19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذر 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

# تاثیر مایکوریزا و محلول‌پاشی باسیلیکون و هیومیک اسید بر عملکرد و برخی ویژگی‌های رشدی جو تحت تنش شوری

رئوف سیدشریفی[1*] عمرمحمد احمد[2] سلیم فرزانه[3]

۱- استاد گروه تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی؛
raouf_ssharifi@yahoo.com*

۲ و ۳-دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد گروه تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی
دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

**چکیده**

به منظور ارزیابی تاثیر مایکوریزا و محلول‌پاشی با سیلیکون و هیومیک اسید بر عملکرد و برخی خصوصیات رشدی جو تحت تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشگاه محقق اردبیلی در سال زراعی ۱۴۰۳ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل شوری در سه سطح (عدم اعمال شوری به عنوان شاهد، شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار به‌ترتیب معادل با ۴/۶۳ و ۹/۲۴ دسی‌زیمنس بر متر) با کلرید سدیم، کاربرد مایکوریزا (*Glomus moseae*) در دو سطح (با و بدون کاربرد مایکوریزا) و محلول‌پاشی با هیومیک اسید و نانوسیلیکون در چهار سطح (محلول‌پاشی با هیومیک‌اسید، نانوسیلیکون، هیومیک‌اسید و نانوسیلیکون، عدم محلول‌پاشی به‌عنوان شاهد) بود. محلول‌پاشی با اسیدهیومیک با غلظت یک در هزار و نانوسیلیکون با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر در دو مرحله از رشد گیاه (پنجه‌زنی و قبل از آبستنی معادل ۲۳ و ۴۱ مقیاس BBCH) انجام شد. نتایج نشان داد که در بالاترین سطح شوری، کاربرد مایکوریزا و محلول-پاشی با نانوسیلیکون و هیومیک اسید قادر بود عملکرد دانه را حدود ۶۴ درصد در مقایسه با عدم کاربرد مایکوریزا و محلول-پاشی با هیومیک اسید و نانوسیلیکون افزایش دهد. بر اساس یافته‌های این پژوهش، کاربرد مایکوریزا و محلول‌پاشی باسیلیکون و هیومیک اسید قادر بودند بخشی از کاهش عملکرد دانه جو تحت تنش شوری را، بواسطه بهبود برخی صفات رشدی نظیر محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل و تعداد دانه در سنبله جبران نمایند. به‌طور کلی کاربرد مایکوریزا و محلول‌پاشی با سیلیکون و هیومیک اسید میتوانند به عنوان یک ابزار مناسب در افزایش عملکرد دانه جو تحت تنش شوری استفاده شوند.

**واژگان کلیدی:** تنش، مایکوریزا، محافظ‌های آلی و معدنی، محتوای کلروفیل.

## مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) در بین غلات سازگاری زیادی به شرایط مختلف اقلیمی دارد ولی عملکرد این گیاه در بیشتر مناطق تحت کشت به دلایل مختلفی از جمله کوددهی نامناسب، تغییرات آب و هوایی، آبیاری با منابع آبی حاوی املاح زیاد منجر به افزایش شوری در زمین‌های زراعی و کاهش عملکرد این گیاه شده است. طوری که حدود ۱۱۲۵ میلیون هکتار از زمین‌های قابل کشت جهان (یعنی ۱۰٪ از کل زمین‌های کشاورزی) تحت تأثیر شوری قرار دارند و سالانه حدود ۱/۵ میلیون هکتار به این اراضی شور اضافه می‌شود (Mishra et al., 2023). در این راستا کاربرد برخی تعدیل کننده‌های تنش نظیر

مایکوریزا، سیلیکون و هیومیک اسید از جمله راه کارهای مناسب برای بهبود مقاومت و تعدیل اثرات ناشی از تنش شوری است (هادی و همکاران ۱۳۹۵).

قارچ‌های مایکوریزا یکی از تعدیل‌کننده‌های تنشی است که با ایجاد شبکه هیفی گسترده در ریزوسفر و برقراری رابطه همزیستی با ریشه و کمک به جذب عناصر غذایی به خصوص فسفر، افزایش جذب آب، در تعدیل اثر منفی تنش‌های محیطی و افزایش مقاومت در برابر عوامل تنش‌زا به نحو موثری عمل می‌کنند (Abdelaal et al., 2024). Yang و همکاران (2014) افزایش محتوای کلروفیل در گیاهان تلقیح شده با مایکوریزا نسبت به گیاهان شاهد را، به افزایش جذب آب و عناصر غذایی نسبت دادند.

