

Investigating the effect of planting date and biofertilizers on the yield and agronomic characteristics of Ajowan (*Carum copticum* L.) plants under salt stress

Mostafa Esmati¹, Zahra Moradian², Abdolhosein Rezaei³, Ramin Piri^{4*}

1. Department of Horticulture science, Academic Center for Education, Culture and Research of Kashmar (ACECR), Iran, Email: mostafaesmatim@gmail.com
2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran, Email: zahra.moradian23@gmail.com
3. Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: abdohosainrezai@gmail.com
4. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran, Email: Raminpiri88@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-6-12
Accepted: 2023-9-26

Keywords:
Salinity stress
Emergence percentage
Ajowan
Seed yield
Biofertilizers

ABSTRACT

Background and Objectives: Ajowan is one of the important medicinal plants of the Apiaceae family, that essential oil is used in the pharmaceutical and cosmetic industries. Soil salinity is considered as one of the most important factors limiting the growth of agricultural plants due to the prevention of the absorption of water and nutrients into the plant. Using biofertilizers with plant-growth-promoting bacteria is one of the most effective ways to reduce the toxic effects caused by high salinity in plant growth. Therefore, this study was conducted with the aim of investigating the effect of different planting dates and biofertilizers on seed yield and agronomic indicators of Ajowan medicinal plant under salt stress.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of biofertilizers on seed yield and vegetative parameters of Ajowan medicinal plant in the climatic conditions of Kashmar, two separate experiments were conducted in the field and greenhouse conditions of Kashmar Research Center. A field experiment in the form of a split plot design using two factors, the first factor included planting date in two levels (March 26, April 27), the second factor included biological fertilizer in eight levels (1) Control 2) Azotobarvar1 3) Phosphate barvar2 4) Petabarvar2 5) Azotobarvar1 + Phosphatebarvar2 6) Azotobarvar1+ Petabarvar2 7) Phosphatebarvar2 + Petabarvar2 8) Azotobarvar1+ Phosphatebarvar2 + Petabarvar2). The second experiment was conducted as a factorial in a completely randomized design in the greenhouse. The investigated factors included biofertilizer at 8 levels (1) Control 2) Azotobarvar1 3) Phosphate barvar2 4) Petabarvar2 5) Azotobarvar1 + Phosphatebarvar2 6) Azotobarvar1+ Petabarvar2 7) Phosphatebarvar2+ Petabarvar2 8) Azotobarvar1 + Phosphatebarvar2 + Petabarvar2), and salinity stress at three levels (zero, 4 and 8 dS/m).

Results: The results indicated that salinity stress significantly reduced the traits of germination percentage, root length, seedling length. The use of biological fertilizers in combination had the best effect on these traits compared to the control. Also, in the treatment

of no application of biofertilizer and in the condition of salinity stress of 8 dS/m, the above traits had the lowest values. Also, the combined treatment of Azotobarvar1 + Phosphatebarvar2 + Petabarvar2 could significantly improve the crop yield and plant height. The studies showed that the best planting date for plant height, number of sub-branches, number of flowers, thousand grain weight and grain yields was obtained on the planting date of March 26 compared to April 27.

Conclusion: In general, it can be stated that the use of combined biofertilizers including Azotobarvar1 + Phosphatebarvar2 + Petabarvar2 moderated the destructive effects of salinity stress by increasing the seedling emergence, seedling length, and establishment of the Ajowan plant, and also it was able to increase the seed yield at the appropriate planting date.

Cite this article: Esmati, M., Moradian, Z., Rezaei, A.H., Piri, R. 2023. Investigating the effect of planting date and biofertilizers on the yield and agronomic characteristics of Ajowan (*Carum copticum* L.) plants under salt stress. *Crop Production Journal*, 16 (4), 93-112.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/ejcp.2024.21458.2586

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources



تولید گیاهان زراعی

شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹۸
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳



بررسی اثر تاریخ کشت و کودهای زیستی بر عملکرد و خصوصیات زراعی گیاه دارویی زنیان (*Carum copticum* L.) تحت تنش شوری

مصطفی عصمتی^۱، زهرا مرادیان^۲، عبدالحسین رضائی^۳، رامین پیری^{۴*}

- ۱ دانش‌آموخته کارشناس ارشد گروه علوم باغبانی، مؤسسه آموزش‌های عالی جهاد دانشگاهی کاشمر، کاشمر، ایران، رایانامه: Mostafaesmatim@gmail.com
- ۲ دانش‌آموخته کارشناس ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران، رایانامه: Zahra.moradian23@gmail.com
- ۳ دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران، رایانامه: Abdolhosainrezai@gmail.com
- ۴ دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران، رایانامه: Raminpiri88@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	سابقه و هدف: زنیان یکی از گیاهان دارویی مهم تیره چتریان است که از اسانس آن در صنایع دارویی و آرایشی بهداشتی استفاده می‌شود. شوری خاک به دلیل جلوگیری از جذب آب و عناصر غذایی به درون گیاه یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان زراعی محسوب می‌شود. استفاده از کودهای زیستی با بهره‌گیری از باکتری‌های محرک رشد گیاه یکی از راهکارهای مؤثر در کاهش اثرات سمی ناشی از شوری بالا در رشد گیاهان به شمار می‌روند. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تاریخ‌های کاشت مختلف و کودهای زیستی بر عملکرد دانه و شاخص‌های زراعی گیاه دارویی زنیان تحت تنش شوری انجام گرفت.
مقاله کامل علمی- پژوهشی	
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۳/۲۲	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۴	
واژه‌های کلیدی:	مواد و روش‌ها: به منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی بر عملکرد دانه و شاخص‌های رویشی گیاه دارویی زنیان در شرایط اقلیمی کاشمر دو آزمایش جداگانه در مزرعه و گلخانه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کاشمر اجرا شد. آزمایش مزرعه‌ای بصورت طرح اسپلیت پلات با کاربرد دو عامل که عامل اول شامل تاریخ کاشت در دو سطح (۲۶ اسفند، ۲۷ فروردین)، عامل دوم شامل کود زیستی در ۸ سطح (شاهد، ازتوبارور ۱، فسفات بارور ۲، پتابارور ۲، ترکیب کودی ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲، ترکیب کودی ازتوبارور ۱ + پتابارور ۲، ترکیب کودی فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲، ترکیب کودی ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲ + پتابارور ۱) می‌باشد. آزمایش دوم به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل کود زیستی در ۸ سطح (شاهد، ازتوبارور ۱، فسفات بارور ۲، پتابارور ۲، ترکیب کودی ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲، ترکیب کودی ازتوبارور ۱ + پتابارور ۲، ترکیب کودی فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲، ترکیب کودی ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲ + پتابارور ۱) و تنش شوری در ۳ سطح (صفر، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) بود.
تنش شوری	
درصد سبز شدن	
زنیان، عملکرد دانه	
کودهای زیستی	
یافته‌ها: نتایج نشان داد که تنش شوری صفات درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول گیاهچه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. کاربرد کودهای زیستی بصورت تلفیقی نسبت به شاهد بهترین	

تأثیر را بر این صفات داشت. همچنین تیمار عدم کاربرد کود زیستی و در شرایط تنش شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر صفات فوق دارای کمترین مقدار بودند. همچنین تیمار ترکیبی از توبارور ۱+ پتابارور ۲ + فسفات ۲ بارور ۲ توانست به‌طور معنی‌داری عملکرد محصول و ارتفاع بوته را بهبود بخشد. مطالعات نشان داد که بهترین تاریخ کاشت برای صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد چتر، وزن هزاردانه و عملکرد دانه در تاریخ کشت ۲۶ اسفند به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی می‌توان گفت کودهای زیستی ترکیبی شامل از توبارور ۱+ پتابارور ۲ + فسفات ۲ بارور ۲ با افزایش سبز شدن و طول گیاهچه و استقرار مطلوب گیاه زینان اثرات مخرب تنش شوری را تعدیل کرد و در تاریخ کاشت مناسب توانست عملکرد دانه را افزایش دهد.

استناد: عصمتی، م.، مرادیان، ز.، رضائی، ع.ح.، پیری، ر. (۱۴۰۲). بررسی اثر تاریخ کشت و کودهای زیستی بر عملکرد و خصوصیات زراعی گیاه دارویی زینان (*Carum copticum* L.) تحت تنش شوری. مجله تولید گیاهان ز، ۱۶ (۴)، ۹۳-۱۱۲.

DOI: 10.22069/ejcp.2024.21458.2586

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



© نویسندگان.

