19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025
نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴
مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran
۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

اثر منابع مختلف کود نیتروژن و آهن بر برخی ویژگی های فیزیولوژیک گندم آبی

حسام صلاح جواد[۱]، محبوبه جلالی[۲]، علی اکبر زارع[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

۲- گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

۳- بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، دزفول، ایران. Aliakbarzare65@yahoo.com

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر منابع و سطوح مختلف نیتروژن و منابع آهن بر غلظت آهن و ویژگی‌های فیزیولوژیکی گندم انجام شد. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. منابع نیتروژن شامل اوره، سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم در سه سطح ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم در هکتار (به عنوان کمک کننده در جذب آهن) معادل به ترتیب ۵۵/۳، ۱۰/۶۷ و ۱۶ میلی گرم در گلدان (وزن گلدان ۱۲ کیلوگرم) و منابع آهن شامل سولفات آهن وFe-EDTA با مقدار ۵ کیلوگرم در هکتار بودن که در دو مرحله پنجه دهی و ابتدای ساقه دهی همراه با آب آبیاری استفاده شدند. نتایج نشان داد که ترکیب نیترات آمونیوم ۶ کیلوگرم در هکتار و Fe-EDTA بیشترین تأثیر را بر غلظت آهن دانه داشت. غلظت آهن دانه در این ترکیب به ۳۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم رسید. محتوای کلروفیل برگ‌ها نیز ۱۸ درصد افزایش نشان داد که می‌تواند منجر به افزایش کارایی فتوسنتز و رشد گیاه شود. این مطالعه نشان داد که مدیریت بهینه منابع نیتروژن و آهن نه تنها باعث افزایش غلظت آهن دانه شد، بلکه کیفیت فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه را نیز بهبود بخشید. بنابراین، استفاده همزمان از نیتروژن برای جذب آهن به عنوان یک استراتژی مؤثر در برنامه‌های کشاورزی و تغذیه گیاهی پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: آهن، عملکرد، کلروفیل، گندم، نیتروژن

