



## The Effects of Fe Fertilizer and Humic Acid on the Two Superior Rainfed Safflower Cultivars

Aydin Tobeh<sup>1</sup> | Ahmad Tobeh<sup>2</sup> | Salim Farzaneh<sup>3</sup>✉

1. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3. Corresponding Author, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: [s.farzaneh@uma.ac.ir](mailto:s.farzaneh@uma.ac.ir)

### Article Info

**Article type:**  
Research Article

**Article history:**

Received: May 14, 2024  
Received in revised form:  
October 20, 2024  
Accepted: October 21, 2024  
Published online: March 21,  
2025

**Keywords:**

Dry land,  
Goldasht,  
humic acid,  
iron fertilizer,  
rainfed safflower.

### ABSTRACT

To evaluate the effects of two types of fertilizers (iron fertilizer and humic acid) on the yield and physiological traits of two safflower cultivars, this research was conducted during the 2021–2022 growing season at the Agricultural Research Center of Ardabil. The main factor consisted of two safflower cultivars: Goldasht and Chinese (XYS). The experiment was arranged as a split-plot design within a randomized complete block framework with three replications. The sub-factor was fertilizer application with nine levels, including a control group, two levels of 95% humic acid (2 mg/L and 4 mg/L), two levels of 12% EDTA-chelated iron fertilizer (1 mg/L and 2 mg/L), and four levels of combined iron and humic acid fertilizers. Observations showed that the Goldasht cultivar, with a yield of 1462.5 kg/ha, significantly outperformed the Chinese cultivar, which yielded 1406.3 kg/ha. Among the fertilizer treatments, the highest yield (1694.1 kg/ha) was achieved with the combined application of the second level of iron fertilizer and the second level of humic acid. None of the treatments had a significant effect on seed oil percentage. It was observed that the combined foliar application of the second levels of both iron and humic acid fertilizers resulted in the highest chlorophyll content both before and after flowering, with values of 66 and 55.3, respectively. Overall, the Goldasht cultivar outperformed the Chinese cultivar, and among the fertilizer treatments, the combined application of the second levels of iron and humic acid fertilizers was identified as the most effective treatment.

**Cite this article:** Tobeh, A., Tobeh, A., & Farzaneh, S. (2025). The effects of iron fertilizer and humic acid on the two superior rainfed safflower cultivars. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 56(1), 143-155. Doi: 10.22059/ijfcs.2024.376438.655080.



© The Authors.

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: <http://doi.org/10.22059/ijfcs.2024.376438.655080>.



انتشارات دانشگاه تهران

# علوم گیاهان زراعی ایران

شماره الکترونیکی: ۸۰۸۲-۲۴۲۳

Homepage: <https://ijfcs.ut.ac.ir/>

## تأثیر کود آهن و اسید هیومیک روی دو رقم برتر گلرنگ دیم

آیدین توبه<sup>۱</sup> | احمد توبه<sup>۲</sup> | سلیم فرزانه<sup>۳</sup> ✉

۱. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳. نویسنده مسئول، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: [s.farzaneh@uma.ac.ir](mailto:s.farzaneh@uma.ac.ir)

| اطلاعات مقاله                                                                                                                                                                                                                                                                       | چکیده                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>نوع مقاله:</b> مقاله پژوهشی</p> <p><b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۳/۰۲/۲۵</p> <p><b>تاریخ بازنگری:</b> ۱۴۰۳/۰۷/۲۹</p> <p><b>تاریخ پذیرش:</b> ۱۴۰۳/۰۷/۳۰</p> <p><b>تاریخ انتشار:</b> ۱۴۰۴/۰۱/۰۱</p> <p><b>کلیدواژه‌ها:</b><br/>اسیدهیومیک، کود آهن، گل‌دشت، گلرنگ دیم، مناطق خشک.</p> | <p>به منظور ارزیابی نحوه تأثیر دو نوع کود (کود آهن و اسیدهیومیک) روی صفات عملکردی و فیزیولوژیک دو رقم گلرنگ این تحقیق در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مرکز تحقیقات کشاورزی اردبیل انجام شد. عامل اصلی، دو رقم بررسی شده گلرنگ ارقام گل‌دشت و چینی (<math>XYS</math>) بودند. این طرح به صورت اسپلیت پلات و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل فرعی کود دارای نه سطح بود. سطوح کودی شامل سطح شاهد، دو میلی گرم در لیتر و چهار میلی گرم در لیتر اسیدهیومیک ۹۵ درصد، دو سطح کود کلات آهن ۱۲ درصد EDTA (یک میلی گرم در لیتر و دو میلی گرم در لیتر) و چهار سطح متقابل کودهای آهن و اسیدهیومیک بودند. طبق مشاهدات، رقم گل‌دشت با ۱۴۶۲/۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به رقم چینی به طرز معنی داری عملکرد بیشتری ثبت کرد. میزان عملکرد رقم چینی نیز ۱۴۰۶/۳ کیلوگرم در هکتار بود. برای عامل کودی بهترین عملکرد مربوط به کاربرد توام سطح دوم کود آهن و سطح دوم اسیدهیومیک با میزان ۱۶۹۴/۱ کیلوگرم در هکتار بود. هیچ یک از عوامل نتوانستند روی درصد روغن دانه تأثیر معنی داری داشته باشند. مشاهده شد محلول پاشی توام سطوح دوم هر دو کود آهن و هیومیک بیشترین مقدار سبزی‌نگی هم قبل و هم بعد از گلدهی را داشت که به ترتیب ۶۶ و ۵۵/۳ بودند. در مجموع رقم گل‌دشت نسبت به رقم چینی برتری داشت. در بین تیمارهای کودی نیز استفاده توام سطح دوم کود آهن و هیومیک را می توان به عنوان بهترین تیمار کودی معرفی کرد.</p> |

**استناد:** توبه، آ.، توبه، ا.، و فرزانه، س. (۱۴۰۴). تأثیر کود آهن و اسید هیومیک روی دو رقم برتر گلرنگ دیم. *علوم گیاهان زراعی ایران*.

Doi: 10.22059/ijfcs.2024.376438.655080. ۱۵۵-۱۴۳. (۱)۵۶



© نویسندگان

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

## ۱. مقدمه

گلرنگ با نام علمی *Carthamus tinctorius* (L.) گیاهی یکساله و از خانواده مرکبان (Asteraceae) می‌باشد. در گذشته گلرنگ برای استخراج ماده قرمز رنگ کارتامین موجود در گلبرگ آن که در صنایع رنگرزی کاربرد داشته، کشت می‌شد. امروزه با توجه به اصلاح ارقام پرمحصول دارای روغن با کیفیت و کمیت قابل توجه، این گیاه به عنوان یکی از گیاهان روغنی در جهان مطرح است (Senobari *et al.*, 2016).

کشور ایران به دلیل حضور در شرایط خاص اقلیمی از کشورهایی است که در کمربند خشکی دنیا واقع شده است و اقلیم غالب آن مناطق خشک و نیمه‌خشک است؛ بنابراین کشت گیاهان سازگار با این شرایط از اهمیت زیادی برخوردار است. همچنین با توجه به نیاز روزافزون کشور به روغن‌های خوراکی که در حال حاضر قسمت اعظم آن از خارج از کشور تامین می‌گردد، کشت دانه‌های روغنی مانند گلرنگ اهمیت زیادی دارد. از سوی دیگر، از علل محدودیت اراضی برای زراعت و کاهش سطح زیر کشت، شوری خاک و همچنین تنش خشکی می‌باشد. اما با توجه به اینکه گلرنگ دارای مقاومت خوبی در برابر شوری است و همچنین در شرایط دیم نیز می‌توان آن را کشت کرد و از گیاهان مقاوم در برابر کمبود رطوبت نیز محسوب می‌شود از این لحاظ نیز دارای ارزش دوچندان است (Azimzadeh, 2010). امروزه حفظ منابع آبی به مسئله روز جامعه و کشور تبدیل شده است. با توجه به اینکه گیاه گلرنگ را در شرایط دیم و بدون آبیاری نیز می‌توان کشت نمود اهمیت آن چندین برابر می‌شود. همچنین مطالعه آثار کودهای ریزمغذی مثل آهن از اهمیت زیادی برخوردار شده است. این کودها به میزان کم مصرف می‌شوند و مقرون به صرفه‌تر بوده و آثار تخریبی کمتری روی محیط نسبت به کودهای شیمیایی مانند نیتروژن دارند. همچنین دارای آثار بسیار مطلوبی روی گیاه از نظر مقاومت در برابر تنش‌های محیطی هستند (Kamaraki & Galavi, 2012). تیمار خشکی و شرایط دیم و کم‌آبی اثرات مخرب و منفی زیادی را روی صفات زیادی از گیاه گلرنگ به‌ویژه صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد دارند (Pasban Eslam, 2011). در مطالعه‌ای تاثیر مثبت کود آهن روی پروتئین محلول برگ و پرولین و کربوهیدرات‌های محلول برگ مشاهده شد (Heshmati *et al.*, 2021).