هیومیک اسید نیز یکی دیگر از ترکیبات موثر در تعدیل اثرات ناشی از تنش‌های محیطی است که در پیوند با مولکول‌های آب، تعرق را کاهش و با کمک به حفظ آب، در کاهش اثرات ناشی از تنش شوری به نحو موثری عمل می‌نماید. Manal و همکاران (2016) اظهار داشتند محلول‌پاشی چهار لیتر در هکتار هیومیک اسید در خاک‌های شنی، موجب افزایش عملکرد دانه گندم شد. در آزمایشی محلول‌پاشی اسید هیومیک موجب افزایش ۲۱ درصدی عملکرد گندم دوروم تحت شرایط دیم شد (Delfine et al.,. 2005). Al-fayyadh و همکاران (2020) اظهار داشتند که محلول‌پاشی هیومیک اسید با غلظت دو در هزار از طریق افزایش اجزای عملکرد نظیر تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله، منجر به افزایش عملکرد دانه گندم شد.

سیلیکون یکی دیگر از عناصری است که می‌تواند منجر به افزایش مقاومت گیاهان زراعی به تنش‌های زیستی و غیر زیستی شود. گرچه برای رشد و نمو گیاه، یک عنصر ضروری تلقی نمی‌شود، ولی به‌دلیل نقش اساسی و فعالی که در فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی و متابولیکی دارد و موجب شده است که به‌عنوان عنصر شبه ضروری در رشد گیاهان در نظر گرفته شود (هادی و همکاران ۱۳۹۵). Mustafa و همکاران (2021) بیان کردند که کاربرد سیلیکون با افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی، موجب افزایش ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه درسنبله و عملکرد دانه گندم شد. Bukhari و همکاران (2021) علت افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گندم به‌واسطه کاربرد سیلیکون را، به افزایش محتوای کلروفیل و محتوای نسبی آب تحت شرایط تنش گزارش کردند. برخی محققان اظهار داشتند که کاربرد سیلیکون در شرایط تنش شوری قادر است به‌دلیل افزایش جذب و انتقال پتاسیم و کاهش سدیم آزاد در گیاهان، بهبود روابط آبی گیاه، تعادل عناصر غذایی، کاهش تنش اکسیداتیو، تنظیم اسمزی، موجب افزایش عملکرد دانه گندم شود (Cheraghi et al. 2023).

اهمیت جو به‌عنوان یکی از گیاهان زراعی مهم با قابلیت استفاده دو منظوره از آن (دانه و علوفه) و امکان رشد مناسب در بیشتر شرایط اقلیمی و خاکی کشور، و از طرفی نقش شوری در کاهش عملکرد این گیاه و تاثیر هیومیک اسید، سیلیکون و قارچ مایکوریزا در تعدیل بخشی از اثرات ناشی از شوری، از جمله مواردی بودند که موجب شد تا تاثیر این عوامل بر عملکرد و خصوصیات رشدی جو مورد ارزیابی قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۳ با استفاده از تیمارهای مختلف شامل: شوری در سه سطح (عدم اعمال شوری به عنوان شاهد، شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار به‌ترتیب معادل با ۴/۶۳ و ۹/۲۴ دسی‌زیمنس بر متر) با کلریدسدیم، کاربرد میکوریز در دو سطح (باکاربرد میکوریز *Glomus moseae* و عدم کاربرد به‌عنوان شاهد)، محلول‌پاشی با هیومیک‌اسید و نانوسیلیکون در چهار سطح

(محلول‌پاشی با هیومیک‌اسید، نانوسیلیکون، هیومیک‌اسید و نانوسیلیکون، عدم محلول‌پاشی به‌عنوان شاهد) بود. البته علت استفاده از طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی به جای طرح کاملا تصادفی، کمبود فضا و عدم یکنواختی شرایط حاکم در چیدمان گلدان‌ها بود. کاشت در ۲۶ فروردین و برداشت اواخر مرداد ماه بود. تعداد کل گلدان‌ها ۷۲ عدد بود. هیومیک اسید با غلظت یک در هزار و نانوسیلیکون با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر در دو مرحله پنجه‌زنی و قبل از مرحله آبستنی (چکمه‌ایی شدن) محلول‌پاشی شد. اسید هیومیک مورد استفاده دارای ۶۰ درصد اسید هیومیک، پنج درصد فولویک اسید، یک درصد نیتروژن، یک درصد کلسیم، ۰/۱۵ درصد منیزیم، ۱۲ درصد پتاسیم و ۰/۵ درصد آهن بود. نانوسیلیکون از شـــرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان تهیه شد که از میانگین اندازه ذرات ۳۰-۲۰ نانومتر و سطح ویژه ذرات بیش از ۳۰ گرم بر متر مربع برخوردار بود. از جو بهاره رقم "نوبهار" استفاده شد. این رقم با وزن هزار دانه ۵۱ گرم و میانگین ارتفاع بوته ۹۰ سانتی‌متر، مقاوم به ورس و تنش‌های محیطی از جمله سرما، شوری و خشکی است. بذر آن از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان اردبیل تهیه شد و با تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع (تراکم مطلوب و توصیه شده برای این رقم)، (معادل ۵۰ بذر در هر گلدان) کشت شد. کاشت در گلدان‌هایی با قطر و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر انجام شد. خاک داخل هر گلدان حدود ۱۵ کیلوگرم بود. نتایج حاصل از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در گلدان‌ها در جدول یک آورده شده است.

