara, 2001) و مقدار کافی از آن، فعایت آنزیم نیتروژناز و ظرفیت تببیت بیولوژیکی نیتروژن را افزایش می‌دهد (Terry and Jolley, 1994).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که حداکثر مقدار صفات طول غلاف (۱۱/۳۷ سانتی‌متر)، تعداد غلاف در بوته (۱۷/۰۸ عدد)، تعداد دانه در بوته (۲۹/۳۳ عدد)، وزن هزار دانه (۳۲/۹ گرم)، عملکرد دانه (۷۱۶/۷۲ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (۲۴۳۲/۸۳ کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت (۲۹/۴۶ درصد) با مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنی حاصل شد. افزایش ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژنی در هکتار، سبب افزایش صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک داشت به‌میزان ۲۲، ۳۵، ۷، ۲۶ و ۲۲ درصد در مقایسه با شاهد شدند. حداکثر میزان صفات ارتفاع بوته (۲۹/۰۳ سانتی‌متر)، محتوی پروتئین دانه (۲۵/۸۳ درصد) و مقدار آهن دانه (۷/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) با مصرف

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنی حاصل شد، که به‌ترتیب افزایش ۲۱، ۱۳ و ۲۹ درصدی را در مقایسه با شاهد نشان می‌داد. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که محلول‌پاشی آهن در مرحله گلدهی موجب حصول بیشترین میزان عملکرد و صفات وابسته به آن شد، به‌طوری‌که سبب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، محتوی پروتئین و آهن دانه به‌ترتیب به میزان ۶، ۶، ۴، ۱۲، ۴، ۲۰ و ۴۱ درصد گردید. در واقع، محلول‌پاشی آهن در مرحله گلدهی به‌دلیل نقشی که در فتوسنتز دارد، موجب افزایش تعداد غلاف در بوته و وزن دانه‌ها گردید و در نتیجه میزان عملکرد دانه بهبود یافت. از دیگر نتایج تحقیق حاضر این است که با توجه به اینکه آهن برای رشد گیاه ضروری است، به نظر می‌رسد که در شرایط کمبود آن، محلول‌پاشی برگی این عناصر می‌تواند سبب بهبود رشد و افزایش عملکرد دانه شود.

منابع

Abd E-Hady B.A. 2007. Effect of zinc application on growth and nutrient uptake of barley plant irrigated with saline water. Journal of Applied Science Research, 3: 431-436.

Aciksoz S.B., Yazici A., Ozturk L., Cakmak I. 2011. Biofortification of wheat with iron through soil and foliar application of nitrogen and iron fertilizers. Plant Soil, 349: 215-225.

Basharat A., Asghar A., Tahir M., Shafaqat A. 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.

Cheema M.A., Farhad W., Saleem M.F., Khan H.Z., Vahid M.A., Rasul F., Hammad H.M. 2010. Nitrogen management strategies for sustainable maize production. Crop Environment, 1 (1): 49-52.

Fageria N.K., Baligar V.C. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advantages in Agronomy. 88: 97-185.

FAO. 2015. http://faostat.fao.org/. Accessed November.

Fatima K., Hussain N., Pir,F.A., Mehd M. 2013. Effect of nitrogen and phosphorus on growth and yield of Lentil (*Lens culnaris*). Elixir International Journal, Elixir Applied Botany, 57: 14323-14325.

Gabal M.R. 1989. Studies on the response of paprika varieties to nitrogen level and forms under different environmental conditions. Ph.D., Thesis, Budapest, Hungary, 145 p.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

Goos R.J., Johnson B. 2001. Seed treatment, seeding rate, and cultivar effects on iron deficiency chlorosis of soybean. Journal of Plant Nutrient, 24: 1255-1268.

Habib ur Rahman M., Wajid S.A., Ahmad A., Khaliq T., Malik A.U., Awais M., Talha, M., Hussain, F., Abbas, G. 2013. Performance of promising lentil cultivars at different nitrogen rates under irrigated conditions. Science International, 25 (4): 905-909.

