

Effect of Foliar Application of Seaweed Extract on Growth, Yield and Quality of Forage Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench)

Mohammad Reza Bahiraei¹, Javad Hamzei^{2*} , Mohammad Ali Abotalebian² 

Received: 11 December 2022

Accepted: 16 March 2024

1- MSc. Student, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

2- Assoc. Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

*Corresponding Author Email: j.hamzei@basu.ac.ir

Abstract

Background and Objective: Seaweed extracts serve as natural bio-stimulants, enhancing plant growth and productivity due to their rich composition of nutrients and bioactive compounds. Optimizing growth, yield, and quality in forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) is crucial for improving livestock nutrition and sustainable fodder production. However, studies on foliar application of seaweed extract in sorghum, particularly in the speedfeed cultivar, remain limited. This study aimed to assess the effects of different concentrations of seaweed extract on sorghum growth indices, yield, and fodder quality to identify the optimal application rate for maximizing performance and resource efficiency.

Materials and Methods: This experiment was conducted in a randomized complete blocks design with five treatments and three replications. Treatments included foliar application of water (control) and 0.5, 1, 1.5 and 2 L/ha of seaweed extract. Leaf area index, crop growth rate, net assimilation rate, fresh and dry fodder yield and fodder quality (digestibility, protein percentage, crude fiber percentage, and carbohydrate) were measured and evaluated.

Results: The effect of seaweed extract foliar application on leaf area index, crop growth rate, net absorption rate and quantitative and qualitative yield of sorghum was significant. There was no significant difference between the concentrations of 1.5 and 2 L/ha of seaweed extract in most of the investigated traits. So that the highest amount of growth indices, total dry yield, protein percentage and the lowest amount of crude fiber were obtained from the application of 1.5 L/ha of seaweed extract. The lowest amount of these characteristics and the highest amount of crude fiber were obtained from the control treatment.

Conclusion: Overall, the application of seaweed extract improved the growth of sorghum fodder. The optimal treatment (1.5 L/ha of seaweed extract) boosted the leaf area index, crop growth rate, and total yield of sorghum by 32%, 26.71%, and 20.56% respectively compared to the control treatment, making it the most effective option.

Keywords: Ash, Digestibility, Fiber, Organic Manure, Protein, Soluble Sugars



This is an open-access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

Copyright© 2025 Javad Hamzei, Email: j.hamzei@basu.ac

<http://doi.org/10.22034/SAPS.2023.54399.2958>



اثر محلول پاشی عصاره جلبک دریایی بر رشد، عملکرد و کیفیت سورگوم علوفه ای (*Sorghum bicolor* L. Moench)

محمد رضا بحیرایی^۱، جواد حمزه‌ئی^{۲*}، محمدعلی ابوطالبیان^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۰	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۶
--------------------------	-------------------------

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۲- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
* مسئول مکاتبه: Email: j.hamzei@basu.ac.ir

چکیده

مقدمه و اهداف: عصاره‌های جلبک دریایی به‌عنوان محرک‌های زیستی طبیعی، رشد و عملکرد گیاه را بهبود می‌بخشند. بهینه‌سازی رشد، عملکرد و کیفیت سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench) نقش مهمی در تغذیه دام و تولید پایدار علوفه دارد. با این حال، مطالعات محدودی اثر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی را بر سورگوم، به‌ویژه در رقم اسپیدفید، بررسی کرده‌اند. این پژوهش با هدف ارزیابی تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریایی بر شاخص‌های رشد، عملکرد و کیفیت علوفه سورگوم انجام شد تا بهترین میزان مصرف برای بهبود عملکرد و بهره‌وری منابع شناسایی شود.

مواد و روش‌ها: آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار (محلول پاشی با آب (شاهد) و غلظت‌های ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ لیتر در هکتار عصاره جلبک دریایی) و سه تکرار اجرا شد. شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت جذب خالص، عملکرد علوفه‌تر و خشک و صفات کیفی (قابلیت هضم علوفه، پروتئین، فیبر خام، کربوهیدرات، فیبر محلول در شوینده اسیدی و خنثی) اندازه‌گیری و ارزیابی شدند.

یافته‌ها: اثر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت جذب خالص و عملکرد کمی و کیفی سورگوم معنی‌داری شد. در اکثر صفات مورد بررسی بین غلظت‌های ۱/۵ و ۲ لیتر در هکتار عصاره جلبک دریایی اختلاف معنی‌داری دیده نشد. به‌طوری که بیشترین میزان شاخص‌های رشد، عملکرد خشک کل، درصد پروتئین و کمترین میزان فیبر خام از کاربرد ۱/۵ لیتر در هکتار عصاره جلبک دریایی حاصل شد. کمترین میزان این ویژگی‌ها و بیشترین میزان فیبر خام نیز از تیمار شاهد به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی کاربرد عصاره جلبک دریایی، رشد سورگوم را افزایش داد. به‌طوری که تیمار برتر (۱/۵ لیتر در هکتار عصاره جلبک دریایی) در مقایسه با تیمار شاهد، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و عملکرد کل سورگوم را به‌ترتیب ۳۲، ۲۶/۷۱ و ۲۰/۵۶ درصد افزایش داد و آن را به موثرترین گزینه تبدیل کرد.

