به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۶ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۳
صفحه‌های ۵۲۹-۵۱۷

# تأثیر کودهای بیولوژیکی در شرایط شوری بر عملکرد و درصد روغن سه اکوتیپ شاهدانه (*Cannabis sativa* L.)

مهسا زارعی[۱]، محمودرضا تدین*[۲]، علی تدین[۲]

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۲. دانشیار، گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۰۸/۰۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۲۶

## چکیده

پژوهشی مزرعه‌ای به منظور بررسی اجزای عملکرد و درصد روغن گیاه شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) تحت تیمارهای مختلف کود زیستی و شرایط آب و خاک شور انجام گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در منطقهٔ شمال‌شرق شهر اصفهان در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه اکوتیپ شاهدانهٔ 'اصفهان'، 'شیراز' و 'مشهد' به‌عنوان فاکتور اول و تیمار کود زیستی شامل نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، بیوسولفور، مایکوریزا گونهٔ *(Glomus mosseae)* و شاهد (بدون کود) به عنوان فاکتور دوم انجام شد که در شرایط تنش شوری آب و خاک مزرعه قرار گرفت. صفات اندازه‌گیری شده شامل تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد روغن بود. نتایج آزمایش نشان داد که بیشترین عملکرد دانه و شاخص برداشت مربوط به تیمار مایکوریزا و کمترین آن مربوط به شاهد بود. همچنین، مایکوریزا بیشترین عملکرد بیولوژیکی را نشان داد و سایر تیمارها از این لحاظ تفاوت معناداری نداشتند. وزن هزاردانه تحت تأثیر هیچ کدام از تیمارهای کودی قرارنگرفت، ولی اکوتیپ‌های 'مشهد' و 'شیراز' بیشترین (۱۳/۳۳ گرم) و اکوتیپ 'اصفهان' کمترین (۷/۸ گرم) وزن هزاردانه را نشان داد. هر چهار تیمار کودی (به طور میانگین ۲۹/۲ درصد) موجب افزایش معنادار درصد روغن نسبت به شاهد (۲۶/۵ درصد) شد، ولی تفاوت چندانی در بین تیمارهای کودی مشاهده نشد. اکوتیپ 'اصفهان' تحت تیمارهای بیوسولفور و مایکوریزا با میانگین ۸۰۰ دانه در بوته بیشترین و اکوتیپ‌های 'مشهد' و 'شیراز' تحت تیمار شاهد با میانگین ۷۶ کمترین تعداد دانه در بوته را داشتند.

**کلیدواژه‌ها:** تنش شوری، درصد روغن، شاهدانه، عملکرد دانه، کودهای بیولوژیکی.

* نویسنده مسئول Email:mrtadayon@yahoo.com

## ۱. مقدمه

مسئلهٔ شوری خاک و آب مدت‌ها قبل از آنکه انسان به کشاورزی بپردازد مطرح بوده است. براساس شواهد تاریخی ۶۰۰۰ سال قبل از تمدن، مردم به علت تغییر محیط که ناشی از شوری بود، زیستگاه‌های خود را ترک می‌کردند [۱۳]. شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده است که تولید گیاهان زراعی را در مناطق خشک و نیمه‌خشک (مکانی که میزان نمک در آن‌ها به طور طبیعی بالاست و بارندگی‌ها برای آبشویی کافی نیست) محدود کرده است [۳].

طبق اطلاعات سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد، بیش از ۶ درصد از زمین‌های جهان تحت تأثیر پدیدهٔ شوری قرار گرفته‌اند که بیشتر از ۸۰۰ میلیون هکتار را شامل می‌شود [۲۹]. شوری از طریق سازوکارهای اختصاصی و عمومی گیاهان را تحت تأثیر قرارمی‌دهد. سازوکارهای عمومی به کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک مربوط می‌شود که به فتوسنتز و تعرق ربط دارد. سازوکارهای اختصاصی به جذب یون‌ها و کاهش، مسمومیت یا تغییر در تعادل مواد معدنی مربوط می‌شود که در نهایت فرایندهای فیزیولوژیکی را تغییر می‌دهد [۱۵].

کود زیستی به ماده‌ای گفته می‌شود که دارای میکروارگانیسم‌های زنده است و به رشد سیستم ریشه و جوانه‌زنی بهتر بذور گیاهان کمک می‌کند. مهم‌ترین میکروارگانیسم‌هایی که به منزلهٔ کودهای بیولوژیکی استفاده می‌شوند شامل رایزوبیا، ازتوباکتر، آزوسپرلیوم، باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات، مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد گیاه[1] است [۱۵]. این باکتری‌ها معمولاً در اطراف ریشه مستقرند و گیاه را در جذب عناصر همیاری می‌کنند. این باکتری‌ها بیش از یک نقش دارند؛ یعنی، علاوه بر کمک به جذب عنصری خاص، باعث جذب سایر عناصر، کاهش بیماری‌ها، بهبود ساختمان خاک، تحریک بیشتر رشد گیاه و افزایش کمّی و کیفی محصول می‌شوند [۹].