مقدمه

گیاهانی که تمام یا اجزایی از آن به صورت تازه، خشک شده یا فرآوری شده جهت تشخیص، درمان، پیشگیری و حفظ بهداشت بدن انسان، حیوان و دیگر گیاهان بکار رود به عنوان گیاه دارویی تعریف می‌شوند (۱). کاشت گیاهان دارویی از دیرباز جایگاه ویژه‌ای در نظام‌های زراعی ایران داشته است و از نظر ایجاد تنوع و پایداری در بوم نظام‌ها نقش مهمی را ایفا کرده‌اند. در حال حاضر کشت گیاهان دارویی و معطر در ایران بسیار مورد توجه قرار گرفته است. زنیان (*Carum copticum* L.) گیاهی است علفی و یکساله از تیره چتریان است که بذر آن همانند گونه‌های آویشن بسیار غنی از اسانس، به‌ویژه تیمول است که در این اسانس ترکیبات سمین، آلفا و بتا پینن نیز وجود دارد. در اسانس زنیان، تیمول، گاماتریپین و پاراسین ترکیب‌های اصلی اسانس را تشکیل می‌دهد که بوی خوش بذر ناشی از تیمول آن است (۲). کیفیت و کمیت گیاهان دارویی به‌طور خاصی تحت‌تأثیر ژنتیک، عوامل محیطی و اثر متقابل آنهاست (۳). شوری خاک به‌دلیل جلوگیری از جذب آب و عناصر غذایی به درون گیاه یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان زراعی محسوب می‌شود. در تنش شوری، جذب عناصر غذایی کاهش می‌یابد که کمبود عناصر باعث ایجاد اختلاف در فعالیت‌های فیزیولوژیکی از جمله فتوسنتز، تنفس و سنتز ترکیبات آلی کندتر، اختلال در تولید و فعالیت آنزیم‌ها و به‌طور کلی اختلال در فعالیت‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی شده و در نتیجه تغییراتی در کمیت و کیفیت مواد مؤثره گردد (۴). استفاده از کودهای زیستی با بهره‌گیری از باکتری‌های محرک رشد گیاه یکی از راهکارهای تأثیرگذار در کاهش اثرات سمی ناشی از شوری بالا در رشد گیاهان به‌شمار می‌روند (۵). میکروارگانیسم‌های موجود در ریزوسفر، به‌ویژه

باکتری‌های محرک رشد و قارچ‌ها می‌توانند موجب بهبود عملکرد گیاهان در محیط‌های تحت شرایط تنش شوند (۶ و ۷). با توجه به محدودیت سطح زیر کشت زنیان در کشور، بهترین راه افزایش عملکرد این گیاه استفاده از روش‌های به‌زراعی می‌باشد. انتخاب تاریخ کاشت مناسب یکی از فنون زراعی است که با رعایت آن، سهم زمان کاشت در تولید عملکرد به حداکثر رسیده و از آنجایی که طول مراحل مختلف نمو تابعی از دو عامل اصلی دما و طول روز است، می‌توان تاریخ کاشت را به نحوی تغییر داد که مراحل مختلف نمو گیاه با وضعیت دما و طول روز موجود طی فصل رشد، سازگار شده و از رشد رویشی و زایشی مطلوبی برخوردار گردد (۸). با تأخیر در کاشت به دلایل زیادی از جمله دمای بالا در اوایل رشد، کاهش زمان گلدهی، کاهش تابش‌های خورشیدی، عملکرد دانه کاهش می‌یابد. علاوه بر تاریخ کاشت یکی دیگر از روش‌های به‌زراعی امروزه زراعت ارگانیک مطرح می‌شود که در آن علاوه بر کمیت تولید، به کیفیت، ثبات و پایداری در تولید نیز توجه خاص می‌شود. امروزه به‌دلیل توجه زیاد به مشکلات زیست‌محیطی، مطالعات وسیعی در زمینه جایگزینی موثر کودهای شیمیایی با انواع زیستی آنها صورت می‌گیرد (۹). کاربرد کودهای زیستی مقاومت به تنش‌های غیرزنده را در طول دوره رشد گیاه با بهبود رشد ریشه، ظرفیت نگهداری آب گیاه و جذب مواد مغذی افزایش می‌دهند (۱۰). با توجه به دامنه واکنش گیاه که به عواملی از قبیل تاریخ کاشت، کودهای زیستی، تنش شوری، خصوصیات خاک و رطوبت مورد نیاز در طول فصل رشد گیاه وابسته است، این تحقیق که مبتنی بر دیدگاه‌های کشاورزی پایدار می‌باشد به اجرا درآمد و هدف آن بررسی تأثیر تاریخ-های کاشت مختلف و کودهای زیستی بر عملکرد دانه

و شاخص‌های زراعی گیاه دارویی زنیان تحت تنش شوری بوده است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و محل انجام آزمایش: این پژوهش به منظور بررسی تیمارهای مختلف در دو آزمایش مجزا (مزرعه‌ای و گلخانه‌ای) در مرکز تحقیقات کاشمر در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ انجام شد. لازم به ذکر است که بذره‌های زنیان از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. **آزمایش مزرعه‌ای:** آزمایش مزرعه‌ای به صورت طرح اسپلیت پلات با کاربرد دو عامل که عامل اول شامل تاریخ کاشت در دو سطح (۲۶ اسفند، ۲۷ فروردین)، عامل دوم شامل کود زیستی در ۸ سطح (شاهد،

ازتوبارور ۱، فسفات بارور ۲، پتابارور ۲، ترکیب کودی ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲، ترکیب کودی ازتوبارور ۱ + پتابارور ۲، ترکیب کودی فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲، ترکیب کودی ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲) می‌باشد (کودهای زیستی از شرکت زیست فناوری سبز تهیه و با غلظت 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر مصرف شد). قبل از انجام کشت از خاک مزرعه جهت بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌گیری مرکب از عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک انجام شد (جدول ۱). صفاتی که در آزمایش مزرعه‌ای اندازه‌گیری شد شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد چتر، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بودند.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی شیمیایی خاک در لایه ۳۰ سانتی‌متری سطح خاک

Table 1- Physicochemical characteristics of soil in the 30 cm layer of the soil surface

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Electrical conductivity ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی (%) Organic carbon (%)	نیتروژن کل (%) Total nitrogen (%)	pH	پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorus	بافت خاک Soil texture	دانه‌بندی خاک (%) Soil aggregation (%)		
2.2	0.25	0.35	8.1	میلی‌گرم بر کیلوگرم ($mg.Kg^{-1}$)		لومی شنی Sandy loam	شن	سیلت	رس
				172	6.4		Sand 38%	Silt 46%	Clay 16%

هدایت الکتریکی (EC) مورد نظر تهیه شد. (برای اعمال ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر از ۲/۱۰ و ۴/۹۵ گرم سدیم کلرید در یک لیتر آب مقطر استفاده شد و آب مقطر نیز به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد).

نحوه انجام مراحل کاشت تا برداشت: این آزمایش در زمینی به طول ۱۲ متر و عرض ۲۴ متر با ۴۸ کرت که طول هر کرت ۳ متر و داخل هر کرت ۸ خط کشت شد. فاصله خطوط کاشت از یکدیگر ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آبیاری گیاه به‌طور منظم و براساس نیاز گیاه به صورت جوی و پشته انجام شد. کودهای

آزمایش گلخانه‌ای: آزمایش دوم بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل کود زیستی در ۸ سطح (شاهد، ازتوبارور ۱، فسفات بارور ۲، پتابارور ۲، ترکیب کودی ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲، ترکیب کودی ازتوبارور ۱ + پتابارور ۲، ترکیب کودی فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲، ترکیب کودی ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲) و تنش شوری در ۳ سطح (شاهد، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) بود. محلول‌های شوری از طریق حل کردن مقادیر سدیم کلرید ساخت شرکت مرک با خلوص ۹۵ درصد) در آب مقطر برای رسیدن به

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های به‌دست‌آمده از این پژوهش در رابطه با ویژگی‌های رشدی گیاهچه‌ها و ویژگی‌های زراعی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ تجزیه و تحلیل شدند. در صورت معنی‌دار بودن اثر عوامل آزمایشی، از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد برای مقایسه میانگین تیمارها استفاده شد. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel 2013 استفاده شد.

نتایج و بحث

مطالعات گلخانه‌ای

درصد سبز شدن: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کودهای زیستی، تنش شوری و نیز اثر متقابل کودهای زیستی و تنش شوری بر درصد سبز شدن در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر ساده کود نشان داد بالاترین درصد سبز شدن در ترکیب سه کود زیستی به کار برده شده به‌دست آمد. همچنین اثرات ساده تنش شوری نشان داد هر چه شوری بالاتر رفت و به ۸ دسی‌زیمنس رسید از درصد سبز شدن کاسته شد و بالاترین درصد سبز شدن در شرایط عدم شوری به‌دست آمد.