محلول‌پاشی اسیدهیومیک موجب افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل، کارتنوئید و کربوهیدرات‌های گیاه مرزه در شرایط تنش خشکی شد (Hosseini *et al.*, 2019). در پژوهشی محلول‌پاشی اسیدهیومیک سبب افزایش معنی‌دار عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن گلرنگ شد (Zandi *et al.*, 2021). اسیدهیومیک به‌عنوان یک ترکیب آلی کمترین آسیب را به محیط زیست وارد می‌کند. همچنین با فعالیت شبه‌هورمونی خود تاثیرات مثبت زیادی را روی صفات مختلف از جمله صفات عملکردی دارد (Jahandideh *et al.*, 2019).

وجود عناصر ریزمغذی به‌ویژه آهن موجب افزایش مقاومت گیاه نسبت به تنش‌های مختلف زیستی و غیر زیستی می‌گردد. جذب عناصر ریزمغذی به وسیله گیاهان ممکن است اصلاً انجام نگیرد و یا در صورت جذب به دلیل  $pH$  بالای شیره سلولی، به صورت مفید مورد استفاده بخش‌های مهم گیاه قرار نگیرد (Gui *et al.*, 2022). محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و پروتئین سویا و مقاومت هرچه بیشتر آن در شرایط تنش خشکی شد (Adeli *et al.*, 2011). در مطالعه‌ای اثرات مثبت محلول‌پاشی آهن روی عملکرد دانه گلرنگ مشاهده شد (Bindu & Gundlur, 2019). محلول‌پاشی با آهن در تنظیم فعالیت‌های فتوسنتزی موثر است و همین امر موجب بهتر شدن رشد گیاه خواهد بود. آنزیم‌هایی که آهن در فعال‌سازی و ساختار آنها نقش دارد بخشی از سیستم انتقال الکترون فتوسنتزی و میتوکندریایی هستند. همچنین آنزیم‌های دارای آهن در بیوسنتز جیبرلین‌ها، اتیلن و جاسمونیک‌اسید نقش دارند. سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز از مهم‌ترین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی هستند که در صورت کمبود آهن فعالیتشان با اختلال روبرو می‌شود (Bagheri *et al.*, 2022). در تحقیقی محلول‌پاشی آهن موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و بهبود مقاومت آفتابگردان در شرایط تنش خشکی شد (Khan *et al.*, 2009).

هدف از این پژوهش بررسی تاثیر کودهای ریزمغذی و اسیدهیومیک بر عملکرد و صفات کیفی و بیوشیمیایی دو رقم گلرنگ در منطقه اردبیل بود. همچنین در این پژوهش به مقایسه دو رقم برتر گلرنگ پرداخته شده تا مشخص شود کدام یک از نظر کیفی و کمی برای کشت خصوصاً در منطقه اردبیل مناسب‌تر خواهند بود.

## ۲. روش‌شناسی پژوهش

این تحقیق در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ به منظور بررسی اثرات اسیدهیومیک و کود آهن روی خصوصیات فنولوژیکی، مورفولوژی، عملکرد، اجزای عملکرد، درصد و عملکرد روغن و پروتئین و دیگر خصوصیات بیوشیمیایی و کیفی دو رقم برتر گلرنگ در مزرعه ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل واقع در ۱۲ کیلومتری شرق اردبیل اجرا شد. این منطقه در شمال غربی کشور، بین مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض جغرافیایی و همچنین ارتفاع حدود ۱۳۵۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. این منطقه دارای شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک و سرد می‌باشد. مجموع بارندگی سالانه در این منطقه در حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد و بارندگی‌ها عمدتاً در فصول پاییز و بهار رخ می‌دهند. استان اردبیل به‌عنوان یکی از مناطق سردسیر ایران شناخته می‌شود و قسمت عمده‌ای از سال دارای آب و هوای سرد است. این پژوهش به‌صورت کشت دیم و کاملاً وابسته به بارندگی بود و میزان بارندگی منطقه در سال زراعی مربوطه ۲۳۸ میلی‌متر بود. عملیات کاشت در تاریخ ۲۸ آبان‌ماه سال ۱۴۰۰ انجام شد (جدول ۱). کلیه بذرها پیش از کاشت با قارچ‌کش بنومیل با نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. بذور در عمق سه سانتی‌متری خاک و با فاصله پنج سانتی‌متری از هم روی یک ردیف کاشته شدند. کاشت هر یک از ارقام در شش ردیف کاشت صورت گرفت. مقدار بذر مورد استفاده برای هر یک از رقم‌ها ۲۵ کیلوگرم در هکتار بود.

این آزمایش به صورت اسپلیت‌پلات و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی شامل دو رقم گلرنگ به نام‌های چینی و گلدشت و عامل فرعی شامل نه سطح کودی می‌باشد. این سطوح کودی شامل یک سطح شاهد، دو سطح اسید هیومیک ۹۵ درصد (دو میلی‌گرم در لیتر و چهار میلی‌گرم در لیتر)، دو سطح کود کلات آهن ۱۲ درصد EDTA (یک میلی‌گرم در لیتر و دو میلی‌گرم در لیتر) و چهار سطح متقابل کودهای آهن و اسید هیومیک می‌باشد که در ادامه به تشریح آنها پرداخته خواهد شد. این آزمایش شامل ۱۸ تیمار (۹\*۲) در سه تکرار بود که در مجموع شامل ۵۴ کرت آزمایشی می‌شود. هر یک از کرت‌ها شامل شش ردیف کشت بود که در واقع خطوط کناری به‌عنوان اثر حاشیه‌ای در نظر گرفته شد. فاصله بین ردیف‌های کشت ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده بود. همچنین فاصله بین بوته‌ها در یک ردیف پنج سانتی‌متر بود. در مجموع مساحت هر کرت ۴/۵ متر مربع (۳/۶\*۱/۵) بود. فاصله بین کرت‌ها در داخل بلوک ۴۰ سانتی‌متر و فاصله بین بلوک‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شده بود. محلول‌پاشی با کودهای آهن و اسیدهیومیک دوبار در مرحله رشد رویشی گیاه اعمال گردید. زمان محلول‌پاشی سطوح کود آهن به‌ترتیب ۱۸۳ و ۱۹۷ روز بعد از کاشت و زمان محلول‌پاشی کود اسیدهیومیک ۱۸۵ و ۱۹۹ روز بعد از کاشت بود.

جدول ۱. بررسی خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه.

| Iron (PPM) | Potassium (PPM) | Phosphorus (PPM) | Electrical conductivity (dS/m) | Nitrogen (%) |
|------------|-----------------|------------------|--------------------------------|--------------|
| 4/2        | 350             | 14               | 1/0                            | 0/08         |

## ۲-۱. روش بررسی صفات مورد ارزیابی

### ۲-۱-۱. نشت الکترولیت (EC)

برای سنجش نشت الکترولیت برگ‌ها از فرمول ۱ استفاده شد (Bai et al., 1996):

$$EL = (L1/L2) * 100 \quad \text{فرمول (۱)}$$

در این فرمول، منظور از EL نشت الکترولیت، منظور از L1 هدایت الکتریکی نمونه‌ها بعد از ۲۴ ساعت قرار گرفتن در آب مقطر و منظور از L2 هدایت الکتریکی نمونه‌ها در مرحله دوم بعد از قرار گرفتن به مدت ۱۷ دقیقه در اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. اندازه‌گیری هدایت الکتریکی به‌وسیله هدایت‌سنج EC متر انجام گرفت.

