دانش
کشاورزی و تولید پایدار

Journal of Agricultural Science and Sustainable Production
Volume 35, Issue 1, 2025, Pages 1-23

Journal URL: https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir
Online ISSN: 2476-4329

Effect of Biological and Chemical Fertilizers and Seaweed Extract Application on Yield, Yield Components and some Physiological Traits of Rainfed Chickpea (Saeed cv.)

Hedayat Abdoli[1], Yousef Nasiri[2*], Mohsen Janmohammadi[3], Mojtaba Nooraeen[2]

Received: 15 May 2023	Accepted: 24 January 2024

1-Ph.D Student of Agrotechnology- Crop Ecology, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.
2-Assoc. Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.
3-Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.
*Corresponding Author: E-mail: ysf_nasiri@yahoo.com

Abstract

Background and Objective: This research was carried out to investigate grain yield, yield components, protein percentage, and some physiological traits of chickpea (Saeed cv) under the influence of biological and chemical fertilizers and seaweed extract.

Materials and Methods: The experiment was conducted in two years (2019 and 2020) under rainfed conditions in Oshnavieh City of West Azarbaijan Province as factorial based on a randomized complete blocks design (RCBD) with three replications. The first factor was included of the application of biological and chemical fertilizers: control (no fertilizer), Phosphate Barvar 2 as a biological fertilizer, ammonium phosphate as a chemical fertilizer, 50% chemical fertilizer + 50% biological fertilizer and 100% chemical fertilizer + 100% biological fertilizer, and the secondary factor was included as foliar spraying of seaweed extract in three levels of control, application before flowering and application after flowering. The studied traits were included as plant height, number of sub-stems, number of pods per plant, number of grains per plant, one hundred grain weight, grain yield, chlorophyll *a+b* content, carotenoid content, soluble sugar content, and grain protein percentage.

Results: The results showed that the application of biological and chemical fertilizers had a positive effect on improving the growth characteristics of chickpeas, so that the combined application of biological and chemical fertilizers had the greatest increase on the number of pods and the number of grains per plant. Application of seaweed extract before flowering or after flowering caused a significant increase in the number of pods per plant and the one handred grain weights. The highest grain yield in the first year (133.7 $g.m^{-2}$) was obtained under the combined treatment of biological and chemical fertilizers (50:50) + the application of seaweed extract before flowering stage and in the second year (149.0 $g.m^{-2}$) under combined treatment of biological and chemical fertilizers (100:100) + the application of seaweed extract after flowering stage. The highest content of soluble sugar was obtained with the combined application of biofertilizer and chemical fertilizers under foliar spraying of seaweed extract before or after flowering stages. The percentage of chickpea grain protein showed a significant increase in the first year with separate or combined application of biological and chemical fertilizers compared to the control, and in the second year it showed the highest increase with the application of chemical or combined fertilizers. The content of chlorophyll *a+b* showed a significant increase with the application of seaweed extract after flowering stage, and the carotenoid content showed the maximum increases in the both years with the combined application of biological and chemical fertilizers or the application of 100% chemical fertilizer + the application of seaweed extract after flowering.

Conclusion: Based on the overall results of this study, the application of chemical and biological fertilizers, especially their combined application along with foliar application of seaweed extract, can be effective in increasing the quantitative and qualitative yield of chickpea under rainfed conditions. On the other hand, removing or reducing the application of chemical inputs and replacing them with biofertilizers and growth stimulants such as seaweed eextract can be considered as an important step towards achieving sustainable agriculture goals especially in the rainfed conditions.

Keywords: *Cicer arietinum*, one Hundred Grain Weight, Number of Pods per Plant, Protein Percentage, Solubl Sugar Content, *Spirulina* Seaweed Extract.

This is an open-access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)
Copyright@ 2025 Yousef Nasiri E-mail: ysf_nasiri@yahoo.com
https://doi.org/10.22034/saps.2024.56629.3046

نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۵، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات ۲۳-۱

دانش کشاورزی و تولید پایدار

تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی و عصاره جلبک دریایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی شاخص های فیزیولوژیکی نخود زراعی دیم (رقم سعید)

هدایت عبدلی[۱]، یوسف نصیری[۲*]، محسن جان محمدی[۳]، مجتبی نورآئین [۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۲۵	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۴

۱-دانشجوی دکتری اگروتکنولوژی- اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
۲-دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
۳-استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
*نویسنده مسئول: E-mail: ysf_nasiri@yahoo.com
۲

چکیده

مقدمه و اهداف: این پژوهش به‌منظور بررسی عملکرد دانه، اجزای عملکرد، درصد پروتئین و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی نخود زراعی (رقم سعید) تحت تأثیر کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی و عصاره جلبک دریایی انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و طی دو سال زارعی (۱۳۹۸ و ۱۳۹۹) به‌صورت مزرعه‌ای در شهرستان اشنویه استان آذربایجان غربی انجام شد. عامل اول کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی شامل: شاهد (عدم کاربرد کود)، مصرف خاکی کود زیستی فسفات بارور۲، کود شیمیایی آمونیوم فسفات، ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد کود زیستی و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی + ۱۰۰ درصد کود زیستی و عامل دوم محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در سه سطح شاهد، کاربرد قبل از مرحله گلدهی و کاربرد بعد از مرحله گلدهی بود. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، تعداد ساقه‌های فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه، محتوای کلروفیل $a+b$، محتوای کارتنوئید، محتوای قند محلول و درصد پروتئین دانه بود.

یافته ها: نتایج نشان داد کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی تأثیر مثبتی بر بهبود صفات رشدی نخود داشت به‌طوری که کاربرد ترکیبی کودهای زیستی و شیمیایی بیشترین افزایش را بر تعداد غلاف و تعداد دانه در هر بوته داشتند. کاربرد عصاره جلبک دریایی قبل از شروع گلدهی و یا بعد از گلدهی در مقایسه با شاهد باعث افزایش معنی‌دار تعداد دانه و غلاف در بوته و وزن صد دانه شد. بیشترین عملکرد دانه در سال اول (۱۳۳/۷ گرم در مترمربع) تحت تیمار ترکیبی کودهای زیستی و شیمیایی (۵۰:۵۰) همراه با کاربرد عصاره جلبک دریایی قبل از مرحله گلدهی و در طی سال دوم (۱۴۹/۰ گرم در مترمربع) تحت تیمار ترکیبی (۱۰۰:۱۰۰) توأم با کاربرد عصاره جلبک دریایی قبل از مرحله گلدهی به‌دست آمد. بیشترین محتوای قند محلول با کاربرد ترکیبی کود زیستی و کود شیمیایی در شرایط محلول‌پاشی عصاره جلبک در مرحله قبل یا بعد از گلدهی به‌دست آمد. درصد پروتئین دانه نخود در سال اول با کاربرد جداگانه و یا ترکیبی کودهای زیستی و شیمیایی نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد و در سال دوم با کاربرد کودهای شیمیایی و یا ترکیبی بیشترین افزایش را نشان داد. غلظت کلروفیل $a+b$ با کاربرد عصاره جلبک دریایی بعد از مرحله گلدهی افزایش معنی‌دار نشان داد و غلظت

کارتنوئید در هردو سال با کاربرد ترکیبی کودهای زیستی و شیمیایی و یا کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی همراه با محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بعد از گلدهی بیشترین افزایش‌ها را نشان داد.

نتیجه گیری: کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی به‌ویژه کاربرد ترکیبی آنها توأم با محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی می‌تواند در افزایش عملکرد کمی و کیفی نخود در شرایط دیم مؤثر باشد. از سوی دیگر حذف یا کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و جایگزینی آنها با کودهای زیستی و محرک‌های رشد مانند عصاره جلبک دریایی را می‌توان گامی مهم در جهت دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار به‌ویژه در شرایط دیم در نظر گرفت.

واژه های کلیدی: وزن صددانه، درصد پروتئین، محتوای قند محلول، عصاره جلبک *اسپیرولینا*، تعداد غلاف در بوته، *Cicer arietinum*

مقدمه

نخود زراعی(*Cicer arietinum* L.) از جمله بقولاتی است که به‌دلیل دارا بودن ۳۳-۱۳ درصد پروتئین، ۵۵-۴۰ درصد کربوهیدارت، ویتامین‌های گروه B (تیامین، ریبوفلاوین و نیاسین) (کاور و همکاران ۲۰۱۶)، فولات، β-کاروتن و عناصر معدنی همچون Zn، Se، Fe، Ca، Mg، K، Cu و P (دراگیسویک و همکاران ۲۰۱۸) سهم عمده‌ای در جیرهٔ غذایی انسان دارد.

محدودیت در منابع آب منجر به کاهش توان تولیدی در اکوسیستم‌های کشاورزی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک گردیده و در بسیاری از زمین‌های کشاورزی استعداد تولید محصولات گیاهی در آنها کاهش یافته و یا به‌طورکلی از بین رفته است. در این راستا نقش مدیریت انسان در برنامه‌های تولید محصولات کشاورزی در جهت استفاده صحیح از منابع اعم از آب و خاک چشمگیر است. مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی، انرژی و هزینه‌های تولید و مصرف آن‌ها و اثرات سویی که بر چرخه‌های زیستی و خود پایداری بوم نظام‌های زراعی دارند، از علل رویکرد به کاربرد کودهای زیستی می‌باشند (زهیر و همکاران ۲۰۰۴). کاربرد کودهای زیستی و آلی علاوه بر تأمین عناصر غذایی به‌شکل متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان و افزایش رشد و عملکردآن‌ها، موجب کاهش مصرف کودهای شیمیایی و کمک به حفظ محیط زیست و بهبود حاصل‌خیزی زمین‌های کشاورزی می‌شود (نصیری ۲۰۲۲). علاوه بر این کاربرد چنین کودهایی باعث افزایش مقاومت گیاهان به شرایط کم‌آبی، بیماری-ها و آفات می‌شود (محمدی و سهرابی ۲۰۱۲).

امروزه استفاده از انواع محرکهای زیستی بهبوددهند رشد گیاهان در کشاورزی متداول شده است. به‌نظر می-رسد در شرایط خاک‌های آهکی، محرک‌های رشد گیاهی بتوانند به‌عنوان یک استراتژی برای بهبود جذب عناصر غذایی استفاده شوند. کنترل و سرعت بخشیدن به فرآیندهای حیاتی گیاه، بهبود جوانه‌زنی بذر و فعالیت بیولوژیکی، افزایش مقاومت در برابر تنش‌ها و توسعه و رشد گیاهی از جمله نقش‌های این محرک‌های زیستی دوستدار محیط زیست هستند (رفیعی و همکاران ۲۰۲۰). عصاره جلبک دریایی نیز به‌عنوان یک کود یا محرک زیستی شناخته شده (استریک ۲۰۰۴)، به‌دلیل داشتن هورمون‌های رشد مانند سیتوکنین، ایندول استیک اسید و عناصری مانند آهن، مس، روی، کبالت، مولیبدن، منگنز و نیکل، ویتامین‌ها و آمینواسیدها تأثیر مفیدی روی رشد گیاهان دارد. نتایج بررسی‌ها نشان داده که کاربرد عصاره جلبک باعث افزایش رشد گیاه، تحریک رشد ریشه، تأخیر در پیری و بهبود تحمل به تنش‌های محیطی از قبیل خشکی، شوری و دمای هوا می‌شود (کینگمن و مور ۱۹۸۲؛ لودویک مولر ۲۰۰۰). عصاره جلبک دریایی گونه *اسپیرولینا پلاتنسیس* به لحاظ دارا بودن پروتئین، اسید چرب‌های ضروری مثل گامالینولنیک، ویتامین‌ها مخصوصاً ویتامین B_{12} و پیش‌ساز ویتامین A، مواد معدنی از جمله آهن و کلسیم، سولفولیپیدها، ترکیبات آنتی اکسیدانی مانند فایکوسیانین، سلنیوم، کارتنوئیدها و

غیره، از جمله غنی‌ترین عصاره‌های جلبک دریایی مورد استفاده می‌باشد (غفاری‌زاده و همکاران ۲۰۱۵). در سال-های اخیر استفاده از تولیدات طبیعی مانند عصاره جلبک دریایی و کودهای زیستی به‌عنوان جانشین کودهای سنتزی و شیمیایی مرسوم نقش مهمی را بر عهده گرفته-اند (دیلیپ کومار و همکاران ۲۰۰۱). کاربرد عصاره جلبک‌های دریایی دارای اثرات مثبتی بر روی گیاه ازجمله افزایش عملکرد، افزایش جذب و استفاده از مواد مغذی، افزایش فعالیت فتوسنتزی و مقاومت در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی است (ون اوستن و همکاران ۲۰۱۷). افزایش سرعت فتنوسنتز و محتوای کلروفیل و بهبود عملکرد لوبیا در شرایط تنش خشکی نیز با کاربرد عصاره جلبک دریایی توسط بیگ‌زاده و همکاران (۲۰۲۰) گزارش شده است.