نتایج مقایسه میانگین اثر کودهای مختلف بر درصد سبز شدن نشان داد که بالاترین درصد سبز شدن (۸۸ درصد) در ترکیب کودی ازتوبارور ۱، فسفات ۲ بارور و پتاس ۲ در شرایط عدم شوری به‌دست آمد و کم‌ترین آن (۵۸ درصد) در عدم کاربرد کود زیستی و تنش شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (شکل ۱). در یک پژوهش، حسینی و همکاران (۲۰۱۹) نتیجه گرفتند که استفاده از بارور ۱ (تثبیت‌کننده زیستی نیتروژن) و بارور ۲ (حل‌کننده فسفات) در تلفیق با کود ورمی کمپوست مقدار فعالیت آلفا آمیلاز را افزایش می‌دهد که در نتیجه

زیستی در دو بخش هم‌زمان با کاشت بذرها و در مرحله هشت برگی به کرت‌های مربوطه در تیمارهایی که باید کود دریافت می‌کردند، افزوده شد. با توجه به وجود فاکتور تاریخ کاشت در دو زمان معین اقدام به کاشت مجدد بذر زنیان در مزرعه گردید. برداشت اولین واحدهای آزمایشی از اواخر تیر آغاز شده و تا اواخر مرداد ادامه یافت. پس از برداشت، پاکت‌های محتوی نمونه‌ها به گلخانه منتقل شده و با ترازوی حساس وزن بوته‌ها اندازه‌گیری شد. جهت جدا کردن بذر از چترهای بوته رطوبت گیاه به حدود ۱۸ درصد کاهش یافت. بدین لحاظ بوته‌ها در معرض نور خورشید و هوا بر روی میز قرار داده شد و در این مرحله دانه‌های به‌دست آمده از هر کرت به صورت جداگانه توزین شده و در درون پاکت‌های ویژه قرار گرفتند. با دارا بودن وزن خشک دانه و وزن کل بوته-ها عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت هر کرت به‌دست آمد.

برای بررسی اجزا عملکرد (شاخص‌هایی نظیر تعداد چتر در گیاه، تعداد دانه در چتر، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه) تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب گردیده و این اجزاء در آنها شمارش گردیده و میانگین این شاخص‌ها به‌عنوان شاخص مربوط در کرت محسوب گردید. به منظور انجام مطالعات گلخانه‌ای قبل از انجام کشت خاک گلدان تهیه شد (خاک معمولی به همراه کمی کود حیوانی به نسبت ۱:۵ با خاک مخلوط گردیده است). کشت در تاریخ ۱۳۹۹/۱/۲ انجام گرفت. ۱۵ عدد بذر زنیان در عمق نیم سانتی‌متری در هر گلدان به صورت دستی کشت شد و پس از ایجاد شیارهایی به عمق دو تا سه سانتی‌متر بر روی هر ردیف، بذر به‌صورت خطی، داخل هر شیار ریخته شد و روی آن با احتیاط کامل، با خاک نرم پوشانده شد.

موجود در بذر، میزان جوانه‌زنی بذر را افزایش دهد (۱۱). در همین راستا، رضوانی مقدم و مرادی (۲۰۱۱) در مطالعات خود، کاهش درصد جوانه‌زنی بذر رازیانه را طی افزایش سطوح شوری از صفر به ۱/۵ درصد گزارش دادند. آنها نیز این موضوع را به کاهش جذب آب توسط بذر و گیاهچه رازیانه نسبت دادند (۱۲). محدودیت تغذیه‌ای گیاه مادری می‌تواند باعث تفاوت بین جوانه‌زنی و سبز شدن یک توده بذری شود که هر چه شرایط تغذیه‌ای گیاه مادری نامطلوب‌تر باشد، بذور حاصله گیاهچه‌های ضعیف و غیرطبیعی تولید می‌کنند. به عبارتی دیگر، جوانه‌زنی پایین و نامنظم یکی از مشکلات اصلی در تکثیر بسیاری از گیاهان است که این موضوع می‌تواند با به‌کارگیری کودهای تغذیه‌ای مختلف در گیاه مادری تا حدودی اصلاح شده و بهبود یابد (۱۳).

موجب هیدرولیز بیشتر ماکرو مولکول‌ها (پروتئین، چربی و کربوهیدرات‌ها) در اندام ذخیره‌ای بذر شده و مواد غذایی با سرعت بیشتر به جنین می‌رسد که موجب افزایش درصد جوانه‌زنی و سبز شدن در گیاه انیسون می‌گردد که با نتایج پژوهش ما مطابقت کامل را دارا می‌باشد. همچنین بیان کردند که کاربرد کود ورمی‌کمپوست به همراه کاربرد تلفیقی بارور ۱ و بارور ۲ از طریق افزایش جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن و فسفر بذر منجر به بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی بذر در گیاه انیسون گردید (۱۱). به طور کلی با کاربرد کودهای زیستی به طور ترکیبی، میزان جوانه‌زنی بذر زنیان افزایش پیدا کرد. این موضوع نشان می‌دهد که کاربرد کود ازتوبارور ۱، فسفات بارور ۲ و پتاربور ۲ بر روی بذر زنیان می‌تواند بواسطه اعمالی مانند تحریک تقسیمات سلولی مریستم رأسی ریشه‌چه و ممانعت از فعالیت ترکیبات ضد جوانه‌زنی

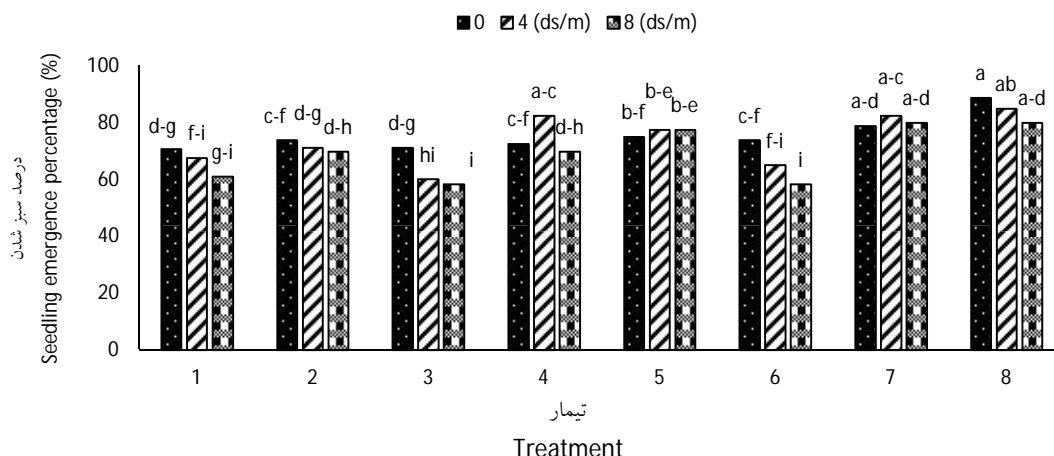
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تنش شوری و کودهای زیستی بر شاخص‌های زراعی گیاه زنیان در شرایط گلخانه

Table 2- The results of variance analysis of the effect of salinity stress and biofertilizers on the agronomic indices of the Ajowan plants in greenhouse conditions

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares		
		درصد سبز شدن Seedling emergence percentage	طول ریشه Root length	طول گیاهچه Seedling length
تنش شوری salinity stress	2	335.51**	94.71**	86**
کود fertilizer	7	689.27**	51.39**	54.77**
شوری × کود salinity stress × fertilizer	14	71.45**	1.56**	2.58**
خطای آزمایشی error	72	42.94	1	76
ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)	-	8.98	16.55	13.53

ns, * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهد.

ns, * and ** indicate non-significance and significance at 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۱- اثر متقابل تنش شوری و کودهای زیستی بر صفت درصد سبز شدن زنیان در شرایط گلخانه... (۱ شاهد ۲) ازتوبارور ۱ (۳ فسفات بارور ۲) (۴ پتابارور ۲) (۵ ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲) (۶ ازتوبارور ۱ + پتابارور ۲) (۷ فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲) (۸ ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲).

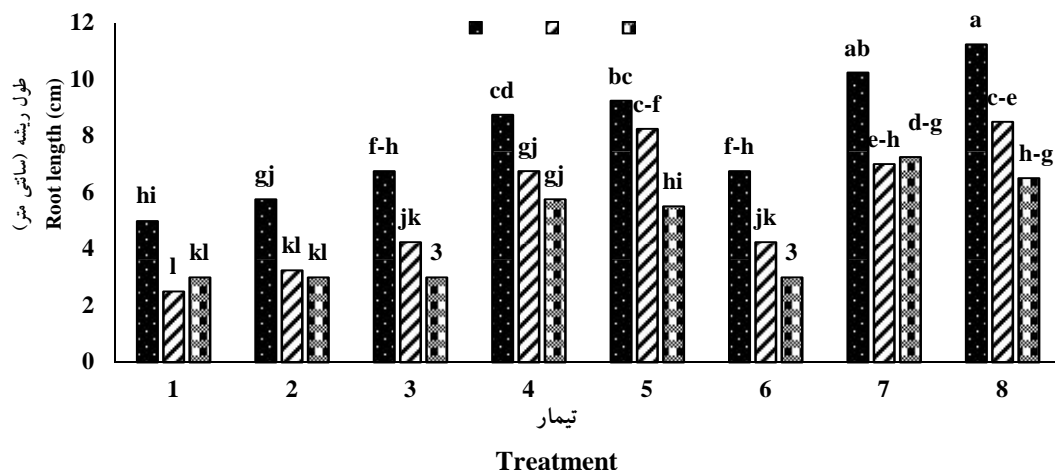
Figure 1. The interaction effect of salinity stress and biofertilizers on the trait of the seedling emergence percentage of Ajowan under greenhouse conditions... 1) Control 2) Azotobarvar1 3) Phosphate barvar2 4) Petabarvar2 5) Azotobarvar1 + Phosphatebarvar2 6) Azotobarvar1 + Petabarvar2 7) Phosphatebarvar2 + Petabarvar2 8) Azotobarvar1 + Phosphatebarvar2 + Petabarvar2.