### ۲-۱-۲. پروتئین محلول برگ

برای سنجش میزان پروتئین محلول برگ از روش برادفورد بهره گرفته شد (Buger, 1994). برای این منظور ۰/۱ گرم از نمونه‌های برگ را در هاون چینی در بستری از یخ در بافر استخراج Tris-HCL با pH ۶/۸ می‌کوبیم تا عصاره‌ای همگن به‌دست آید. عصاره

حاصله به مدت ۲۰ دقیقه با ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ می‌شود. سپس ۰/۲ میلی لیتر محلول رویی برداشته و پنج میلی لیتر محلول بردفورد به آن اضافه می‌شود. از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۹۵ نانومتر استفاده می‌شود. با استفاده از نمودار استاندارد آلومین گاوی غلظت پروتئین محلول تعیین می‌شود.

### ۲-۱-۳. شاخص سبزیگی در مرحله رشد رویشی (SPAD 1)

در مرحله رشد رویشی برای هر یک از رقم‌ها شش برگ به‌طور تصادفی از یک سوم بالای بوته هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای از برگ‌های همسن و در ساعات ۱۲ تا ۱۴ با استفاده از دستگاه تعیین سبزیگی برگ (konica ژاپن) اندازه‌گیری و سپس میانگین آن‌ها به‌دست آمد. این شاخص برای رقم گلدشت در ۱۹۲ روز بعد از کاشت و برای رقم چینی در ۱۹۶ روز بعد از کاشت ثبت شد (به دلیل اینکه رقم گلدشت سریع‌تر به این مرحله رشدی رسیده بود).

### ۲-۱-۴. شاخص سبزیگی در مرحله بعد از گلدهی (SPAD 2)

پس از گلدهی برای هر یک از رقم‌ها شش برگ به‌طور تصادفی از هر کرت و با رعایت اثر حاشیه‌ای و در ساعات ۱۲ تا ۱۴ با استفاده از دستگاه تعیین سبزیگی برگ (konica ژاپن) اندازه‌گیری و سپس میانگین آن‌ها به‌دست آمد. این شاخص برای رقم گلدشت در ۲۳۲ روز بعد از کاشت و برای رقم چینی در ۲۴۷ روز بعد از کاشت ثبت شد. با توجه به متفاوت بودن گروه‌های رسیدگی رقم‌ها، این شاخص در روزهای متفاوتی برای هر یک از ارقام ثبت شد.

### ۲-۱-۵. عملکرد و اجزای عملکرد

با تعیین و شمارش تعداد دانه‌ها در واحد سطح (دو ردیف میانی کرت) و تقسیم آن بر تعداد طبق‌ها در همان واحد سطح، میانگین تعداد دانه‌های هر طبق برای هر کرت به‌دست آمد. ردیف‌های میانی کرت یعنی ردیف‌های سوم و چهارم از بین شش ردیف کرت برای برآورد و بررسی عملکرد دانه انتخاب شدند. در واقع مساحت ۱/۸ متر مربع از هر کرت به‌عنوان سطح معیار برای آن کرت در نظر گرفته شده و برداشت از آن سطح انجام گرفت. سطحی که این ردیف‌ها اشغال کرده بودند به هکتار تعمیم داده شد و میزان عملکرد کل دانه در هکتار برآورد شد. برای تعیین وزن هزار دانه، پس از برداشت محصول نمونه‌هایی از هر کرت به‌طور تصادفی و با استفاده از دستگاه بذرشمار، شمارش و پس از آن با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت یک‌هزارم، وزن هزار دانه نمونه‌ها تعیین شد. عملکرد کل دانه کرت‌ها با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای پس از جدا کردن و تمیز کردن دانه‌ها توزین و عملکرد دانه‌ها برحسب کیلوگرم و هکتار به‌دست آمد. ردیف‌های سوم و چهارم یعنی ردیف‌های کاشت وسطی در هر کرت به‌منظور به‌دست آوردن این شاخص استفاده شد.

### ۲-۱-۶. درصد و عملکرد روغن دانه

برای این منظور بعد از انتقال نمونه‌های هر کرت به آزمایشگاه با استفاده از حلال روغن (ان-هگزان) و با کاربرد دستگاه سوکسله (ساخت کمپانی electrothermal انگلستان) درصد روغن محاسبه شد. این دستگاه بر پایه استخراج از درون ماده جامد با مایع (حلال) استوار است. بعد از به‌دست آوردن درصد روغن دانه، عملکرد روغن از طریق رابطه ۲ محاسبه شد:

$$\text{درصد روغن دانه} \times \text{عملکرد دانه در هکتار} = \text{عملکرد روغن در هکتار} \quad \text{رابطه (۲)}$$

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها و تیمارهای مورد آزمایش داده‌های اندازه‌گیری شده و به‌دست آمده از آزمایش‌ها و بررسی‌های صورت گرفته، ابتدا تست نرمال شدند. سپس داده‌های غیر نرمال با استفاده از روش لگاریتمی تغییر داده‌ها نرمال سازی شدند. برای تجزیه واریانس داده‌ها از نرم‌افزارهای SAS نسخه ۹٫۴ و SPSS نسخه ۲۴ استفاده شد. همچنین برای رسم نمودارها و ثبت اطلاعات از نرم‌افزارهای WORD و EXCEL استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

## ۳. نتایج پژوهش و بحث

### ۳-۱. درصد نشت الکترولیت (EC)

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) اثرات رقم در سطح احتمال پنج درصد و اثرات کود در سطح احتمال یک درصد بر میزان نشت الکترولیت معنی‌دار شدند. طبق جدول ۲ اثرات متقابل کود و رقم نیز در سطح احتمال پنج درصد روی نشت الکترولیت

معنی دار شدند. طبق شکل ۱ بهترین (کمترین) نشت الکترولیت مربوط به استفاده توام رقم گلدشت و تیمار سطح دوم کود آهن با میزان ۵۱ درصد و بیشترین میزان نشت الکترولیت مربوط به رقم چینی و سطح دوم هیومیک اسید با میزان ۹۵/۶۶ درصد بوده است. آهن می تواند از طریق پاکسازی گونه های فعال اکسیژن نقش حفاظتی را در گیاهان بازی کند. حضور آهن به صورت ترکیبات آنزیمی منجر به حذف رادیکال های آزاد اکسیژن و کاهش خسارات اکسیداتیو می شود. همچنین آهن به عنوان کوفاکتور آنزیم فرودوکسین-کولین مونو اکسیژناز در سنتز گلیسین بتایین مشارکت می کند. گلیسین بتایین یک محافظ اسمزی خیلی موثر است که می تواند از ساختار غشاهای سلولی محافظت کند (Sivieri et al., 2020; Aliloo et al., 2020). به نظر می رسد اسیدهیومیک با اثرات شبه نیتروژنی خود به دلیل رشد سلولی بیشتری که ایجاد می کند از مقاومت غشاهای سلولی کاسته و باعث افزایش نشت الکترولیت شده است. کاربرد توام دو نوع کود باعث ایجاد اثراتی میانگین اثرات خالص آنها شده است.