Hall J.L., Williams L.E. 2003. Transition Metal Transporters in plants. Journal of Experimental Botany, 54: 2601-2613.

Hazeri Nayeri H. 2009. Effect of different nitrogen and phosphorus levels on yield and protein content of lentil in dryland conditions. M.Sc., Thesis, University of Mohaghegh Ardabili, Faculty of Agriculture, 75 p. (In Persian).

He W., Shohag M.J.I., Wei Y., Feng Y., Yang X. 2013. Iron concentration, bioavailability, and nutritional quality of polished rice affected by different forms of foliar iron fertilizer. Food Chemistry, 141: 4122-4126.

Heidarian A.R., Kord H., Mostafavi K., Lak A.P., 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 Sustainable Development, 3 (9): 189 -197.

Hojjat S.S., Taherzadeh, A. 2013. Effect of integrated application of a complex fertilizer (N30P50) on nitrogen fixation by lentil (*Lens culinaris* Medik.). International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5 (8): 896-899.

Holmes R.C., Tiffin L.O. 2001. Hypopothesis concerning iron chlorosis. Soil Science Society of American, Proceeding, 23: 231-234.

Jin Z., Wang M., Wu L., Wu J., Shi C. 2008. Impacts of combination of foliar iron and boron application on iron biofortification and nutritional quality of rice grain. Journal of Plant Nutrient, 31: 1599-1611.

Jones J.B. 1999. Soil analysis handbook of reference mthods. CRC Press. 264 p.

Joudi F., Tobeh A., Ebadi A., Mostafaee H., Jamaati-e-Somarin Sh. 2012. Nitrogen effects on yield, yield components, agronomical and recovery nitrogen use efficiency in lentil genotypes. Electronic Journal of Crop Production, 4 (4): 39-50. (In Persian).

Kazemeini S.A., Hamzehzarghani H., Edalat M. 2010. The impact of nitrogen and organic matter on winter canola seed yield and yield components. Australian Journal off Crop Science, 4: 335-342.

Khan N., Tariq M., Ullah K., Muhammad D., Khan I., Rahatullah K., Ahmed N., Ahmed S. 2014. The Effect of molybdenum and iron on nodulation, nitrogen

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

fixation and yield of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L). IOSR Journal of Agriculture and VGeterinary Science, 7 (1): 63-79.

Kobraee S, Shamsi K, Rasekhi B. 2011. Effect of micronutrients application on yield and yield components of soybean. Annals of Biological Research, 2 (2): 476-482.

Kutman U.B., Yildiz B., Cakmak I. 2011. Improved nitrogen status enhances zinc and iron concentrations both in the whole grain and the endosperm fraction of wheat. Journal of Cereal Science, 53: 118-125.

Mahmoudi H., Ksouri R., Lachaal M. 2005. Differences in responses to iron deficiency between two legumes lentil (*Lens culinaris*) and chickpea (*Cicer arietinum*). Journal of Plant Physiology, 162: 1237- 1254.

Malhi S.S., Gill K.S. 2004. Placement, rate and source of N, seed row opener and seedling depth effect on canola production. Canadian Journal of Plant Science, 84: 719-729.

Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second edition, Academic Press Inc London, 891 p.

Masoni A., Evacoli A., Mavoti M. 1996. Spectral of leaves deficient in iron, sulphur, magnesium and manganese. Agronomy Journal, 88 (6): 937-943.

Mehraban A. 2017. Effect of iron pouring on yield, yield components and lentil protein. Journal of Plant Environmental Physiology, 12 (45): 27-37. (In Persian).

Mishra P., Shekhar K., Bisht C., Ruwari P., Joshi G.K., Singh G., Bisht J.K., Bhatt J.C. 2011. Bioassociative effect of cold tolerant *Pseudomonas* spp. and *Rhizobium leguminosarum*-PR1 on iron acquisition, nutrient uptake and growth of lentil (*Lens culinaris* L.). European Journal of Soil Biology, 47: 35-43.