1. PGPR

تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر رشد گیاهانی نظیر گوجه‌فرنگی، فلفل، کانولا، لوبیا و کاهو تحت تنش شوری بررسی شده است. نتایج نشان داد تیمارهای کود بیولوژیکی آثار مخرب شوری را اصلاح می‌کند [۱۶]. قارچ‌های مایکو آربسکولار نیز نقش مهمی در بهبود تغذیه و رشد گیاهان در شرایط شور دارند، به نحوی که اصلاح‌کنندگان زیستی خاک‌های شور مطرح شده‌اند [۷]. در شرایط تنش شوری، مایکوریزا جذب عنصر فسفر را که تمایل به تثبیت شدن در خاک دارد بهبود می‌بخشد [۱۴].

تحقیقات روی گیاه کاهو نشان داد شوری باعث کاهش ثبات ذرات متراکم خاک می‌گردد و این پراکندگی ذرات خاک به دلیل تجمع یون‌های سدیم است. در واقع، هم‌زیستی بین قارچ‌های مایکوریزا و ریشهٔ کاهو ثبات در ذرات خاک را زیاد می‌کند و این هم‌زیستی و تأثیر آن روی ثبات خاکدانه‌ها در خاک‌های شور که سدیم باعث پراکندگی ذرات خاک می‌شود زیاد دیده شده است [۲۳].

تأکید عمدهٔ کشاورزی پایدار بر افزایش کیفیت و پایداری عملکرد محصولات کشاورزی است. همچنین، مطالعات انجام شده روی گیاهان دارویی در اکوسیستم‌های طبیعی و زراعی گویای آن است که استفاده از نظام کشاورزی پایدار بهترین شرایط را برای تولید این گیاهان فراهم می‌آورد، به‌طوری که حداکثر عملکرد کمّی و کیفی در چنین شرایطی حاصل می‌شود [۵]. یکی از این روش‌ها استفاده از کودهای بیولوژیکی است.

شاهدانه با نام علمی *Cannabis sativa* L. گیاهی یک‌ساله و علفی، متعلق به خانوادهٔ Cannabinaceae است که جهت استفاده از فیبر، ساخت کاغذ، استخراج روغن و تولید ترکیبات دارویی کشت می‌شود [۲۸]. شاهدانه از گیاهان زراعی قدیمی است که در صنایع روغن‌کشی و نساجی نیز کاربرد دارد و از دانهٔ آن به عنوان نیروبخش، ملین، نرم‌کننده و در تهیهٔ داروهای مسکن و ضدانگل

استفاده می‌شود [۴]. بیش از ۴۸۰ ترکیبات پیچیده در شاهدانه شناسایی شده است که برخی از آن‌ها متابولیت‌های اولیه نظیر اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب و استروئیدهایند، در حالی‌که کانابینوئیدها، فلاونوئیدها، ترپنوئیدها، استیل بنوئیدها، لیگنین و آلکالوئیدها از متابولیت‌های ثانویه محسوب می‌شوند [۲۰].

کاربرد کودهای بیولوژیکی تحت تنش شوری در گیاهان مختلف نظیر ذرت [۷]، ریحان [۱۷] و گندم [۱۹] بررسی شده است ولی در مورد شاهدانه پژوهشی گزارش نشده است. از طرف دیگر، برای مقابله با تنش شوری روش‌های مختلفی از جمله آبشویی خاک‌های شور، مدیریت مناسب آبیاری و کشت، استفاده از ارقام گیاهی مقاوم به شوری و کاربرد کودهای بیولوژیکی وجود دارد.

باتوجه به ضرورت به‌کارگیری روش‌های مناسب برای کاهش آثار سوء شوری و اهمیت و نقش شاهدانه در صنایع مختلف کشور، هدف از انجام پژوهش حاضر، کاربرد کودهای بیولوژیکی ضمن کاهش هزینه‌های تولید گیاهان دارویی و حفظ محیط زیست در شرایط خاک شور است.

## ۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار سال ۱۳۹۱ در مزارع شور کشاورزی شمال‌شرق شهر اصفهان با نام مزارع دارک، به طول جغرافیایی ۵۱ درجه، ۴۵ دقیقه و ۲۰ ثانیهٔ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه، ۴۷ دقیقه و ۱۹ ثانیهٔ شمالی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. سه اکوتیپ شاهدانه شامل 'اصفهان'، 'شیراز' و 'مشهد' فاکتور اول و تیمار کودهای زیستی شامل نیتروکسین دارای مادهٔ مؤثر ازتوباکتر[1] و آزوسپرلیوم[2]، سوپرنیتروپلاس (مجموعه‌ای از گونه‌های مختلف باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن، کنترل‌کنندهٔ عوامل بیماریزای خاکزی و باکتری‌های محرک رشد) و نیز باکتری‌های آزوسپرلیوم، سودوموناس[3] و باسیلوس[4]، بیوسولفور حاوی باکتری تیوباسیلوس[5]، مایکوریزا گونهٔ گلوموس موسه‌آ[6] و شاهد (بدون کود) به عنوان فاکتور دوم بود.

به منظور تعیین خصوصیات شیمیایی خاک و آب، نمونه‌ای از آن‌ها به آزمایشگاه ارسال شد. خصوصیات فیزیک‌وشیمیایی خاک و آب مورد آزمایش در جدول ۱و۲ نشان داده شده است. عملیات تهیهٔ بستر شامل شخم، دیسک، تسطیح و ایجاد ردیف‌های کاشت بود. با توجه به تراکم سی بوتهٔ شاهدانه در مترمربع، کرت‌های آزمایش به ابعاد ۴/۲ × ۲/۵ متر تهیه شد. به‌منظور رعایت آثار حاشیه‌ای و جلوگیری از تداخل تیمارها به یکدیگر، فاصله‌ای به میزان ۵۰ سانتی‌متر بین دو کرت ایجاد شد.