### ۳-۲. پروتئین محلول کل برگ

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثرات رقم و کود بر پروتئین محلول برگ در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). مطابق جدول ۳ مقایسه میانگین بین رقم ها برای این صفت نشان داد که بیشترین پروتئین محلول برگ (۱۲/۳۳ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) مربوط به رقم چینی و کمترین مقدار (۱۰/۷۷ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) نیز مربوط به رقم گلدشت بود. همچنین به طور میانگین برای عامل کود کمترین میزان ثبت شده مربوط به تیمار شاهد (۶/۱۶ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) و بیشترین میزان ثبت شده مربوط به تیمار نهم کودی (سطح دوم کود آهن + سطح دوم کود اسیدهیومیک) با میزان ۱۶/۳۳ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ بود (جدول ۳). طبق مشاهدات هر دو کود آهن و اسیدهیومیک موجب افزایش معنی دار سطح پروتئین محلول برگ شدند، اما اثرات مثبت اسیدهیومیک به مراتب بیشتر بود. همچنین اثر متقابل دو عامل تیمارهای کودی و ارقام اختلاف معنی داری را سبب نشد (جدول ۲). آهن بخش مهمی از سیستم های پروتئینی و وابسته به پروتئین گیاه را تشکیل می دهد. برخی از پروتئین های آهن دار به عنوان ناقل الکترون عمل نموده و بخشی از سیستم انتقال میتوکندریایی و کلروپلاستی را می سازند. از طرف دیگر، فیتوفرتین که یک نوع پروتئین محسوب می شود مهم ترین منبع ذخیره آهن در سلول های گیاهی است. تعداد زیادی از آنزیم های آهن دار واکنش های دخیل در بیوسنتز پروتئین را کاتالیز می کنند (Majlesy & Gholinejad, 2014; Sheng et al., 2020). اسیدهیومیک نیز با بهبود عملکرد گیاهان در جذب آب باعث افزایش مقاومت در برابر تنش خشکی می شود. در تحقیقی محلول پاشی اسیدهیومیک موجب بهبود معنی دار صفات بیوشیمیایی و اجزای عملکرد گیاه آفتابگردان در شرایط تنش خشکی شد (Heidari et al., 2020).

### ۳-۳. شاخص سبزیگی در زمان رشد رویشی (SPAD 1)

بر اساس یافته های جدول ۲ مشاهده شد عامل رقم در مورد شاخص سبزیگی در زمان رشد رویشی اختلاف معنی داری را ایجاد نمی کند. تجزیه واریانس داده ها همچنین نشان داد اثرات عامل سطوح کودی در سطح احتمال یک درصد معنی دار شده است (جدول ۲). طبق جدول ۲ دو رقم چینی و گلدشت از نظر شاخص سبزیگی در زمان رشد رویشی اختلاف معنی داری از همدیگر ندارند. به طور میانگین (جدول ۳) عدد ثبت شده برای رقم چینی ۶۱/۵ و برای رقم گلدشت ۶۱/۵۶ بود. به طور میانگین (جدول ۳) کمترین میزان ثبت شده برای سطوح کودی شاهد با میزان ۵۷/۰۳ و بیشترین میزان ثبت شده مربوط به سطح کودی نهم (سطح دوم کود آهن + سطح دوم کود اسیدهیومیک) با میزان ۶۶/۰۱ بود. در مطالعات Galavi et al. (2012) نیز استفاده از عناصر ریزمغذی به علت بهبود فاکتورهای فتوسنتزی، شاخص سبزیگی را بهبود بخشید. هیومیک اسید با توجه به اینکه ریشه آلی دارد می تواند در نقش نیتروژن عمل نموده و باعث افزایش سبزیگی می شود (Khalili & Tajbakhsh, 2022). همچنین طبق جدول ۲ اثر متقابل دو عامل تیمارهای کودی و عامل رقم اختلاف معنی داری نشان ندادند.

### ۳-۴. شاخص سبزیگی در زمان پس از گلدهی (SPAD 2)

بر اساس تجزیه واریانس جدول ۲ اثرات رقم و کود بر شاخص سبزیگی در زمان پس از گلدهی در سطح احتمال یک درصد معنی دار شدند. طبق جدول ۳ مقایسه میانگین بین رقم ها نشان داد که بیشترین شاخص سبزیگی پس از گلدهی (۵۳/۷۵) مربوط به رقم گلدشت و کمترین مقدار (۴۸/۸۱) نیز مربوط به رقم چینی بود. همچنین به طور میانگین (جدول ۳) برای عامل کود کمترین

میزان ثبت شده مربوط به تیمار شاهد (۴۷/۹) و بیشترین میزان ثبت شده مربوط به تیمار نهم کودی (سطح دوم کود آهن+سطح دوم کود اسید هیومیک) با میزان ۵۵/۳ بود. همچنین طبق تجزیه واریانس جدول ۲ برهمکنش متقابل عوامل رقم و کود در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی داری را نشان داده است. طبق شکل ۴ بیشترین میزان سبزیبگی مربوط به برهمکنش رقم گلدشت و تیمار کودی نهم (سطح دوم هردو کود) با میزان ۵۶/۳۳ بوده است و کمترین میزان هم مربوط به برهمکنش رقم چینی و تیمار شاهد با میزان ۴۵/۸۶ است. محققان اظهار داشتند که محلول پاشی ریز مغذی ها موجب بهبود سبزیبگی گیاهان و پربری آن ها می شود (Manvelian et al., 2021). مطالعات نشان داده اند که کاربرد مقادیر مناسب کود کلات آهن در شرایط تنش رطوبتی سبب افزایش مقدار کلروفیل a، کلروفیل کل و کاروتنوئید در گیاهان می شود (Fathi Amirkhiz et al., 2015) بنابراین، استفاده از کود آهن به ویژه در شرایط تنش های محیطی مانند کمبود آب می تواند به بهبود وضعیت تغذیه گیاه و افزایش محتوای کلروفیل کمک کند و در نتیجه فتوسنتز و رشد گیاه را بهبود بخشد. اسید هیومیک نیز با بهبود شرایط رشدی منجر به افزایش کلروفیل و سبزیبگی گیاهان می شود (Abbaszadeh et al., 2020). اینگونه توجیه می شود که رقم گلدشت به دلیل برتری در میزان پایداری غشا و عملکرد بهتر در صفت نشت الکترولیت سبزیبگی خود را نسبت به رقم چینی بهتر حفظ می کند. رقم گلدشت تا انتهای رسیدگی نسبت به رقم چینی از میزان کلروفیل بیشتری برخوردار است که همین را می توان به عنوان یکی از دلایل برتری عملکرد رقم گلدشت نسبت به رقم چینی مطرح کرد.

### ۳-۵. تعداد دانه در طبق

مطابق تجزیه واریانس جدول ۲ اثرات رقم و کود بر تعداد دانه در طبق در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. طبق جدول ۳ مقایسه میانگین بین رقم ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در طبق (۲۰/۸۹) مربوط به رقم گلدشت و کمترین مقدار (۲۰/۶۲) نیز مربوط به رقم چینی بود. همچنین به طور میانگین برای عامل کود کمترین میزان ثبت شده مربوط به تیمار شاهد (۱۷/۸۸) و بیشترین میزان ثبت شده مربوط به تیمار نهم کودی (سطح دوم کود آهن+سطح دوم کود اسید هیومیک) با میزان ۲۳/۱۱ بود (جدول ۳). همچنین مطابق مشاهدات و تجزیه واریانس جدول ۲، برهمکنش دو عامل رقم و کود موجب اختلاف معنی داری شد. بر این اساس و طبق شکل ۳ بیشترین تعداد دانه مربوط به برهمکنش رقم چینی و تیمار کودی نهم (سطح دوم هر دو کود) با میزان ۲۳/۳ دانه در طبق بود. البته سطوح هفتم (سطح دوم آهن با سطح اول هیومیک) و نهم (سطح دوم هردو کود آهن و هیومیک) برای هردو رقم اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند. مطابق شکل ۳ در تیمارهای کودی شاهد و سطوح اول کودها رقم گلدشت دارای عملکرد دانه در طبق بیشتری است. اما با افزوده شدن مقدار بیشتری از کودها رقم چینی به دلیل دیررس تر بودن فرصت بیشتری برای استفاده از کودها دارد که باعث برتری جزئی رقم چینی در تیمارهای کودی توام می شود. اما در مجموع و به طور میانگین در این صفت رقم گلدشت به صورت معنی داری برتری دارد. اسید هیومیک با بهبود شرایط رشد گیاه، موجب افزایش تعداد دانه در سنبله و در نتیجه افزایش عملکرد دانه می گردد (Majidi et al., 2021). اسید هیومیک به عنوان یک محرک رشد عمل کرده و به تولید بیشتر انرژی و مواد غذایی در گیاه کمک می کند. کاربرد کود آهن به ویژه در شرایط کمبود این عنصر، سبب افزایش تعداد دانه در گیاهان می گردد. این افزایش تعداد دانه به دلیل نقش آهن در فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه مانند تثبیت نیتروژن، فتوسنتز و تشکیل کلروفیل است (Soleimani et al., 2017).