با توجه اینکه اکثر زمین‌های زیر کشت نخود در شرایط دیم مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارند و مسائل مربوط به کمبود بارندگی و بروز خشکی، در کشور حاکم است، به‌نظر می‌رسد که استفاده از کودهای شیمیایی در شرایط کم‌آبی و دیم تأثیر معنی‌داری در بهبود عملکرد محصول نخواهد داشت و علاوه بر این می-تواند اثرات نامطلوب بر سلامت انسان و محیط زیست داشته باشد. بنابراین پژوهش در خصوص جایگزین نمودن نهاده‌های شیمیایی با نهاده‌های غیرشیمیایی و دوستدار محیط زیست از جمله کودها و محرک‌های زیستی می‌تواند گامی مهم در جهت دستیابی به پایداری در کشاورزی باشد. لذا هدف از اجرای این پژوهش بررسی کاربرد نهاده‌های زیستی، شیمیایی و عصاره جلبک دریایی بر عملکرد کمی و کیفی و برخی صفات بیوشیمیایی نخود زراعی رقم سعید در شرایط دیم بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی در دو سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ تحت شرایط دیم در مزرعه‌ای در شهرستان اشنویه با ۱۵۷۰ متر ارتفاع از سطح دریا و طول و عرض جغرافیایی به‌ترتیب ۴۵درجه شرقی و ۳۷ درجه شمالی اجرا شد. عامل اول کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی شامل: شاهد (عدم کاربرد کود)، کود زیستی فسفات بارور ۲، کود شیمیایی (بر اساس توصیه کودی)، کود زیستی + کود شیمیایی (۱۰۰:۱۰۰) و کود زیستی + کود شیمیایی (۵۰:۵۰) و عامل دوم محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی (*اسپیرولینا*) در سه سطح شامل عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی قبل از گلدهی و محلول‌پاشی بعد از گلدهی بودند. آزمایش در سه تکرار انجام شد و بذر نخود زراعی مورد استفاده رقم سعید بود. از آنجایی که رقم سعید نخود از لحاظ عملکرد دانه مطلوب، از نظر ارتفاع بوته مناسب جهت برداشت مکانیزه، دارای وزن صد دانه بالا، پروتئین مناسب دانه و تحمل به بیماری برق زدگی است و همچنین سازگار با کشت در شرایط دیم و اقلیمی منطقه (معتدل و سرد) می‌باشد جهت کشت انتخاب گردید. کود زیستی فسفاته بارور ۲ از شرکت زیست فناور سبز تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. این کود زیستی دارای باکتری‌های مفید حل‌کننده فسفات از جمله *Pseudomonas putida* strain P13 و Pantoea agglomerans strain P5 است و در هر بسته ۱۰۰ گرمی از آن 10^9 باکتری زنده و فعال از هرکدام از سویه-های ذکرشده موجود می‌باشد. باکتری‌های موجود در کود زیستی فسفاته بارور ۲ با استفاده از دو سازوکار ترشح اسیدهای آلی و آنزیم فسفاتاز قادر هستند یون فسفر را از ترکیبات فسفردار و نامحلول خاک رها کرده و آنها را به فرم محلول قابل جذب گیاه تبدیل کند (صالح راستین ۲۰۰۱؛ حسن پور و همکاران، ۲۰۲۰). نتایج آزمایش‌های متعددی حاکی از آن است که کاربرد کودهای زیستی فسفاته از جمله فسفات بارور ۲ علاوه بر بهبود صفات فیزیولوژیکی در گیاه و افزایش عملکرد کمی و کیفی محصول باعث القای مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی نیز می‌شود (آزرمی آتاجان ۲۰۲۰؛ کمائی و همکاران، ۲۰۱۹؛ توحیدی نیا و همکاران ۲۰۱۴). پودر ریزجلبک *اسپیرولینا* از شرکت دانش‌بنیان ریزجلبکی پارسیان تهیه شد و گونه ریزجلبک مورد استفاده *Spirulina platensis* بود. این کود حاوی انواع مختلفی از اسیدهای آمینه غیرضروری و ضروری همچون آرژنین، آلانین، گلایسین، پرولین، سرین، لوسین، ایزولوسین، لیسین، تریپتوفان، وانیلن و آنزیم‌هایی

همچون سوپراکسیددیسوتاز و گلوتاتیون پراکسیداز می‌باشد. مقادیر برخی دیگر از ترکیبات موجود در عصاره جلبک دریایی مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است. بعداز عملیات شخم و دیسک‌زنی زمین، کرت-هایی با ابعاد۴×۱/۸ مترمربع تهیه گردید و در هر کرت ۵ ردیف کاشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر لحاظ شد و فاصله کاشت بین بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر (تراکم کاشت ۳۳/۳ بوته در مترمربع) درنظر گرفته شد. کاشت در اواسط فروردین ماه هردو سال صورت گرفت. قبل از اجرای آزمایش از خاک مزرعه مورد نظر یک نمونه مرکب خاک جهت بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک برداشته و در آزمایشگاه تجزیه خاک، آنالیز شد (جدول۲). در جدول ۳ متوسط دما، بارندگی و رطوبت نسبی هوای محل اجرای آزمایش آورده شده است. مصرف کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک و توصیه کودی برای نخود دیم صورت گرفت. کود شیمیایی دی‌آمونیوم فسفات (۴۵٪ P_2O_2؛ ۱۸ درصد نیتروژن) به‌مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت خاک مصرف و کود زیستی فسفات بارور ۲ به‌مقدار ۱۰۰ گرم در هکتار به‌صورت بذرمال مصرف شد. محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی با غلظت ۵ در هزار (بر مبنای توصیه شرکت سازنده) انجام شد. محلول‌پاشی در اواخر روز و قبل از غروب آفتاب زمانی که هوا رو به خنک شدن بود به‌منظور به حداقل رساندن تبخیر محلول، بر روی گیاهان صورت گرفت. به‌منظور ارزیابی صفات موردنظر با لحاظ اثر حاشیه‌ای، از سه ردیف میانی هر کرت (مساحتی معادل دو مترمربع) نمونه‌برداری صورت گرفت. برای ارزیابی صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه‌های فرعی، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته از هر کرت ۷ بوته درنظر گرفته شد و اندازه گیری‌های مورد نظر روی آنها انجام شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و تغییر رنگ بیش از ۹۰ درصد غلاف‌ها (مجنون‌حسینی و حمزه‌ای ۲۰۱۱)، بوته‌های سطحی معادل یک مترمربع از هر کرت برداشت گردید و بعد از خشک شدن بوته‌ها، اقدام به جداسازی دانه و توزین آنها شد. از هر توده بذری هم وزن صد دانه محاسبه گردید.

جدول ۱- مقادیر برخی ترکیبات و عناصر غذایی عصاره ریزجلبک *اسپیرولینا*

پروتئین	چربی	کربوهیدرات	فیبر کل	فسفر	پتاسیم	نیتروژن	منیزیم	کلسیم	آهن	روی
		(٪)					($g.kg^{-1}$)			
۷۰-۵۵	۹-۶	۲۴	۲-۱۰	۹/۴	۱۷/۷	۶۶/۲	۲/۶	۱/۷	۰/۷۵	۰/۰۵

جدول۲- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه طی دوسال آزمایش (۱۳۹۸ و ۱۳۹۹)

	EC	pH	T.N.V (%)	O.C (%)	N (%)	K (mg/kg)	P (mg/kg)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
سال اول	۱/۴۲	۷/۸۶	۱۲	۱/۳۱	۰/۱۲	۱۶۴	۱۱/۵	۳۸	۳۸	۲۴
سال دوم	۱/۳۸	۷/۶۹	۱۳	۱/۲۸	۰/۱۳	۱۴۵	۱۳/۵۷	۳۸	۳۸	۲۴

جدول ۳- متوسط دما، بارندگی و رطوبت نسبی هوای شهرستان طی ماه‌های اجرای آزمایش در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹

	سال	فروردین‌ماه	اردیبهشت‌ماه	خردادماه	تیرماه	مردادماه
متوسط دما (سیلسیوس)	۱۳۹۸	۱۲/۶	۱۵/۱	۱۹/۲	۲۲/۸	۲۵/۶
	۱۳۹۹	۱۳/۱	۱۵/۸	۱۹/۹	۲۳/۱	۲۶/۲
متوسط بارش (سانتی‌متر)	۱۳۹۸	۵۹/۰	۳۸/۰	۷/۲	۲/۳	۰/۴
	۱۳۹۹	۴۹/۸	۳۶/۶	۶/۹	۲/۴	۰/۶
متوسط رطوبت نسبی (درصد)	۱۳۹۸	۵۸/۳	۵۷/۳	۴۹/۲	۴۷/۰	۴۴/۷
	۱۳۹۹	۵۹/۱	۵۸/۵	۴۸/۲	۴۶/۴	۴۶/۲

به‌منظور اندازه‌گیری محتوای رنگیزه‌های برگ در مرحله بعد از گلدهی از برگهای جوان کاملاً توسعه یافته و سبز بالایی استفاده شد، بدین ترتیب که برگ‌ها با قیچی جدا شده و نمونه‌ها به سرعت در نیتروژن مایع منجمد شده و به آزمایشگاه منتقل شد و تا زمان اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی در دمای ۸۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند. اندازه‌گیری رنگیزه‌های کلروفیلی براساس روش آرنون (۱۹۶۷) انجام شد. ابتدا عصاره استونی از نمونه‌ها تهیه شد و قرائت در طول موج‌های ۶۶۳/۲، ۶۴۶/۸ و ۴۷۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (UV/VIS Lambda25) به‌ترتیب برای کلروفیل‌های a و b و کارتنوئید صورت گرفت و با استفاده از معادله‌های زیر محتوای کلروفیل و کارتنوئید محاسبه گردید.

$$\mathrm{Chl}a = 12.25A663 - 2.79A646.8$$
$$\mathrm{Chl}b = 21.50A646.8 - 5.10A6663.2$$
$$Chlorophyll\ (\mathrm{a}+\mathrm{b}) = Chla + Chlb$$
$$Carotenoid = (1000 \times A470 - 1.82Ca - 85.02Cb)/198$$

جهت اندازه‌گیری محتوای قندهای محلول، ۰/۵ گرم نمونه تازه برگی (نمونه نگهداری شده در دمای ۸۰- درجه سلسیوس) را در ۱۰ سانتی‌مترمکعب اتانول ۸۰ درصد در هاون چینی همراه با یخ آسیاب کرده و محلول را داخل فالکون ریخته و خوب تکان داده شد. سپس ۲ میلی‌لیتر از آن محلول برداشته و در میکروتیوب ریخته و در سانترویفیوژ گذاشته و به مدت ۱۵ دقیقه و در دور ۱۵۰۰۰ قرار داده شد. بعد از سانتریفیوژ ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول بالایی داخل میکروتیوب را برداشته و با ۲/۵ میلی‌لیتر آنترون مخلوط کرده و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام بن ماری قرار داده شد و پس از خنک شدن محلول آن را در طول موج ۶۲۵ نانومتر در اسپکتوفتومتر قرار داده شد و عدد مورد نظر یادداشت گردید. جهت رسم منحنی استاندارد از گلوگز خالص استفاده شد (مالیک و همکاران ۲۰۱۱). جهت سنجش پروتئین دانه از روش کجلدال (ماگومیا و همکاران ۲۰۱۴) استفاده شد.

پیش از تجزیه واریانس، نرمال بودن توزیع داده‌ها و یکنواختی واریانس خطاها و افزایشی بودن اثر بلوک در تیمار بررسی گردید. جهت بررسی یکنواختی واریانس داده‌های هردو سال از آزمون بارتلت استفاده شد. برای انجام تجزیه مرکب داده‌ها از نرم‌افزار SAS استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. نقشه حرارتی (هیت-مپ) مربوط به گروه‌بندی صفات و تیمارها با بهره‌گیری از نرم‌افزار CIM-Miner به روش وارد و براساس فاصله اقلیدیسی رسم شد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر ارتفاع بوته نخود تأثیر معنی‌داری داشت (جدول۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین ارتفاع بوته (۲۸/۴ سانتی‌متر) تحت تیمار ترکیبی کود زیستی و کود شیمیایی (۱۰۰:۱۰۰) به‌دست آمد که نسبت به شاهد ۱۰/۷ درصد افزایش نشان داد (شکل۱). نتایج بررسی‌های سایر پژوهشگران نیز حاکی از آن است که باکتری‌های حل‌کننده فسفات موجود در کود زیستی فسفات بارور۲ از طریق تولید هورمون-های تحریک‌کننده رشد همچون اکسین، سیتوکنین و جیبرلین با تأثیر بر رشد و نمو گیاهان، باعث افزایش شاخص‌های رشدی گیاه از جمله ارتفاع بوته می‌شوند (قبادی و همکاران ۲۰۱۲؛ سریواستا و همکاران ۲۰۰۱). پاینده و دروگر (۲۰۲۰) نیز افزایش ارتفاع بوته با کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات در ذرت را گزارش نمودند.