در داخل هر کرت ردیف‌های کاشت به فاصله ۶۰ سانتی‌متر و فاصلهٔ بذرها روی ردیف ۵/۵ سانتی‌متر تعیین شد. عملیات کاشت پس از رسیدگی مزارع جو در مزرعه و وجود آب کافی برای کشت شاهدانه و براساس تاریخ مرسوم کاشت شاهدانه در منطقه در ۱۰ خرداد ۱۳۹۱ انجام گرفت [۳۰]. از اواخر مرداد تا نیمهٔ شهریور گلدهی بوته‌های نر و ماده صورت گرفت.

میزان و نحوهٔ مصرف کودهای زیستی، براساس دستور شرکت سازنده انجام گرفت. کودهای نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس قبل از کاشت به صورت آغشته به بذر و به میزان ۲ لیتر در هکتار بود. ابتدا بذرهای مصرفی روی پلاستیک تمیزی قرار داده شد و مقدار لازم از محلول با بذرها مخلوط شد و بذرهای تلقیح شده پس از خشک شدن در سایه آمادهٔ کشت شد.

1. Azotobacter
2. Azospirillum
3. Pseudomonas
4. Bacillus
5. Thiobacillus
6. Glomus mosseae

**جدول ۱. آنالیز خاک مزرعهٔ مورد استفاده در آزمایش**

| بافت خاک | اسیدیته | هدایت الکتریکی (dS/m) | درصد کربن آلی | درصد نیتروژن کل | فسفر (mg/kg) | پتاسیم (mg/kg) | درصد نیتروژن | روی (mg/kg) | منگنز (mg/kg) | آهن (mg/kg) | مس (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| رسی- لومی | ۸/۶۷ | ۵/۲۱ | ۱/۱۱۲ | ۳۷/۰ | ۸/۶ | ۲۷۷ | ۰/۰۹۶ | ۰/۶۱ | ۵/۷۸ | ۶/۲۵ | ۰/۹۱ |

**جدول ۲. مشخصات آب آبیاری مورد استفاده در آزمایش**

| اسیدیته | هدایت الکتریکی (µS/cm) | سدیم (meq/l) | پتاسیم (meq/l) | کلسیم (meq/l) | منیزیم (meq/l) | کلر (meq/l) | بی‌کربنات (meq/l) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۸/۲۸ | ۱۲۲۵۰ | ۴۰/۶۰ | ۹/۰۷ | ۱۴/۵۰ | ۱۹/۶۹ | ۶۴/۰۰ | ۸/۰۰ |

کود بیوسولفور به میزان ۵ کیلوگرم در هکتار به همراه ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد پودری (جهت فعالیت باکتری‌های آن) در زیر و کنار بذور جاگذاری شد. قارچ مایکوریزا به میزان ۴۰ گرم به ازای هر مترمربع خاک در زیر و کنار بذور قرار داده شد.

مراقبت‌های لازم مانند وجین دستی در طول دوران رشد به طور متوالی انجام گرفت. در طول اجرای آزمایش هیچ نوع کود شیمیایی، علف‌کش، آفت‌کش یا قارچ‌کشی مصرف نشد و آبیاری به صورت نشتی انجام می‌گرفت. عملیات برداشت محصول، در آبان ماه همان سال انجام گرفت [۲۶]. از هر کرت به تعداد ده بوته به صورت تصادفی انتخاب شد و پس از جداسازی بذور، صفات تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و درصد روغن اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی برحسب کیلوگرم در هکتار و شاخص برداشت محصول[1] طبق رابطهٔ ۱ محاسبه شد [۲۴].

(۱)

$$HI = \text{عملکرد اقتصادی / عملکرد بیولوژیک} \times ۱۰۰$$

درصد روغن دانه با دستگاه سوکسله و حلال استون به‌دست آمد و مقدار روغن دانه از اختلاف وزن مادهٔ اولیه و ثانویه محاسبه شد [۱۱]. در این آزمایش، آنالیز واریانس داده و مقایسهٔ میانگین‌های معنادار شده با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS و MSTATC و آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

## ۳. نتایج و بحث

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان می‌دهد اثر نوع اکوتیپ شاهدانه و تیمار کودی و برهم‌کنش اکوتیپ شاهدانه و تیمار کودی برای صفت تعداد دانه در بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شد و طبق جدول ۳، اکوتیپ 'اصفهان' بیشترین (۵۲۵ دانه) و اکوتیپ‌های 'مشهد' و 'شیراز' (با میانگین ۲۹۸ دانه) کمترین تعداد دانه در بوته را نشان داد که ممکن است علت آن ویژگی‌های ژنتیکی اکوتیپ 'اصفهان' باشد که داشتن بذرهای ریز و به تعداد زیاد در بوته است (جدول ۳).

در پژوهش حاضر، وزن هزاردانه تحت تأثیر هیچ کدام از تیمارهای کودی قرارنگرفت و فقط نوع اکوتیپ شاهدانه در سطح احتمال ۱ درصد بر این صفت معنادار بود. اکوتیپ‌های 'مشهد' و 'شیراز' بیشترین و اکوتیپ 'اصفهان' کمترین وزن هزاردانه را داشت. در پژوهش‌های دیگری وزن صددانهٔ کرچک [۶] و وزن هزاردانهٔ کنجد [۱] نیز تحت تأثیر رژیم‌های کودی قرار نگرفت که دلیل آن را وراثت‌پذیری بالای این صفت و عدم تأثیرپذیری آن از عوامل محیطی می‌دانند.