### ۳-۶. وزن هزار دانه

طبق تجزیه واریانس اثرات رقم و کود بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). طبق جدول ۳ مقایسه میانگین بین رقم ها نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه (۴۶/۴۵ گرم) مربوط به رقم گلدشت و کمترین مقدار (۴۵/۳ گرم) نیز مربوط به رقم چینی بود. همچنین به طور میانگین برای عامل کود کمترین میزان ثبت شده مربوط به تیمار شاهد (۴۲/۵۸ گرم) و بیشترین میزان ثبت شده مربوط به تیمار نهم کودی (سطح دوم کود آهن+سطح دوم کود اسید هیومیک) با میزان ۴۹/۰۵ گرم بود (جدول ۳). همچنین طبق جدول ۲ برهمکنش عوامل کودی و ارقام در این صفت اختلاف معنی داری ایجاد کرده است. بر این اساس طبق شکل ۲ بیشترین وزن هزار دانه مربوط به برهمکنش رقم گلدشت با تیمار کودی هشتم (سطح دوم اسید هیومیک با سطح اول کود آهن) با میزان ۵۰/۰۳ گرم می باشد. رقم گلدشت در تمامی تیمارهای کودی بجز سطح دوم آهن عملکرد بهتری

نشان داده است (البته این برتری معنی‌دار نیست). علت را می‌توان اینگونه استنباط کرد که سطح دوم کود آهن با برآورده کردن نیازهای رقم چینی که رقمی دیررس‌تر است می‌تواند سبزی‌نگی و سیستم فتوسنتزی این گیاه را در مدت طولانی‌تری حفظ کند. با کاربرد کود اسید هیومیک رقم گلدشت مزیت برتری معمولاً معنی‌داری نسبت به رقم چینی پیدا کرده است. در مقایسه و بررسی دو صفت وزن هزاردانه و تعداد دانه در بوته مشاهده می‌کنیم که محلول‌پاشی اسید هیومیک سیاست افزایش وزن هزار دانه را نسبت به افزایش تعداد دانه تقویت می‌کند. برعکس محلول پاشی کود آهن برای سیاست افزایش تعداد دانه نسبت به افزایش وزن هزار دانه مفیدتر است. اسید هیومیک با توجه به اثرات شبه نیتروژنی و غنی‌بودن از مواد آلی موجب پر شدن بیشتر دانه و افزایش وزن هزار دانه می‌شود. از طرفی، مصرف آهن موجب پاکسازی گونه‌های فعال اکسیژن شده و باعث بهبود عملکرد sink در گیاه شده و تعداد دانه بیشتری برای پر شدن در اختیار گیاه قرار می‌دهد. در مجموع استفاده توأم هر دو نوع کود آهن و اسید هیومیک موجب افزایش قابل توجه تعداد دانه و وزن هزار دانه شد. رقم زودرس گلدشت قسمت عمده‌ای از اسید هیومیک که خاصیت شبه نیتروژنی دارد را برای تولید و افزایش وزن دانه اختصاص داده است. این رقم به علت زودرسی تنفس نگهداری کمتری نسبت به رقم دیگر داشته و فتوسنتز خالص بیشتر و بیوماس دانه بیشتری تولید می‌کند (Tamimi, 2019).

### ۳-۷. عملکرد دانه

مطابق جدول ۲ اثرات هر دو عامل رقم و کود بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. طبق جدول ۳ بیشترین عملکرد مربوط به رقم گلدشت با ۱۴۶۲/۵ کیلوگرم در هکتار و رقم چینی با عملکرد ۱۴۰۶/۳ کیلوگرم در هکتار بود. در میان تیمارهای کودی نیز بیشترین عملکرد مربوط به تیمار کودی نهم (کاربرد همزمان سطح دوم هردو کود آهن و هیومیک) با میزان ۱۶۹۴/۱ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). با توجه به نتایج جدول ۳ کاربرد سطوح مختلف کودی منجر به افزایش عملکرد هردو رقم نسبت به شاهد شده است. کود کلات آهن با تحریک فرآیندهای فتوسنتز و گلدهی، موجب افزایش تولید دانه‌ها می‌شود. این امر به‌ویژه در گیاهانی که نیاز به آهن دارند، قابل مشاهده است. مشخص شده است که محلول‌پاشی آهن باعث افزایش پارامترهای رشد از جمله تعداد دانه تولید شده در هر بوته و عملکرد دانه می‌شود. یک مطالعه گزارش داد که کاربرد کود آهن بر تعداد دانه در طبق تأثیر مثبت داشته و منجر به افزایش عملکرد کلی دانه در ژنوتیپ‌های گلرنگ می‌شود (Singh et al., 2021). در واقع استفاده از کود آهن موجب بهبود فعالیت Sink شده است. کاربرد آهن با افزایش محتوای کلروفیل مرتبط است که برای فتوسنتز بسیار مهم است. مطالعات نشان می‌دهد که آهن فعالیت‌های آنزیمی مرتبط با جذب مواد مغذی و مقابله با تنش را افزایش می‌دهد، بنابراین انعطاف‌پذیری و بهره‌وری گیاه را در شرایط مختلف از جمله خشکی بهبود می‌بخشد (Fathi Amirkhiz et al., 2015). محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها از جمله آهن روی آفتابگردان موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در تحقیق Torabian et al. (2018) شده بود. آهن به دلیل نقش مهمی که در فتوسنتز گیاهان ایفا می‌کند در افزایش عملکرد دانه و بهبود تسهیم دانه از مواد فتوسنتزی نقش دارد. همچنین اسید هیومیک با ریشه آلی مواد آلی مورد نیاز گیاه را بهتر تامین کرده و موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود (Heidari et al., 2020). تعامل بین اسید هیومیک و آهن برای سلامت گلرنگ مفید است و منجر به افزایش جذب مواد مغذی، بهبود معیارهای رشد، افزایش عملکرد دانه و تحمل بهتر استرس می‌شود. این یافته‌ها اهمیت ادغام مواد هیومیک و ریزمغذی‌هایی مانند آهن را در شیوه‌های کشت گلرنگ برای عملکرد و بهره‌وری بهینه گیاه نشان می‌دهد.

همانطور که در مطالب بالا اشاره شد در صفات وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته بین برهمکنش عوامل رقم و کود اختلاف معنی‌دار ایجاد شده است؛ اما در صفت عملکرد دانه بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری ایجاد نشده است. علت این امر را می‌توان خنثی‌سازی برهمکنش‌های معنی‌دار دو عامل در صفت عملکرد دانه دانست. به عبارتی دیگر، مطابق شکل ۱ در صفت وزن هزار دانه با افزایش سطح کود، رقم گلدشت نسبت به رقم چینی پیشی گرفته و عملکرد بهتری ایجاد می‌کند. برعکس، در صفت تعداد دانه در بوته هرچه در سطوح کودی به جلو می‌رویم با افزایش کوددهی رقم چینی نسبت به رقم دیگر پیشی گرفته و عملکرد بهتری ثبت می‌کند. اما در مجموع و در عملکرد دانه، این شرایط و برهمکنش‌ها با یکدیگر خنثی شده و می‌توانیم بگوییم که در مجموع رقم گلدشت عملکرد بهتری ایجاد می‌کند؛ اما برهمکنش متقابل عوامل رقم و کود معنی‌دار نبود.



| Source of variation | df | Mean Squares |         |         |         |        |         |           |            |
|---------------------|----|--------------|---------|---------|---------|--------|---------|-----------|------------|
|                     |    | EC           | SP      | SPAD 1  | SPAD 2  | SPB    | TSW     | SY        | SOY        |
| Block               | 2  | 18.29        | 3.38    | 8.58    | 0.74    | 0.23   | 0.13    | 1149      | 80.77      |
| Cultivars (C)       | 1  | 64.46**      | 32.66** | 0.01ns  | 209.6** | 0.93** | 16.88** | 42616.4** | 3817.13**  |
| Error 1             | 2  | 12.96        | 2.16    | 0.23    | 0.5     | 0.25   | 0.03    | 952.2     | 28.65      |
| Fertilizer (f)      | 8  | 1283.07**    | 76.79** | 50.29** | 36.65** | 17.1** | 29.99** | 182842**  | 116737.4** |
| C*F                 | 8  | 29.96*       | 1.5ns   | 0.68ns  | 3.41**  | 0.35** | 1.17**  | 593.1ns   | 25.84ns    |
| Error               | 3  | 10.42        | 0.77    | 1.42    | 0.66    | 0.11   | 0.15    | 385.96    | 50.33      |
| CV (%)              | 2  |              |         |         |         |        |         |           |            |
|                     | -  | 4.43         | 7.63    | 1.93    | 1.57    | 1.6    | 0.85    | 1.36      | 1.75       |

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی، عملکرد و اجزای عملکرد و عملکرد روغن.