**جدول ۱ مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در گلدان‌های آزمایشی**

| مشخصه | pH | هدایت الکتریکی | بافت خاک | عصاره اشباع خاک | رس | سیلت | شن | کربن آلی | نیتروژن | روی | فسفر | پتاسیم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | درصد | | | | | | میلی گرم بر کیلوگرم | | |
| مقادیر | ۷/۸ | دسی‌زیمنس‌بر متر | سیلتی | | | | | | | | | |
| | | ۱/۳۸ | | ۴۷ | ۱۹/۵ | ۴۲ | ۳۸/۵ | ۰/۷۲ | ۰/۰۴ | ۱/۰۲ | ۳/۲۷ | ۲۵۵ |

گلدان‌ها در گلخانه با میانگین دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و طول دوره روشنایی ۱۵-۱۴ساعت قرار داده شدند. مقدار نمک مورد نیاز جهت اعمال هر سطح شوری با استفاده از NaCl و توسط نرم‌افزار Salt cale محاسبه شده و به هر گلدان اضافه شد. اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام شد. برای حفظ شوری در طول دوره رشد در زیر هر گلدان زیر گلدانی قرار داده شد تا بعد از هر سه تا چهار نوبت آبیاری، دوباره نمک‌های احتمالی وارد شده به زیر گلدانی در آب حل شده و به داخل هر گلدان برگشت داده شود. در این بررسی از قارچ *Glomus moseae* به مقدار ۳۰ گرم در هر مترمربع خاک استفاده شد. این قارچ از شرکت زیست فناوران توران تهیه و قبل از کاشت با خاک گلدان‌ها مخلوط شد. شاخص کلروفیل یا شاخص سبزینگی توسط دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD-502مینولتا، ژاپن) در زمان ظهور برگ پرچم اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عملکرد و برخی دیگر از صفات در زمان رسیدگی تعداد ۸ بوته به ظاهر یکنواخت و مشابه در هر گلدان برداشت و میانگین داده‌ها به‌عنوان ارزش این صفات در تجزیه داده‌ها به کار گرفته شد. تجزیه داده‌ها از نرم افزارهای SAS و میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

## نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه تجزیه واریانس تاثیر شوری، سیلیکون و محافظ‌های آلی (مایکوریزا و هیومیک اسید) بر عملکرد و برخی صفات جو نظیر محتوای نسبی اب برگ پرچم، شاخص کلروفیل یا شاخص سبزینگی، ارتفاع بوته و تعداد دانه در بوته، طول سنبله و عملکرد دانه در جدول ۲ آورده شده است.

**جدول۲-تجزیه واریانس تاثیرمایکوریزا و محلول‌پاشی باسیلیکون و هیومیک‌اسید بر عملکرد و برخی خصوصیات رشدی جو تحت تنش شوری**

| منابع تغییر | درجه ازادی | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | محتوای نسبی اب | شاخص کلروفیل | ارتفاع بوته | تعداددانه در سنبله | طول سنبله | عملکرد تک بوته |
| تکرار R | 2 | 5498.4 ** | 200.18** | 20.37* | 30.01** | 0.15 ns | 0.057* |
| شوری A | 2 | 217.21** | 127.54** | 2604.87** | 424.98** | 78.44** | 7.56** |
| محلول‌پاشی سیلیکون و هیومیک اسید B | 3 | 344.96** | 104.92** | 95.16** | 69.58** | 18.48** | 0.938** |
| میکوریز C | 1 | 210.56** | 1059.53** | 86.68** | 20.48** | 1.135** | 0.078* |
| A*B | 6 | 26.32 ns | 1.059 ns | 7.13 ns | 0.159 ns | 0.77** | 0.013 ns |
| A*C | 2 | 22.54 ns | 0.046 ns | 8.34 ns | 0.045 ns | 0.116 ns | 0.059* |
| B*C | 3 | 21.58 ns | 0.632 ns | 1.19 ns | 0.327 ns | 0.242* | 0.0212 ns |
| A*B*C | 4 | 14.67 ns | 0.213 ns | 20.19* | 0.405 ns | 0.07 ns | 0.0443** |
| اشتباه آزمایشی | 46 | 21.86 | 4.10 | 7.08 | 0.50 | 0.092 | 0.0129 |
| ضریب تغییرات | - | 6.4 | 3.9 | 4.6 | 3.7 | 4.7 | 6.8 |

**ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.**

**محتوای نسبی آب:** نتایج نشان داد که محتوای نسبی آب تحت تاثیر اثرات اصلی فاکتورهای مورد بررسی اعم از سطوح شوری، کاربرد مایکوریزا، محلول‌پاشی با هیومیک اسید و نانوسیلیکون در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). شوری منجر به کاهش محتوای نسبی آب برگ پرچم شد طوری که کمترین محتوای نسبی آب، در بالاترین سطح شوری (۷۲/۹۵ درصد) و بیشترین محتوای نسبی آب در شرایط عدم اعمال شوری (۷۹/۹۶ درصد) بدست آمد (جدول ۳). به بیانی دیگر در شرایط عدم اعمال شوری، محتوای نسبی آب برگ پرچم از افزایش به‌ترتیب ۵ و ۹/۶ درصدی در مقایسه با شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار برخوردار بود (جدول ۳). علت کاهش محتوای نسبی آب با افزایش شوری ناشی از کاهش جذب آب در محیط است که شوری موجب به‌هم خوردن تعادل آبی گیاه می‌شود. در چنین شرایطی علاوه بر تاثیر مخرب شوری بر گیاه، محدودیت در جذب آب موجب کاهش محتوای نسبی آب گیاه است. کاربرد مایکوریزا نیز منجر به افزایش ۴/۶ درصدی محتوای نسبی آب در مقایسه با عدم کاربرد مایکوریزا شد. روند مشابهی نیز در محلول‌پاشی با هیومیک اسید و نانوسیلیکون مشاهده گردید. طوری‌که بالاترین محتوای نسبی آب برگ پرچم (۸۱/۰۵ درصد) در محلول‌پاشی توام هیومیک اسید و نانوسیلیکون بدست امد که در مقایسه با سطح شاهد، از افزایش ۱۴/۴ درصدی و در مقایسه با محلول‌پاشی انفرادی نانوسیلیکون و هیومیک اسید به‌ترتیب از افزایش ۴/۲ و ۸/۸ درصدی برخوردار بود (جدول ۳). گائو و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که ریشه‌های تلقیح شده با قارچ مایکوریزا می‌توانند در حجم وسیعی از خاک پراکنده شوند و این قارچها با کمک هیف-

های خود، ضمن بهبود جذب آب و مواد غذایی از خاک، به افزایش محتوای نسبی آب کمک کنند. سیلیکون نیز با رسوب در سلول‌های نگهبان روزنه، موجب افزایش سختی دیواره، کاهش اتلاف آب از روزنه‌ها و متعاقبا افزایش محتوای نسبی آب برگ می‌شود (Zarooshan et al. 2020).

**جدول ۳- مقایسه میانگین تاثیر مایکوریزا و محلول‌پاشی باسیلیکون و هیومیک‌اسید بر برخی خصوصیات رشدی جو تحت تنش شوری**

| | تیمارهای آزمایشی | محتوای نسبی اب | شاخص سبزینگی | دانه در سنبله | طول سنبله |
|---|---|---|---|---|---|
| | | درصد | - | - | (سانتیمتر) |
| سطوح شوری | عدم شوری | 79.96a | 53.37a | 23.55a | 8.37a |
| | ۵۰ میلی مولار | 76.16b | 50.75b | 18.08b | 6.06b |
| | ۱۰۰میلی‌مولار | 72.95c | 48.77c | 15.27c | 4.81c |
| | LSD | 2.71 | 1.17 | 0.411 | 0.176 |
| سطوح محلول پاشی | محلول‌پاشی‌با اب‌به‌عنوان شاهد | 70.83d | 48.26d | 16.55d | 5.39d |
| | هیومیک اسید | 74.49c | 49.82c | 18.4c | 5.8c |
| | نانوسیلیکون | 77. 73b | 52b | 19.74b | 6.83b |
| | هیومیک‌اسید+ نانوسیلیکون | 81.05a | 53.76a | 21.17a | 7.63a |
| | LSD | 3.13 | 1.35 | 0.47 | 0.203 |
| سطوح مایکوریزا | عدم‌کاربرد(شاهد) | 74.31b | 47.13b | 18.43b | 6.29a |
| | کاربرد مایکوریزا | 77.74a | 54.8a | 19.5a | 6.24b |
| | LSD | 2.21 | 0.96 | .336 | 0.144 |