واژه‌های کلیدی: قابلیت هضم، پروتئین، فیبر، قندهای محلول، خاکستر، کود آلی

مقدمه

تأمین مواد خوراکی برای دام‌ها و تولید فرآورده‌های دامی مانند شیر و گوشت، اهمیت زیادی در تأمین غذای انسان دارد. به‌طوری که، کمیت و کیفیت گیاهان علوفه‌ای در تغذیه و پرورش دام و سایر فرآورده‌های آن بسیار مفید و موثر است (هایس و همکاران ۲۰۱۳). سورگوم (*Sorghum bicolor* L. Moench) از مهم‌ترین گیاهان علوفه‌ای است که با توجه به نقش آن در تأمین علوفه کشور، اهمیت بسزایی در صنعت دام دارد (مومنی و همکاران ۲۰۱۷). سورگوم گیاهی روز کوتاه، یکساله و متعلق به تیره غلات است که از قرن‌ها پیش، به منظور تأمین علوفه برای دام کشت می‌شده است. این گیاه از لحاظ پتانسیل تولید دانه، علوفه و ماده خشک مقام پنجم را در دنیا داراست (هایس و ناوینسکا ۲۰۲۳). سورگوم پتانسیل پاسخ‌دهی به چالش‌های مختلف مربوط به امنیت غذایی و تغییرات آب و هوایی را دارد. علاوه بر این توانایی انطباق این گیاه با شرایط مختلف زراعی و محیطی، آن را برای مناطقی با دسترسی محدود به آب و نیز شرایط شوری مناسب کرده است (بهره و همکاران ۲۰۲۲). این گیاه تحمل به خشکی را از طریق مکانیسم‌های مختلف مورفولوژیکی، آناتومیک و فیزیولوژیکی نشان می‌دهد و این پدیده آن را به یک محصول انعطاف پذیر در مناطق خشک و نیمه خشک تبدیل کرده است. در واقع، سورگوم جهت تولید مواد غذایی و انرژی زیستی پایدار در شرایط متغیر آب و هوایی یک محصول امیدبخش به شمار می‌رود (تاکاناشی و همکاران ۲۰۲۳).

از طرفی، بهبود حاصلخیزی پایدار خاک و عملکرد کیفی گیاهان علوفه‌ای برای حمایت از تولید دام و تأمین تقاضای فزاینده برای خوراک دام با کیفیت بالا بسیار مهم است (سندال و همکاران ۲۰۲۳). به‌طور کلی، تحقیق و نوآوری در مدیریت حاصلخیزی خاک و بهبود کیفیت محصولات علوفه‌ای برای حمایت از کشاورزی پایدار و اطمینان از بهره‌وری بلند مدت سیستم‌های دامی ضروری است. به عبارتی، ضروری است که با تغییر در شیوه مدیریت کشت و با استفاده از کودهای آلی با منشأ طبیعی، ضمن افزایش حاصلخیزی خاک و بهبود عملکرد گیاهان زراعی، پایداری تولید و سلامت محیط زیست را نیز در دراز مدت بهبود بخشید. یکی از کودهای طبیعی اکولوژیک در عرصه کشاورزی که نقش مهمی در تغذیه گیاهان مختلف دارد، عصاره جلبک‌های دریایی است