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum L.*) به عنوان منبع اصلی کالری و پروتئین، نقش مهمی در امنیت غذایی دارد، اما کمبود آهن در دانه آن یکی از چالش‌های جدی تغذیه‌ای است و با شیوع کم‌خونی فقر آهن در جمعیت انسانی مرتبط است .(WHO, 2021) نیتروژن به عنوان عنصر پرمصرف زراعی، علاوه بر نقش اساسی در سنتز پروتئین‌ها و رشد گیاه، می‌تواند جذب و انتقال آهن را از طریق افزایش رشد ریشه، ترشح فیتوسیدروفورها و تغییر pH ریزوسفر بهبود بخشد (Aciksoz et al., 2011) نوع منبع نیتروژن اهمیت زیادی دارد؛ آمونیوم و اوره با اسیدی کردن ریزوسفر فراهمی آهن را افزایش می‌دهند، در حالی‌که نیترات به دلیل افزایش pH می‌تواند جذب آهن را محدود کند .(Spratt, 1974) همچنین، کودهای با آزادسازی کنترل‌شده موجب افزایش عملکرد، کارایی مصرف نیتروژن و غلظت آهن و منگنز در دانه گندم می‌شوند .(Yang et al., 2011) افزون بر این، نیتروژن قادر است بیان ژن‌های ناقل آهن را تنظیم کرده و ترشح فیتوسیدروفورها را تحریک نماید، که این مکانیسم در بهبود جذب آهن از منابع غیرمحلول اهمیت ویژه دارد (Singh et al., 2018). با وجود این، مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنی اثرات منفی زیست‌محیطی از جمله آلودگی آب و انتشار گازهای گلخانه‌ای به همراه دارد(Martre et al., 2024). تاکنون بخش عمده‌ای از پژوهش‌ها در شرایط گلخانه‌ای و هیدروپونیک انجام شده و داده‌های میدانی در خاک‌ها و اقلیم‌های متنوع محدود است. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر منابع مختلف نیتروژن شامل نیترات آمونیوم، سولفات آمونیوم و اوره بر جذب، انتقال و تجمع آهن در گیاه گندم طراحی گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر منابع و سطوح مختلف کود نیتروژنی (اوره، سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم) بر جذب و انتقال آهن به اندام‌های هوایی گندم (Triticum aestivum L.)، آزمایشی در سال ۱۴۰۴- ۱۴۰۳ در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه دانشگاه لرستان انجام شد. تیمارها شامل سه سطح نیتروژن (۲، ۴ و ۶ کیلوگرم در هکتار) به عنوان بهبود دهنده جذب آهن [۱] معادل به ترتیب ۵۵/۳، ۱۰/۶۷ و ۱۶ میلی گرم در گلدان (وزن گلدان ۱۲ کیلوگرم) و دو منبع آهن (سولفات آهن و Fe-EDTA) به‌میزان ۵ کیلوگرم در هکتار، اعمال‌شده در مراحل پنجه‌زنی و ساقه‌روی از طریق آب آبیاری بودند. در مجموع ۲۰ تیمار بررسی شد. بذر گندم (رقم قابوس) پس از ضدعفونی با اتانول ۹۶٪ و هیپوکلریت سدیم ۲٪، در گلدان‌های ۵ کیلوگرمی حاوی خاک مزرعه (با ویژگی‌های pH=7.1، EC=0.8 dS/m، کربن آلی=۰/۷۵ درصد، TNV= ۲۶ درصد) کشت شد. خاک از منطقه‌ای در لرستان (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر) تهیه شد. شرایط گلخانه شامل دمای ۲۸-۲۲ درجه سانتی‌گراد، شدت نور ۱۰،۰۰۰ لوکس و چرخه نوری ۱۲ ساعت بود. گیاهان پس از ۴ ماه در مرحله پر شدن دانه برداشت شدند. غلظت آهن دانه با هضم تر در اسید نیتریک و پرکلریک و استفاده از اسپکتروفتومتر جذب اتمی (AAS, Shimadzu AA-7000) اندازه‌گیری شد. کلروفیل (a، b و کل) با اسپکتروفتومتر در طول‌موج‌های ۶۴۹، ۶۶۵ و ۴۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شدند. داده‌ها با نرم‌افزار SAS و آزمون دانکن (سطح ۵٪) تجزیه و تحلیل شدند.