\*, \*\* و ns به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی داری است.

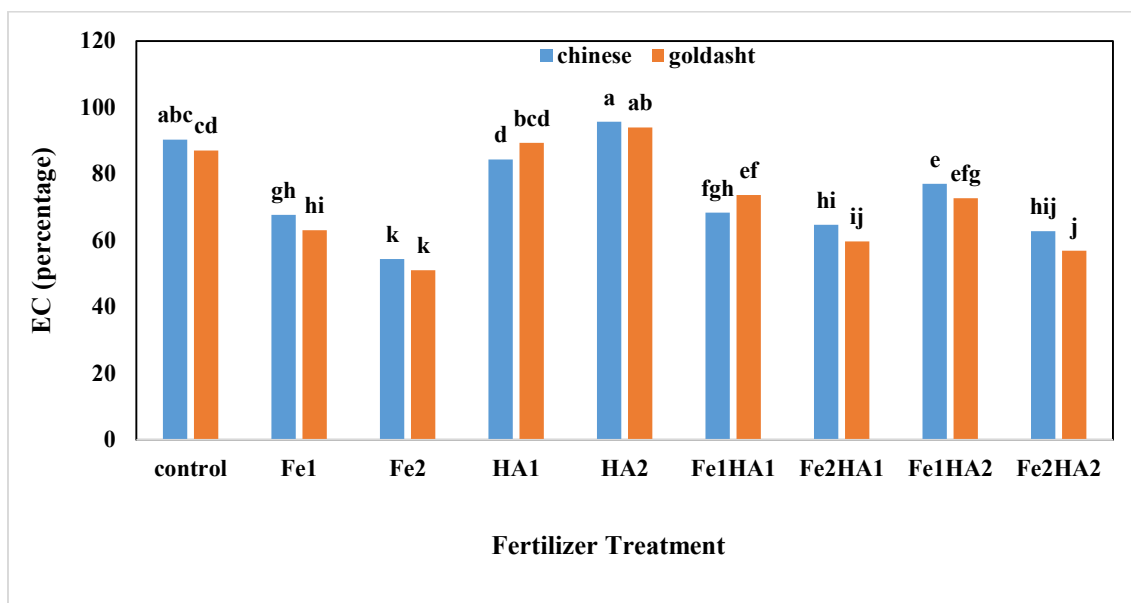
### ۳-۸. درصد و عملکرد روغن دانه

بر اساس مشاهدات صورت گرفته، ارقام در مورد صفت درصد روغن تفاوت معنی داری از یکدیگر ندارند. طبق نتایج تجزیه واریانس در جدول ۲، سطوح کودی نیز سبب تاثیر معنی داری روی درصد روغن دانه‌ها نشدند. اگرچه تفاوت‌هایی در میزان درصد روغن ارقام وجود داشت؛ اما این تفاوت‌ها معنی دار نبود. مطابق جدول ۲، عملکرد روغن نیز متاثر از عملکرد دانه در بین ارقام و سطوح کودی دارای تفاوت معنی داری بود. طبق جدول ۳ و مقایسات میانگین انجام شده عملکرد روغن در رقم گلدشت ۴۱۳/۰۸ کیلوگرم در هکتار و برای رقم چینی ۳۹۶/۲۶ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین در بین سطوح کودی (طبق جدول ۳) بیشترین عملکرد روغن مربوط به سطح کودی نهم (سطح دوم هر دو کود آهن و هیومیک) با میزان ۴۷۷/۵ کیلوگرم در هکتار و کمترین میزان مربوط به تیمار شاهد با میزان ۳۲۰/۴۸ کیلوگرم در هکتار بود.

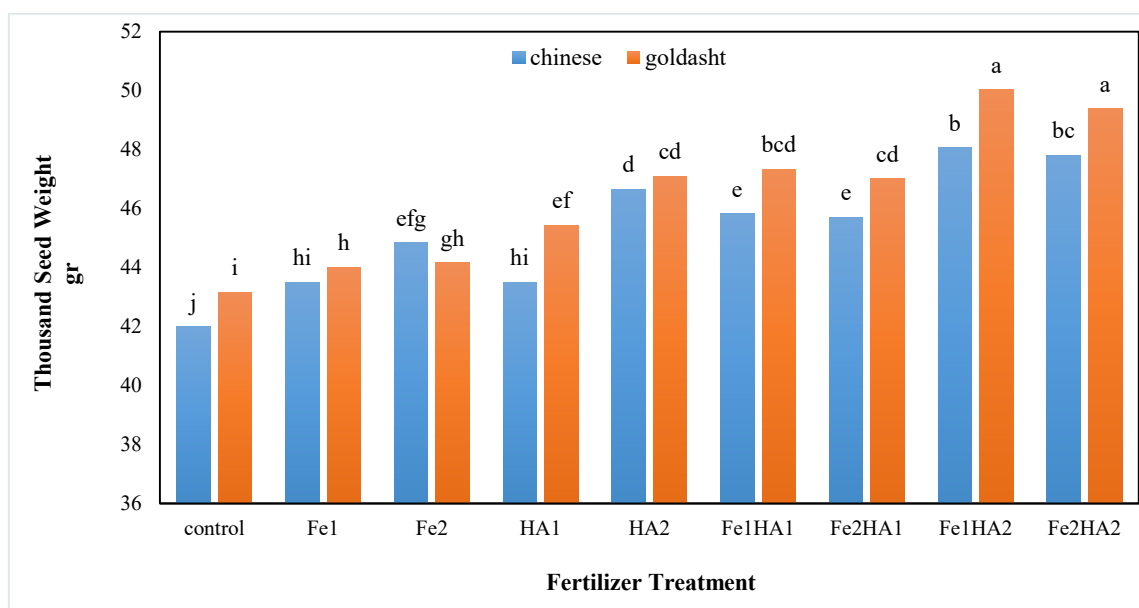
جدول ۳. مقایسات میانگین صفات بررسی شده تحت فاکتورهای رقم و سطوح کودی.

|                 | SP<br>(mg/g) |         | SY<br>(kg/ha) | OP<br>(%) | SOY<br>(kg/ha) |
|-----------------|--------------|---------|---------------|-----------|----------------|
| <i>goldasht</i> | 10.77 b      | 61.6 a  | 1462.56a      | 28.24a    | 413.08a        |
| <i>chinese</i>  | 12.33 a      | 61.5 a  | 1406.37b      | 28.17a    | 396.26b        |
| <i>c</i>        | 6.1 f        | 57.03 f | 1132.33 f     | 28.3 a    | 320.48 f       |
| <i>F1</i>       | 8.1 e        | 61.65 c | 1301 e        | 28.33 a   | 368.61 e       |
| <i>F2</i>       | 8.16 e       | 64.28 b | 1395.33 d     | 28.1 a    | 392.11 d       |
| <i>H1</i>       | 10.91 d      | 58.33 e | 1312.67 e     | 28.06 a   | 368.35 e       |
| <i>H2</i>       | 15.3 ab      | 59.81 d | 1408.83d      | 26.08 a   | 395.61 d       |
| <i>F1H1</i>     | 11.5 cd      | 61.41 c | 1490.5 c      | 28.3 a    | 421.78 c       |
| <i>F2H1</i>     | 12.57 c      | 63.96 b | 1596.17 b     | 28.3 a    | 451.74 b       |
| <i>F1H2</i>     | 15.07 b      | 61.43 c | 1579.17 b     | 28.23 a   | 445.85 b       |
| <i>F2H2</i>     | 16.33 a      | 66.01 a | 1694.17 a     | 28.18 a   | 477.5 a        |