(خوشروی و همکاران ۲۰۱۲). جلبک‌های دریایی در گذشته به عنوان کودهای آلی به شکل کمپوست استفاده می‌شدند، اما امروزه در کشورهای پیشرفته، از تکنولوژی‌های جدیدی برای تولید و بهره‌برداری از جلبک‌ها و عصاره این موجودات به‌عنوان محرک‌ها و هورمون‌های رشد استفاده می‌شود. در واقع وجود برخی از ترکیبات مغذی و محرک رشد در جلبک‌ها باعث شده است تا از عصاره این گیاهان برای تولید کودهایی استفاده شود که باعث افزایش میزان رشد و عملکرد گیاهان زراعی و باغی می‌گردد (حسین و همکاران ۲۰۲۱). مطالعات فراوان اثبات کرده است که کاربرد این فرآورده طبیعی به صورت محلول‌پاشی در گیاهان مختلف باعث افزایش جذب و فراهمی عناصر غذایی، افزایش جوانه‌زنی بذور، تحریک رشد ریشه و بهبود جذب آب، افزایش محتوای کلروفیل و انتقال مواد فتوسنتزی، کاهش اثرات منفی تنش‌های محیطی، افزایش مواد آلی خاک و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک شده و از این طریق، بهبود رشد و افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان مختلف را در پی دارد (ال-بخاری و همکاران ۲۰۲۰). محلول‌پاشی نوعی کاربرد مواد غذایی است که در نقطه اعمال شده (برگ) جذب و به نقطه مصرف (معمولاً بافت‌های در حال رشد) انتقال داده شود. محلول‌پاشی یا تغذیه برگی روشی برای مصرف تکمیلی مقادیر مختلف عناصر غذایی، هورمون‌های گیاهی، محرک‌ها و سایر مواد مفید می‌باشد. فوایدی که از محلول‌پاشی گزارش شده است شامل افزایش عملکرد، مقاومت به بیماری‌ها و آفات، بهبود تحمل به خشکی و افزایش کیفیت محصول گیاهان زراعی می‌باشد. واکنش گیاه به گونه، شکل کود مصرفی، غلظت، دفعات محلول-پاشی‌ها و مرحله رشدی گیاه بستگی دارد. عصاره محلول‌پاشی جلبک‌های دریایی به دلیل دارا بودن انواع مواد معدنی، عناصر غذایی، اسیدهای آمینه و هورمون-های طبیعی نقش به سزایی در رشد و عملکرد گیاهان خواهد داشت. نتایج تحقیقی نشان داد که محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در کنار استفاده از سایر ترکیبات آلی مغذی، باعث افزایش ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه و عملکرد علوفه سورگوم علوفه‌ای شد (باکار و همکاران ۲۰۲۱). در پژوهش دیگری گزارش شد که محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی به‌طور معنی‌داری عملکرد علوفه خشک سورگوم را افزایش می‌دهد (یونس الغزال و

همکاران ۲۰۲۱). محققین در بررسی اثر مصرف کودهای آلی بر عملکرد و کیفیت محصول سورگوم گزارش کردند که محلول پاشی عصاره جلبک دریایی از طریق تأمین همزمان عناصر غذایی ماکرو در کنار مواد محرک رشد از جمله سیتوکنین و اکسین باعث افزایش درصد قند محلول، افزایش ماده خشک قابل هضم و همچنین کاهش درصد لیگنین و فیبر خام نسبت به تیمار شاهد می شود (کریمی و امیرنیا ۲۰۱۸). در مطالعه دیگری که روی گیاه یونجه انجام شد نتایج نشان داد که کاربرد جلبک دریایی با غلظت های مختلف ضمن افزایش عملکرد علوفه خشک یونجه همدانی، سبب افزایش میزان قندهای محلول و درصد پروتئین خام می شود که این دو فاکتور نقش مهمی در افزایش کیفیت علوفه دارند (فرنیا و احیایی ۲۰۱۵). بنابراین با محلول پاشی عصاره جلبک دریایی به عنوان یک کود طبیعی و اکولوژیک، می توان ضمن تأمین بخشی از نیاز گیاه به عناصر غذایی و تأمین اسیدهای آمینه، هورمون ها و ویتامین ها برای گیاه، عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی را نیز افزایش داد.

به طور کلی، هدف از اجرای این آزمایش، تعیین غلظت مناسبی از عصاره جلبک دریایی جهت محلول پاشی بر روی گیاه علوفه ای سورگوم (رقم اسپیدفید) بر اساس میزان بهبود شاخص های رشدی، عملکرد کمی و پارامترهای مرتبط با کیفیت علوفه در منطقه همدان بود.

مواد و روش ها

این پژوهش در بهار و تابستان سال ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینای همدان انجام شد. آزمایش بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. محلول پاشی عصاره جلبک دریایی با غلظت های ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ لیتر در هکتار و محلول پاشی با آب (شاهد) تیمارهای آزمایشی بودند. عملیات تهیه زمین شامل شخم و دو دیسک عمود بر هم بود و بعد از تسطیح زمین، عملیات کرت بندی انجام شد. قبل از انجام آزمایش، از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری خاک محل آزمایش نمونه برداری شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. هر واحد آزمایشی شامل پنج خط کاشت با فواصل ۵۰ سانتی متر و طول شش متر بود. فاصله بوته ها روی