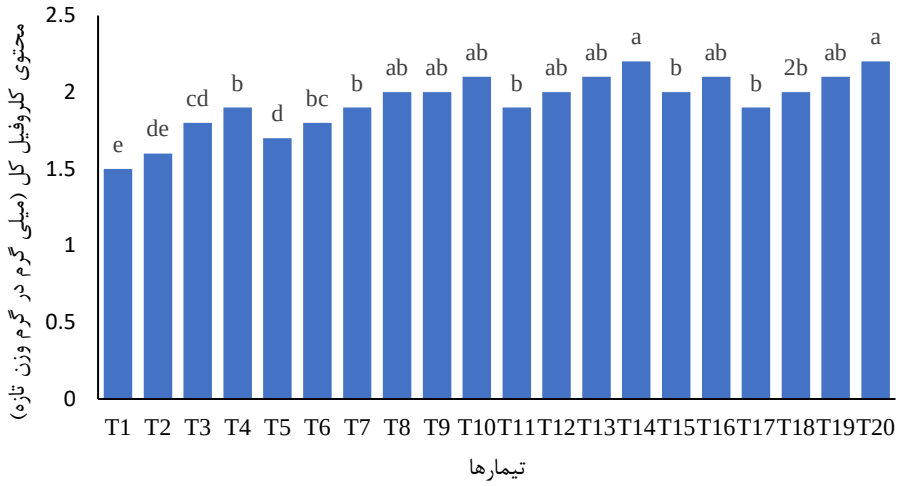
نتایج و بحث

کلروفیل کل

نتایج این مطالعه نشان داد که منابع و سطوح مختلف نیتروژن و منابع آهن تأثیر معناداری بر محتوای کلروفیل کل برگ داشتند (شکل ۱). با افزایش سطح نیتروژن از ۲ به ۴ کیلوگرم در هکتار، کلروفیل کل در تمامی تیمارها افزایش یافت. در تیمار اوره با سولفات آهن، کلروفیل کل از ۱/۸ میلی‌گرم در گرم وزن تازه در سطح ۲ کیلوگرم به ۲ میلی‌گرم در گرم وزن تازه در سطح ۴ کیلوگرم افزایش یافت. در ترکیب اوره با Fe-EDTA، این مقدار از ۱/۹ به ۲/۱ میلی‌گرم در گرم وزن تازه رسید. تیمار سولفات آمونیوم همراه با با سولفات آهن باعث افزایش کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تازه) از ۱/۷ در سطح ۲ کیلوگرم به ۱/۹ در سطح ۴ کیلوگرم شد و در ترکیب با Fe-EDTA از ۱/۸ به ۲ میلی‌گرم افزایش یافت. در تیمار نیترات

[۱] منظور از این سطح نیتروژن به عنوان تأمین کننده نیتروژن مورد نیاز گیاه نبوده است بلکه به عنوان اثربخشی در جذب آهن استفاده شده است.

آمونیوم با سولفات آهن، کلروفیل کل از ۱/۹ در سطح ۲ کیلوگرم به ۲/۱ در سطح ۴ کیلوگرم افزایش یافت و در ترکیب با Fe-EDTAبیشترین مقدار مشاهده شد که از ۲ به ۲/۲ میلی‌گرم افزایش یافت. مقایسه منابع آهن نشان داد که Fe-EDTA اثر بیشتری نسبت به سولفات آهن داشت. همچنین، بین منابع نیتروژن، نیترات آمونیوم بیشترین افزایش کلروفیل کل را ایجاد کرد.

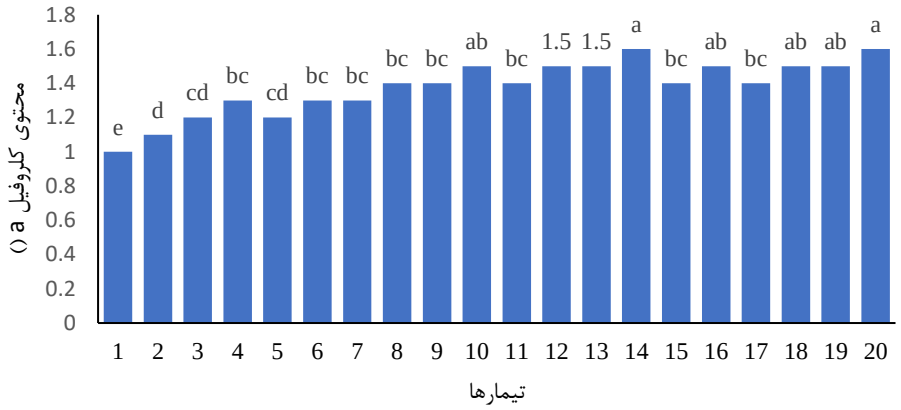


شکل ۱- اثر تیمارهای مطالعه شده بر محتوی کلروفیل کل برگ گندم

T1 :N=0; $FeSO_4$ ،**T2** :N=0; FeEDTA ،**T3** :Urea=2; $FeSO_4$ ،**T4** :Urea=2; FeEDTA ،**T5** :$(NH4)_2SO4$=2; $FeSO_4$ ،**T6** :$(NH4)_2SO4$= 2; FeEDTA ،**T7** :NH4NO3= 2; FeSO4 ،**T8** :NH4NO3= 2; FeEDTA ،**T9** :Urea=4; $FeSO_4$، **T10** :Urea=4; FeEDTA ،**T11** :$(NH4)_2SO4$=4; $FeSO_4$ ،**T12** :$(NH4)_2SO4$= 4; FeEDTA ،**T13** :NH4NO3= 4; FeSO4 ،**T14** :NH4NO3= 4; FeEDTA ،**T15** :Urea=6; $FeSO_4$، **T16** :Urea=6; FeEDTA ،**T17** :$(NH4)_2SO4$=6; $FeSO_4$، **T18** :$(NH4)_2SO4$= 6; FeEDTA ،**T19** :NH4NO3= 6; FeSO4 ،**T20** :NH4NO3= 6; FeEDTA،