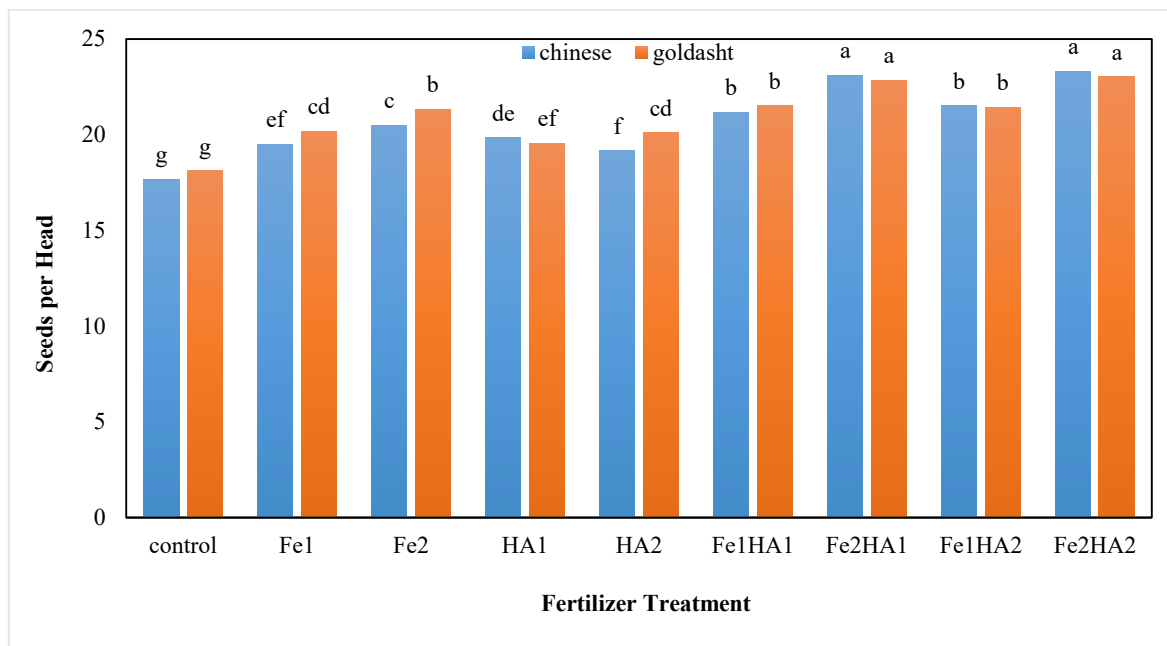
در جدول‌های بالا نماد صفات عبارتند از: EC: نشت الکترولیت، SP: پروتئین محلول کل برگ، SPAD1: شاخص سبزیگی در مرحله رشد رویشی، SPAD2: شاخص سبزیگی پس از گلدهی، SPB: تعداد دانه در طبق، TSW: وزن هزاردانه، SY: عملکرد دانه، SOY: عملکرد روغن، OP: درصد روغن.



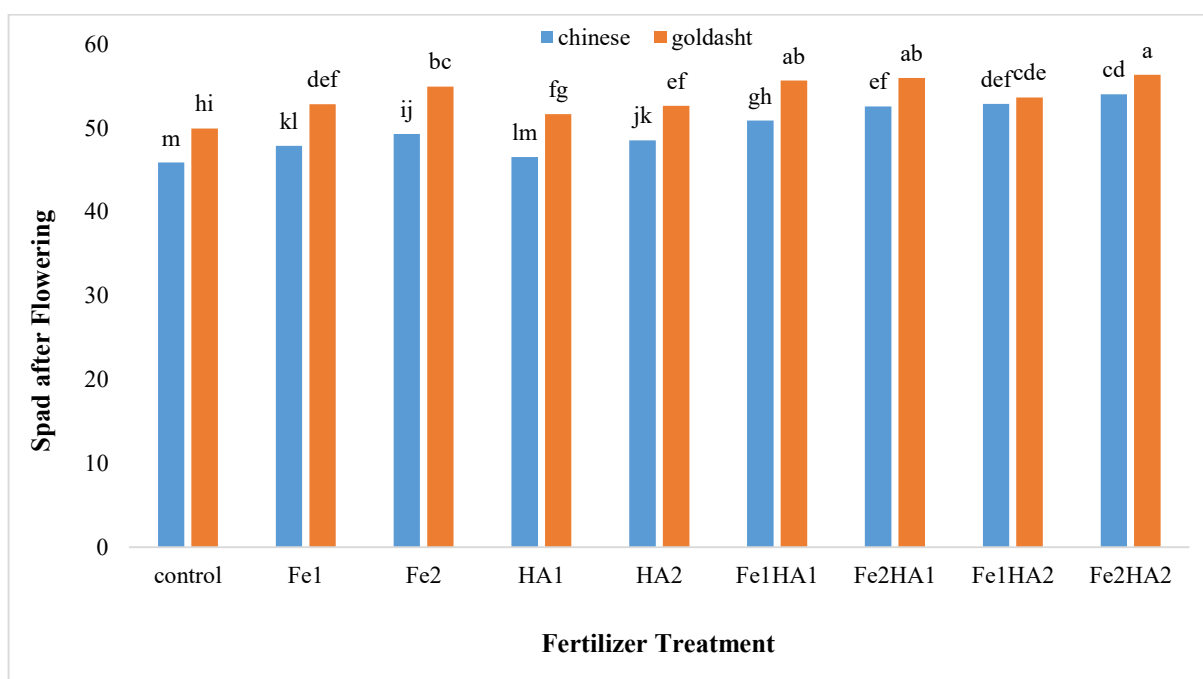
شکل ۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل ارقام و سطوح کودی برای صفت نشست الکترولیت در سطح احتمال پنج درصد.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل ارقام و سطوح کودی برای صفت وزن هزارانه در سطح احتمال پنج درصد.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثرات متقابل ارقام و سطوح کودی برای صفت تعداد دانه در طبق در سطح احتمال پنج درصد.



شکل ۴. مقایسه میانگین اثرات متقابل ارقام و سطوح کودی برای صفت شاخص سبزیگی بعد از گلدهی در سطح احتمال پنج درصد.

#### ۴. نتیجه گیری

نتایج مطالعه نشان داد که رقم گلدشت زودرس تر از رقم چینی است و میزان عملکرد بیشتری دارد. چون رقم چینی طول دوره رشد بیشتری دارد در اواخر دوران رشد ممکن است با گرمی هوا و تهاجم آفات و پرندگان روبرو شود که باعث کاهش عملکرد آن می شود؛ بنابراین کشت رقم گلدشت از این لحاظ ارجح است. در مقایسه صفات فیزیولوژیکی مشاهده شد استفاده از کودهای آهن و اسید هیومیک موجب پایداری و مقاومت بیشتر ارقام شد. تعامل بین اسید هیومیک و آهن برای سلامت گلرنگ مفید است و منجر به افزایش جذب مواد مغذی، بهبود معیارهای رشد، افزایش عملکرد دانه و تحمل بهتر استرس می شود. این یافته ها اهمیت ادغام

مواد هیومیک و ریزمغذی‌هایی مانند آهن را در شیوه‌های کشت گلرنگ برای عملکرد و بهره‌وری بهینه گیاه نشان می‌دهد. بنابراین، کاربرد توام سطوح دوم آهن و هیومیک توصیه می‌شود. در مورد صفات عملکردی نیز کاربرد توام سطوح دوم کود آهن و اسید هیومیک توصیه می‌شود؛ چرا که هر دو باعث بهبود شرایط گیاه شدند. اسید هیومیک با توجه به اثرات شبه نیتروژنی و غنی‌بودن از مواد آلی موجب پر شدن بیشتر دانه و افزایش وزن هزار دانه می‌شود. از طرفی، مصرف آهن موجب پاکسازی گونه‌های فعال اکسیژن شده و باعث بهبود عملکرد سینک در گیاه شده و تعداد دانه بیشتری برای پر شدن در اختیار گیاه قرار می‌دهد. در مجموع استفاده توام هر دو نوع کود آهن و اسید هیومیک موجب افزایش هم تعداد دانه و هم وزن هزار دانه به مقدار قابل توجهی شده است. رقم گلدشت دارای درصد و عملکرد بالاتر روغن بوده و از این لحاظ نیز نسبت به رقم چینی ارجحیت دارد. در مجموع، می‌توان گفت کودهای آهن و اسید هیومیک با قیمت کم و در دسترس بودن آثار قابل ملاحظه و زیادی روی اکثر صفات داشتند و موجب بهبود گیاه از نظر فیزیولوژیکی و عملکردی شدند.