۸ دسی‌زیمنس بر متر این صفت تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۲). به نظر می‌رسد کودهای تلفیقی (بارور ۱ و ۲) موجب بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه‌چه منجر به افزایش رشد، افزایش سرعت واکنش‌های متابولیکی و همچنین افزایش سنتز و تجمع متابولیت‌ها می‌گردد. باکتری‌های موجود در کودهای زیستی علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر اصلی پر مصرف و کم مصرف مورد نیاز گیاه با ساخت و ترشح مواد محرک رشد گیاه و همچنین ترشح اسیدهای آمینه مختلف و انواع آنتی بیوتیک‌ها موجب توسعه و رشد ریشه و اندام هوایی می‌شود (۱۴). در یک بررسی، الجبوری و خافچی (۲۰۲۱) گزارش دادند که افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه در اثر تلقیح با باکتری آزوسپرولیوم به دلیل افزایش رشد ریشه و گسترش تارهای کشنده در اثر هورمون‌ها و برخی ماکرومولکول‌های تولید شده توسط باکتری می‌باشد نتایج این پژوهش با نتایج حاصل از این تحقیق در

طول ریشه: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کودهای زیستی، تنش شوری و نیز اثر متقابل کودهای زیستی و تنش شوری بر صفت طول ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر ساده کود نشان داد بالاترین طول ریشه در ترکیب سه کود ازتوبارور ۱، پتابارور ۲ و فسفات بارور ۲ به دست آمد. ترکیب کودی ازتوبارور ۱ و پتابارور ۲ و همچنین ترکیب کودی فسفات بارور ۲ و پتابارور ۲ در مرتبه بعد قرار گرفتند و به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند. مقایسه میانگین اثرات ساده تنش شوری نشان داد بالاترین طول ریشه در عدم شوری و کمترین طول ریشه‌چه در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای مختلف و تنش شوری بر طول ریشه نشان داد که بیشترین طول ریشه (۱۱/۲۵ سانتی‌متر) در ترکیب کودی ازتوبارور ۱، فسفات بارور ۲ و پتابارور ۲ به دست آمد و کمترین آن (۲/۵ سانتی‌متر) در عدم کاربرد کود زیستی و تنش شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد البته با سطح

آنتی بیوتیک‌ها فضای مناسبی برای طول ریشه را فراهم می‌آورد.

رابطه با صفت طول ریشه چه مطابقت دارد (۱۵). در نهایت اثر تنظیم‌کنندگی کودهای زیستی، در کنار تولید مواد ثانویه‌ای چون هورمون‌های گیاهی، ویتامین‌ها و



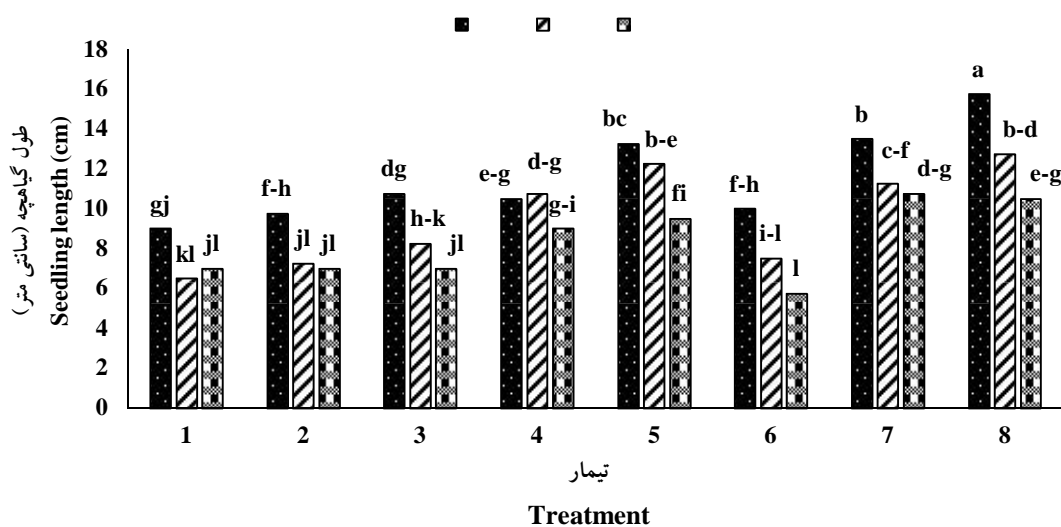
شکل ۲- اثر متقابل تنش شوری و کودهای زیستی بر صفت طول ریشه زنبان در شرایط گلخانه... (۱ شاهد ۲) ازتوبارور ۱ (۳ فسفات بارور ۲) پتابارور ۲ (۴ فسفات بارور ۲ + پتابارور ۱) فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲ (۵ فسفات بارور ۲ + فسفات بارور ۱) فسفات بارور ۲ + پتابارور ۱ (۶ فسفات بارور ۲ + فسفات بارور ۱) فسفات بارور ۲ + پتابارور ۱ (۷ فسفات بارور ۲ + فسفات بارور ۱) فسفات بارور ۲ + پتابارور ۱ (۸ فسفات بارور ۲ + فسفات بارور ۱) فسفات بارور ۲ + پتابارور ۱

Figure 2. The interaction of salinity stress and biofertilizers on Ajowan the root length trait of under greenhouse conditions,,, 1) Control 2) Azotobarvar1 3) Phosphate barvar2 4) Petabarvar2 5) Azotobarvar1 + Phosphatebarvar2 6) Azotobarvar1 + Petabarvar2 7) Phosphatebarvar2 + Petabarvar2 8) Azotobarvar1 + Phosphatebarvar2 + Petabarvar2

۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (شکل ۳). همانطور که پیش‌تر گفته شد استفاده از بارور ۱ (تثبیت‌کننده زیستی نیتروژن) و بارور ۲ (حل‌کننده فسفات) در تلفیق با کود ورمی کمپوست مقدار فعالیت آلفا‌آمیلاز را افزایش می‌دهد که در نتیجه موجب هیدرولیز بیشتر ماکرو مولکول‌ها (پروتئین، چربی و کربوهیدرات‌ها) در اندام ذخیره‌ای بذر شده و مواد غذایی با سرعت بیشتر به جنین می‌رسد که موجب افزایش درصد جوانه‌زنی و سبز شدن در گیاه انیسون می‌گردد. فعالیت آلفا آمیلاز همبستگی بسیار قوی با درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول گیاهچه دارد که با هیدرولیز و تجزیه ماکرومولکول‌ها در آندوسپرم انرژی مورد نیاز جنین تأمین می‌گردد (۱۱). کودهای زیستی بارور ۱ و ۲ با تثبیت زیستی نیتروژن و همچنین حلالیت فسفات، مواد مغذی موردنیاز را در اختیار گیاه مادری قرار می‌دهند که پس از انتقال به

طول گیاهچه: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کودهای زیستی، تنش شوری و نیز اثر متقابل کودهای زیستی و تنش شوری بر صفت طول گیاهچه در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر ساده کود نشان داد بالاترین طول گیاهچه در ترکیب سه کود ازتوبارور ۱، پتابارور ۲ و فسفات بارور ۲ به‌دست آمد. ترکیب کودی ازتوبارور ۱ و پتابارور ۲ و همچنین ترکیب کودی فسفات بارور ۲ و پتابارور ۲ در مرتبه بعد قرار گرفتند و به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند. نتایج مقایسه میانگین اثر کودهای مختلف بر طول گیاهچه نشان داد که بیشترین طول گیاهچه (۱۵/۷۵ سانتی‌متر) در ترکیب کودی ازتوبارور ۱، فسفات بارور ۲ و پتابارور ۲ و عدم تنش شوری به‌دست آمد و کم‌ترین آن (۶/۵ سانتی‌متر) در عدم کاربرد کود زیستی و تنش شوری

بذر با شروع فرآیند جوانه‌زنی افزایش طول گیاهچه را در پی دارد.