تعداد ساقه های فرعی

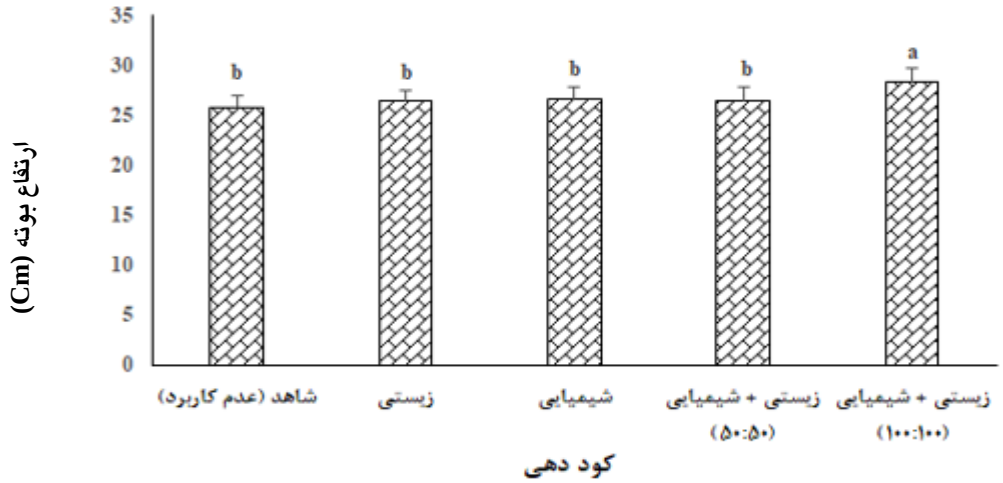
This is an open-access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)
Copyright@ 2025 Yousef Nasiri E-mail: ysf_nasiri@yahoo.com
https://doi.org/10.22034/saps.2024.56629.3046

برهمکنش سال در عصاره جلبک بر تعداد ساقه‌های فرعی در نخود معنی‌دار شد (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که بیشترین تعداد ساقه‌های فرعی (۱۱/۶ ساقه در بوته) با کاربرد عصاره جلبک دریایی در قبل از گلدهی و در سال اول ثبت شد (شکل۲). نتایج همچنین نشان داد که در سال دوم نیز کاربرد عصاره جلبک دریایی (قبل و یا بعد از گلدهی) نسبت به عدم کاربرد آن باعث افزایش معنی‌دار صفت مورد اشاره شد. در پژوهشی مشابه اثر کاربرد جلبک‌های قهوه‌ای، قرمز و سبز اسپیرولینا بر روی دو رقم نخود با غلظت-های مختلف موجب افزایش تعداد شاخه‌های اصلی و طول ساقه شد (کمال‌الدحسن و همکاران ۲۰۱۳).در سال دوم میانگین تعداد ساقه‌های فرعی نسبت به سال اول کاهش معنی‌داری نشان داد. به نظر می‌رسد در سال دوم به‌دلیل افزایش نسبی دمای هوا در طول دوره رشد رویشی (جدول۳) و افزایش تبخیر و تعرق، رشد رویشی گیاه کاهش یافته و به تبع آن تعداد ساقه‌های فرعی نیز نسبت به سال اول کاهش یافته است.

جدول۴- نتایج تجزیه واریانس اثرجلبک اسپیرولینا و کودهای زیستی و شیمیایی بر صفات مورفولوژیکی، اجزای عملکرد، و عملکرد دانه در دو سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹

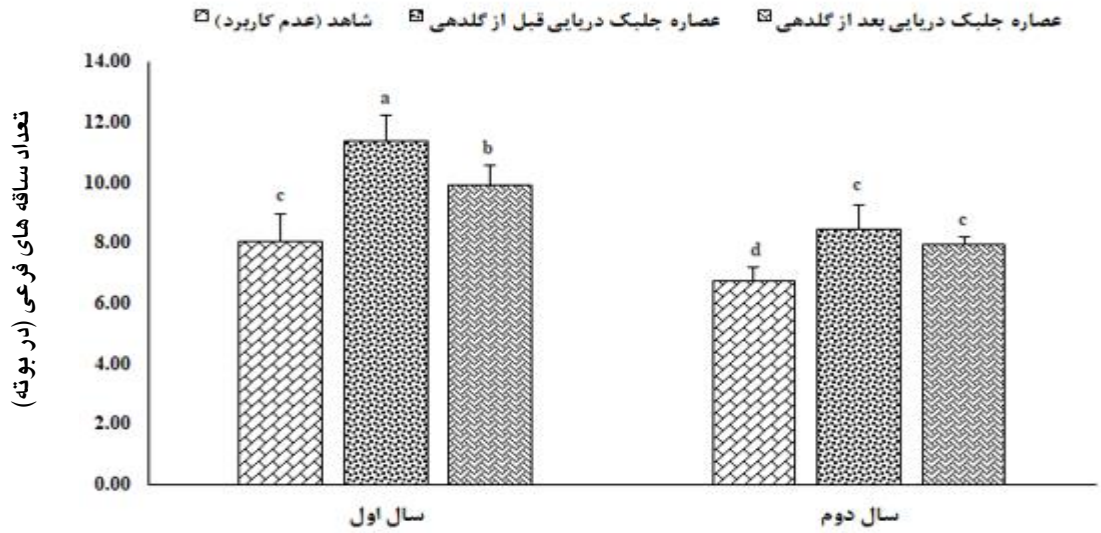
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع بوته	تعداد ساقه‌های فرعی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در بوته	وزن صد دانه	عملکرد دانه
سال (Y)	۱	۶۲/۹۲ ns	۹۶/۱۴ **	۲۱/۳۶ *	۱۰/۱۸ ns	۲/۰۳ ns	۱۵۳۱/۴ ns
بلوک (سال)	۴	۳۱/۶*	۰/۲۴ ns	۱/۳۸ns	۱/۸۶ns	۳/۲۷ns	۱۴۴۲/۹ **
کود (F)	۴	۱۸/۶۷ *	۱/۴۰ ns	۸۵/۲۱ *	۱۰۰/۳۳*	۳۶/۲۴ *	۳۱۲۶/۹**
جلبک (A)	۲	۳۱/۰۹ ns	۳۴/۲۰ ns	۲۵۵/۵۹ *	۲۷۵/۸۸*	۶۵/۶۹ *	۴۴۱۹/۶ *
Y×F	۴	۱/۲۴ns	۰/۳۷ ns	۱۲/۶۶ ns	۱۴/۳۰*	۴/۱۲ ns	۱۳۵/۹ ns
Y×A	۲	۳/۹۲ ns	۱۰/۵۲ **	۱۰/۱۰ ns	۶/۲۵ns	۲/۷۳ ns	۲۱۹/۴ns
F×A	۸	۱/۹۵ ns	۱/۹۵ ns	۱۰/۱۸ns	۸/۳۲ ns	۱/۱۶ ns	۲۴۷/۳ns
Y×F×A	۸	۵/۹۲ ns	۱/۱۶ ns	۱۰/۰۶ ns	۶/۳۰ ns	۰/۷۹ ns	۳۲۸/۴ *
خطای آزمایشی	۵۶	۸/۸۷	۱/۸۴	۷/۲۳	۵/۴۸	۱/۹۹	۱۲۵/۸
ضریب تغییرات (٪)		۱۱/۱۴	۱۵/۵۲	۱۰/۳۱	۹/۹۱	۴/۴۹	۱۰/۰

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد است.



شکل۱- مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته نخود تحت کودهای شیمیایی و زیستی (فسفات بارور۲)

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می باشد



شکل۲. مقایسه میانگین‌های تعداد ساقه های فرعی در بوته نخود تحت کاربرد عصاره جلبک دریایی

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می باشد

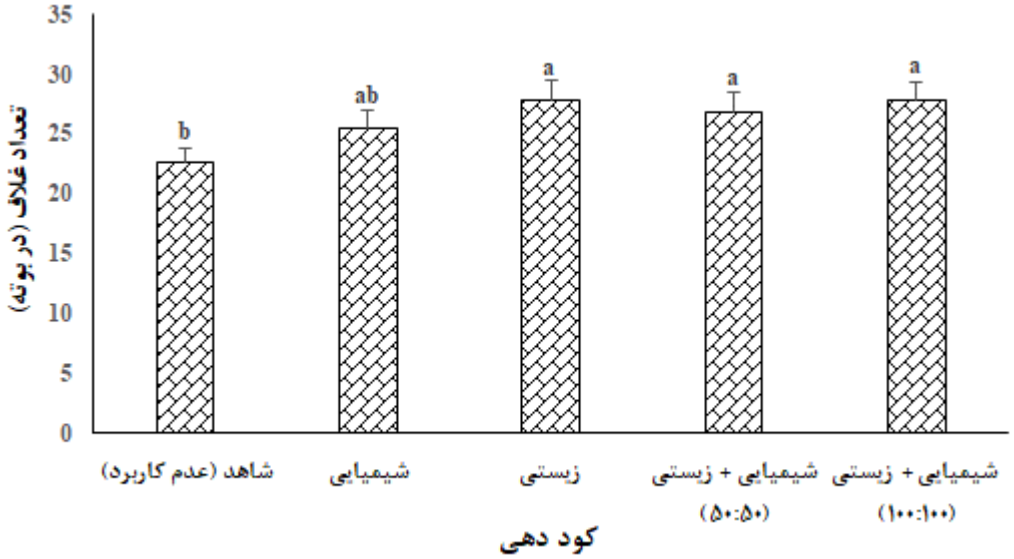
اجزای عملکرد

تعداد غلاف در بوته

اثر ساده تیمارهای مورد بررسی (کودهای شیمیایی و زیستی و عصاره جلبک دریایی) بر تعداد غلاف در بوته نخود در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی + ۱۰۰ درصد کود زیستی، ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد کود زیستی و کاربرد جداگانه کود زیستی، تعداد غلاف در بوته نخود نسبت به عدم کاربرد کود افزایش معنی‌داری نشان داد (شکل۳). نتایج همچنین نشان داد که کاربرد عصاره جلبک دریایی (قبل از گلدهی و یا بعد از گلدهی) نسبت به عدم کاربرد آن باعث افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته گردید (شکل۴). اعلمی میلانی و همکاران (۲۰۱۴) نیز افزایش تعداد غلاف در بوته با کاربرد کودهای شیمیایی و ترکیبی از کودهای شیمیایی و زیستی دارای نیتروژن و فسفر را در لوبیا گزارش نمودند. حق‌پرست و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی دیگر گزارش دادند که محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی با کاهش اثرات منفی تنش خشکی، باعث افزایش تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف و وزن صد دانه نخود شد.

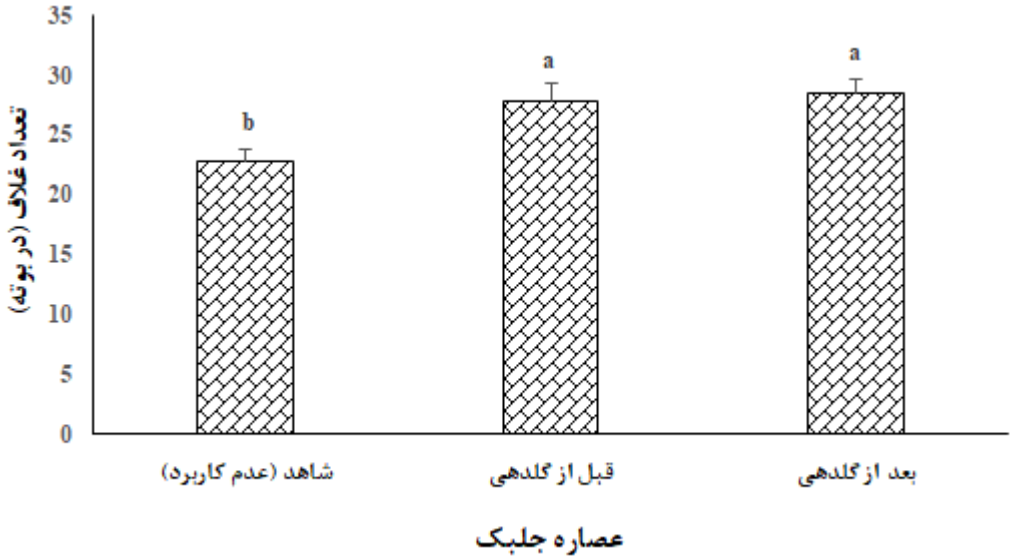
تعداد دانه در بوته

اثرات ساده کود و عصاره جلبک دریایی و همچنین برهمکنش سال در کود بر تعداد دانه در غلاف نخود معنی‌دار شد (جدول۴). مقایسه میانگین‌های اثرات دوگانه سال زراعی و کود بر تعداد دانه در غلاف نشان داد که کاربرد کودهای زیستی، شیمیایی و ترکیبی از کودهای شیمیایی و زیستی در هر دو سال باعث افزایش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف گیاه نخود گردید، به‌طوری که بیشترین تعداد دانه در هردو سال با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و یا کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و زیستی (۱۰۰:۱۰۰) به‌دست آمد که نسبت به کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و زیستی (۵۰:۵۰) در سال اول، تفاوت معنی-داری نشان ندادند (شکل۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها همچنین نشان داد که کاربرد عصاره جلبک دریایی در قبل و بعد از گلدهی نسبت به عدم کاربرد آن افزایش معنی‌داری را در تعداد دانه در بوته نخود نسبت به عدم



شکل۳- مقایسه میانگین‌های تعداد غلاف در بوته نخود تحت تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی (فسفات بارور ۲)

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می باشد

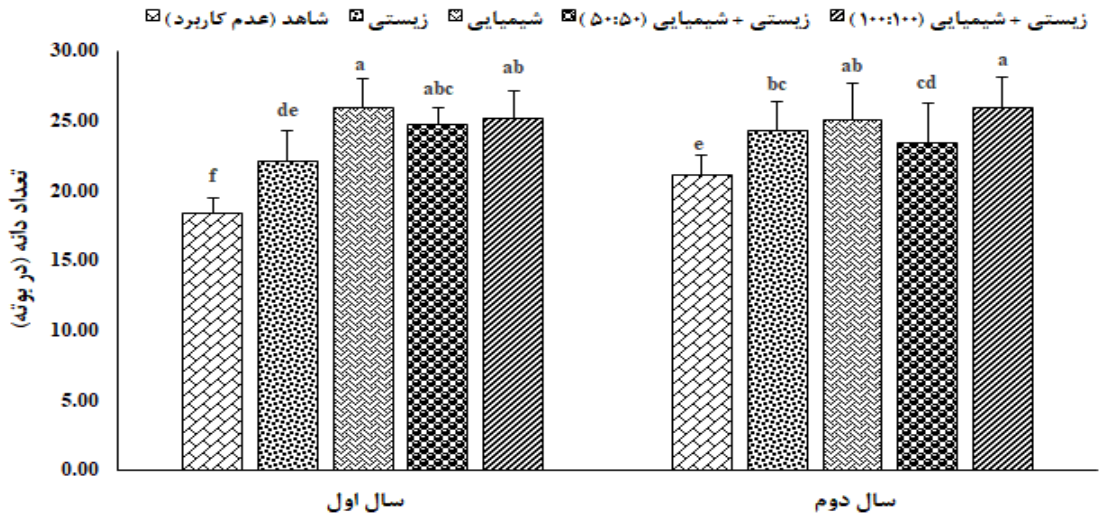


شکل۴- مقایسه میانگین‌های تعداد غلاف در بوته نخود تحت تأثیر عصاره جلبک دریایی

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می باشد

کاربرد آن باعث شد که این افزایش‌ها به‌طور میانگین ۲۵/۶ درصد بود (شکل۶). به‌نظر می‌رسد که کودهای زیستی فسفردار به‌دلیل دارا بودن ریزجانداران حل‌کننده فسفات با تولیدآنزیم فسفاتاز و اسیدهای آلی سبب آزاد شدن فسفر از ترکیبات آلی و معدنی فسفردار شده است و جذب بیشتر فسفر توسط گیاه منجر به افزایش فتوسنتز و تعداد دانه در بوته شده است (گیانش و همکاران۲۰۰۲). در پژوهشی دیگر آموجویگب و همکاران (۲۰۰۷) و چانگ و جانزن (۲۰۰۰) گزارش نمودند که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی با کود زیستی باعث حصول بیشترین تعداد دانه در بوته نسبت به مصرف مجزای هر کدام از کودهای شیمیایی و زیستی می‌شود.