ردیف ۴ سانتی متر و تراکم کاشت ۵۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. بین کرت ها یک متر و بین بلوک ها دو متر فاصله در نظر گرفته شد. پیش از کاشت، بر اساس نتایج آزمون خاک، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل مصرف شد و کود اوره (حاوی ۴۵ درصد نیتروژن) نیز به میزان ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار و طی سه مرحله در زمان کشت، ۴ تا ۶ برگ و ۸ تا ۱۰ برگ بوته ها مصرف گردید. بعد از آماده سازی زمین، کشت بذرها در دهم خرداد ۱۳۹۹ انجام شد. آبیاری به صورت بارانی صورت گرفت. بذر سورگوم علوفه ای مورد استفاده در این تحقیق رقم اسپیدفید بود که از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. محلول پاشی عصاره جلبک دریایی در زمان ۶ تا ۸ برگ بوته ها و در هر دو چین انجام گرفت. برای اعمال تیمارهای محلول پاشی، مقادیر ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ لیتر عصاره جلبک دریایی در ۴۰۰ لیتر آب به عنوان مبنا برای یک هکتار در نظر گرفته شد. سپس محلول مورد نیاز بر اساس مساحت کرت های آزمایشی و با غلظت مربوط به هر تیمار تهیه و با استفاده از سمپاش پشتی، روی ردیف های کشت محلول پاشی شد. در تیمار شاهد نیز محلول پاشی فقط با آب صورت گرفت. عصاره جلبک دریایی مورد استفاده در این آزمایش، مارینا واردات شرکت سوپر مکس بود. مارینا عصاره غلیظ جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم (*Ascophyllum nodosum*) است که حاوی ۶۳/۵ درصد عصاره جلبک دریایی، ریزمغذی ها، ویتامین ها، آنتی اکسیدانت ها، پلی فنول ها و آمینو اسیدها می باشد. دیگر اطلاعات مربوط به مارینا در جدول ۱ ارائه شده است. جهت محاسبه شاخص های رشد، نمونه برداری از بوته های هر کرت به فاصله دو هفته ای در هر چین انجام شد تا شاخص های رشد از جمله شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت جذب خالص اندازه گیری شود. در هر نمونه برداری سه بوته از هر کرت برداشت شد. ابتدا سطح برگ نمونه ها (شاخص سطح برگ)^۱ به روش وزنی محاسبه شد. سپس برای اندازه گیری وزن خشک، بوته ها برای مدت ۴۸ ساعت درون آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند و وزن خشک آن ها تعیین شد. پس از تعیین وزن خشک بوته ها، سرعت جذب خالص^۲ و

² - Net assimilation rate

¹ - Leaf area index

حسب گرم و LA سطح برگ بر حسب سانتی متر مربع است. مقادیر شاخص های رشد محاسبه شده در زمان شروع گلدهی، مورد آنالیز و مقایسه میانگین قرار گرفتند.

سرعت رشد محصول^۱ با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه شدند (هوزاین و همکاران ۲۰۰۷). در این معادلات، T زمان بر حسب روز، W وزن خشک بوته بر

$$NAR = ((W_2 - W_1) / (T_2 - T_1)) \times ((\ln LA_2 - \ln LA_1) / (LA_2 - LA_1))$$

$$CGR = NAR \times LAI$$

(رابطه ۱) سرعت جذب خالص

(رابطه ۲) سرعت رشد محصول

صفات کیفی با استفاده از دستگاه طیف سنج مادون قرمز نزدیک (مدل ۸۶۲۰ شرکت پرتن سوئد) در آزمایشگاه موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور، اندازه گیری شدند. تجزیه واریانس داده ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین ها به روش حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم شدند.

در هر چین برای تعیین عملکرد علوفه تر و عملکرد علوفه خشک، سه متر مربع از هر کرت (با رعایت اثرات حاشیه) برداشت شد. همچنین از نمونه های برداشت شده جهت تعیین صفات کیفی شامل درصد ماده خشک قابل هضم (DMD)^۲، درصد قندهای محلول در آب (WSC)^۳، درصد پروتئین خام (CP)^۴، عملکرد پروتئین (PY)^۵، درصد خاکستر (ASH)^۶، درصد فیبر خام (CF)^۷، درصد فیبرهای غیرمحلول در شوینده اسیدی (ADF)^۸ و درصد الیاف محلول در شوینده خنثی (NDF)^۹ استفاده گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش و برخی ویژگی های عصاره جلبک دریایی مارینا

رس	سیلت	شن	بافت خاک	فسفر	پتاسیم	نیتروژن کل (%)	pH	EC (dS/m)	کربن آلی (%)
خاک	۳۰٪	۴۵٪	۲۵٪	لوم رسی	۸/۳ (ppm)	۲۸۰/۰ (ppm)	۰/۱۴	۷/۵	۴/۴۲
مارینا	--	--	--	۰/۲۵ درصد	۹/۵ درصد	۲/۵۴	--	--	۱۶/۵