Mkhabela M.S., Warman P.R. 2005. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus ability and uptake by two vegetable crops growth in a Pugwash sandy loam soil in Nora Scotia. Agriculture, Ecosystem and Environment, 104: 57-67.

Mohseni Mohammadjanloo A., Tobeh A., Gholipouri A., Mostafai H. 2012. The effects of potassium application on uptake and allocation of nitrogen and seed protein on two lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars in rain-fed condition. Iranian Journal of Pulses Research, 3 (1): 31-40. (In Persian).

Monsef Afshar R., Hadi H., Pirzad A. 2012. Effect of Nano-iron foliar application on qualitative and quantitative characteristics of cowpea, under end season drought stress. International Research Journal of Applied Basic Science, 3 (8): 1709-1717.

Nakhzari Moghadam A., Ramroudi M. 2003. Effects of planting date and nitrogen rate on yield and yield components of lentil (*Lens culinaris*). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 9 (4): 33-42. (In Persian).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

O'Hara G.W. 2001. Nutritional constraints on root nodule bacteria aff ecting symbiotic nitrogen fixation: a review. Australian Journal of Experimental Agriculture, 41: 417-433.

Panjtandoust M., Soroosh zadeh A., Ghanati F. 2010. Effect of iron soil and spray applied on some qualify characteristics of peanut (*Arachis hypogaea* L.) plants in a calcareous soil. Journal of Plant Biology, 2 (5): 37-50. (In Persian).

Ryan J., Estefan G., Rashid A. 2001. Soil and plant analysis lab manual. 2nd ed. International Center for Agricultural Research in the Dryland Areas (ICARDA), Aleppo, Syria. National Agricultural Research Center, Islamabad, Pakistan, Pp: 62-65.

Sadeghi S.M., Noorhosseini S.A. 2014. Evaluation of foliar application effects of Zn and Fe on yield and its components of Lentil (*Lens culinaris* Medic), Iran. Indian Journal of Fundamental Applied Life Science, 4 (2): 220-225.

Sarker A., Kumar S. 2011. Lentils in production and food systems in west Asia and Africa. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria. Grain Legume, 57: 46-48.

Tena W., Wolde-Meskel E., Walley F. 2016. Symbiotic efficiency of native and exotic rhizobium strains nodulating lentil (*Lens culinaris* Medik.) in soils of southern ethiopia. Agronomy, 6 (11): 1-10.

Terry R.E., Jolley V.D. 1994. Nitrogenase activity is required for activation of iron stress response in iron inefficient T203 soybean. Journal of Plant Nutrient, 17: 1417-1428.

Togay Y., Togay N., Dogan Y., Ciftci V. 2005. Effect of nitrogen levels and forms on the yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* Medik.). Asian Journal of Plant Science, 4: 64-66.

Troeh F.R., Thompson L.M. 2005. Soils and soil fertility. 6th ed. Ames, Iowa: Blackwell, 293 p.

Yazdi-Samadi B., Peighambari S.A., Majnon Hosseini N. 2001. Effect of application of nitrogen an Phosphorus fertilizers on agronomic traits of lentil in Karaj rejoin. Iranian Journal of Agriculture Science, 32 (2): 415-423. (In Persian).

Zakeri H. 2011. Nitrogen acquisition of lentil (*Lens culinaris* Medic) under varied fertility treatments, no tillage duration and nitrogen regimes in Saskatchewan. Ph.D., Thesis, University of Saskatchewan, 186 p.

Zeidan M.S., Hozayn M., Abd El-Salam M.E.E. 2006. Yield and quality of lentil as affected by micronutrient deficiencies in sandy soils. Journal of Applied Science Research, 2 (12): 1342-1345.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]