از طرف دیگر به‌نظر می‌رسد که دلیل دیگر برای افزایش تعداد دانه در بوته، افزایش تعداد غلاف در بوته باشد که با کاربرد کودهای زیستی، شیمیایی و همچنین عصاره جلبک دریایی افزایش یافته است. در رابطه با تأثیر مثبت کاربرد عصاره جلبک دریایی در بعد از گلدهی نیز لازم به ذکر است که به‌دلیل اینکه گیاه نخود در آغاز دوره گلدهی نیز همچنان دارای رشد رویشی سریعی است درصورت فراهم بودن شرایط مطلوب برای رشد گیاه، طول دوره زایشی و میزان فتوسنتز جاری افزایش می‌یابد و منجر به تشکیل گل و تعداد غلاف بارور بیشتر در گیاه شده و درنتیجه تعداد دانه در بوته نیز افزایش می‌یابد (گلدانی و رضوانی مقدم ۲۰۰۷). در این خصوص گزارش شده است که عصاره جلبک دریایی برای بهبود رشد و عملکرد گیاهان مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد و به اثبات رسیده که عصاره جلبک دریایی با داشتن مواد مغذی محتلف اعم عناصر کم‌مصرف و پر مصرف، آنزیم های مختلف انواع اسیدهای آمینه (جدول۱)، موجب تقویت رشد ریشه‌ها، افزایش سطح شاخ و برگ و محتوای کلروفیل می‌شود (خان و همکاران ۲۰۰۹) که این شرایط می‌تواند باعث بهبود رشد گیاه حتی بعد از شروع گلدهی گردد. بنابراین این استدلال می‌تواند توجیه کننده عدم تفاوت کاربرد عصاره جلبک دریایی در قبل و بعداز گلدهی بر روی برخی صفات مورد بررسی نخود از جمله تعداد دانه در بوته باشد.

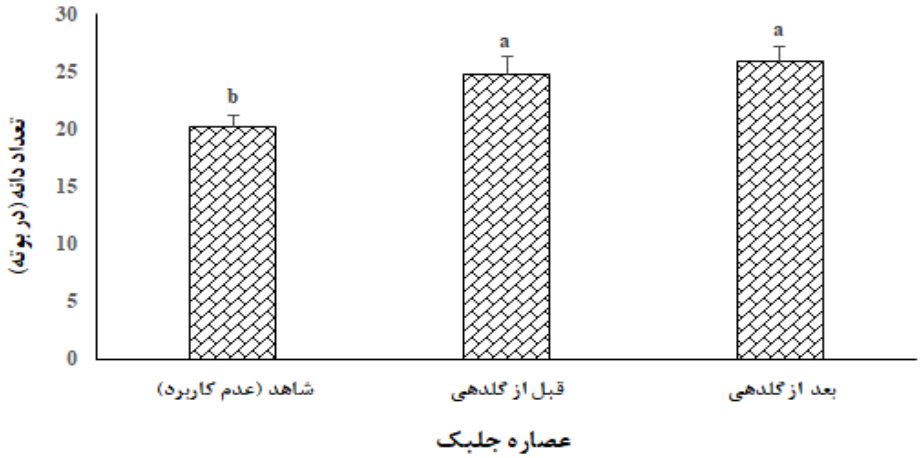


شکل۵- مقایسه میانگین های تعداد دانه در بوته نخود تحت تأثیر سال و کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می باشد

وزن صد دانه

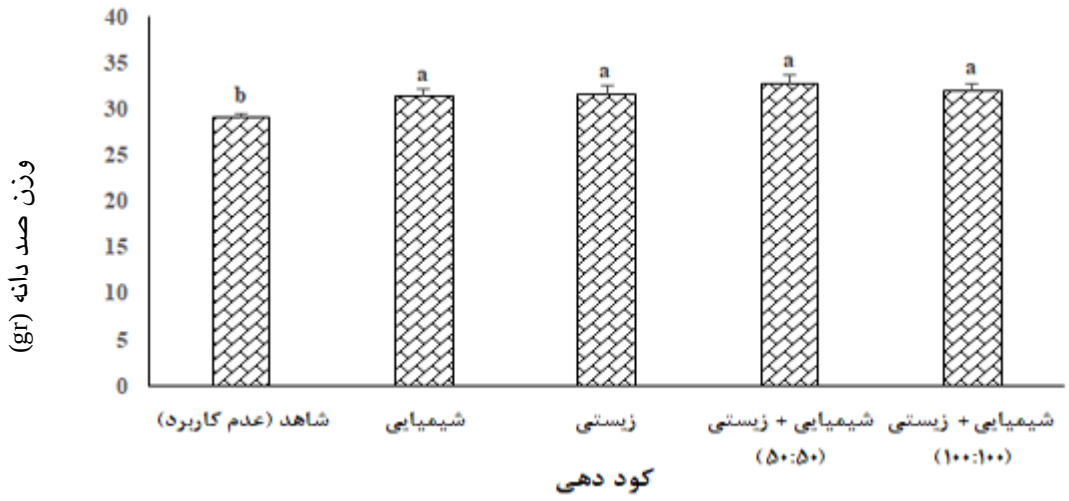
بر اساس نتایج تجزیه واریانس، وزن صد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی و عصاره جلبک دریایی در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در تمامی تیمارهای کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی و یا ترکیبی، وزن صد دانه نسبت به عدم کاربرد کود افزایش معنی‌داری نشان داد که بیشترین وزن صددانه (۱۲/۸۴ گرم) متعلق به کاربرد ترکیبی کود زیستی + کود شیمیایی (۵۰:۵۰) بود که نسبت به شاهد ۱۲/۹۶ درصد افزایش نشان داد (شکل۷). مقایسه میانگین‌های مربوط به کاربرد عصاره دریایی نیز نشان داد که هردو سطح کاربرد قبل و بعد از گلدهی وزن صد دانه را نسبت به عدم کاربرد آن به‌طور معنی‌داری افزایش دادند که این افزایش‌ها به‌طور میانگین برابر ۸/۶ درصد نسبت به شاهد بود (شکل۸). نتایج بررسی‌های پژوهشگران مختلف نشان می‌دهد که کاربرد کودهای



شکل۶- مقایسه میانگین های تعداد دانه در بوته نخود تحت تأثیر کاربرد عصاره جلبک دریایی

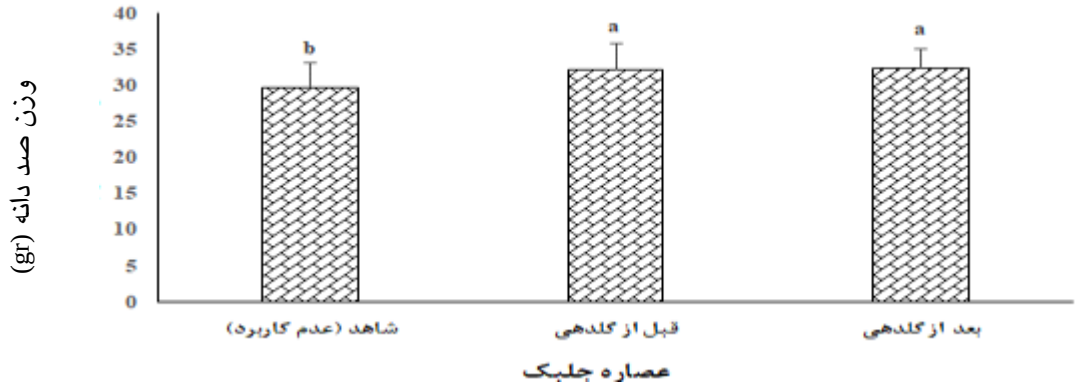
حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می باشد

زیستی فسفاته از طریق بهبود شرایط حلالیت فسفر در خاک، کارآیی گیاهان در استفاده از فسفر را بالا برده و تعداد کلروپلاست‌ها در سلول را افزایش داده و درنتیجه باعث بهبود کارآیی و ظرفیت فتوسنتزی گیاهان تیمار شده با این نوع کودها نسبت به گیاهان تیمار نشده می-شود (سانچزدیاز و همکاران ۱۹۹۰؛ روئیز لوزانو و آزکون ۱۹۹۵). بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که وزن دانه در گیاهان تیمارشده با ریزجانداران حل-کننده فسفر به واسطه تغذیه بیشتر فسفر و بهبود سیستم فتوسنتزی و انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به محل دانه‌ها، افزایش می‌یابد (کویده ۱۹۹۳؛ آیوگ ۱۹۹۴). رشد دانه‌ها و وزن آنها تحت تأثیر فاکتورهایی متعددی در مراحل رشد از جمله تقسیم سلول و تمایز سلول‌ها و ذخیره سازی مواد فتوسنتزی قرار دارد. احتمالاً هورمون‌های موجود در عصاره جلبک دریایی با تأثیر مثبت بر تقسیم سلولی، سلول‌های آندوسپرم و مواد فتوسنتزی منجر به افزایش وزن دانه در گیاه شده‌اند (ویجایاناد و همکاران ۲۰۱۴). غفاری‌زاده و همکاران (۲۰۱۵) نیز گزارش دادند کاربرد عصاره جلبک دریایی باعث افزایش معنی‌دار وزن دانه در گندم شد.



شکل۷. مقایسه میانگین های وزن صد دانه نخود تحت کودهای شیمیایی و زیستی (فسفات بارور ۲)

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می باشد



شکل۸. مقایسه میانگین های وزن صددانه نخود تحت تأثیر جلبک دریایی

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می باشد

عملکرد دانه

اثرات اصلی کاربرد کود ($P<0.01$) و محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی ($P<0.05$) و اثر سه‌جانبه کاربرد کود، عصاره جلبک دریایی و سال ($P<0.05$) بر عملکرد دانه نخود معنی‌دار شد (جدول۴). نتایج مقایسه میانگین-های مربوط به اثرات سه‌جانبه حاکی از آن است که در هر دوسال استفاده توأم کودهای زیستی و شیمیایی به‌علاوه کاربرد عصاره جلبک دریایی بهترین نتایج را در عملکرد دانه در نخود به همراه داشت به‌طوری که بیشترین عملکرد دانه در سال اول (۱۳۳/۷ گرم در مترمربع) تحت تیمار ترکیبی کودهای زیستی و شیمیایی (۵۰ :۵۰) همراه با کاربرد عصاره جلبک دریایی در قبل از گلدهی و در سال دوم (۱۴۹/۰ گرم در مترمربع) تحت تیمار ترکیبی (۱۰۰:۱۰۰) توأم با کاربرد عصاره جلبک دریایی در مرحله قبل از گلدهی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد ترکیبی کودها و عصاره جلبک دریایی بعد از گلدهی نداشتند (جدول۵).