کلروفیل a

نتایج نشان داد که منابع و سطوح مختلف نیتروژن و منابع آهن تأثیر معناداری بر محتوای کلروفیل a برگ داشتند. به طوری که، با افزایش سطح نیتروژن از ۲ به ۴ کیلوگرم در هکتار، کلروفیل a در تمامی تیمارها افزایش یافت (شکل ۲). در تیمار اوره با سولفات آهن، مقدار کلروفیلa (میلی گرم بر گرم وزن تازه) از ۱/۲ تازه در سطح ۲ کیلوگرم در هکتار به ۱/۴ در سطح ۴ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. در ترکیب اوره باFe-EDTA، این مقدار از ۱/۳ به ۱/۵ افزایش یافت. تیمار آمونیوم سولفات با سولفات آهن باعث افزایش کلروفیل a از ۱/۲ در سطح ۲ کیلوگرم در هکتار به ۱/۴ در سطح ۴ کیلوگرم در هکتار شد و در ترکیب با Fe-EDTA از ۱/۳ به ۱/۵ افزایش یافت. در تیمار نیترات آمونیوم با سولفات آهن، کلروفیل a از ۱/۳ در سطح ۲ کیلوگرم به ۱/۵ در سطح ۴ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت و در ترکیب با Fe-EDTA بیشترین مقدار مشاهده شد که از ۱/۴ به ۱/۶ افزایش یافت. مقایسه منابع آهن نشان داد که Fe-EDTA اثر بیشتری در مقایسه با سولفات آهن داشت و بین منابع نیتروژن، نیترات آمونیوم بیشترین افزایش کلروفیل a را ایجاد کرد.



شکل ۲-اثر تیمارهای مطالعه شده بر محتوی کلروفیل a برگ گندم

T1 :N=0; $FeSO_4$ ،**T2** :N=0; FeEDTA ،**T3** :Urea=2; $FeSO_4$ ،**T4** :Urea=2; FeEDTA ،**T5** :$(NH4)_2SO4$=2; $FeSO_4$ ،**T6** :$(NH4)_2SO4$= 2; FeEDTA ،**T7** :NH4NO3= 2; FeSO4 ،**T8** :NH4NO3= 2; FeEDTA ،**T9** :Urea=4; $FeSO_4$، **T10** :Urea=4; FeEDTA ،**T11** :$(NH4)_2SO4$=4; $FeSO_4$ ،**T12** :$(NH4)_2SO4$= 4; FeEDTA ،**T13** :NH4NO3= 4; FeSO4 ،**T14** :NH4NO3= 4; FeEDTA ،**T15** :Urea=6; $FeSO_4$، **T16** :Urea=6; FeEDTA ،**T17** :$(NH4)_2SO4$=6; $FeSO_4$، **T18** :$(NH4)_2SO4$= 6; FeEDTA ،**T19** :NH4NO3= 6; FeSO4 ،**T20** :NH4NO3= 6; FeEDTA،

آهن ادانه

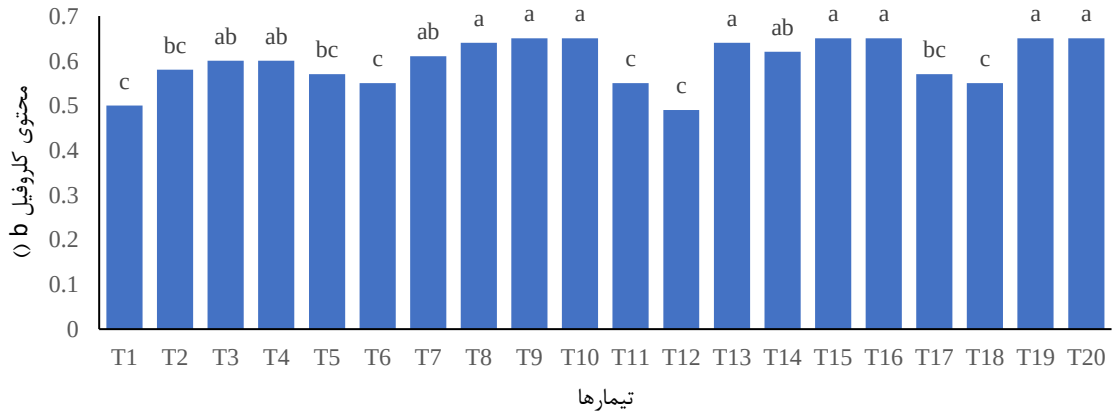
نتایج این مطالعه نشان داد که اثر تیمارهای مطالعه شده بر مقدار آهن دانه کامل معنی دار بود به طوری که مقدار آن در تیمارها بین ۵۰ تا ۷۲ میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر بود (جدول ۱). کمترین مقدار آهن دانه کامل در تیمار شاهد بدون نیتروژن + سولفات آهن (۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد، در حالی که بیشترین مقدار مربوط به تیمار نیترات آمونیوم همراه با Fe-EDTA در سطح ۴ کیلوگرم نیتروژن بود که با ۷۲ میلی‌گرم در کیلوگرم حدود ۲۲ میلی‌گرم بیشتر از شاهد بود.