**میانگین های با حروف غیرمشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری با هم بر اساس ازمون LSD دارند.**

**شاخص کلروفیل:** مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطوح شوری، شاخص کلروفیل کاهش یافت طوریکه بیشترین شاخص کلروفیل (۵۳/۳۷) در بالاترین سطح شوری مشاهده شد که در مقایسه با شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار به‌ترتیب از افزایش ۵/۱ و ۹/۴ درصد برخوردار بود (جدول ۳). محلول‌پاشی با هیومیک اسید و نانوسیلیکون منجر به افزایش شاخص کلروفیل شد و در این راستا بیشترین شاخص کلروفیل در محلول‌پاشی توام هیومیک اسید و نانوسیلیکون (۵۳/۷۵) مشاهده شد که در مقایسه با سطح شاهد از افزایش ۱۱/۳ درصدی برخوردار بود (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد در شرایط شوری، یون‌های سدیم و کلر به مقدار زیادی وارد سیستم آوندی شده و یون سدیم از جذب یون پتاسیم ممانعت می‌کند، کاهش میزان پتاسیم موجب کاهش انتقال نیترات می‌شود و از آنجایی‌که محتوای کلروفیل تحت تاثیر مدیریت تغذیه‌ای گیاه به‌ویژه نیتروژن می‌باشد، کمبود نیتروژن می‌تواند مانع تشکیل کلروفیل برگ شده و میزان آن را در برگ کاهش دهد، در چنین شرایطی به نظر میرسد کاربرد مایکوریزا به‌دلیل گسترش هیف‌ها و تماس بیشتر آن‌ها با خاک ضمن افزایش جذب عناصر غذایی نیتروژن و فسفر و کمک به جذب آب و بهبود محتوای نسبی آب (جدول ۳) بخشی از اثرات ناشی از تنش اکسیداتیو را کاهش داده، و منجر به افزایش محتوای نیتروژن برگ و افزایش شاخص کلروفیل میشود. نتایج مشابهی نیز توسط دیگر محققان گزارش شده است (Esmaielpour and Amani, 2014).

جدول ۴- مقایسه میانگین تاثیر مایکوریزا و محلول‌پاشی باسیلیکون و هیومیک‌اسید بر عملکرد و برخی خصوصیات رشدی جو تحت تنش شوری

| ترکیبات تیماری | ارتفاع بوته (سانتیمتر) | عملکرد دانه (گرم در بوته) | ترکیب تیماری | طول سنبله سانتی متر | ترکیب تیماری | طول سنبله سانتی متر |
|---|---|---|---|---|---|---|
| a1b1c1 | 58.33bc | 2.026bc | a1b1 | 7.12d | b1c1 | 5.4cd |
| a1b1c2 | 67.66a | 2c | a1b2 | 7.75c | b1c2 | 5.39d |
| a1b2c1 | 67.33a | 2.09bc | a1b3 | 8.37b | b2c1 | 5.68cd |
| a1b2c2 | 69a | 2.13bc | a1b4 | 10.15a | b2c2 | 5.92bcd |
| a1b3c1 | 69.66a | 2.52a | a2b1 | 5.11g | b3c1 | 6.72abcd |
| a1b3c2 | 70a | 2.206b | a2b2 | 5.51f | b3c2 | 6.94abc |
| a1b4c1 | 70.33a | 2.523a | a2b3 | 6.63e | b4c1 | 7.36ab |
| a1b4c2 | 70.66a | 2.69a | a2b4 | 7.02de | b4c1 | 7.91a |
| a2b1c1 | 53de | 1.35f | a3b1 | 3.866h | LSD | 1.54 |
| a2b1c2 | 52.33def | 1.37f | a3b2 | 4.15h | | |
| a2b2c1 | 52.33def | 1.53ef | a3b3 | 5.48fg | | |
| a2b2c2 | 55.66bcd | 1.54def | a3b4 | 5.73f | | |
| a2b3c1 | 54.66cd | 1.63de | LSD | 0.39 | | |
| a2b3c2 | 57.66bc | 1.613de | | | | |
| a2b4c1 | 54.33cd | 1.72d | | | | |
| a2b4c2 | 60b | 1.98c | | | | |
| a3b1c1 | 45.66g | 0.89h | | | | |
| a3b1c2 | 45g | 1gh | | | | |
| a3b2c1 | 45.33g | 0.936gh | | | | |
| a3b2c2 | 48fg | 1.09g | | | | |
| a3b3c1 | 47.33 | 1.073gh | | | | |
| a3b3c2 | 48.66efg | 1.413f | | | | |
| a3b4c1 | 49efg | 1.40ff | | | | |
| a3b4c2 | 49efg | 1.46ef | | | | |
| LSD | 4.37 | 0.0534 | | | | |

میانگین های با حروف غیرمشابه در هر ستون آماری معنی داری با هم بر اساس اختلاف ازمون LSD دارند.