نتایج و بحث

شاخص های رشد

نتایج تجزیه واریانس داده های پژوهش حاضر نشان داد که شاخص های رشدی سورگوم در هر دو چین به طور معنی داری تحت تأثیر غلظت های مختلف محلول پاشی عصاره جلبک دریایی قرار گرفتند (جدول ۲). به طوری که، با افزایش میزان مصرف عصاره جلبک دریایی از صفر به ۲ لیتر در هکتار، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت جذب خالص سورگوم، افزایش یافت ولی بین غلظت های ۱/۵ و ۲ لیتر در هکتار عصاره جلبک دریایی، از نظر این ویژگی ها (به استثنای سرعت رشد محصول در چین اول) تفاوت معنی داری

مشاهده نشد (شکل های ۱ تا ۳). کمترین مقدار شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت جذب خالص سورگوم در هر دو چین از تیمار عدم مصرف عصاره جلبک دریایی به دست آمد. محلول پاشی عصاره جلبک دریایی به میزان دو لیتر در هکتار نسبت به عدم مصرف آن در چین اول و دوم، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت جذب خالص سورگوم را به ترتیب ۳۶/۶۷ و ۳۲/۹۵ درصد، ۳۷/۳۲ و ۳۲/۱۳ درصد و ۴۶/۳۵ و ۴۱/۶۴ درصد افزایش داد (شکل های ۱ تا ۳). در بررسی واکنش شاخص های رشد یونجه به محلول پاشی عصاره جلبک دریایی گزارش شده است که محلول پاشی عصاره جلبک دریایی، شاخص سطح برگ یونجه را افزایش داد.

⁶- Total ASH

⁷- Crude fiber

⁸- Acid detergent fiber

⁹- Neutral detergent fiber

¹ - Crop growth rate

²- Dry matter digestibility

³- Water soluble carbohydrates

⁴- Crude Protein

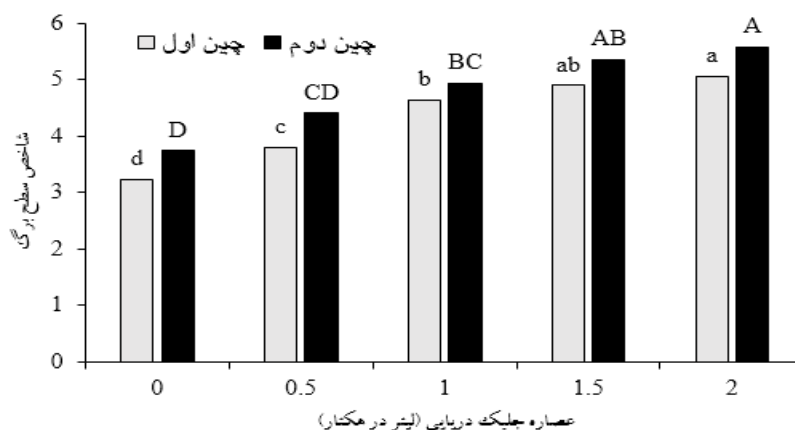
⁵- Protein yield

به طوری که حتی زمانی که بوته‌های یونجه تحت تأثیر تنش شوری بودند، محلول‌پاشی این ماده محرک رشد، شاخص سطح برگ یونجه را افزایش داد (ژای ۲۰۱۳).
محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی از طریق افزایش جذب عناصر غذایی فسفر، نیتروژن و پتاسیم از خاک، سرعت رشد ذرت را افزایش داد (پال و همکاران ۲۰۱۵).

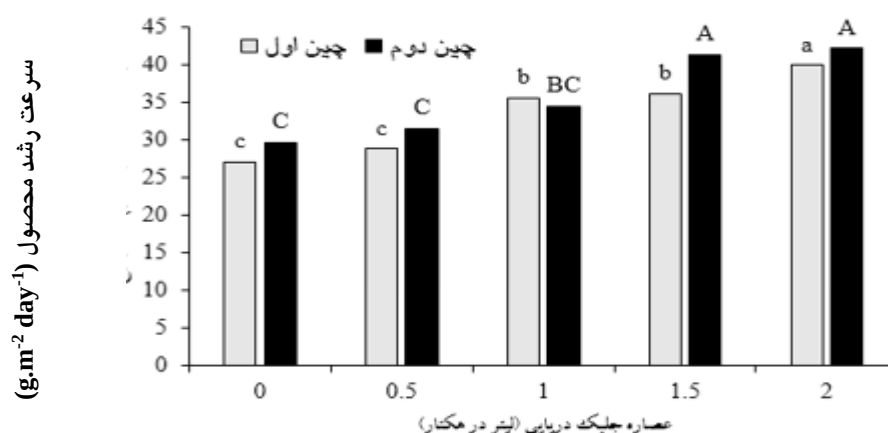
جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی سورگوم تحت تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییر
سرعت جذب خالص		سرعت رشد محصول		شاخص سطح برگ			
چین اول	چین دوم	چین اول	چین دوم	چین اول	چین دوم		
۴/۰۹*	۵/۴۵*	۱۶۶/۹۳**	۱۰۸/۳۸*	۴/۰۹**	۱/۴۱*	۲	بلوک
۶/۷۸**	۴/۸۶*	۱۳۸/۲۱**	۱۷۰/۱۰**	۱/۹۱*	۲/۱۹**	۴	تیمار
۰/۹۱	۱/۲۱	۱۹/۱۷	۲۴/۲۵	۰/۴۷	۰/۳۱	۸	خطا
۱۳/۰۲	۱۳/۱۱	۱۲/۲۳	۱۵/۱۷	۱۴/۲۳	۱۲/۸۶	ضریب تغییرات (%)	