کلروفیل b

نتایج این مطالعه نشان داد که منابع و سطوح مختلف نیتروژن و منابع آهن تأثیر معناداری بر محتوای کلروفیل b برگ داشتند. با افزایش سطح نیتروژن از ۲ به ۴ کیلوگرم در هکتار، مقدار کلروفیل b در تمامی تیمارها افزایش یافت (شکل ۳). در تیمار اوره با سولفات آهن، مقدار کلروفیلb (میلی‌گرم در گرم وزن تازه) از ۰/۶۰ در سطح ۲ کیلوگرم در هکتار به ۰/۶۰ میلی‌گرم در سطح ۴ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. تیمار آمونیوم سولفات با سولفات آهن باعث افزایش کلروفیل b از ۰/۵ در سطح ۲ کیلوگرم به ۰/۵۹ در سطح ۴ کیلوگرم در هکتار شد. .

جدول ۱- اثر تیمارهای مورد مطالعه بر غلظت آهن دانه گندم

منابع کود نیتروژن	مقدار نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	منابع کود آهن	آهن کل
بدون نیتروژن	۰	سولفات آهن	۵۰/۲۰^{q}
بدون نیتروژن	۰	Fe-EDTA	۵۵/۷۰^{p}
اوره	۲	سولفات آهن	۵۷/۷۰^{n}
اوره	۲	Fe-EDTA	۶۴/۷۰^{g}
سولفات آمونیوم	۲	سولفات آهن	۵۶/۸۰^{o}
سولفات آمونیوم	۲	Fe-EDTA	۶۳/۷۰^{h}
نیترات آمونیوم	۲	سولفات آهن	۵۸/۵۰^{mn}
نیترات آمونیوم	۲	Fe-EDTA	۶۵/۷۰^{f}
اوره	۴	سولفات آهن	۶۱/۹۰^{j}
اوره	۴	Fe-EDTA	۷۱/۷۰^{b}
سولفات آمونیوم	۴	سولفات آهن	۶۰/۹۰^{k}
سولفات آمونیوم	۴	Fe-EDTA	۷۰/۷۰^{c}
نیترات آمونیوم	۴	سولفات آهن	۶۲/۸۰^{i}
نیترات آمونیوم	۴	Fe-EDTA	۷۲/۷۰^{a}
اوره	۶	سولفات آهن	۵۹/۶۰^{l}
اوره	۶	Fe-EDTA	۶۹/۰۰^{d}
سولفات آمونیوم	۶	سولفات آهن	۵۸/۶۰^{m}
سولفات آمونیوم	۶	Fe-EDTA	۶۸/۰۰^{e}
نیترات آمونیوم	۶	سولفات آهن	۶۰/۵۰^{k}
نیترات آمونیوم	۶	Fe-EDTA	۷۰/۰۰^{c}