کودهای بیولوژیک حاوی فسفات بارور ۲ با افزایش دوام سطح سبز برگ باعث استفاده بهینه از انرژی خورشیدی و فتوسنتز بیشتر شده و در نتیجه منجر به عملکرد بالاتر گیاه می‌شود و به‌دلیل توسعه سیستم ریشه‌ای و بهبود جذب آب در مواجه با شرایط تنش کم-آبی (شرایط دیم) نیز نقش موثرتری دارند. به‌عبارت دیگر باکتری‌های موجود در کود فسفات بارور۲، باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌باشند که با استفاده از دو سازوکار ترشح اسیدهای آلی و اسید فسفاتاز باعث تجزیه ترکیبات فسفره‌ی نامحلول و در نتیجه قابل جذب نمودن آنها برای گیاه می‌گردد. این باکتری‌ها قادر هستند دامنه وسیعی از pH بین ۵ تا ۱۱ و شوری تا ۳/۵ درصد را به خوبی تحمل نمایند. وجود چنین مشخصه‌هایی باعث شده است که بتوان این کود زیستی را در طیف گسترده‌ای از خاک‌های ایران و برای محصولات گوناگون به کاربرد (علی‌جانی و همکاران ۲۰۱۱). گزارش شده است که بهبود عملکرد دانه در درجه اول ناشی از تعداد دانه در بوته می‌باشد. تعداد دانه در محدوده‌ی وسیع‌تری از لحاظ زمانی تحت اثر عوامل محیطی قرار می‌گیرد به‌طوری که هر عامل محدود کننده‌ای از شروع جوانه‌زنی تا مرحله گرده‌افشانی و تشکیل دانه می‌تواند موجب کاهش تعداد دانه شود. علاوه بر اثر تعداد دانه، وزن صد دانه نیز در تعیین عملکرد دانه تأثیرگذار می‌باشد. بنابراین به‌نظر می‌رسد که افزایش هردوپارمتر تعداد دانه در بوته و وزن صددانه که با کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی و عصاره جلبک دریایی افزایش پیدا کرده‌اند دلیل اصلی افزایش عملکرد دانه نخود در این آزمایش باشد. رابطه نزدیک عملکرد دانه با وزن صددانه و تعداد دانه در شکل ۱۴ نیز مشاهده می‌شود. مطابق با این نتایج، در پژوهشی دیگر با کاربرد کود مایع جلبکی با غلظت ۱/۵ درصد افزایش چشمگیری در شاخص‌هایی نظیر تعدا دانه درغلاف، زیست توده و شاخص برداشت مشاهده شد (سیواسانگاری و همکاران ۲۰۱۰). موکوش و همکاران (۲۰۱۳) عنوان کردند که

کاربرد غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریایی در قبل و بعد از گلدهی در گندم موجب افزایش تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و کیفیت مواد غذایی گیاه نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین گزارش شده است محلول‌پاشی عصاره جلبک‌ها در قبل از گلدهی موجب افزایش تحرک سیتوکنین‌ها از ریشه به اندام‌های زایشی و افزایش سنتز سیتوکنین‌ها می‌شود که افزایش میزان سیتوکنین در دسترس گیاه، سبب بهبود گلدهی و افزایش عملکرد گیاه می‌گردد (ویجایاندی و همکاران ۲۰۱۴).

جدول ۵- مقایسه میانگین های مربوط به اثرسه جانبه کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی، عصاره جلبک دریایی بر عملکرد دانه و محتوای قند محلول

	کود	عصاره جلبک دریایی	عملکرد دانه ($g.m^{-2}$)	محتوای قند محلول ($mg.g^{-1}$)
سال اول	شاهد	شاهد(عدم کاربرد)	۷۷/۱ ±۲/۷ n	۱/۵۶ ±۰/۰۷k
		قبل از گلدهی	۱۰۱/۵ ±۱۱/۲g-m	۱/۶۵ ±۰/۰۶jk
		بعد از گلدهی	۹۲/۹ ±۱۰/۲j-n	۱/۷۳ ±۰/۰۴h-k
	زیستی	شاهد(عدم کاربرد)	۸۲/۳ ±۱۱/۶mn	۱/۹۶ ±۰/۰۵g
		قبل از گلدهی	۹۳/۰۷ ±۱۶/۳ j-n	۲/۱۸ ±۰/۰۷f
		بعد از گلدهی	۱۱۹/۲ ±۱۴/۶b-h	۲/۲۴ ±۰/۰۸ef
	شیمیایی	شاهد(عدم کاربرد)	۹۱/۸ ±۸/۱k-n	۲/۱۸ ±۰/۰۴f
		قبل از گلدهی	۱۲۸ ±۱/۹b-e	۲/۵۲ ±۰/۰۶abc
		بعد از گلدهی	۱۱۹/۷ ±۳/۶b-h	۲/۵۲ ±۰/۰۸a-d
	زیستی + شیمیایی (۵۰:۵۰)	شاهد(عدم کاربرد)	۱۰۰/۷ ±۸/۳h-m	۱/۶۶ ±۰/۰۶jk
		قبل از گلدهی	۱۳۳/۷ ±۸/۰a-d	۱/۹۳ ±۰/۰۵gh
		بعد از گلدهی	۱۲۲/۶ ±۲/۹b-h	۲/۵۱ ±۰/۰۷a-d
	زیستی + شیمیایی (۱۰۰:۱۰۰)	شاهد(عدم کاربرد)	۱۰۹/۶ ±۷/۸e-k	۱/۹۷ ±۰/۰۸g
		قبل از گلدهی	۱۲۵/۰ ±۵/۸b-f	۲/۶۴ ± ۰/۰۶a
		بعد از گلدهی	۱۲۳/۳ ±۴/۴a-f	۲/۶۳ ±۰/۰۶a
سال دوم	شاهد	شاهد(عدم کاربرد)	۸۳/۲ ±۶/۰lmn	۱/۵۴ ±۰/۰۴k
		قبل از گلدهی	۱۱۵/۳ ±۵/۸c-i	۱/۷۱ ±۰/۰۲ijk
		بعد از گلدهی	۱۰۴/۵ ±۷/۶f-l	۱/۷۹ ±۰/۰۱g-j
	زیستی	شاهد(عدم کاربرد)	۱۱۴/۷ ±۱۴/۲c-j	۱/۹۰۳ ±۰/۰۸ghi
		قبل از گلدهی	۱۰۸/۷ ±۸/۷e-k	۲/۳۴ ±۰/۰۶c-f
		بعد از گلدهی	۹۵/۹ ±۸/۱i-n	۲/۱۹ ±۰/۱۵fk
	شیمیایی	شاهد(عدم کاربرد)	۹۵/۶ ±۷/۹i-n	۱/۸۱ ±۰/۰۱g-j
		قبل از گلدهی	۱۲۹/۸ ±۲/۳a-e	۲/۵۱ ±۰/۰۶a-k
		بعد از گلدهی	۱۱۳/۵ ±۳/۲d-k	۲/۲۵ ±۰/۰۵ef
	زیستی + شیمیایی (۵۰:۵۰)	شاهد(عدم کاربرد)	۱۱۱ ±۱۲/۲e-k	۱/۹۹ ±۰/۰۵g
		قبل از گلدهی	۱۳۰/۵ ±۱۱/۰a-e	۲/۶۲۶ ±۰/۰۵ab
		بعد از گلدهی	۱۳۸/۴ ±۴/۱ab	۲/۴۱ ±۰/۰۶b-e
	زیستی + شیمیایی (۱۰۰:۱۰۰)	شاهد(عدم کاربرد)	۱۱۷/۹ ±۶/۶b-h	۱/۹۴ ±۰/۰۵g
		قبل از گلدهی	۱۴۹ ±۵/۹a	۲/۴۵ ±۰/۰۷a-d
		بعد از گلدهی	۱۳۵/۹ ±۶/۸abc	۲/۳۱ ±۰/۰۲def

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می باشد

محتوای قند محلول

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که محتوای قند محلول به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی، اثرات متقابل سال با کود و سال با عصاره جلبک دریایی و همچنین اثر سه‌جانبه سال، کود و عصاره جلبک قرار گرفت (جدول۶). براساس نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سه‌جانبه، بیشترین محتوای قند محلول در تیمارهای کاربرد قبل از گلدهی و یا بعد از گلدهی جلبک دریایی و ترکیب کود زیستی + شیمیایی (۱۰۰:۱۰۰) در سال اول بدون تفاوت معنی‌دار با کاربرد عصاره به‌دست آمد که نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی و عصاره جلبک دریایی در همان سال حدود ۷۰ درصد افزایش نشان داد (جدول۵). در سال دوم، کاربرد عصاره جلبک دریایی قبل از گلدهی با کاربرد جداگانه یا ترکیبی کودهای زیستی و شیمیایی نسبت به سایر تیمارها نتیجه بهتری در افزایش محتوای قند محلول نخود نشان داد. گزارش شده است که عصاره جلبک دریایی حاوی عناصر پرمصرف، سیتوکینین، اسیدهای آمینه و آلجینیک می‌باشد، لذا با بهبود جذب عناصر غذایی منجر به افزایش مواد فتوسنتزی و قندی شده (یزدی مطلق و همکاران ۲۰۱۲) و درنتیجه می‌تواند باعث افزایش قند محلول شود. کریمی و امیر نیا (۲۰۱۹) نیز افزایش کربوهیدرات‌های قابل‌حل در آب در گیاه سورگوم با کاربرد عصاره جلبک دریایی در مراحل مختلف رشد را گزارش نموده‌اند. در پژوهشی دیگر گزارش شده است که استفاده از عصاره جلبک دریایی، باعث افزایش کلروفیل در برگهای گیاه شده و سطح آنزیم آمیلاز در اندامهای گیاهی افزایش یافته و باعث شکسته شدن ترکیبات قندی به قندهای ساده تر می‌شود (دمیرباس و دمیرباس ۲۰۱۰). همچنین گزارش شده است که استفاده از عصاره جلبک دریایی به‌دلیل وجود آمینوبوتیرات و گلایسین بتائین موجب تحریک افزایش میزان کلروفیل و فتوسنتز و تولید بیشتر قند و نشاسته می‌شود (سونارپی و همکاران ۲۰۱۰؛ استریک و همکاران ۲۰۰۴). باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریزا با تغییر در سطح هورومون‌های گیاهی و میزان جذب عناصر غذایی در سنتز و تولید کربوهیدرات‌ها تأثیر دارند. تلقیح گیاهان با مایکوریزا باعث افزایش چندین آنزیم دخیل در سنتز ساکارز می‌شود و افزایش فعالیت این آنزیم‌ها با میزان ساکارز، گلوکز و فروکتوز (قندهای محلول) ارتباط مثبت و معنی‌دار دارد، بنابراین کاربرد کودهای حاوی میکوریزا باعث افزایش سطح قندهای محلول در گیاهان می‌شود (وو و همکاران ۲۰۱۷). شجاعیان کیش و همکاران (۲۰۲۱) نیز افزایش قندهای محلول از جمله پرولین و کربوهیدارت‌های در گیاه کتان روغنی با کاربرد کودهای زیستی محتوای میکوریزا را گزارش نمودند.

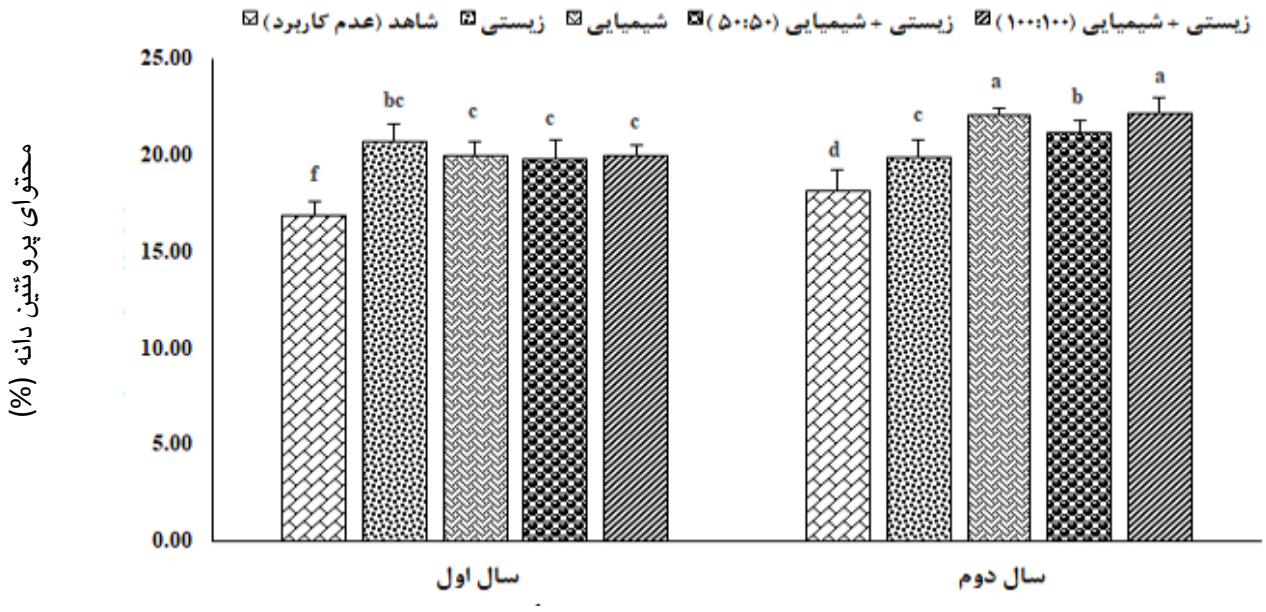
جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس اثرجلبک *اسپیرولینا* و کودهای زیستی و شیمیایی بر صفات و ویژگی های بیوشیمیایی نخود در دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		درصد پروتئین	محتوای قند محلول	کلروفیل $a+b$	کارتنوئید
سال (Y)	۱	۳۲/۱۵ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۸۳۵ ns	۰/۰۰۰۳۶ ns
بلوک (سال)	۴	۵/۸۸**	۰/۰۰۶ ns	۴/۱۴۶*	۰/۰۱۲۸۱۶*
کود (F)	۴	۳۸/۷۲ns	۱/۲۹۶ *	۱/۳۲۲ ns	۰/۱۴۱۷۰ ns
جلبک (A)	۲	۳۴/۰۲ **	۱/۶۴۲ ns	۳۰/۷۱۴ **	۰/۱۱۱۴۲*
Y×F	۴	۶/۶۴ **	۰/۱۹۶ **	۰/۷۳۹ ns	۰/۰۲۹۲۵ **
Y×A	۲	۰/۳۲ ns	۱/۱۴۹ **	۰/۲۱۹ ns	۰/۰۰۴۶ ns
F×A	۸	۱/۹۲ *	۰/۰۸۰ ns	۰/۵۷۶ns	۰/۰۱۹۰۹۹ *
Y×F×A	۸	۰/۳۴ ns	۰/۰۴۸ **	۰/۷۳۳ ns	۰/۰۰۵۱ ns
خطای آزمایشی	۵۶	۰/۷۸	۰/۰۱۲	۰/۷۰۸	۰/۰۰۴۵
ضریب تغییرات (%)		۴/۴۰	۵/۱۴	۸/۲۷	۴/۳۲