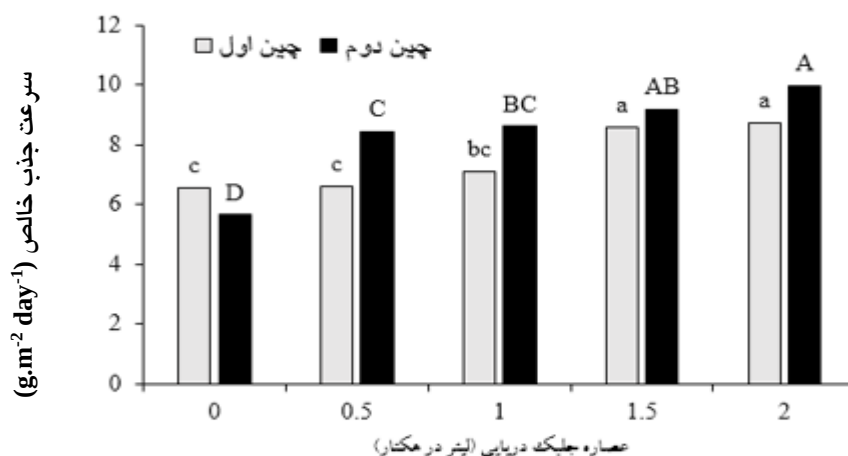
* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.



شکل ۱- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ سورگوم در زمان شروع گلدهی تحت تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در چین اول و دوم



شکل ۲- مقایسه میانگین سرعت رشد محصول سورگوم در زمان شروع گلدهی تحت تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در چین اول و دوم



شکل ۳- مقایسه میانگین سرعت جذب خالص سورگوم در زمان شروع گلدهی تحت تأثیر محلول پاشی عصاره جلبک دریایی در چین اول و دوم

(فرنی و احیایی ۲۰۱۵). دلیل این امر، فراهمی بهتر عناصر غذایی مورد نیاز یونجه گزارش شده است. همچنین، محلول پاشی عصاره جلبک دریایی در کشت مخلوط سورگوم و لوبیا، عملکرد تر و عملکرد خشک هر دو گیاه را افزایش داده است (باکار و همکاران ۲۰۲۱). محققین مختلفی بیان داشتند که مصرف عصاره جلبک دریایی با دارا بودن مواد شبه هورمونی مختلف، به دلیل افزایش ترشحات ریشه و تحریک تولید ریشه بیشتر، سبب افزایش جذب عناصر غذایی از خاک می شود. علاوه بر این جمعیت میکروبی مفید در محیط ریشه نیز با افزایش این ترشحات، تحریک شده و موجب دسترسی بیشتر به عناصر غذایی، مواد سرکوب کننده بیماری، ویتامین ها و سایر مواد مفید برای گیاه می شود و شرایط را برای رشد بهتر گیاه فراهم می کند (کارونگی و همکاران ۲۰۲۰؛ سینگ و همکاران ۲۰۱۹).