شکل ۳- اثر متقابل تنش شوری و کودهای زیستی بر صفت طول گیاهچه زنیان در شرایط گلخانه... (۱ شاهد ۲) ازتوبارور ۱ (۳ فسفات بارور ۲ (۴ پتابارور ۲ (۵ ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲ (۶ ازتوبارور ۱ + پتابارور ۲ (۷ فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲ (۸ ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲
 Figure 3. The mutual effect of salinity stress and biofertilizers on seedling length trait of Ajowan under greenhouse conditions... 1) Control 2) Azotobarvar 1 3) Phosphate barvar2 4) Petabarvar2 5) Azotobarvar1 + Phosphatebarvar2 6) Azotobarvar1 + Petabarvar2 7) Phosphatebarvar2 + Petabarvar2 8) Azotobarvar1 + Phosphatebarvar2 + Petabarvar2

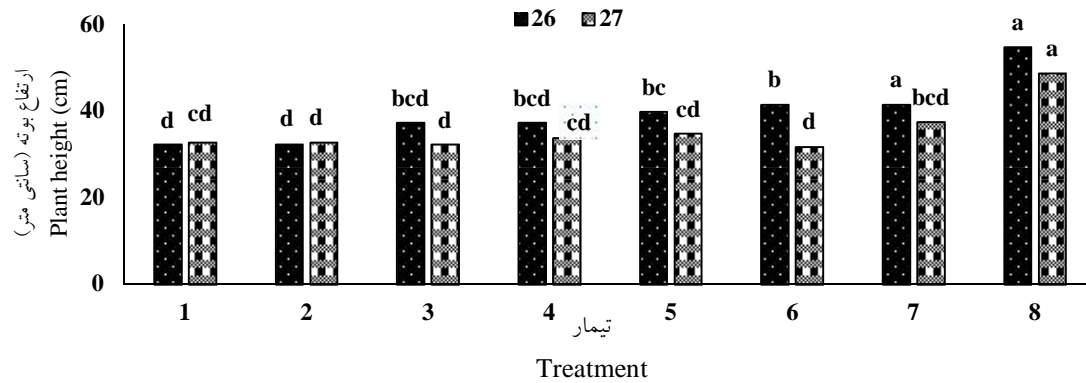
۲۶ اسفند و ترکیب کودی ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲ به دست آمد و کمترین آن (۳۱/۷۵ سانتی متر) در تاریخ کشت ۲۷ فروردین و عدم کاربرد کود زیستی به دست آمد (شکل ۴). تأثیر بیشتر تیمار کودی ترکیب ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲ نسبت به کاربرد این کودها به تنهایی می‌تواند به دلیل آزاد سازی سریع‌تر عناصر غذایی باشد که از این طریق زودتر در اختیار گیاه قرار می‌گیرند. با توجه به نتایج به دست آمده، چنین به نظر می‌رسد تلفیق کودهای زیستی به علت داشتن ترکیب مناسب عناصر مورد نیاز گیاه، اصلاح ساختمان فیزیکی و تقویت عوامل بیولوژیک خاک قادر هستند از ارتفاع بوته مناسبی برخوردار باشند. بالا بودن فراهمی عناصر غذایی به خصوص نیتروژن از طریق تحریک رشد رویشی و افزایش طول میانگره‌ها باعث افزایش ارتفاع بوته می‌گردد (۱۶). افزایش ارتفاع گیاه در نتیجه کاربرد کودهای زیستی

مطالعات مزرعه‌ای

ارتفاع بوته: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تاریخ کاشت، کود زیستی و نیز اثر متقابل تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر صفت ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر ساده کود نشان داد بالاترین ارتفاع بوته در ترکیب سه کود ازتوبارور ۱، پتابارور ۲ و فسفات بارور ۲ به دست آمد. ترکیب کودی ازتوبارور ۱ و پتابارور ۲ و همچنین ترکیب کودی فسفات بارور ۲ و پتابارور ۲ در مرتبه بعد قرار گرفتند و به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند. مقایسه میانگین اثرات ساده تاریخ کاشت نشان داد بالاترین ارتفاع بوته در تاریخ ۲۶ اسفند و کمترین ارتفاع بوته در تاریخ ۲۷ فروردین به دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر تاریخ‌های کشت مختلف بر ارتفاع بوته نشان داد که بالاترین ارتفاع بوته (۵۴/۷۵ سانتی متر) در تاریخ کشت

ناشی از افزایش توسعه ریشه و جذب بهتر آب و مواد غذایی و تولید هورمون‌های رشد از جمله جیبرلین و اکسین‌ها گزارش شده است (۱۷). در مطالعه اثر کاربرد مواد آلی، کودهای بیولوژیک در گیاه سورگوم علوفه‌ای

مشخص شد که در تمامی تیمارهای اعمال شده نسبت به شاهد، ارتفاع گیاه افزایش معنی‌داری یافت (۱۸).



شکل ۴- اثر متقابل تاریخ کشت و کودهای زیستی بر صفت ارتفاع بوته زنیان در شرایط مزرعه‌ای (۱...شاهد ۲) ازتوبارور ۱ (۳) فسفات بارور ۲ (۴) پتاتبارور ۲ (۵) ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲ (۶) ازتوبارور ۱ + پتاتبارور ۲ (۷) فسفات بارور ۲ + پتاتبارور ۲ (۸) ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲ + پتاتبارور ۲؛ (۲۶ اسفند ۲۷ فروردین)

Figure 4. The interaction effect of planting date and biofertilizers on the traits of plant height Ajowan in field conditions,,, 1) Control 2) Azotobarvar1 3) Phosphate barvar2 4) Petabarvar2 5) Azotobarvar1 + Phosphatebarvar2 6) Azotobarvar1 + Petabarvar2 7) Phosphatebarvar2 + Petabarvar2 8) Azotobarvar1 + Phosphatebarvar2 + Petabarvar2

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر شاخص‌های زراعی گیاه زنیان

Table 3- The results of variance analysis of the effect of planting date and biofertilizers on the agronomic indices of Ajowan plants

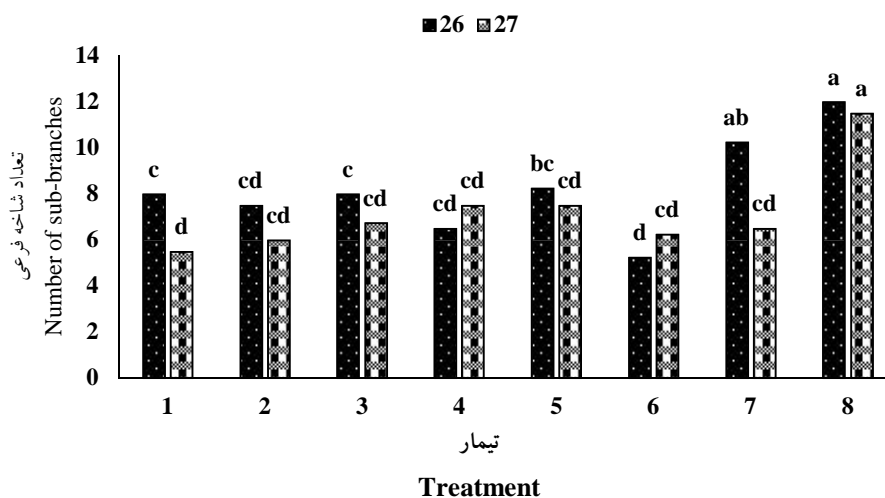
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares				
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه فرعی Number of sub-branches	تعداد چتر Number of flowers	وزن هزاردانه Thousand grain weight	عملکرد دانه Grain yield
تکرار Replication	3	45.93	2.67	57.56	0.027	4753.12
تاریخ کاشت Planting date	1	310.64**	17.01**	59.06**	0.11**	40501.56**
خطای کرت اصلی Main plot error	13	0.00001	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**
کود Fertilizer	4	299.06**	26.39**	1532.20**	0.21**	10883.92**
تاریخ کاشت × کود Planting date × Fertilizer	12	189.02**	15.90**	747.29**	0.14**	54610.56**
خطای کرت فرعی Sub-plot error	31	11.15	1.61	29.68	0.03	279.91
ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)	-	10.61	9.12	9.98	1.57	7.47

ns, * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهد.

ns, * and ** indicate non-significance and significance at 5% and 1% probability levels, respectively.

شاخه فرعی نشان داد که بیشترین تعداد شاخه فرعی (۱۲ شاخه) در تاریخ کشت ۲۶ اسفند و ترکیب کودی ازتوبارور ۱، فسفات بارور ۲ و پتابارور ۲ به دست آمد و کمترین آن (۶ شاخه) در تاریخ کشت ۲۷ فروردین و عدم کاربرد کود زیستی به دست آمد (شکل ۵). به نظر می‌رسد که در تیمار ترکیبی مصرف ترکیب کودهای ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲ شرایط مطلوبی برای بوته‌های زنیان در دستیابی به شرایط و منابع محیطی از جمله فراهمی نیتروژن، حاصل و با بهره‌برداری مطلوب‌تر از این منابع بر تعداد چتر در بوته افزوده شده است، علت افزایش تعداد غلاف در بوته را به دلیل افزایش شاخه‌های فرعی و بهبود فراهمی و کارایی مصرف منابع محیطی است (۱۸).