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

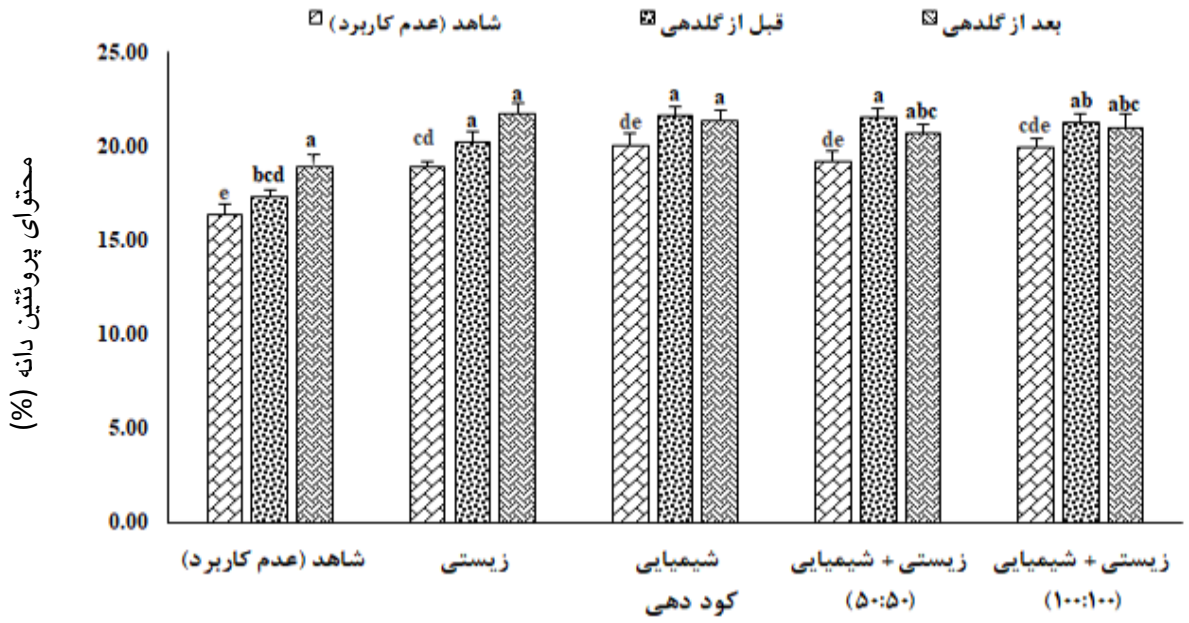
محتوای پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد محتوای پروتئین دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر ساده عصاره جلبک دریایی و اثرات متقابل سال در کود و کود در جلبک قرار گرفت (جدول۶). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین محتوای پروتئین با کاربرد کود شیمیایی (۲۲/۰۳ درصد) و ترکیبی ۱۰۰ درصد شیمیایی و ۱۰۰ درصد زیستی (۲۲/۱۵ درصد) در سال دوم به‌دست آمد (شکل۹). همچنین بیشترین محتوای پروتئین (۲۱/۷۳ درصد) با کاربرد عصاره جلبک دریایی بعد از گلدهی همراه با کاربرد کود زیستی به‌دست آمد که با کاربرد قبل و یا بعد از گلدهی عصاره جلبک در شرایط کاربرد کود شیمیایی و یا ترکیب کود زیستی و یا شیمیایی تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (شکل۱۰). استفاده از عصاره جلبک دریایی در نخود به‌دلیل نقش موثر آن در افزایش فعالیت ریزجاندارانی که باعث تثبیت نیتروژن می‌شوند، سبب افزایش تثبیت نیتروژن و به‌دنبال آن افزایش محتوای اسیدهای آمینه و درصد پروتئین در دانه‌های نخود شده است (سریدهار و رنگاسامی ۲۰۱۱). عصاره جلبک *اسپیرولینا* دارای میزان کمتری از هورمون اکسین می‌باشد اما حاوی موادی مانند مانیتول، لامینارین، جیبرلین، سایتوکنین و گلوتامیک می‌باشد و زمانی که گیاه با عصاره این جلبک تغذیه می‌شود، منجر به افزایش نرخ فتوسنتز و میزان تولید قند و آنزیم‌های مانند استرازها می‌شود (ارتاب و همکاران ۲۰۱۹). در این زمینه جوتینایاگی و آنباژاگان (۲۰۰۹) بیان کردند که افزایش میزان پروتئین گیاه ممکن است به‌علت حضور فنیل استیک اسید و یا ترکیبات مشابه آن و همچنین به‌دلیل وجود برخی محرک‌های رشد در عصاره جلبک دریایی باشد. مطابق با نتایج این پژوهش، افزایش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی، کربوهیدرات و پروتئین دانه ماش با کاربرد عصاره جلبک دریایی نیز گزارش شده است (پاول و بوارج ۲۰۱۴). به‌نظر می‌رسد که حضور مولکول‌های آلی نظیر اسیدهای آلی و فنیل استیک اسید، متیونین و حتی پلی‌آمین‌ها و همچنین برخی محرک‌های رشد در عصاره جلبک دریایی موجب افزایش جذب مواد معدنی شده و درنتیجه افزایش محتوای پروتئین در گیاه ممکن شده است (زوداپ و همکاران ۲۰۱۱؛ غفاری زاده و همکاران ۲۰۱۶؛ جانین و همکاران ۲۰۱۳). از سوی دیگر، به‌نظر می‌رسد که کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی و یا ترکیبی از آنها با در دسترس قرار دان بیشتر عناصر غذایی ماکرو (فسفر، پتاسیم و نیتروژن) و میکرو (مس، روی و آهن) باعث افزایش درصد پروتئین در دانه نخود شده است (یزدانی و همکاران ۲۰۰۹). کودهای زیستی متشکل از باکتری‌ها و همچنین قارچ‌های مفیدی هستند که قادر به تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم و آهن از ترکیبات نامحلول می‌باشند و این موجودات معمولاً در اطراف ریشه مستقر شده و به گیاه در جذب عناصر غذایی کمک می‌کنند. باکتری‌های مفید خاک‌زی علاوه بر کمک به جذب عناصر غذایی، سبب کاهش بیماری‌ها و بهبود ساختمان خاک و در نتیجه تحریک رشد بیشتر گیاه و افزایش کمی و کیفی محصول می‌شوند (کالوارو و همکاران ۲۰۱۴؛ کوچکی و همکاران ۲۰۰۸). کاشوک و همکاران (۲۰۱۰) نیز افزایش درصد پروتئین دانه در اثر کاربرد قارچ میکوریزا را گزارش کردند. در رابطه با افزایش نسبی محتوای پروتئین در سال دوم نسبت به سال اول چنین به‌نظر می‌رسد که افزایش نسبی دمای هوا در زمان تشکیل دانه و پرشدن آن (جدول۳) باعث بروز تنش خشکی برای گیاه شده است و درنتیجه به‌دلیل بروز تنش طول دوره رشد و نمو کاهش یافته و درنتیجه نسبت کربوهیدرات به پروتئین نیز کاهش یافته (ابهری و همکاران، ۲۰۱۷)، مقدار نسبی پروتئین افزایش یافته است در نتیجه آن درصد پروتئین نیز افزایش یافته است. علاوه براین در شرایط تنش خشکی جذب و تثبیت دی اکسیدکربن بر اثر بسته شدن نسبی روزنه‌ها و یا کاهش درجه گشودگی آن‌ها کاهش می‌یابد، بنابراین میزان کل مواد پرورده برای پرشدن دانه کاهش می‌یابد، ولی در شرایط تنش خشکی انتقال مجدد ازت از برگ‌ها به دانه، افزایش اسیدهای آمینه از جمله پرولین نیز می‌تواند دلیلی دیگر بر افزایش درصد پروتئین دانه باشد (آذری نصر ابادی و همکاران، ۲۰۱۷).



شکل ۹- مقایسه میانگین های محتوای پروتئین دانه در بوته نخود تحت تأثیر سال و کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می باشد



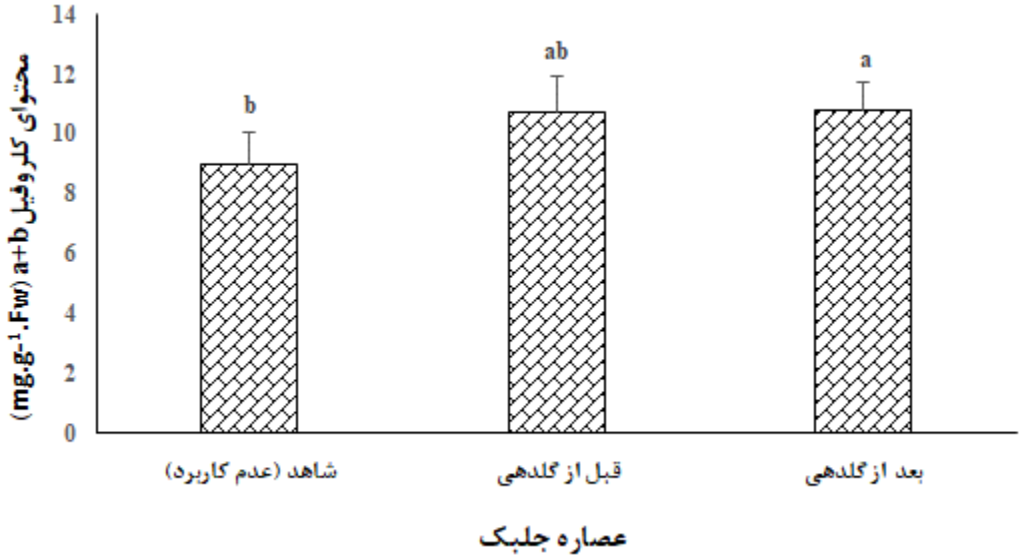
شکل ۱۰- مقایسه میانگین‌های محتوای پروتئین دانه در بوته نخود تحت تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی و عصاره جلبک دریایی

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می باشد

محتوای کلروفیل *a + b*

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد محتوای کلروفیل $a+b$ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر کاربرد عصاره جلبک دریایی($P<0.01$) قرار گرفت (جدول۶). بر

اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، کاربرد عصاره جلبک دریایی در مرحله بعد از گلدهی باعث افزایش معنی‌دار محتوای مجموع دو کلروفیل a و b شد به‌طوریکه مقدار این افزایش نسبت به شرایط عدم کاربرد عصاره، ۱۶/۷ درصد ثبت گردید (شکل۱۱). نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده است که استفاده از عصاره جلبک دریایی، باعث افزایش غلظت کلروفیل در برگهای گیاه شده و سطح آنزیم آمیلاز را در اندام‌های گیاهی بالا می‌برد و از این طریق، باعث شکسته شدن قندهای غیرقابل استفاده در گیاه می‌گردد (سان راپی و همکاران، ۲۰۱۰) . همچنین در پژوهشی دیگر عنوان شده است که اسپری برگی عصاره جلبک دریایی روی نوعی کرفس، ارتفاع گیاه، رنگدانه‌های فتوسنتزی، محتوای پتاسیم، فسفر و عملکرد را به‌طور قابل‌توجهی افزایش داد. عصاره‌های جلبک دریایی حاوی مقادیر زیادی سیتوکینین، اکسین و بتائین هستند که غلظت کلروفیل در برگ‌ها را افزایش می‌دهند (شهاتا و همکاران، ۲۰۱۱). افزایش غلظت کلروفیل در اثر استفاده از عصاره جلبک دریایی در گیاهان مختلف گزارش شده است و این افزایش بیشتر به کاهش تخریب کلروفیل و تأخیر در پیری آن نسبت داده شده است (جانین و همکاران ۲۰۱۳).