اثر تیمار کودی بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت شاهدانه در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شد، ولی نوع اکوتیپ شاهدانه بر این صفات معنادار نبود. براساس مقایسهٔ میانگین آثار سادهٔ نوع کود، بیشترین عملکرد دانه (۱۶۲۷ کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت (۱۲/۳ درصد) تحت تیمار کودی مایکوریزا و کمترین مقادیر این صفات تحت تیمار شاهد (عملکرد دانه ۹۵۴ کیلوگرم در هکتار و شاخص برداشت ۱۰/۲۳ درصد) به‌دست آمد (جدول ۴).

همچنین، در مطالعه‌ای اجزای عملکرد گندم تلقیح شده با قارچ‌های گلوموس اینترادیس[2] و گلوموس اتونیکاتیوم[3] و تحت تنش شوری افزایش یافت [۶].

1. Harvest Index

2. Glomus intraradices
3. Glomus etunicatum

**جدول ۳. واریانس میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی**

| منبع تغییرات | درجهٔ آزادی | تعداد دانه در بوته | وزن هزاردانه | عملکرد دانه | عملکرد بیولوژیکی | شاخص برداشت | درصد روغن |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | واریانس میانگین مربعات | | | | | |
| تکرار | ۲ | ۳۹۵۰/۹۳ ns | ۱/۳۵۵ns | ۱۸۳۹۹۰/۱۷* | ۱۶۶۰۷۶۱۶ns | ۱/۹۳ns | ۰/۵۸ ns |
| اکوتیپ شاهدانه | ۲ | ۲۶۰۲۰۴/۹۸** | ۱۵۳/۰۹** | ۴۶۵۷۷/۵۳ ns | ۲۳۳۴۹۴۹/۶ns | ۱/۱۴ns | ۲/۲۵ ns |
| تیمار کودی | ۴ | ۲۹۵۴۹۲/۷۲ ** | ۶/۲۶ns | ۶۶۳۳۹۱/۴۴** | ۲۷۳۸۶۸۶۳/۶** | ۶/۲۵** | ۱۵/۹۸** |
| تیمار کودی × اکوتیپ | ۸ | ۳۴۰۰۵/۹** | ۱۲/۶۷ns | ۲۳۶۱۶/۷۷ns | ۵۳۹۲۸۵۷/۱ns | ۲/۶۷ns | ۱/۹۹ns |
| خطا | ۲۸ | ۷۷۹۹/۸۶ | ۹/۰۷ | ۴۶۴۴۰/۰۵ | ۵۰۷۹۵۴۸/۴ | ۱/۵ | ۳/۳۲ |
| ضریب تغییرات | | ۲۳/۶۲۲ | ۲۶/۲۱ | ۱۸/۳۸ | ۲۱/۲۸ | ۱۰/۹۳ | ۶/۳۶ |

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

**جدول ۴. مقایسهٔ میانگین آثار سادهٔ صفات مورد ارزیابی**

| | منبع تغییرات | تعداد دانه در بوته | وزن هزاردانه (gr) | عملکرد دانه (kg/h) | عملکرد بیولوژیکی (Kg/h) | شاخص برداشت (٪) | درصد روغن |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اکوتیپ شاهدانه | اصفهان | ۵۲۵/۹۶a | ۷/۸b | ۱۱۷۱/۲۲a | ۱۰۳۵۶/۲a | ۱۱/۳۳۴۱a | ۲۸/۵۹۴۷a |
| | شیراز | ۲۹۷/۴۴b | ۱۳/۳۳۳a | ۱۲۲۹/۰۲a | ۱۱۰۵۰/۱a | ۱۱/۱۸۱۷a | ۲۹/۰۹۲a |
| | مشهد | ۲۹۸/۲۳b | ۱۳/۳۳۳a | ۱۱۱۷/۶ a | ۱۰۳۷۷/۸a | ۱۰/۷۹۹۹a | ۲۸/۳۳a |
| تیمار کودی | شاهد | ۱۱۸/۵۷d | ۱۱/۳۳۳a | ۹۵۴/۹c | ۹۳۸۶b | ۱۰/۲۳۶c | ۲۶/۵۴۶۷b |
| | نیتروکسین | ۲۷۴/۵۵c | ۱۱/۷۸۷a | ۹۷۳/۹bc | ۹۲۲۴b | ۱۰/۶۲۵۵bc | ۲۸/۳۵۱۱a |
| | سوپرنیتروپلاس | ۳۹۴/۶۱b | ۱۰/۷۷۸a | ۱۱۴۰/۲bc | ۱۰۵۵۲b | ۱۰/۷۴۷bc | ۲۹/۳۷۵۶a |
| | بیوسولفور | ۵۴۸a | ۱۰/۷۷۸a | ۱۱۶۶/۷b | ۱۰۲۶۴b | ۱۱/۶۴۰۶ab | ۲۹/۰۶۱۱a |
| | مایکوریزا | ۵۳۳/۶۶a | ۱۲/۷۷۸a | ۱۶۲۷/۴a | ۱۳۵۸۴a | ۱۲/۲۷۷۲a | ۳۰/۰۲۶۷a |

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معناداری در سطح ۵ درصد ندارند (LSD).