تعداد شاخه فرعی: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تاریخ کاشت، کود زیستی و نیز اثر متقابل تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر صفت تعداد شاخه فرعی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر ساده کود نشان داد بالاترین تعداد شاخه فرعی در ترکیب سه کود ازتوبارور ۱، فسفات بارور ۲ و پتابارور ۲ به دست آمد. ترکیب کودی ازتوبارور ۱ و پتابارور ۲ و همچنین ترکیب کودی فسفات بارور ۲ و پتابارور ۲ در مرتبه بعد قرار گرفتند و به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند. مقایسه میانگین اثرات ساده تاریخ کشت نشان داد بالاترین تعداد شاخه فرعی در تاریخ کشت ۲۶ اسفند و کمترین تعداد شاخه فرعی در تاریخ ۲۷ فروردین به دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر تاریخ‌های کشت مختلف بر تعداد



شکل ۵- اثر متقابل تاریخ کشت و کودهای زیستی بر صفت تعداد شاخه فرعی زنیان در شرایط مزرعه‌ای... (۱ شاهد ۲) ازتوبارور ۱ (۳ فسفات بارور ۲ (۴) پتابارور ۲ (۵) ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲ (۶) ازتوبارور ۱ + پتابارور ۲ (۷) فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲ (۸) ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲؛ (۲۶ اسفند - ۲۷ فروردین)

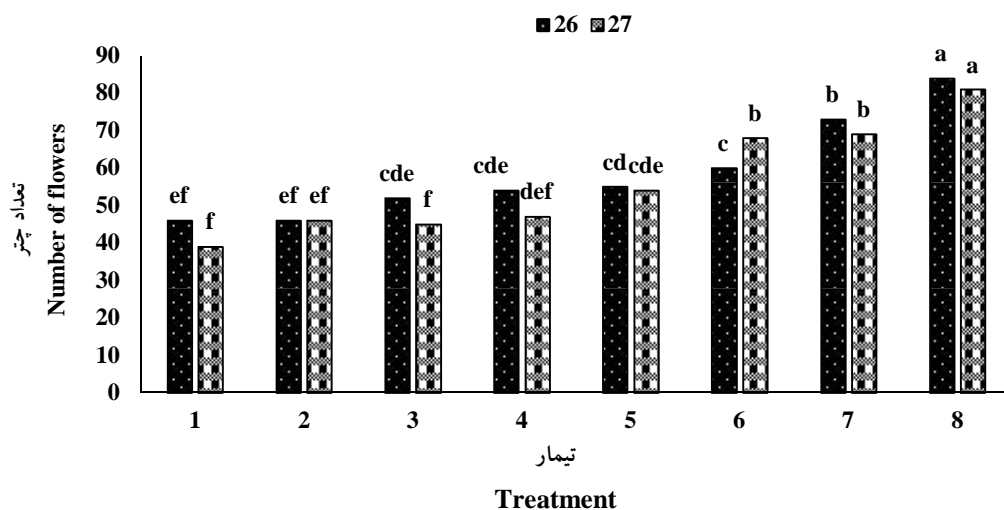
Figure 5. The interaction effect of planting date and biofertilizers on the trait of the number of Ajowan sub-branches in field conditions,,, 1) Control 2) Azotobarvar 1 3) Phosphate barvar2 4) Petabarvar2 5) Azotobarvar 1 + Phosphatebarvar2 6) Azotobarvar1 + Petabarvar2 7) Phosphatebarvar 2 + Petabarvar 2 8) Azotobarvar1 + Phosphatebarvar2 + Petabarvar2

اثر متقابل تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر صفت تعداد چتر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود

تعداد چتر: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تاریخ کاشت، کود زیستی و نیز

به شرایط و منابع محیطی از جمله فراهمی نیتروژن، حاصل و با بهره برداری مطلوب‌تر از این منابع بر تعداد چتر در بوته افزوده شده است. علت افزایش تعداد غلاف در بوته را به دلیل افزایش شاخه‌های فرعی و بهبود فراهمی و کارایی مصرف منابع محیطی عنوان شده است (۱۹). به نظر می‌رسد در تحقیق حاضر، کودهای زیستی در محیط ریشه، میزان فراهمی نیتروژن و جذب فسفر نامحلول موجود در خاک را برای گیاه به خصوص در مرحله زایشی افزایش داده و سبب بهبود رشد گیاه و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به بخش زایشی و در نتیجه افزایش تعداد چتر در بوته شده است. افزودن کود زیستی ازتوبارور ۱ که در فرایندهای رویشی و همچنین کود فسفات بارور ۲ و پتابارور ۲ که در فرآیند زایشی گیاه نقش کلیدی دارند، می‌تواند اجزای عملکرد گیاه را به میزان قابل توجهی افزایش دهد، اما تغییرات این افزایش در حضور سه کود چشمگیرتر می‌باشد.

(جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر ساده کود نشان داد بالاترین تعداد چتر در ترکیب سه کود ازتوبارور ۱، پتابارور ۲ و فسفات بارور ۲ به دست آمد. ترکیب کودی ازتوبارور ۱ و پتابارور ۲ و همچنین ترکیب کودی فسفات بارور ۲ و پتابارور ۲ در مرتبه بعد قرار گرفتند و به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند. مقایسه میانگین اثرات ساده تاریخ کشت نشان داد بالاترین تعداد چتر در تاریخ کاشت ۲۶ اسفند و کمترین تعداد چتر در تاریخ کشت ۲۷ فروردین به دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر تاریخ‌های کشت مختلف بر تعداد چتر نشان داد که بیشترین تعداد چتر (۸۰ عدد) در تاریخ کشت ۲۶ اسفند و ترکیب کودی ازتوبارور ۱، فسفات بارور ۲ و پتابارور ۲ به دست آمد و کمترین آن (۳۵ عدد) در تاریخ کشت ۲۷ فروردین و عدم کاربرد کود زیستی به دست آمد (شکل ۶). به نظر می‌رسد که در تیمار ترکیبی مصرف ترکیب کودهای ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲ شرایط مطلوبی برای بوته‌های زنیان در دستیابی



شکل ۶- اثر متقابل تاریخ کشت و کودهای زیستی بر صفت تعداد چتر زنیان در شرایط مزرعه‌ای... (۱ شاهد ۲) ازتوبارور ۱ (۳) فسفات بارور ۲ (۴) پتابارور ۲ (۵) ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲ (۶) ازتوبارور ۱ + پتابارور ۲ (۷) فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲ (۸) ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲ (۲۶ اسفند - ۲۷ فروردین)

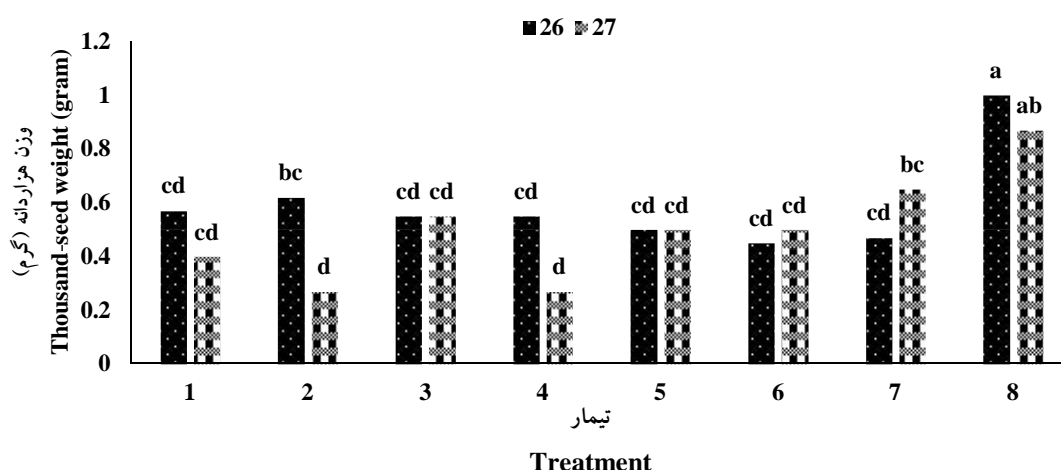
Figure 6. The interaction effect of planting date and biofertilizers on the trait of the number of Ajowan in field conditions... 1) Control 2) Azotobarvar 1 3) Phosphate barvar 2 4) Petabarvar 2 5) Azotobarvar 1 + Phosphatebarvar 2 6) Azotobarvar 1 + Petabarvar 2 7) Phosphatebarvar 2 + Petabarvar 2 8) Azotobarvar 1 + Phosphatebarvar 2 + Petabarvar 2

شدن اندازه دانه می‌گردد که بخشی از افزایش وزن هزار دانه می‌تواند به این دلیل باشد. در واقع افزایش میزان فسفر محلول، میزان ذخیره فیتین بذر را افزایش می‌دهد. که می‌تواند نقش مهمی در اندازه و وزن بذر داشته باشد (۲۱). باتوجه به نقش هورمون‌ها به‌خصوص سیتوکنین در افزایش ظرفیت مخزن و نقش آن در پرکردن دانه، به‌نظر می‌رسد که وزن کمتر بذر در تیمارهای عدم کاربرد کود زیستی، به دلیل کاهش میزان این هورمون‌ها باشد (۲۱). از طرفی دیگر، وزن هزار دانه متأثر از دمای هوا نیز باشد. چرا که وزن هزار دانه در تاریخ ۲۷ فروردین در مقایسه با ۲۶ اسفند دارای وزن کمتری می‌باشد. دمای بالا تأثیر منفی بر جوانه‌زنی گیاه مادری دارد و در مرحله پرشدن بذر و بلوغ فیزیولوژیکی منجر به کاهش جوانه‌زنی نتاج مادری می‌شود (۲۲).