بخش افزایش دیگری از شاخص کلروفیل به‌واسطه محلول‌پاشی هیومیک اسید را می‌توان به افزایش محتوای نسبی آب نسبت داد. دراین زمینه نظری و همکاران (۱۴۰۰) اظهار داشتند که کاربرد نانوسیلیکون و مایکوریزا از طریق بهبود سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و کاهش محتوای گونه‌های فعال اکسیژن، موجب افزایش محتوای نسبی آب شده و در نهایت شاخص کلروفیل برگ تریتیکاله شد.

برخی پژوهشگران اظهار داشتند سیلیکون نیز درشرایطی که قابلیت دسترسی نیترات کم باشد، جذب آن را افزایش می‌دهد و اگر غلظت نیترات در گیاه کافی باشد، به‌منظور پیشگیری از بروز سمیت، تجمع نیترات را کاهش می‌دهد. از این رو موجب افزایش سنتز نیتروژن از آمینواسیدها و دیگر ترکیبات نیتروژن‌دار (Dakora, 2005) و شاخص کلروفیل برگ میشود.

**تعداد دانه در بوته** و **طول سنبله:** اثرات اصلی فاکتورهای مورد بررسی بر تعداد دانه در سنبله و طول سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله در شرایط عدم اعمال شوری دست آمد که در مقایسه با بالاترین سطح شوری از افزایش ۵۴/۲ درصدی برخوردار بود (جدول ۳). کاربرد مایکوریزا نیز منجر به افزایش ۵/۸ درصدی تعداد دانه در سنبله نسبت به عدم کاربرد مایکوریزا شد (جدول ۳). روند مشابهی نیز در افزایش تعداد دانه در سنبله بواسطه محلول‌پاشی با هیومیک اسید و نانوسیلیکون بدست آمد (جدول۳). طوریکه محلول‌پاشی توام نانوسیلیکون و هیومیک اسید منجر به افزایش ۲۸ درصدی تعداد دانه در سنبله نسبت به سطح شاهد و افزایش ۱۵ درصدی نسبت به محلول پاشی هیومیک اسید و افزایش ۷/۴ درصدی نسبت به محلول‌پاشی نانوسیلیکون شد (جدول ۳). با افزایش شوری طول سنبله کاهش یافت (جدول ۳). طوری‌که شوری ۱۰۰ میلی‌مولار از کاهش ۷۴ درصدی طول سنبله نسبت به عدم کاربرد شوری برخوردار بود (جدول ۳). کاربرد محافظ های الی و نانوسیلیکوم منجر به افزایش طول سنبله در مقایسه با عدم کاربرد این موارد شد. مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری شوری در محلول‌پاشی با نانوسیلیکون و هیومیک اسید نشان داد که بالاترین سطح شوری در شرایط محلول‌پاشی توام نانوسیلیکون و هیومیک اسید از افزایش ۴۸ درصدی طول سنبله نسبت به عدم کاربرد نانوسیلیکون و هیومیک اسید برخوردار بود (جدول ۴).

همچنین مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری مایکوریزا در محلول‌پاشی با هیومیک اسید و نانوسیلیکون نشان داد که بیشترین طول سنبله (۷/۹۱ سانتیمتر) در کاربرد مایکوریزا و محلول پاشی توام هیومیک اسید و نانوسیلیکون بدست آمد که در مقایسه با سطح شاهد از افزایش ۴۶ درصدی برخوردار بود (جدول ۴). بخشی از بهبود طول سنبله در شرایط عدم اعمال شوری و کاربرد میکوریز و محلول‌پاشی با نانوسیلیکون و هیومیک اسید میتواند ناشی از تاثیر این مواد در افزایش تعداد دانه در سنبله (جدول ۳) باشد و بدیهی است که در چنین شرایطی بخشی از افزایش طول سنبله میتواند با افزایش تعداد دانه در سنبله توجیه و تفسیر شود.