محققان دریافتند که قارچ‌های مایکوریزا در خاک‌های شور و سدیمی میزان تحمل گیاهان علوفه‌ای را به این شرایط افزایش می‌دهد و علت این افزایش تحمل به شوری را مربوط به افزایش مواد غذایی معدنی، به‌خصوص فراهمی و جذب بیشتر نیتروژن و فسفر، تغییر در فرایندهای فیزیولوژیکی مانند افزایش نسبت کربن دی‌اکسید تبادلی، تعرق، هدایت روزنه‌ای و کارایی مصرف آب می‌دانند [۲۲].

بیشترین عملکرد دانه و شاخص برداشت بعد از تیمار مایکوریزا به ترتیب تحت تیمارهای بیوسولفور (۱۱۶۶ کیلوگرم در هکتار و شاخص برداشت ۱۱/۶۴ درصد)، سوپرنیتروپلاس (۱۱۴۰ کیلوگرم در هکتار و شاخص برداشت ۱۰/۷۴ درصد) و نیتروکسین (۹۷۳ کیلوگرم در هکتار و شاخص برداشت ۱۰/۶۲ درصد) مشاهده شد. در مطالعه‌ای مشاهده شد که در تلقیح قارچ‌های گلوموس موسه‌آ[1]، گلوموس اینترادیس و کودهای زیستی نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس با گیاه شوید، بیشترین عملکرد دانه از مایکوریزای گونهٔ گلوموس موسه‌آ به‌دست آمد [۲۱].

عملکرد و اجزای عملکرد گندم تحت تنش شوری، با به‌کار بردن کودهای بیولوژیکی نسبت به عدم مصرف کود بهبود یافت و علت آن به افزایش جذب نیتروژن و افزایش سرعت فتوسنتز نسبت داده شد [۱۹]. مقایسهٔ میانگین صفات نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد بیولوژیکی مربوط به تیمار مایکوریزا با ۱۳۵۸۴ کیلوگرم در هکتار بوده است و سایر تیمارها (با میانگین ۹۸۵۶ کیلوگرم در هکتار) از این لحاظ تفاوت معناداری نداشتند (جدول ۴).

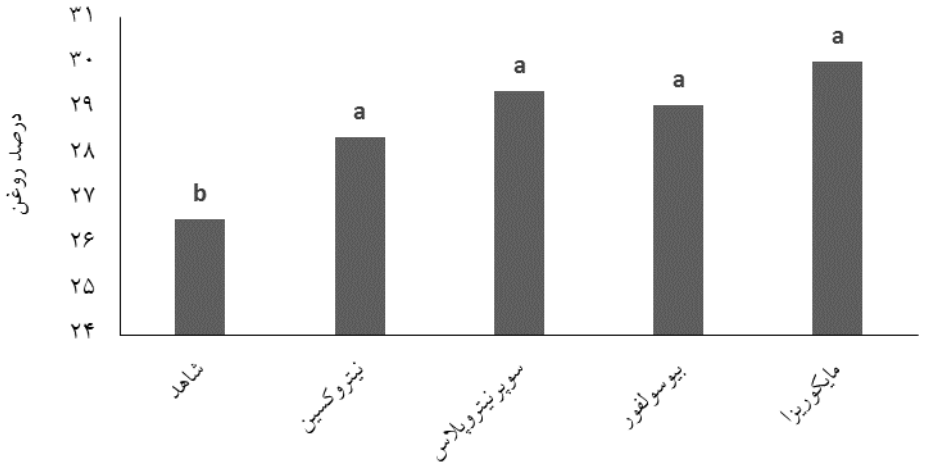
در این آزمایش، عملکرد بیولوژیکی در تیمار تلقیح مایکوریزایی ۲۷/۴ درصد بیشتر از شرایط عدم تلقیح بود.

همچنین، در پژوهشی دیگر، عملکرد بیولوژیکی در تلقیح گیاه دارویی رازیانه با مایکوریزا در مقایسه با عدم تلقیح ۱۷/۳ درصد بیشتر بود [۵]. قارچ‌های مایکوریزا با روش‌های مختلفی از جمله افزایش جذب مواد غذایی، تولید هورمون‌های رشدی در گیاهان، بهبود شرایط ریزوسفر و خاک، ایجاد تغییرات در فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه میزبان نظیر بهبود ظرفیت جذب آب به‌وسیلهٔ هدایت هیدرولیکی ریشه‌ها، تنظیم تعادل اسمزی و ترکیبات هیدروکربنی در گیاه میزبان و در نهایت دفاع از ریشه در برابر پاتوژن‌های بیماریزا، باعث افزایش تحمل به شوری در گیاهان و در نتیجه افزایش تولید در گیاهان می‌شود [۱۸].

براساس نتایج تجزیهٔ واریانس اثر تیمارهای کودی بر درصد روغن شاهدانه در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود و هر چهار تیمار کودی موجب افزایش معنادار درصد روغن نسبت به شاهد شد (جدول ۳ و شکل ۱). براساس مقایسهٔ میانگین داده‌های جدول ۴، همهٔ تیمارهای کودی با میانگین ۲۹/۲ درصد دارای بیشترین درصد روغن بود و تیمار شاهد با ۲۶/۵ درصد کمترین درصد روغن را داشت.