عملکرد دانه: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تاریخ کاشت، کود زیستی و نیز اثر متقابل تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر صفت عملکرد دانه در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر ساده کود نشان داد بالاترین عملکرد دانه در ترکیب سه کود ازتوبارور ۱+ فسفات بارور ۲+ پتابارور ۲ به‌دست آمد. ترکیب کودی ازتوبارور ۱+ پتا بارور ۲ و همچنین ترکیب کودی فسفات بارور ۲+ پتابارور ۲ در مرتبه بعد قرار گرفتند و به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند. مقایسه میانگین اثرات ساده تاریخ کاشت نشان داد بالاترین عملکرد دانه در تاریخ ۲۶ اسفند و کمترین عملکرد دانه در تاریخ ۲۷ فروردین به‌دست آمد

وزن هزار دانه: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تاریخ کاشت، کود زیستی و نیز اثر متقابل تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر صفت وزن هزاردانه در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر ساده کود نشان داد بالاترین وزن هزار دانه در ترکیب سه کود ازتوبارور ۱، پتابارور ۲ و فسفات بارور ۲ به‌دست آمد. ترکیب کودی ازتوبارور ۱ و پتا بارور ۲ و همچنین ترکیب کودی فسفات بارور ۲ و پتابارور ۲ در مرتبه بعد قرار گرفتند و به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند. مقایسه میانگین اثرات ساده تاریخ کاشت نشان داد بالاترین وزن هزار دانه در تاریخ ۲۶ اسفند و کمترین وزن هزار دانه در تاریخ ۲۷ فروردین به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر تاریخ‌های کشت مختلف بر وزن هزار دانه نشان داد که بیشترین وزن (۱ گرم) در تاریخ کشت ۲۶ اسفند و ترکیب کودی ازتوبارور ۱+ فسفات بارور ۲+ پتابارور ۲ به‌دست آمد و کم‌ترین آن (۰/۲ گرم) در تاریخ کشت ۲۷ فروردین و عدم کاربرد کود زیستی به‌دست آمد (شکل ۷).

کاربرد کودهای زیستی ازتوبارور ۱ به همراه کودهای فسفات و پتابارور با بهبود رشد ریشه و افزایش آسیمیلایسیون مواد فتوسنتزی از طریق افزایش سطح برگ و افزایش ظرفیت فتوسنتزی در دوره قبل از گلدهی، می‌تواند در مرحله پس از گلدهی با انتقال مجدد این مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن وزن هزار دانه را بهبود بخشد (۲۰). در پژوهشی دیگر، زیدان (۲۰۰۷) گزارش دادند که افزایش فسفر محلول خاک باعث جذب عناصر فسفر، پتاسیم، منیزیم و روی می‌شود و اختصاص بیشتر این مواد غذایی و به‌تبع آن اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به بذر منجر به بزرگ



شکل ۷- اثر متقابل تاریخ کشت و کودهای زیستی بر وزن هزار دانه زینان در شرایط مزرعه‌ای... (۱) شاهد (۲) ازتوبارور ۱ (۳) فسفات بارور ۱ (۴) فسفات بارور ۲ (۵) ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲ (۶) ازتوبارور ۱ + پتابارور ۲ (۷) فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲ (۸) ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲ + پتابارور ۲؛ (۲۶ اسفند - ۲۷ فروردین)

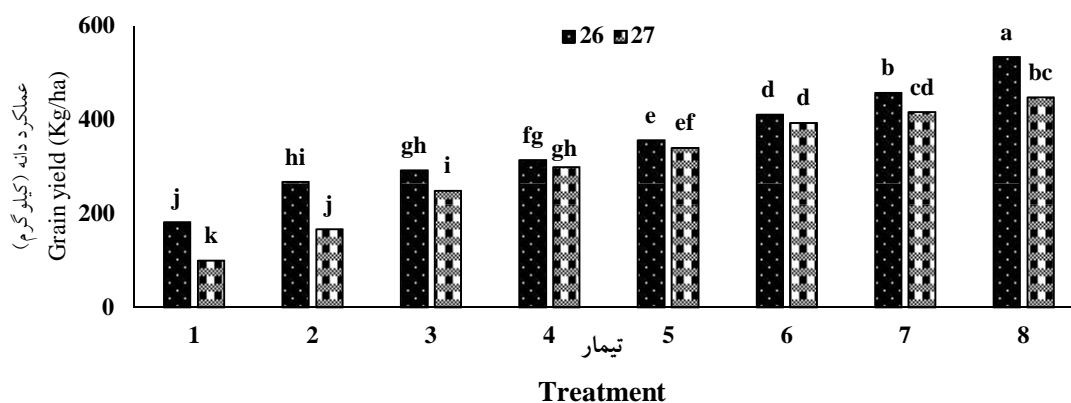
Figure 7. The interaction effect of planting date and biofertilizers on Thousand-seed weight of Ajowan under field conditions... 1) Control 2) Azotobarvar1 3) Phosphate barvar2 4) Petabarvar2 5) Azotobarvar1 + Phosphatebarvar 2 6) Azotobarvar 1 + Petabarvar 2 7) Phosphatebarvar2 + Petabarvar 2 8) Azotobarvar 1 + Phosphatebarvar 2 + Petabarvar 2

نشان داد که تلفیق کودهای زیستی و کودهای شیمیایی عملکرد و اجزای عملکرد بهتری نسبت استفاده جداگانه آنها داشت (۲۴). همچنین، توحیدی نیا و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که کاربرد کود زیستی حاوی میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفر می‌تواند با افزایش جذب فسفر از خاک منجر به افزایش عملکرد دانه ذرت گردد (۲۵). همچنین گراندلر و همکاران (۲۰۰۸) نیز بیان کردند که افزایش فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی و آزاد سازی عناصر غذایی موجود در کلوئیدهای خاک از دلایل مهم افزایش عملکرد در سیستم‌های تلفیقی است (۲۶). مصرف باکتری‌های حل‌کننده فسفات (*Bacillus megaterium* و *Pseudomonas spp*) موجب بهبود بارز ویژگی‌هایی مانند ارتفاع بوته، تعداد گل و عملکرد دانه در گیاه دارویی گل گاوزبان (*Borago officinalis*) و نیز افزایش چشمگیر صفاتی چون ارتفاع بوته و عملکرد دانه در گیاه دارویی سیاهدانه گردید (۲۷). در حالت کلی، بهبود فتوسنتز

. بیشترین عملکرد دانه (۵۳۳/۷۵ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کشت ۲۶ اسفند و ترکیب کودی ازتوبارور ۱، فسفات بارور ۲ و پتابارور ۲ به دست آمد و کم‌ترین آن (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کشت ۲۷ فروردین و عدم کاربرد کود زیستی به دست آمد (شکل ۸). به نظر می‌رسد که بالا بودن عملکرد دانه در تاریخ کاشت زودتر (۲۶ اسفند) به دلیل طولانی‌تر بودن فصل رشد و استفاده از شرایط اقلیمی مناسب اوایل بهار بود. در شرایط کاشت دیر هنگام و مصادف شدن با تنش خشکی، عقیم شدن دانه‌های گرده در زمان تنش و ایجاد حالت غیرعادی در فتوسنتز و کاهش انتقال مواد به دانه و در نتیجه کاهش وزن و عملکرد دانه را به دنبال داشته باشد (۲۳). در این پژوهش، استفاده از کودهای زیستی توانست عملکرد دانه را بهبود بخشد. مشابه این پژوهش، تأثیر کودهای زیستی (ازتوباکتر و آزوسپریلیوم) و کود شیمیایی نیتروژن به‌طور جداگانه و در ترکیب‌های مختلف بر روی عملکرد و اجزای عملکرد ارزن بررسی شد. نتایج

ابتدایی رشد گیاهان، کودهایی که حاوی باکتری‌های تبدیل فرم نیتروژن به حالت محلول باشد ازت لازم را در اختیار گیاه قرار دهند و در دوره‌های بعدی رشد، کودهای دیگر که حاوی فسفر و پتاسیم مورد نیاز گیاه را تأمین نمایند. اضافه کردن کودهای زیستی می‌تواند بر فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک جهت تجزیه مواد آلی نیتروژن دار و همچنین معدنی کردن کربن، فسفر و پتاسیم آلی مؤثر باشد.