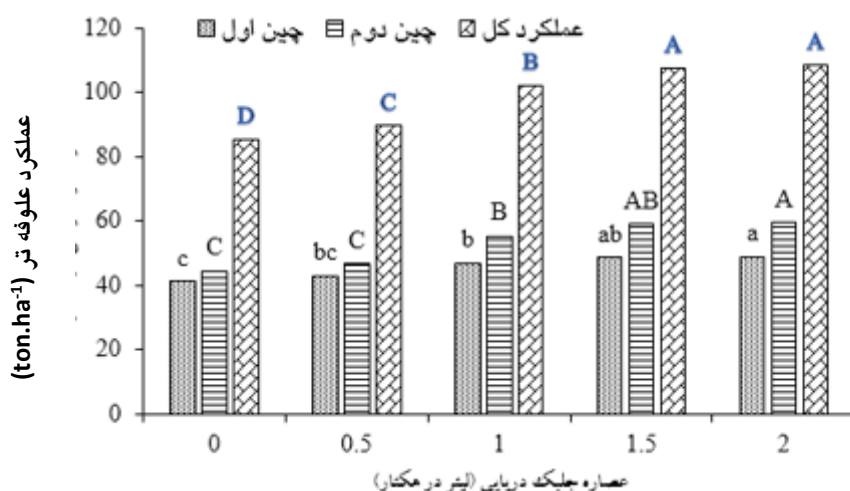
عملکرد علوفه تر و خشک سورگوم

تجزیه واریانس داده ها نشان داد که عملکرد علوفه تر سورگوم در چین اول و دوم و مجموع دو چین (عملکرد کل) به طور معنی داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر محلول پاشی عصاره جلبک دریایی قرار گرفتند (جدول ۳). به طوری که با افزایش غلظت عصاره جلبک دریایی، عملکرد علوفه تر سورگوم افزایش معنی داری داشت. بیشترین عملکرد علوفه تر سورگوم، از غلظت دو لیتر در هکتار عصاره جلبک دریایی به دست آمد که با غلظت یک و نیم لیتر در هکتار عصاره جلبک دریایی اختلاف معنی داری نداشت. محلول پاشی عصاره جلبک دریایی با غلظت دو لیتر در هکتار نسبت به عدم مصرف آن، عملکرد علوفه تر سورگوم را در چین اول و دوم و مجموع دو چین به ترتیب ۱۵/۹۰، ۲۵/۵۹ و ۲۱/۲۱ درصد افزایش داد (شکل ۴). عملکرد علوفه تر یونجه نیز تحت تأثیر عصاره جلبک دریایی، افزایش نشان داده است

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد علوفه سورگوم تحت تأثیر محلول پاشی عصاره جلبک دریایی

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد علوفه تر			عملکرد علوفه خشک		
		چین اول	چین دوم	کل	چین اول	چین دوم	کل
بلوک	۲	۴۳۹/۱۲**	۱۹۱/۷۸*	۷۹۱/۵۷*	۴۳/۱۶*	۳۴/۴۹*	۱۱۵/۹۲*
تیمار	۴	۳۴۷/۹۱**	۳۰۹/۸**	۱۱۶۵/۲۶**	۵۴/۵۶**	۷۹/۱۱**	۲۱۱/۴۵**
خطا	۸	۴۸/۷۲	۴۲/۹۵	۱۶۴/۹۱	۶/۰۰	۶/۱۵	۲۹/۴۱
ضریب تغییرات (%)		۱۵/۲۳	۱۲/۳۸	۱۳/۰۱	۱۶/۴۱	۱۴/۸۹	۱۶/۳۶

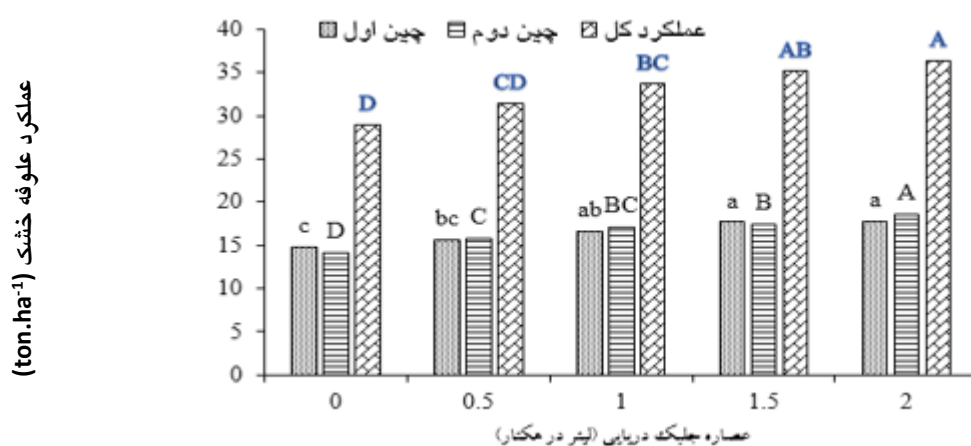
* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.



شکل ۴- مقایسه میانگین عملکرد علوفه تر سورگوم تحت تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در چین اول و دوم و مجموع دو چین

دریایی داشت و با تیمار نیم لیتر در هکتار عصاره جلبک دریایی، در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۵). اثر مدیریت تغذیه بر سورگوم بررسی و گزارش شد که محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در کنار استفاده از سایر ترکیبات آلی، به واسطه‌ی افزایش جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم از خاک، رشد و عملکرد علوفه را افزایش داد (باکار و همکاران ۲۰۲۱). در آزمایش دیگری علت برتری محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی نسبت به محلول‌پاشی کودهای شیمیایی، افزایش سطح برگ، فتوسنتز و فعالیت برخی آنزیم‌ها گزارش شد (کریمی و امیرنیا ۲۰۱۸).