در یک بررسی روی دو رقم ‘Finola’ و ‘Fasamo’ شاهدانه مشاهده شد که با افزایش میزان نیتروژن، محتوای روغن دانه در رقم ‘فینلا’ که حدود ۳۲ درصد بود، ۱ تا ۳ درصد افزایش یافت ولی در رقم ‘فاسما’ که تقریباً ۲۷ درصد بود، ۲ تا ۴ درصد کاهش یافت. این کاهش در درصد روغن با افزایش میزان نیتروژن در گیاه کانولا هم مشاهده شده است [۲۷]. همچنین، تیمارهای کودی بر درصد روغن کرچک [۶] و آفتابگردان [۲] تأثیر مثبت داشته است.

1. Glomus mosseae

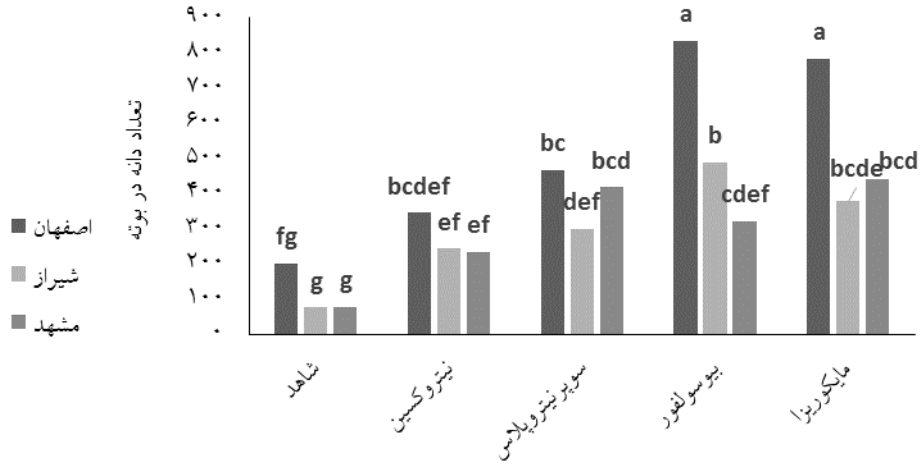



**شکل ۱. تأثیر تیمارهای کودی بر درصد روغن دانهٔ شاهدانه**

**جدول ۵. مقایسهٔ میانگین برهم‌کنش تیمار کودی و تودهٔ شاهدانه برای صفت تعداد دانه در بوته**

| اکوتیپ شاهدانه | تیمار کودی | تعداد دانه در بوته |
|---|---|---|
| 'اصفهان' | شاهد | ۲۰۱/۵۸$^{fg}$ |
| | نیتروکسین | ۳۴۴/۸۷$^{bcdef}$ |
| | سوپرنیتروپلاس | ۴۶۶/۶۶$^{bc}$ |
| | بیوسولفور | ۸۳۳/۳۳$^{a}$ |
| | مایکوریزا | ۷۸۳/۳۳$^{a}$ |
| 'شیراز' | شاهد | ۷۶/۳۳$^{g}$ |
| | نیتروکسین | ۲۴۳/۵۸$^{ef}$ |
| | سوپرنیتروپلاس | ۲۹۹/۷۸$^{def}$ |
| | بیوسولفور | ۴۸۹/۴۱$^{b}$ |
| | مایکوریزا | ۳۷۸/۰۸$^{bcde}$ |
| 'مشهد' | شاهد | ۷۷/۷۷$^{g}$ |
| | نیتروکسین | ۲۳۵/۱۷$^{ef}$ |
| | سوپرنیتروپلاس | ۴۱۷/۳۷$^{bcd}$ |
| | بیوسولفور | ۳۲۱/۲۵$^{cdef}$ |
| | مایکوریزا | ۴۳۹/۵۶$^{bcd}$ |

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معناداری در سطح ۵ درصد ندارند (LSD).




**شکل ۲. برهم‌کنش تیمار کودی و اکوتیپ شاهدانه بر تعداد دانه در بوته**

برهم‌کنش تیمارهای کودی و اکوتیپ‌های شاهدانه برای صفت تعداد دانه در بوته نشان می‌دهد، اکوتیپ 'اصفهان' تحت تیمارهای بیوسولفور و مایکوریزا به ترتیب با ۸۳۳ و ۷۸۳، بیشترین تعداد دانه در بوته و اکوتیپ‌های 'مشهد' و 'شیراز' تحت تیمار شاهد با ۷۶ دانه در بوته کمترین میزان دانه را داشت (جدول ۵). به‌طور کلی، تیمارهای کودی تعداد دانه در بوته را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (شکل ۲). تحقیقات روی گندم نشان داد باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن و باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات تأثیر معناداری بر تعداد دانه در سنبله داشت [۲۵].

نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که تلقیح بذور با باکتری‌های محرک رشد گیاه تعداد دانه را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش می‌دهد. این افزایش در تعداد دانه و عملکرد دانه در تیمارهای تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد را می‌توان به سنتز تنظیم‌کننده‌های رشد نظیر اکسین و جیبرلین از آزوسپرلیوم و اکسین، جیبرلین و سیتوکینین از ازتوباکتر نسبت داد [۱۲]. همچنین، شاخص‌های رشد و عملکرد گیاه دارویی ریحان تحت تأثیر کودهای زیستی نیتروکسین و بیوسولفور افزایش داشت [۸]. قارچ‌های مایکوریزا نیز با افزایش جذب عناصر غذایی، رشد و عملکرد گیاهان را در شرایط تنش شوری افزایش می‌دهد [۷].