## ۵. منابع

- Abbaszadeh Faruji, R., Shor, M., Tehrani Far, A., & Abedi, B. (2020). The effect of humic acid and fulvic acid on some physiological characteristics of two ornamental plants, *Plargonium* spp. and *Scindapsus* spp. *Soil and Plant Relations*, 11(1), 45-58. (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, Iran. *Crop Physiology*, 3(10), 21-31. (In Persian).
- Aliloo, A.A., Shiriazar, Z., Dashti, S., Shahabivand, S., & Pourmohammad, A. (2020). Alleviating effects of humic acid on germination and vegetative growth of canola under salinity stress. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 33(4), 985-997. (In Persian).
- Azimzadeh, S.M. (2010). Evaluation of drought tolerance in 16 genotypes of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8(5), 862-870. (In Persian).
- Bagheri, H., Moghadam, L., Danai, E., & Abdossi, V. (2022). The effect of foliar spraying of nanochelates of iron, potassium, calcium and manganese on the amount of elements and enzyme activity of peppermint plant (*Mentha piperita*). *Iranian Plant and Biotechnology*, 17(1), 11-23. (In Persian).
- Bindu, N., & Gundlur, S.S. (2019). Effect of soil and foliar application of ferrous sulfate on crop growth, seed yield, quality and nutrient uptake by safflower in Vertisol. *Environment and Ecology*, 37(3), 678-681.
- Bromand Sivieri, M., Heydari, M., Gholami, A., & Ghorbani, H. (2020). Effects of biofertilizers and foliar application of iron oxide nanoparticle on grain yield and some physiological characteristics of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 51(4), 73-83. (In Persian).
- Buger, N.J. (1994). The Bradford method for protein quantitation. *Methods in Molecular Biology*, 32, 9-15.
- Fathi Amirkhiz, K., Amini Dehaghi, M., & Heshmati, S. (2015). Investigating the effect of iron chelate on chlorophyll content, quantum efficiency of photosystem II and some biochemical traits in safflower under low water conditions. *Iranian Plant Sciences*, 46(1), 137-145. (In Persian).
- Galavi, M., Ramroudi, M., & Tavassoli, A. (2012). Effect of micronutrients foliar application on yield and seed oil content of safflower (*Carthamus tinctorius*). *African Journal of Agricultural Research*, 7(3), 482-486.
- Gui, J.Y., Rao, S., Huang, X., Liu, X., Cheng, S., & Xu, F. (2022). Interaction between selenium and essential micronutrient elements in plants: A systematic review. *Science of the Total Environment*, 853, 158673.
- Heidari, M., Paydar, A., Baradarn Firozabad, M., & Abedinin Esfalati, M. (2020). The effect of drought stress and application of humic on quantitative yield, photosynthetic pigments, and mineral nutrients content in sunflower seeds. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 50(4), 51-62. (In Persian).
- Heshmati, S., Akbari, G., Soltani, E., Amini Dehaghi, M., Fathi Amirkhiz, K., & Maleki, K. (2021). Study the antioxidant enzymes activity and biochemical responses of safflower as affected by foliar application of melatonin under drought condition. *Journal of Crops Improvement*, 23(4), 906-883. (In Persian).
- Hosseinian, S.H., Ebrahimipak, N., Yusefi, A., & Egdarnzhad, A. (2019). Effect of water stress and humic acid foliar application on morpho-physiological characteristics of *Satureja hortensis*. *Journal of Water and Soil Conservation*, 26(1), 219-232. (In Persian).
- Jahandideh, A., Barani Motlaq, M., Dardipour, E., Ghorbani Nasrabadi, R., & Nazari, T. (2019). The effect of simultaneous application of humic acid and phosphorus fertilizer on vegetative growth indicators and phosphorus availability in rapeseed. *Applied Soil Research*, 8(1), 68-78. (In Persian).
- Kamaraki, H., & Galavi, M. (2012). Evaluation of foliar Fe, Zn and B micronutrients application on quantitative and qualitative traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agroecology*, 4(3), 201-206. (In Persian).

- Khan, M.A., Din, J., Nasreen, S., Khan, M.Y., Khan, S.U., & Gurmani, A.R. (2009). Response of sunflower to different levels of zinc and iron under irrigated conditions. *Sarhad J. Agric.*, 25(2), 159-163.
- Majidi, A., Khalilzadeh, G., & Rejali, F. (2021). The effect of humic acid and glycine betaine on grain yield and some agricultural traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) in dry conditions. *Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 31(4), 235-253. (In Persian).
- Majlesy, A., & Gholinezhad, E. (2014). Phenotype and quality variation of forage maize (*Zea mays* L.) with potassium and micronutrient application under drought stress conditions. *Research in Field Crop Journal*, 1(2), 44-55. (In Persian).
- Manvelian, J., Weisany, W., Tahir, N.A.R., Jabbari, H., & Diyanat, M. (2021). Physiological and biochemical response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars to zinc application under drought stress. *Industrial Crops and Products*, 172, 114069. (In Persian).
- Pasban Eslam, B. (2011). The effect of drought stress on grain and oil yield of safflower autumn genotypes. *Iran J. Field Crop Sci.*, 42(2), 275-283. (In Persian).
- Rakesh, M., Singh, R., & Singh, E. (2021). Influence of nitrogen and foliar spray of iron on yield and economics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *The Pharma Innovation Journal*, 10(10), 495-497.
- Senobari, S., Sabzalian, M.R., & Saeidi, G. (2016). Evaluation of phenotypic and genetic relationships between agronomic traits, grain yield and its components in genotypes derived from interspecific hybridization between wild and cultivated safflower. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 47(1), 131-139. (In Persian).
- Sheng, Y., Cheng, H., Wang, L., Shen, J., Tang, M., Liang, M., ..., & Song, Z. (2020). Foliar spraying with compound amino acid-iron fertilizer increases leaf fresh weight, photosynthesis, and Fe-S cluster gene expression in peach (*Prunus persica* (L.) Batsch). *BioMed Research International*, 1, 2854795.
- Soleimani, R., Noorgholipour, F., & Moshiri, F. (2017). The effect of foliar spraying of zinc, iron and manganese on the yield and nutrient content of safflower seed (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agricultural Sciences of Iran*, 19(1), 1-12. (In Persian).
- Tamimi, M. (2019). How do plants work for the earth? *Nature of Iran*, 4(3), 110. (In P). ersian
- Torabian, S., & Zahedi, M. (2013). Effects of foliar application of common and nano-sized of iron sulphate on the growth of sunflower cultivars under salinity. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 44(1), 109-118.
- Yari, P., & Keshtkar, A.H. (2016). Correlation between traits and path analysis of safflower grain yield under water stress conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 14(3), 427-437. (In Persian).
- Zandi, N., Khalesro, S., Badakhshan, H., & Heidari, G. (2021). Effect of humic acid foliar application on the yield and morphological traits of some safflower cultivars. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(4), 35-48. (In Persian).