**عملکرد دانه:** نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی شوری، کاربرد مایکوریزا، محلول پاشی با نانوسیلیکون و هیومیک اسید و اثر سه جانبه این تیمارها بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۲/۵۲۳ گرم در بوته) در شرایط عدم اعمال شوری و کاربرد مایکوریزا و محلول-پاشی با نانوسیلیکون و هیومیک اسید بدست امد که در مقایسه با عدم کاربرد نانوسیلیکون، مایکوریزا و هیومیک اسید از افزایش ۲۴/۵ درصدی برخوردار بود (جدول ۴). در بالاترین سطح شوری نیز (شوری ۱۰۰ میلی‌مولار) کاربرد مایکوریزا و محلول‌پاشی با هیومیک اسید و نانوسیلیکون منجر به افزایش ۴۶ درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم کاربرد این مواد در این سطح از سطوح شوری شد (جدول ۴). به نظر میرسد تنش شوری به‌دلیل کاهش میزان فتوسنتز موجب کاهش مقدار مواد فتوسنتزی می‌شود که در نهایت با پرنشدن تعدادی از دانه‌ها و یا کوچک ماندن آن‌ها، موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود (آقایی و همکاران ۱۳۹۹). بخشی از افزایش عملکرد دانه در کاربرد میکوریز و محلول‌پاشی با هیومیک اسید و نانوسیلیکون، می‌تواند ناشی از اثر این عوامل بر بهبود محتوای کلروفیل (جدول۳) باشد. در این راستا Theunissen و همکاران (2010) گزارش کردند که هیومیک اسید با افزایش محتوای عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، آهن، منگنز، روی و مس، ضمن افزایش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، موجب بهبود فتوسنتز و در نهایت عملکرد گیاه شد.

بخش دیگری از افزایش عملکرد دانه با کاربرد نانوسیلیکون، مایکوریزا و هیومیک اسید میتواند ناشی از اثر این عوامل بر افزایش محتوای نسبی اب (جدول ۲) مرتبط باشد که ضمن کاهش اثرات ناشی از تنش اکسیداتیو و پاک‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن، موجب تعدیل اثرات ناشی از تنش میشود. در این راستا نریمانی و همکاران (۱۴۰۳) نیز افزایش عملکرد دانه در شرایط شوری با مصرف مایکوریزا را، به افزایش محتوای نسبی آب و شاخص کلروفیل موجب افزایش عملکرد دانه تریتیکاله نسبت دادند.

## نتیجه گیری

در این بررسی کاربرد مایکوریزا و محلول‌پاشی با محافظ‌های الی تا حد زیادی توانست به دلیل اثر بر افزایش محتوای نسبی آب و شاخص کلروفیل اثرات ناشی از تنش را تعدیل و به بهبود عملکرد دانه کمک نماید. طوریکه مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری هر سه عامل شوری و کاربرد مایکوریزا و محلول‌پاشی با نانوسیلیکون و هیومیک اسید نشان داد که در بالاترین سطح شوری استفاده از این تعدیل کننده‌های تنش توانست عملکرد دانه را ۴۶ درصد در مقایسه با عدم کاربرد این مواد در همین سطح از سطوح شوری افزایش دهد. بر اساس نتایج این بررسی کاربرد مایکوریزا و محلول‌پاشی با سیلیکون و هیومیک اسید می‌تواند عملکرد دانه جو تحت تنش شوری را افزایش دهد. ضمن آنکه پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی اثر گونه‌های مختلف مایکوریزا به همراه دزهای مختلف از سیلیکون و هیومیک اسید و دیگر تعدیل کننده‌های تنش استفاده شود.

## تشکر و قدردانی

مقاله بخشی از پایان نامه دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه محقق اردبیلی است و نویسندگان وظیفه خود می دانند مراتب تشکر و قدردانی خود را از یکایک همکاران ارجمند در بخش‌های مختلف دانشکده علوم کشاورزی و فناوری اعلام دارند.

## منابع

اقائی، ف.، سیدشریفی، ر. و ح. نریمانی. (۱۳۹۹). ارزیابی عملکرد، محتوای کلروفیل و مؤلفه‌های پرشدن دانه گندم در شرایط شوری خاک، کاربرد یونیکونازول و کودهای زیستی. به زراعی کشاورزی، (۲)۲۲: ۲۸۲-۲۶۹.

نریمانی، ح.، سیدشریفی، ر. صدقی، م. (۱۴۰۳). تاثیر مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و پوترسین بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی تریتیکاله (*Triticosecale Wittmack*) تحت تنش شوری. مجله فرآیند و عملکرد گیاهی. ۱۳(۵۹):۶۱-۹۳.