با این حال، باتوجه به قلیایی بودن خاک مزرعهٔ مورد نظر، ممکن است باکتری‌های موجود در کودهای زیستی نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس شامل انواع باکتری‌های محرک رشد، ازتوباکتر، آزوسپرلیوم و جزآن، در این شوری آب و خاک غیرفعال شوند و یا از فعالیت آن‌ها کاسته شود. همچنین، تیوباسیلوس موجود در کود زیستی بیوسولفور یکی از مهم‌ترین باکتری‌های محرک رشد گیاه است که کاربرد گوگرد همراه با آن با کاهش موضعی اسیدیتهٔ خاک در اطراف ریشه‌های گیاه به حلالیت عناصر تثبیت‌شده در خاک‌های آهکی و قلیایی و در نهایت به افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه کمک می‌کند [۱۰].

بر اساس ادعای شرکت سازنده، این باکتری‌ها قادرند در کوتاه‌ترین زمان، مقادیر قابل ملاحظه‌ای از گوگرد عنصری (s) را اکسید کنند. با اکسایش گوگرد نه تنها عناصر مهم از ریشه جذب می‌شود، بلکه گوگرد به سولفات تبدیل و به راحتی توسط گیاه جذب می‌شود و در خاک‌های قلیایی رشد گیاه را تا ۲۵ درصد افزایش می‌دهد. لذا، باتوجه به آزمون خاک و قلیایی بودن خاک مزرعه، این گزارش‌ها با نتایج به‌دست آمده از صفت تعداد دانه در بوته مطابقت دارد.

به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد استفاده از کودهای بیولوژیکی، به ویژه کودهای حاوی قارچ مایکوریزا و بیوسولفور، سبب کاهش آثار ناشی از شرایط شوری محیط و افزایش رشد و عملکرد شاهدانه می‌شود. با این حال، بسته به هدف تولید شاهدانه می توان تیمار کودی مناسب را انتخاب کرد. اگر هدف از تولید شاهدانه فیبر باشد، باتوجه به عملکرد بیولوژیکی، تیمار کودی مایکوریزا برای افزایش ساقه ها مناسب است، ولی اگر هدف تولید دانه باشد، باید به صفت شاخص برداشت توجه کرد و تیمارهای کودی مایکوریزا و بیوسولفور از این جهت مطلوب‌ترند.

نتایج نشان داد که اکوتیپ‌های شاهدانه از لحاظ مقاومت به شوری تفاوت معناداری نداشت، ولی مقادیر صفات اندازه‌گیری شده تحت شرایط شور در اکوتیپ 'اصفهان' نسبت به اکوتیپ 'شیراز' و 'مشهد' بیشتر بود که این موضوع را می توان به بومی بودن این اکوتیپ تحت شرایط شور و خشک مناطق 'اصفهان' نسبت داد. در مجموع، کشاورزان در مناطقی که محدودیت ناشی از شوری آب و خاک وجود دارد می‌توانند از کودهای بیولوژیکی به‌خصوص بیوسولفور و قارچ‌های شوری‌پسند، جهت بالا بردن کیفیت و کمیت گیاهان تولیدی به ویژه شاهدانه استفاده و آثار مخرب شوری را بر گیاه شاهدانه با مصرف کودهای بیولوژیکی تعدیل کنند.

## منابع


۱. احمدی م و بحرانی م ج (۱۳۸۸) تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد و میزان روغن دانه ارقام کنجد در منطقهٔ بوشهر. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۳(۴۸): ۱۲۳-۱۳۱.

۲. اکبری پ، قلاوند ا و مدرس ثانوی س ع م (۱۳۸۸) تأثیر کاربرد سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای (آلی، شیمیایی و تلفیقی) و کود زیستی بر عملکرد دانه و سایر صفات زراعی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) . دانش کشاورزی پایدار. ۱۹/۱(۱): ۸۳ -۹۳.

۳. تدین م ر (۱۳۸۸) واکنش‌های فیزیولوژیکی گیاهان به تنش‌های محیطی. انتشارات دانشگاه شهرکرد، شهرکرد. ۲۱۴ صفحه.

۴. دادخواه ع (۱۳۸۹) مطالعه اثر تنش شوری و نوع نمک بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه چهار گیاه دارویی شنبلیله، کنجد، شاهدانه و زنیان. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۶(۳): ۳۵۸-۳۶۹.

۵. درزی م ت، قلاوند ا، رجالی ف و سفیدکن ف (۱۳۸۵) بررسی کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare Mill.*). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۲(۴): ۲۷۶-۲۹۲.

۶. رضوانی‌مقدم پ، برومند رضازاده ز، محمدآبادی ع ا و شریف ع (۱۳۸۷) اثر تاریخ کاشت و تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن دانه گیاه کرچک. پژوهش‌های زراعی ایران. ۶ (۲): ۳۰۳-۳۱۳.

۷. سادات ع، ثواقبی غ، رجالی ف، فرحبخش م، خاوازی ک و شیرمردی م (۱۳۸۹) تأثیر چند نوع قارچ مایکوریز آربسکولار باکتری محرک رشد گیاه بر شاخص‌های رشد و عملکرد دو رقم گندم در یک خاک شور. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۴(۱): ۵۳-۶۲.