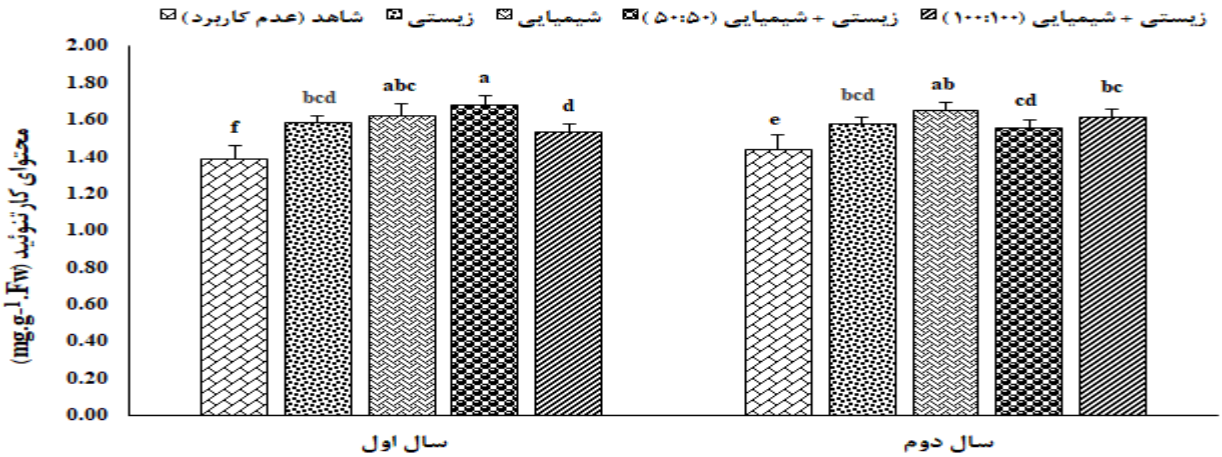
شکل ۱۱- مقایسه میانگین های محتوای کلروفیل برگ نخود تحت تأثیر عصاره جلبک دریایی

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می باشد

محتوای کارتنوئید

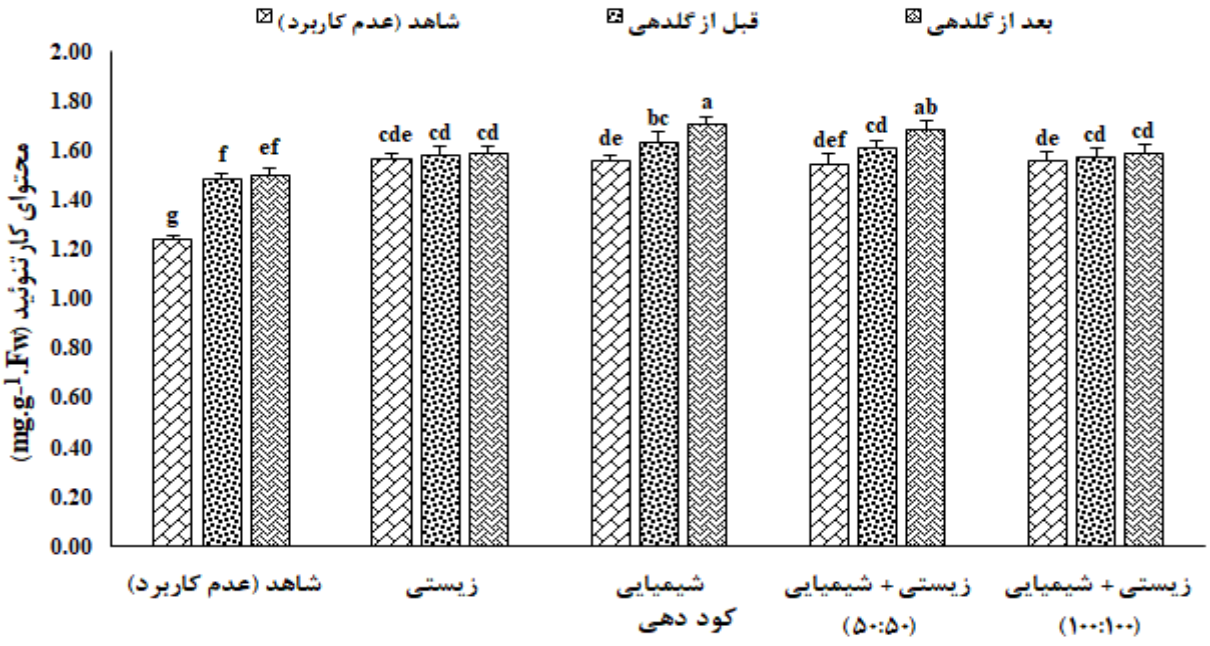
بر اساس نتایج تجزیه واریانس محتوای کارتنوئید به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد عصاره جلبک دریایی، اثر سال در کود و اثر متقابل کود در جلبک قرار گرفت (جدول۴). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین محتوای کارتنوئید با کاربرد تلفیقی کود زیستی + کود شیمیایی (۵۰:۵۰) در سال اول به‌دست آمد که با کاربرد مجزای کود شیمیایی در سال اول و سال دوم تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل۱۲). نتایج همچنین نشان داد که محلول‌پاشی عصاره دریایی در مرحله بعد از گلدهی به‌ترتیب همراه با کود شیمیایی و کود زیستی + کود شیمیایی (نسبت ۵۰:۵۰) بیشترین افزایش در محتوای کارتنوئید را به همراه داشته است و کمترین آن در شرایط عدم محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و عدم کاربرد کود شیمیایی یا زیستی مشاهده شد (شکل۱۳). در پژوهشی دیگر گزارش شده است که تلقیح با مایه قارچ (کود زیستی) باعث افزایش محتوای کلروفیل و کاروتنوئید در گیاه گوجه‌فرنگی شده است و در بیان علت افزایش کارتنوئید چنین استنباط شده است که قارچ با افزایش میزان کاروتنوئیدها از آسیب به دستگاه فتوسنتزی توسط رادیکال‌های آزاد اکسیژن جلوگیری کرده و به پایداری غشاء کمک می‌کند. همچنین گزارش

شده است که مکانیسم چگونگی تأثیرگذاری قارچ بر افزایش محتوای کاروتنوئیدها هنوز مشخص نیست و درک آن نیاز به مطالعات بیشتر دارد (تیموری و همکاران ۱۴۰۰). دلیل کاهش نسبی محتوای کارتنوئید در سال دوم نیز می‌تواند افزایش نسبی متوسط دما (جدول۳) و کاهش رطوبت دردسترس برای گیاه نسبت به سال قبل باشد. گزارش شده است بروز تنش‌های غیرزیستی از جمله تنش کمبود آب ممکن است به‌دلیل کاهش کارآیی استفاده از کربن و افزایش تولید اتانول و لاکتات باشد که این امر سبب کاهش سنتز کاروتنوئیدها و کلروفیل‌ها می‌شود (اولیورا نتو و همکاران ۲۰۰۹). در این رابطه در بررسی که روی کنجد انجام شده است نیز گزارش شده است که مقدار کارتنوئیدها با افزایش تنش خشکی کاهش یافت (مومنی و همکاران ۲۰۲۰).



شکل۱۲- مقایسه میانگین های محتوای کارتنوئید در بوته نخود تحت تأثیر سال و کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می باشد

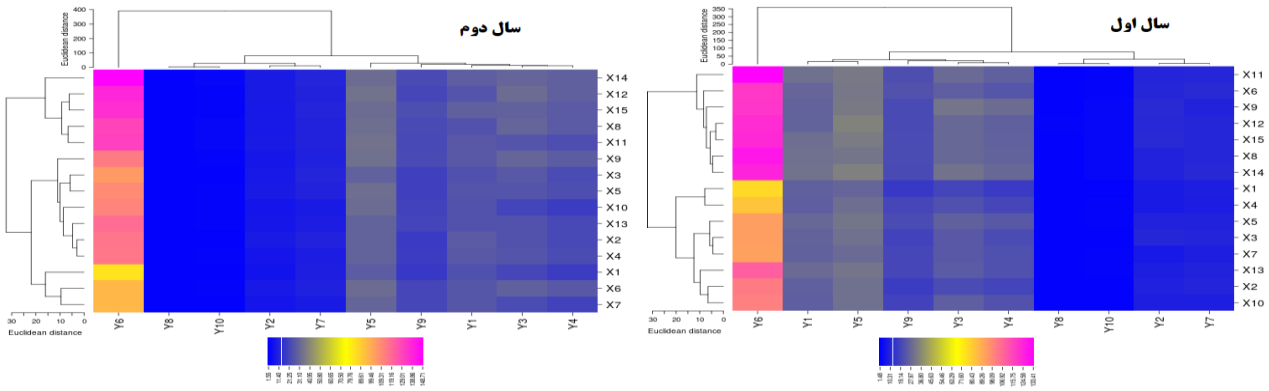


شکل۱۳- مقایسه میانگین های محتوای کارتنوئید نخود تحت تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی و عصاره جلبک دریایی

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می باشد

هیت‌مپ و گروهبندی تیمارها و صفات و شاخص‌های مورد بررسی در نخود

با توجه به هیت‌مپ (شکل۱۴)، در دو سال آزمایشی، تیمارها و صفات مورد بررسی دارای شباهت‌ها و تفاوت‌های بارزی بودند. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، در هردو سال عملکرد دانه به طور مجزا در یک گروه قرار گرفت و صفات ارتفاع بوته، وزن صد دانه، درصد پروتئین، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته در گروه دوم و صفات محتوای قند محلول، تعداد ساقه و محتوای کلروفیل $a+b$ و کارتنوئید در گروه سوم قرار گرفتند. از نظر گروهبندی تیمارها بین سال اول و دوم تفاوتهایی مشاهده شد به‌طوری که در سال اول تیمارهای X11، X6، X9، X12، X15، X8 و X14 در گروه اول، X1 و X4 در گروه دوم و X5، X3، X7، X13، X2 و X10 در گروه سوم قرار گرفتند و در سال دوم تیمارهای X14، X12، X15، X8 و X11 در گروه اول، X9، X3، X5، X10، X13، X2، X4 در گروه دوم و X1، X6 و X7 در گروه سوم جای داشتند. با مشاهده شکل همچنین می‌توان استباط کرد که صفات وزن صد دانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته با عملکرد دانه در شرایط کاربرد ترکیبی از کودهای زیستی و شیمیایی و عصاره جلبک دریایی بیشترین ارتباط و در شرایط عدم کاربرد هرگونه کود و عصاره جلبکی کمترین ارتباط را نسبت به سایر صفات نشان داده‌اند. همچنین ارتباط بین درصد پروتئین با عملکرد دانه نسبت به ارتباط بین محتوای قند محلول و رنگیزه‌ها با عملکرد دانه بیشتر مشاهده می‌شود. این امر می‌تواند بیانگر این باشد که محتوای پروتئین در افزایش عملکرد دانه (به ویژه در تیمارهایی که از کودهای زیستی و شیمیایی و عصاره جلبک دریایی استفاده شده است) تأثیر بیشتری دارد.



شکل ۱۴- هیت مپ صفات مورد ارزیابی نخود زراعی تحت تأثیر تیمارهای مختلف کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی و عصاره جلب دریایی.

تیمارها در سمت راست نمودار شامل شاهد (بدون کود و بدون عصاره جلبک دریایی (X1))، عصاره جلبک دریایی در مرحله قبل از گلدهی (X2)، عصاره جلبک دریایی در مرحله بعد از گلدهی (X3)، کود زیستی (X4)، کود زیستی + عصاره جلبک در مرحله قبل از گلدهی (X5)، کود زیستی + عصاره جلبک در مرحله بعد از گلدهی (X6)، کود شیمیایی (X7)، کود شیمیایی + عصاره جلبک در مرحله قبل از گلدهی (X8)، کود شیمیایی + عصاره جلبک در مرحله بعد از گلدهی (X9)، کود زیستی + شیمیایی (۵۰:۵۰) (X10)، کود زیستی + شیمیایی (۵۰:۵۰) + عصاره جلبک در مرحله قبل از گلدهی (X11)، کود زیستی + شیمیایی (۵۰:۵۰) + عصاره جلبک در مرحله بعد از گلدهی (X12)، کود زیستی + شیمیایی (۱۰۰:۱۰۰) (X113)، کود زیستی + شیمیایی (۱۰۰:۱۰۰) + عصاره جلبک در مرحله قبل از گلدهی (X11)، کود زیستی + شیمیایی (۱۰۰:۱۰۰) + عصاره جلبک در مرحله بعد از گلدهی (X15).

نتیجه‌گیری کلی

تغذیه نخود با منابع مختلف عناصر غذایی شامل کودهای شیمیایی، کود زیستی و عصاره جلبک دریایی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات کیفی نخود دارد. کاربرد ترکیبی از کودهای شیمیایی و زیستی به همراه محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بعد از مرحله گلدهی با اثر بر افزایش وزن دانه و ماندگاری بیشتر تعداد دانه در بوته و همچنین بهبود

درصد پروتئین دانه بهترین ترکیب تیماری در شرایط این آزمایش است و به‌نظر می‌رسد که در شرایط دیم کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد کود زیستی فسفاته بارور ۲ همراه با محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی *اسپیرولینا* در بهبود عملکرد کمی و کیفی نخود و کاهش اثرات زیست‌محیطی مصرف نهاده‌های شیمیایی، تیمار مناسب خواهد بود.

سپاسگزاری

تمامی نویسندگان این مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از دانشگاه مراغه برای حمایت‌ها و مساعدتهای لازم جهت فراهم آوردن شرایط و امکانات موردنیاز جهت انجام این پژوهش را ابراز می‌دارند.

منابع مورد استفاده

Abhari Y, Azizi E, Haresabadi B. 2017. The effect of super absorbent on yield and yield components of chickpea under season terminal drought stress conditions. Journal of Crop Production, 10(1): 191-202. (In Persian with English Abstract). htpps:\\doi. 10.22069/ejcp.2017.10427.1819.

Alami Milani M, Amini R, Bandehagh A. 2014. Effect of bio-fertilizers and combination with chemical fertilizers on grain yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 24 (4.1):15-29. (In Persian).

Alijani M, Amini Dehaghi M, Malboobi MA, Zahedi M, Modares Sanav SAM. 2011. The effect of different levels of phosphorus fertilizer together with phosphate bio-fertilizer (Barvar 2) on yield, essential oil amount and chamazulene percentage of *Matricaria recutita* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 27: 3. 450-459. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2011.6386

Amujoyegbe BJ, Opbode JT, Olayinka A. 2007. Effect of organic and inorganic fertilizer on yield and chlorophyll content of Zea mays and Sorghum bicolour. Plant Science, 46: 1869-1873. https://doi.org/10.5897/AJB2007.000-2278.

Arnon AN. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23: 112-121.

Artab HA, MY Merhij and Jasim AH. 2019. Effect of foliar fertilizers on growth and yield of three wheat varieties. Plant Archives, 19(1): 1441-1444.