به وسیله باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات با افزایش رشد رویشی که ناشی از انتقال بهتر عناصر غذایی به‌ویژه فسفر و نیتروژن به گیاه می‌باشد، باعث افزایش وزن خشک، وزن هزاردانه و در نتیجه عملکرد دانه می‌شود (۲۸). ممکن است کاربرد کودهای زیستی به کاربرد شده در این پژوهش هر کدام به تنهایی به اندازه تلفیق آنها در افزایش تولید بذر مؤثر نباشد، زیرا مخلوط نمودن این منابع با یکدیگر این امکان را فراهم می‌سازد که در دوره‌های



شکل ۸- اثر متقابل تاریخ کشت و کودهای زیستی بر عملکرد زنیان در شرایط مزرعه‌ای (۱ شاهد ۲) ازتوبارور (۳) فسفات بارور (۴) پتابارور (۵) ازتوبارور + فسفات بارور (۶) ازتوبارور + پتابارور (۷) فسفات بارور + پتابارور (۸) ازتوبارور + فسفات بارور + پتابارور (۲۶ اسفند - ۲۷ فروردین)

Figure 8. The interaction effect of planting date and biofertilizers on Ajowan grain yield in field conditions,, 1) Control 2) Azotobarvar1 3) Phosphate barvar2 4) Petabarvar2 5) Azotobarvar1 + Phosphatebarvar2 6) Azotobarvar1 + Petabarvar2 7) Phosphatebarvar2 + Petabarvar2 8) Azotobarvar1 + Phosphatebarvar2 + Petabarvar 2

طویل شدن سلولی باشد. همچنین ترکیب کودی ازتوبارور + فسفات بارور + پتابارور اثرات مخرب شوری تا سطح ۴ دسی‌زیمنس بر متر را کاهش دهد. نتایج به دست آمده از شرایط مزرعه نشان داد که بالاترین عملکرد دانه از ترکیب کودی ازتوبارور + فسفات بارور + پتابارور به دست آمد و تلفیق این کودها تأثیر قابل توجهی روی عملکرد و شاخص‌های مزرعه گذاشت. در منطقه کاشمر تاریخ کاشت ۲۶ اسفند نسبت به تاریخ کاشت ۲۷ فروردین عملکرد بالاتری نشان داد و این ممکن است به دلیل این باشد

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به دست آمده از این پژوهش در شرایط گلخانه‌ای نشان داد که تنش شوری و شرایط نامناسب تغذیه‌ای موجب کاهش درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول گیاهچه در گیاه زنیان شد. با رسیدن سطح تنش شوری به ۸ دسی‌زیمنس بر متر صفات مورد بررسی کاهش یافتند. کاهش صفات رویشی در نتیجه تنش شوری در شرایط گلخانه‌ای شرایط نامناسب از لحاظ کمبود مواد آلی و معدنی و هم از لحاظ شرایط نامناسب بافتی، موجب کاهش تقسیم و

شوری را کاهش دهد. به طور کلی، تلفیق این کودها به حل شدن عناصر نامحلول در خاک کمک می‌کنند و باعث می‌شوند گیاه حداکثر استفاده از عناصر غذایی و عملکرد بالاتری نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی را داشته باشد.

که دانه‌بندی گیاه در تاریخ ۲۰ فروردین به گرمای بالا مصادف شود و عملکرد را کاهش بدهد. با افزایش تنش شوری به ۸ دسی‌زیمنس بر متر از عملکرد دانه کاسته شد و بیشترین عملکرد تا سطح ۴ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. کودهای زیستی هم تا سطح ۴ دسی‌زیمنس بر متر توانست اثرات مخرب تنش

References

1. Nyakudya, T.T., Nyakudya, T. T., Tshabalala, T., Dangarembizi, R., Erlwanger, K. H., & Ndhlala, A. R. (2020). The potential therapeutic value of medicinal plants in the management of metabolic disorders. *Molecules*, 25(11), 2669.
2. Rezaei-Chiyaneh, E., Mahdavia, H., Subramanian, S., Alipour, H., Siddique, K. H., & Smith, D. L. (2021). Co-inoculation of phosphate-solubilizing bacteria and mycorrhizal fungi: Effect on seed yield, physiological variables, and fixed oil and essential oil productivity of ajowan (*Carum copticum* L.) under water deficit. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21, 3159-3179.
3. Faehrich, B., Franz, C., Nemaz, P., & Kaul, H. P. (2021). Medicinal plants and their secondary metabolites—State of the art and trends in breeding, analytics and use in feed supplementation—With special focus on German chamomile. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 94, 61-74.
4. Aslam, M., Aslam, A., Sheraz, M., Ali, B., Ulhassan, Z., Najeeb, U., Zhou, W., & Gill, R. A. (2021). Lead toxicity in cereals: Mechanistic insight into toxicity, mode of action, and management. *Frontiers in plant science*, 11, 587785.
5. Moradi, A., and Piri, R. 2018. Plant growth promoting rhizobacteria enhance salinity stress tolerance in Cumin (*Cuminum cyminum* L.) during germination stage. *Plant Process and Function*, 6: 22, 47-54.
6. Fazeli-Nasab, B., Piri, R., & Rahmani, A. F. (2022). Assessment of the role of rhizosphere in soil and its relationship with microorganisms and element absorption. *Plant Protection: From Chemicals to Biologicals*, 225.
7. Piri, R. A. M. I. N., Moradi, A., & Balouchi, H.. (2020). Improvement of salinity stress in cumin (*Cuminum cyminum*) seedling by inoculation with Rhizobacteria. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 90, 371-375.
8. Mugiyo, H., Mhizha, T., Chimonyo, V. G., & Mabhaudhi, T. (2021). Investigation of the optimum planting dates for maize varieties using a hybrid approach: A case of Hwedza, Zimbabwe. *Heliyon*, 7(2).
9. Parnell, J. J., Berka, R., Young, H. A., Sturino, J. M., Kang, Y., Barnhart, D. M., & DiLeo, M. V. (2016). From the lab to the farm: an industrial perspective of plant beneficial microorganisms. *Frontiers in plant science*, 7, 1110.
10. Mariani, L., & Ferrante, A. (2017). Agronomic management for enhancing plant tolerance to abiotic stresses—drought, salinity, hypoxia, and lodging. *Horticulturae*, 3(4), 52.
11. Hoseini, A., Moradi, A., & Behzadi, Y. (2019). Effects of maternal plant nutrition on the absorption of some nutritional elements, enzyme activity and germination characteristics of Anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 8(1), 97-115.
12. Rezvani Moghadam, P., & Moradi, R. (2011). Evaluation of planting dates, intercropping and biological fertilizers on the yield and quality of essential oil of cumin and fenugreek. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 43(2), 217-230.

13. Saska, P. and Honek, A. 2022. Seed Predation and Weed Seedbanks. *Persistence Strategies of Weeds*. pp. 144-164.
14. Darzi, M. T., Ghalavand, A., & Rejali, F. (2008). Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowering, biological yield and root colonization in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Field Crop Scienc*, 10: 88-109.
15. Al-Jubouri, A. K., & Khafaji, H. A. (2021, November). The Effect of Type and Method of Immobilizing Bacillus Megaterium Bacteria Inoculation in Increasing Potassium Available and Growth of Wheat Plant *Triticum Aestivum* L. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 923, 1,
16. Moradzadeh, S., Siavash Moghaddam, S., Rahimi, A., Pourakbar, L., El Enshasy, H. A., & Sayyed, R. Z. (2021). Bio-Chemical Fertilizer Improves the Oil Yield, Fatty Acid Compositions, and Macro-Nutrient Contents in *Nigella sativa* L. *Horticulturae*, 7(10), 345.
17. Mondal, S., & Panda, D. (2019). Seaweed as source of plant growth promoters and bio-fertilizers: an overview. *Handbook of Algal Technologies and Phytochemicals*, 111-121.
18. Ismaeil, F. M., Abusuwar, A. O., & El Naim, A. M. (2012). Influence of chicken manure on growth and yield of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *International Journal of Agriculture and Forestry*, 2(2), 56-60.
19. Sharifi, A., Sadeghnezhad, H. R., & Faraji, A. (2016). Effect of conservation tillage systems on growth, yield and yield components of soybean. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 18(3), 74-83.
20. Khan, S., Yu, H., Li, Q., Gao, Y., Sallam, B. N., Wang, H., Peng L., & Jiang, W. (2019). Exogenous application of amino acids improves the growth and yield of lettuce by enhancing photosynthetic assimilation and nutrient availability. *Agronomy*, 9(5), 266.
21. Zeidan, M. S. (2007). Effect of organic manure and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of lentil plants in sandy soil. *Research journal of agriculture and biological sciences*, 3(6), 748-752.
22. Rashid, M., Hampton, J. G., Rolston, M. P., Khan, K. M., & Saville, D. J. (2018). Heat stress during seed development affects forage brassica (*Brassica napus* L.) seed quality. *Journal of agronomy and crop science*, 204(2), 147-154.
23. Chandrasekar, B. R., Ambrose, G., & Jayabalan, N. (2005). Influence of biofertilizers and nitrogen source level on the growth and yield of *Echinochloa frumentacea* (Roxb) Link. *Journal of Agricultural Technology*, 1(2), 223-234.
24. Mollasadeghi, V., & Dadbakhsh, A. (2011). Evaluation of some yield components in wheat genotypes under the influence of drought stress after flowering. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(6), 1137-1142.
25. Tohidinia, M. A., Mazaheri, D., Bagher-Hosseini, S. M., & Madani, H. (2013). Effect of biofertilizer Barvar-2 and chemical phosphorus fertilizer application on kernel yield and yield components of maize (*Zea mays* cv. SC704). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 15(4).
26. Gryndler, M., Sudová, R., Püschel, D., Rydlová, J., Janoušková, M., & Vosátka, M. (2008). Cultivation of high-biomass crops on coal mine spoil banks: can microbial inoculation compensate for high doses of organic matter? *Bioresource Technology*, 99(14), 6391-6399.
27. Shaalan, M. N. (2005). Effect of compost and different sources of biofertilizers, on borage plants (*Borago officinalis* L.). *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 83 (1), 271-284.
28. Sindhu, S. S., Phour, M., Choudhary, S. R., & Chaudhary, D. (2014). Phosphorus cycling: prospects of using rhizosphere microorganisms for improving phosphorus nutrition of plants. *Geomicrobiology and biogeochemistry*, 199-237.