۸. شاه‌حسینی ر، امیدبیگی ر و کیانی د (۱۳۹۱) بررسی اثر کودهای زیستی بیوسولفور و نیتروکسین و پلیمر سوپرجاذب بر رشد، عملکرد و کمیت اسانس گیاه

دارویی ریحان. علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۶(۳): ۲۴۶-۲۵۲.

۹. کوچکی ع، جهانی م، تبریزی ل و محمدآبادی ع ا (۱۳۹۰) ارزیابی اثر کودهای بیولوژیکی و شیمیایی و تراکم بر عملکرد گل و ویژگی‌های بنه زعفران (*Crocus sativus* L.). آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۵(۱) :۱۹۶-۲۰۶.

۱۰. محمودی‌قادی پ، علی‌پور ز ت و کاشی ع (۱۳۹۰) تأثیر باکتری تیوباسیلوس بر رشد و عملکرد گوجه فرنگی تحت شرایط شوری. نمک. ۱(۳): ۶۳-۷۰.

۱۱. نجفی ع و شریف ع (۱۳۸۶) دانه خربزه 'خاقانی' به عنوان منبع روغن. همایش منطقه‌ای صنایع غذایی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان. صص. ۶۱-۷۰.

12. Akbari P, Ghalavand A, Modares Sanavy AM, AghaAlikhani M and Shoghi Kalkhoran S (2011) Comparison of different nutritional levels and the effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on the grain yield and qualy of sunflower. Australian Journal of Crop Science. 5: 1570-1576.

13. Ashraf M, Ozturk M and Athar HR (2009) Salinity and Water Stress. University of Osnabrueck, Germany, 238 p.

14. Belew D, Astatkie T, Mokashi MN, Getachew Y and Patil CP (2010) Effects of salinity and mycorrhizal inoculation (*Glomus fasciculatum*) on growth responses of grape rootstocks (*Vitis spp.*). South African Journal for Enology and Viticulture. 31: 82-88.

15. Chen JH (2006) The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertily. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. Pp. 1-11.

16. Egamberdieva D (2009) Alleviation of salt stress by plant growth regulators and IAA producing bacteria in wheat. Acta Physiologiae Plantarum. 31: 861-864.

17. Enteshari SH and Hajbagheri S (2011) Effects of mycorrhizal fungi on some physiological characteristics of salt stressed *Ocimum basilicum* L. Plant Physiology. 1: 215-222.

18. Evelin H, Kapoor R and Giri BH (2013) Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. Annals of Botany. 104: 1263-1280.

19. Faizy S, E-D A, Rizk MM, Ragab MM and Amer MMA (2010) Response of wheat yield and apparent nitrogen recovery of fertilizer to mineral nitrogen and biofertilizer application in salt affected soils. Agricultural Research. 36: 74-96.

20. Flores-Sanchez IJ and Verpoorte R (2008) Secondary metabolism in cannabis. Phytochemistry Reviews. 7: 615-639.

21. Hashemzadeh FB, Mirshekari Rahimzadeh Khoei F, Yarnia M and Tarinejad AA (2013) Effect of bio and chemical fertilizers on seed yield and its components of dill (*Anethum graveolens*). Medicinal Plants Research. 7: 111-117.

22. Ileana V, Rodolfo G and Mendoza E (2007) Arbuscular mycorrhizal fungi and plant symbiosis in a saline-sodic soil. Mycorrihza. 17: 167-174.

23. Kohler J, Caravaca F and Roldan A (2010) An AM fungus and a PGPR intensify the adverse effects of salinity on the stabily of rhizosphere soil aggregates of *Lactuca sativa*. Soil Biology and Biochemistry. 42: 429-434.

24. Rouzbeh R, Daneshian J and liabadi Farahani H (2009) Supernitroplus influence on yield and yield components of two wheat cultivars under NPK fertilizer application. Plant Breeding and Crop Science. 18: 293-297.

25. Saber Z, Pirdashti H, Esmaeili M, Abbasian A and Heidarzadeh A (2012) Response of Wheat growth parameters to co-Inoculation of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) and different levels of inorganic Nitrogen and Phosphorus. World Applied Sciences. 16: 213-219.

26. Sengloung TH (2009) Phenological characteristics and fiber properties of Thai hemp (*Cannabis sativa* L.). Graduate School, Kasetsart University, Doctor of Philosophy (Botany).

27. 27. Vera CL, Malhi SS, Raney JP and Wang ZH (2004) The effect of N and P fertilization on growth, seed yield and qualy of industrial hemp in the Parkland region of Saskatchewan. Canadian Journal of Plant Science. 84: 939-947.

28. Wang R, He LS, Xia B, Tong JF, Li N and Peng F (2009) A micropropagation system for cloning of hemp (*Cannabis sativa* L.) by shoot tip culture. Pakistan Journal of Botany. 41: 603-608.

29. Yadav S, Irfan M and Hayat SH (2011) Causes of salinity and plant manifestations to salt stress: A review. Environmental Biology. 32: 667-685.

30. Young EM (2005) Revival of Industrial Hemp: A systematic analysis of the current global industry to determine limitations and identify future potentials within the concept of sustainabily. International Environmental Science Lund University, Sweden, Master's Degree Dissertation.