شکل ۳-اثر تیمارهای مطالعه شده بر محتوی کلروفیل b برگ گندم

T1 :N=0; $FeSO_4$ ؛**T2** :N=0; FeEDTA ،**T3** :Urea=2; $FeSO_4$ ،**T4** :Urea=2; FeEDTA ،**T5** :$(NH4)_2SO4$=2; $FeSO_4$ ،**T6** :$(NH4)_2SO4$= 2; FeEDTA ،**T7** :NH4NO3= 2; FeSO4 ،**T8** :NH4NO3= 2; FeEDTA ،**T9** :Urea=4; $FeSO_4$، **T10** :Urea=4; FeEDTA ،**T11** :$(NH4)_2SO4$=4; $FeSO_4$ ،**T12** :$(NH4)_2SO4$= 4; FeEDTA ،**T13** :NH4NO3= 4; FeSO4 ،**T14** :NH4NO3= 4; FeEDTA ،**T15** :Urea=6; $FeSO_4$، **T16** :Urea=6; FeEDTA ،**T17** :$(NH4)_2SO4$=6; $FeSO_4$، **T18** :$(NH4)_2SO4$= 6; FeEDTA ،**T19** :NH4NO3= 6; FeSO4 ،**T20** :NH4NO3= 6; FeEDTA،

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه به خوبی نشان داد که استفاده از کود نیتروژن همراه با آهن می تواند تأثیر مثبتی بر جذب آهن داشته باشد. در این مطالعه منبع نیترات آمونیوم در سطح ۴ و ۶ کیلوگرم در هکتار همراه با Fe-EDTA بهترین نتیجه را داشتند.

فهرست منابع

Aciksoz, S. B., Yazici, A., Ozturk, L., & Cakmak, I. (2011). Bioavailability of iron in soils and the role of root phytosiderophores. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 174*(6), 909–918. https://doi.org/10.1002/jpln.201000065

Martre, P., et al. (2024). Sustainable nitrogen management in wheat: Impact on yield, environment, and grain quality. *Field Crops Research, 310*, 108726. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108726

Singh, B. R., Timsina, Y. N., Lind, O. C., Cagno, S., & Janssens, K. (2018). Zinc and iron concentration as affected by nitrogen fertilization and their localization in wheat grain. *Frontiers in Plant Science, 9*, 307. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00307

Spratt, E. D. (1974). Effect of ammonium and nitrate forms of fertilizer N and their time of application on utilization of N by wheat. *Agronomy Journal, 66*(1), 15–18. https://doi.org/10.2134/agronj1974.00021962006600010005x

WHO. (2021). *Micronutrient deficiencies: Iron deficiency anaemia*. World Health Organization.https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/micronutrient-deficiencies-iron-deficiency-anaemia

Yang, Y. C., Zhang, M., Zheng, L., Cheng, D. D., Liu, M., & Geng, Y. Q. (2011). Controlled release urea improved nitrogen use efficiency, yield, and quality of wheat. *Agronomy Journal, 103*(2), 479–485. https://doi.org/10.2134/agronj2010.0343

The Effect of Different Nitrogen and Iron Fertilizer Sources on Some Physiological Traits of Irrigated Wheat

Hesam Salah Javad[1], Mahboubeh Jalali[2], Ali Akbar Zare[3]

[1] M.Sc. Student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

[2] Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

[3]Soil and Water Research Department, Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Dezful, Iran. Aliakbarzare65@yahoo.com

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of different nitrogen sources and levels, as well as iron sources, on grain iron concentration and physiological characteristics of wheat. The experiment was designed as a randomized complete block design with three replications. Nitrogen sources included urea, ammonium sulfate, and ammonium nitrate, applied at three levels of 2, 4, and 6 kg/ha, while iron sources consisted of iron sulfate and Fe-EDTA, applied at 5 kg/ha in two stages (tillering and early stem elongation) along with irrigation water. The results showed that the combination of ammonium nitrate at 6 kg/ha and Fe-EDTA had the greatest impact on grain iron concentration, reaching 32.5 mg/kg. Leaf chlorophyll content also increased by 18%, which could enhance photosynthesis efficiency and plant growth. The study demonstrated that optimal management of nitrogen and iron sources not only increased grain iron concentration but also improved the physiological and biochemical

quality of the plant. Therefore, the simultaneous use of ammonium nitrate and Fe-EDTA is recommended as an effective strategy in agricultural and plant nutrition programs.

Keywords: Nitrogen, Wheat, Chlorophyll, Iron, Yield