نظری، ژ.، سیدشریفی، ر.، نریمانی، ح. (۱۴۰۰) . اثر مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و نانوسیلیکون بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی تریتیکاله تحت شدتهای مختلف تنش خشکی. تولید گیاهان زراعی، ۱۴(۴): ۶۴-۲۱

هادی،ه، سیدشریفی، ر، و نامور، ع.(۱۳۹۵). محافظ های گیاهی و تنش‌های غیرزیستی. انتشارات دانشگاه ارومیه. ۲۸۲ صفحه.

Al-fayyadh, D.Z., A.A.Hasson, A.K.Hussein and R.K.Hassan. (2020). Effect of humic acid spray on growth characteristics of wheat varieties. Journal of Life Science and Applied 1(1): 13-24.

Bukhari, M.A., Z. Ahmad, M.Y. Ashraf, M. Afzal, F. Nawaz, M. Nafees, WN. Jatoi, N.A. Malghani, A.N. Shah and A. Manan. (2021). Silicon mitigates drought stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) through improving photosynthetic pigments, biochemical and yield characters. Silicon, 13(12):1-16.

Dakora, F.D. (2005). Silicon nutrition and N2 fixation in symbiotic legumes lll. Silicon in Agriculture Conference, 22- 26 October, Uberlandia, Brazil.

Esmaielpour, B., and Amani, N.(2014). Investigating the effect of mycorrhizal inoculation on growth and uptake of nutrients in lactuca sativa cv Syaho. EJSMS. 4: 2. 49-69.

Guo, Y., Ni, Y. and Huang, J. (2010). Effects of rhizobium, arbuscular mycorrhiza and lime on nodulation, growth and nutrient uptake of lucerne in acid purplish soil in China. Tropical Grasslands. 44: 2. 109-114.

Mustafa, T., A. Sattar, A. Sher, S. Ul-Allah, M. Ijaz, M. Irfan, M. Butt and M. Cheema. (2021). Exogenous application of silicon improves the performance of wheat under terminal heat stress by triggering physio-biochemical mechanisms. Scientific Reports, 11: 23170.

Theunissen, J., P.A. Ndakidemi and C.P. Laubscher. (2010). Potential of vermicompost produced from plant west on the growth and nutrient status in vegetable production International. Physical Sciences, 5: 964-1973.

Zarooshan,M.,A.Abdilzadeh,H.R.Sadeghipour,andP. Mehrabanjoubani. (2020). Comparison of the effect of silicon and nano-silicon on some biochemical and photosynthetic traits of Zea mays L. under salinity stress. Journal of Plant Environmental Physiology. 15 57: 23-38

# Effects of mycorrhizae and foliar application of humic acid and silicon on yield and some growth characterstics of barley (*Hordeum vulgare* L.) in salinity stress condition

**Raouf Seyed Sharifi[1], Omar Mohammad Ahmad[2] and Salim Farzaneh[3]**

1. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture Science and Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.2. Msc student and professors, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture Science and Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

**Abstract**

In order to evaluate the effects of mycorrhizae and foliar application with humic acid and silicon on yield and some growth characterstics of barley (*Hordeum vulgare* L.) in salinity stress, **a**n experimental as factorial was conducted based on randomized complete block design with three replications at the research greenhouse of Faculty of Agriculture Science and Technology, University of Mohaghegh Ardabili in 2024. Factors experimental were included salinity at three levels (no salinity as control, salinity 50 and 100 mM equivalent of 4.63 and 9.24 $dS.m^{-1}$, respectively) by NaCl, nano silicon and humic acid foliar application at four levels (foliar application with water as control, nano silicon foliar application, humic acid, humic acid and nano silicon) and mycorrhizae (*Glomus moseae*) application in two levels (with and without mycorrhizae). Foliar application with nano silicon (50 $mg.L^{-1}$) and humic acid (1 $g.L^{-1}$) was done in two stage of period growth (tillering and before of booting stage equivalent of 21 and 43 BBCH scale). The results showed that at the highest salinity level, application mycorrhizae and both foliar application nano silicon and humic acid were able to increase grain yield about 64% in compared to no application of mycorrhizae and both foliar application nano silicon and humic acid. Based on the results of this experiment, application of silicon and foliar application nano silicon and humic acid were able to compensate a part of the reduction of barley yield under salinity stress due to improving relative water content, the number of grain per ear and chlorophyll index. Generally, applications of mycorrhizae, nano silicon and humic acid can be used as a proper tool for increasing barley yield under salinity stress.

**Keywords:** chlorophyll content, inorganic and organic protectants, mycorrhizae. stress,