Auge RM, Duan X, Ebel RC, Stodola AJW. 1994. Non-hydraulic signalling of soil drying in mycorrhizal maize. Planta, 193: 74-82.

Azami-Atajan F, Hammami H, Yaghoobzadeh M. 2020. The application of plant growth promoting microorganisms and phosphate fertilizers on yield, yield components and water use efficiency of wheat at levels of irrigation water. Journal of Crop Production, 12(4):1-24. https://doi.org/10.22069/ejcp.2020.17166.2268.

Azari Nasrabad A, Moosavi-Nik SM, Galavi M, Beheshti SA و Sirousmehr A. 2017. Drought stress effect during different growth stages on yield, osmolites and photosynthetic pigments accumulation of grain sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 15(3): 676-690. (In Persian). https://doi.org/ 10.22067/gsc.v15i3.52683

Beigzadeh S, Maleki A, Mirzaee Heydari M, Rangin A, Khorgami A. 2020. Effects of salicylic acid and seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extracts application on some physiological traits of white bean (*Phaseolus lanatus* L.) under drought stress conditions. Journal of Crop Ecophysiology, 14:21-44. (In Persian). https://doi.org/10.30495/jcep.2020.671639.

Chung C, Janzen HH. 2000. Long term fate of nitrogen from annual feedlot manure application. Journal Environmental, 25: 785-790.

Demirbas A, Demirbas MF. 2010. Algae Energy. Springer. Turkey. 195p

Dileep Kumar S B, Berggen I, Martensson A M. 2001. Potential for improving pea production by coinoculation with Pseudomonas fluorescens and Rhizobium. Plant and Soil, 229: 25-34.

Dragicevic V, Kratovalieva S, Dimov Z, Babic V, Kresovic B, Kravic N. 2018. Potential bioavailability of calcium, magnesium, iron, manganese and zinc from seeds of different chickpea and peanut landraces. Journal of Elementology, 23(1), 273-285. https://doi.org/10.5601/jelem.2016.21.4.1377.

Ghafari zadeh A, Seyyed Nejad SM, Gilani A. 2015. Investigation the effect of different levels of urea fertilizer and brown seaweed extract on the physiological traits and grain yield of wheat. Crop Physiology Journal, 7(27): 69-83. (In Persian). DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.5.4.

Ghobady M, Hahanbin S, Owliaie HR, Motalebifard R, Parvizi K. 2012. The effect of phosphorus bio-fertilizers on yield and phosphorus uptake in potato. Water and Soil Science, 23(2): 125-138. (In Persian with English Abstract).

Goldani M, Rezvani Moghadam P. 2007. Effects of different drought levels and planting date on yield and yield components of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Mashhad. Field Crop Research, 2(4): 229-239. (In Persian with English Abstract).

Gyanesh war P, Naresh kamar G, Parekh L J, Poole P S. 2002. Role of soil microorganism proving P nutrition of plants. Plant and Soil, 245: 83 – 93.

HaghParast M, Maleki FS, Sinaki JM, Zarei GH. 2012. Mitigation of drought stress in chickpea through application of humic acid and seaweed extract. Crop Production in Environtmental Stress, 4 (1): 59-71. (In Percian).

Hasanour O, Azizi K, Feizian M, Ismaeili A. 2020. Study the effect of Phosphate Barvar-2 biofertilizer, iron nano-chelate and superabsorbent on qualitative and quantitative yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under dry farming conditions. Iranian Journal Pulses Research, 11: 62-75. https://doi.org/ 10.22067/ijpr.v11i2.70978.

Jannin L, Arkoun M, Etienne P, Laıne P, Goux D, Garnica M. 2013. Brassica napus growth is promoted by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. seaweed extract: microarray analysis and physiological characterization of N, C, and S metabolisms. Journal Plant Growth Regulation, 32: 31-52. https://doi.org/10.1007/s00344-012-9273-9.

Jothinayagi N, Anbazhagan C. 2009. Effect of seaweed liquid fertilizer of Sargassum wightii on the growth and biochemical characteristics of *Abelmoschus esculentus* (L.) Medikus. Recent Research in Science and Technology, 1(4): 155-158.

Kamaei H, Eisvand HR, Daneshvar M, Nazarian F. 2019. The study effects of planting date, phosphate Bio-fertilizer and foliar application of zinc and boron on leaf area index, leaf area duration, leaf relative water content, cell membrane stability, quantum efficiency of PSII, leaf proline content and grain yield of bread wheat. Journal of Plant Process and Function, 8(29): 59-74. (In Percian).

Kamaladhasan N, Selvakumars S, Umamaheswari S. 2013.Effect of three different seaeaweed liquid fertilizers and a chemical liquid fertilizer on legom crop red gram. Journal of Basic and Applied biology, 3(1,2): 21-24.

Karimi R, Amirnia R. 2019. Effects of chemical and organic fertilizer on some qualitative and quantitative characteristics of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. var. speed feed) in various phenological stages. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 29(3): 27-38. (In Persian with English Abstract).

Kaschuk G, Leffelaar PA, Gille, KE, Alberton O, Hungria M, Kuyper TW. 2010. Responses of legumes to rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi: A metaanalysis of potential photosynthate limitation of symbioses. Soil Biology and Biochemistry, 42: 125-127. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.10.017.

Kaur S, Kaur S, Gupta A Kو Kaur J. 2016. Physiochemical and nutritional attributes of raw and soaked seeds of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Legume Research-An International Journal, 39(3): 359-369. https://doi.org/ 10.18805/lr.v0iOF.9434.

Khan W, Rayirath U, Subramanian S, Jithesh M, Rayorath P, Hodges DM, Critchley A, Craigie J, Norrie J, Prithiviraj B. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development, Journal of Plant Growth Regulation, 28 :386-399. https://doi.org/ 10.1007/s00344-009-9103-x.

Kingman AR, Moore J. 1982. Isolation, purification and quantification of several growth regulating substance in *Ascophyllum nodosum* (*Phaeophyceae*). Botanica Marin, 25, 149-153.

Koide R. 1993. Physiology of the mycorrhizal plant. Advance Plant Pathology, 9: 33- 54

Koochaki A, Tabrizi L, Ghorbani R. 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 1(6): 588 - 91. (In Percian). https://doi.org/ 10.22067/gsc.v6i1.1184.

Ludwig-Muller J. 2000. Indole-3-butyric acid in plant growth and development. Plant Growth Regulation, 2-3: 219-230.

Magomya, AM, Kubmarawa D, Ndahi JA و Yebpella GG. 2014. Determination of plant proteins via the kjeldahl method and amino Acid analysis: A comparative study. International Journal of Scientific and Technology Research, 3(4): 68-72.

Majnoun Hosseini N, Hamzeii R. 2010. Effect of winter and spring planting time on yield and yield components of chickpea at dry land conditions. Iranian Journal Pulses Research, 1(2): 59-68. https://doi.org/ 10.22067/ijpr.v1i2.9222.

Malik K, Arora G, Singh I, and Arora S. 2011. *Lallemantia reylenne* seeds as superdisintegrant: Formulation and evaluation of nimesulide orodispersible tablets. International Journal of Pharmaceutical Investigation, 1: 192-198. https://doi.org/10.4103/2230-973X.85973.

Mohammadi Kh, Sohrabi Y, 2012. Bacteral biofertilizer for sustainable crop production: A Review. Journals in Agricultural and Biological Sciences, 5 (7): 307-316.

Momeni S, Fahmideh L, Emamjomeh A, Solouki M, Zahiri J. 2020. Effect of drought stress on morphological and physiological traits of sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of Plant Environmental Physiology, 15: 61-78.

Mukesh TS, Sudhakar TZ, Doongar RC, Karuppanan E, Jitendra C. 2013. Seaweed sap as alternative liquid fertilizer for yield and quality improvement of wheat. Journal Plant Nutrition, 36 (1): 192-200. https://doi.org/10.1080/01904167.2012.737886.

Nasiri Y. 2022. Evaluation of organic and biofertilizer inputs application on yield, yield components and essential oil content of marigold (*Calendula officinalis* L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 32 (2): 97-113. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22034/saps.2021.45515.2669.

Oliveira Neto CFD, Lobato AKDS, Gonçalves-Vidigal MC, Costa RCLD, Santos Filho BGD, Alves GAR, Maia WJMS, Cruz FJR, Neves HKB, Lopes MS. 2009. Carbon compounds and chlorophyll contents in sorghum submitted to water deficit during three growth stages. Journal of Food, Agriculture and Environment, 7: 588-593.

Payandeh Kh, Derogar. 2020. Investigation quantitative and qualitative yield of maize (*Zea mayz* L.) under different irrigation intervals and mycorrhizal fungi and bacteria fertile phosphate. Scientific Journal of Crop Physiology, 11 (44): 129-142. (In Persian with English Abstract). DOR:20.1001.1.2008403.1398.11.44.8.9.

Rafie MR, Sohi M, Javadzadeh M. 2020. Study the effect of plant growth biostimulants application on quantitative and qualitative characteristics of wheat in a calcareous soil (Case study in Khuzestan). Journal of Soil Management and Sustainable Production, 10(2):69-88. https://doi.org/:10.22069/ejsms.2020.16943.1905.

Ruiz-Lozano J M, Azcon R. 1995. Hyphal contribution to water uptake in mycorrhizal plants as affected by the fungal species and water status. Plant Physiology, 95: 472-478.

Saleh Rastin N. 2001. Biofertilizer and their role in order to achieve sustainable agriculture. Journal of Soil and Water, Special Issue on Biofertilizer, 12: 258 -270. (In Persian with English Abstract).

Sánchez-Díaz M, Pardo M, Antolin M, Pena J, Aguirreolea J. 1990. Effect of water stress on photosynthetic activity in the Medicago – Rhizobium – Glomus symbiosis. Plant Science, 71: 215 – 221.

Shehata SM, Abdel-Azem HS, El-Yazied AA, El-Gizawy AM. 2011**.** Effect of foliar spraying with amino acids and seaweed extract on growth chemical constitutes, yield and its quality of celeriac plant. European Journal of Scientific Research, 58 (2): 257-265.

Shojaeian Kish F, Yadavi A, Movahhedi Dehnavi M, Salehi A, Hamidian M. 2021. Improvement of physiological characteristics and nutrient uptake of Linseed (*Linum usitatissimum*) with biofertilizers application under irrigation withholding at different growth stages. Journal of Plant Process and Function, 10(44): 265-82. (In Persian with English Abstract). DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.9.5.

Sivasangari Ramya S, Nagaraj S, Vijayanand N. 2010**.** Biofertilizing efficiency of brown and green algae on growth, biochemical and yield parameters of *Cyamopsis tetragonolaba* (L.) Taub. Recent Research in Science and Technology, 2 (5): 45-52.

Sridhar S, Rengasamy R. 2011. Potential of seaweed liquid fertilizers (SLFS) on some agricultural crop with special reference to protein profile of seedlings. International Journal of Development Research, 7:55–57.

Srivastava, AK, Singh T, Jana TK, Arora DK. 2001. Induced resistance and control of charcoal rot in *Cicer arietinum* (Chickpea) by *Pseudomonas fluorescence*. Canadian Journal of Botany, 79 (7): 787-795.

Stirk WA, Arthu, GD, Arthur GD, Lourens AF, Novar O, Strand M, Vanstaden J. 2004. Changes in Cytok in and Auxin concentration in seaweed concentrates when stored at elevated temperature. Journal of Applied Physiology, 16: 31-39.

Sunarpi, Jupri, A, Kurnianingsih, R, Julisaniah NI, Nikmatullah A. 2010. Effect of seaweed extracts on growth and yield of rice plants. Nusantara Bioscience, 2 (2): 73-77.

Teimory H, Ghabooli M, Movahedi Z. 2021. Effects of different inoculation methods of *Serendipita indica* on some morphophysiological, biochemical, and yield traits of tomato under drought stress. Iranian Journal of Plant Biology, 13(2):1-22. https://doi.org/ 10.22108/ijpb.2021.128853.1253.

Tohidinia MA, Mazaheri D, Bagher-Hosseini SM, Madani H. 2014. 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). DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.4.1.5.

Van Oosten MJ, Pepe O, De Pascale S, Silletti S, Maggio A. 2017. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 4(1): 1-12. https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5.

Vijayanand N, Ramya SS, Rathinavel S. 2014. Potential of liquid extracts of *Sargassum wightii* on growth, biochemical and yield parameters of cluster bean plant. Asian Pacific Journal of Reproduction, 3 (2): 150-155. https://doi.org/10.1016/S2305-0500(14)60019-1.

Wu HH, Zou YN, Rahman MM, Ni QD, Wu QS. 2017. Mycorrhizas alter sucrose and proline metabolism in *trifoliate orange* exposed to drought stress. Scientific Reports, 7: 42389. https://doi.org/10.1038/srep42389.

Yazdani M, Bahmanyar MA, Pirdashti H, Esmaili MA. 2009. Effect of phosphate solubilizing microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering, 3(1): 87-96.

Yazdi-Motlagh A, Khavari-Khorasani S, Bakhtiari S and Musa-Abadi J. 2012. Effect of planting pattern on morphophysiologic characteristics, yield and yield components of forage maize varieties (*Zea mays* L.) in saline conditions. Agroecology, 4(4): 324-327. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/jag.v4i4.17816.

Zahir ZA, Akram M, Arshad M, Khalid A. 2004. Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. Pakistan Journal of Soil Science, 15: 7-11.

Zodape ST, Gupta A, Bhandari SC, Rawat US, Chaudhary DR, Eswaran K, and Chikara J. 2011. Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Journal of Scientific and Industrial Research, 70 (1): 215-219.