عملکرد علوفه خشک سورگوم نیز در هر دو چین و مجموع دو چین (عملکرد کل) در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین عملکرد علوفه خشک در چین اول، دوم و کل از محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی با غلظت دو لیتر در هکتار به دست آمد. ولی، بین این تیمار و تیمار یک و نیم لیتر در هکتار عصاره جلبک دریایی، از نظر عملکرد خشک سورگوم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین عملکرد علوفه خشک کل (۲۹ تن در هکتار و با ۲۰ درصد کاهش نسبت به تیمار ۲ لیتر در هکتار عصاره جلبک دریایی) را تیمار عدم مصرف عصاره جلبک



شکل ۵- مقایسه میانگین عملکرد علوفه خشک سورگوم تحت تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در چین اول و دوم و مجموع دو چین

درصد (CP) و عملکرد پروتئین (YP)

یکی از منابع تأمین پروتئین مورد نیاز دام‌ها، پروتئین علوفه می‌باشد و درصد پروتئین همواره به عنوان یک فاکتور مهم در تنظیم جیره غذایی دام حائز اهمیت است (هاتانن و همکاران ۲۰۰۶). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که درصد پروتئین علوفه سورگوم در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر محلول پاشی عصاره جلبک دریایی قرار گرفت. عملکرد پروتئین نیز که برهمکنش میزان عملکرد علوفه و درصد پروتئین آن می‌باشد، در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر محلول پاشی عصاره جلبک دریایی قرار گرفت (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های درصد پروتئین تحت تأثیر غلظت‌های مختلف محلول پاشی عصاره جلبک دریایی نشان داد که بیشترین مقدار این صفت از تیمار دو لیتر در هکتار به دست آمد که با تیمار محلول پاشی یک و نیم لیتر در هکتار عصاره جلبک دریایی تفاوت معنی‌داری نداشت. محلول پاشی با غلظت دو لیتر در هکتار نسبت به عدم مصرف جلبک، به میزان ۸/۶۶ درصد پروتئین خام سورگوم را افزایش داد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌های عملکرد پروتئین تحت تأثیر غلظت‌های مختلف محلول پاشی نیز نشان داد که بیشترین مقدار این صفت از تیمار دو لیتر در هکتار به دست آمد. محلول پاشی با غلظت نیم لیتر در هکتار با تیمار عدم مصرف عصاره جلبک دریایی از نظر عملکرد پروتئین تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). افزایش پروتئین خام

باعث خوش‌خوراکی علوفه شده و عمل جذب مواد مغذی در روده دام را افزایش می‌دهد (ارزانی و همکاران ۲۰۱۳). عصاره جلبک دریایی حاوی عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم است (جدول ۱). لذا افزایش میزان پروتئین با فرآوری نیتروژن به دلیل نقش آن در ساختار پروتئین‌ها بدیهی به نظر می‌رسد. افزایش پروتئین گیاه با مصرف فسفر نیز این نظریه را تقویت می‌کند که عنصر غذایی فسفر به صورت مستقیم یا غیرمستقیم در امر پروتئین‌سازی مشارکت دارد (رشید و همکاران ۲۰۰۷). همچنین، فسفر در فتوسنتز، سنتز کربوهیدرات‌ها، پروتئین و متابولیسم چربی‌ها اهمیت فوق‌العاده‌ای داشته و دلیل آن، جایگاه ویژه این عنصر غذایی در فعالیت‌های سلولی، تشکیل اسیدهای هسته‌ای، فسفولیپیدها و تأمین انرژی در فرآیندهای مختلف گیاهی است (محمودی و همکاران ۲۰۱۶). عنصر غذایی پتاسیم نیز در بسیاری از فرآیندهای آنزیمی، سنتز ترکیبات گیاهی از جمله پروتئین و انجام تبادلات گازی نقش بسزایی دارد (مدنی و همکاران ۲۰۱۵). از این رو، به نظر می‌رسد تأمین همزمان این عناصر غذایی برای گیاه توسط عصاره جلبک دریایی، سبب بهبود کیفیت علوفه سورگوم از جمله افزایش درصد پروتئین خام علوفه می‌شود. این نتایج با یافته‌های کریمی و امیرنیا (۲۰۱۸)، فرنیا و احیایی (۲۰۱۵) و بگام و همکاران (۲۰۱۸) هماهنگ است.

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مرتبط با کیفیت علوفه سورگوم تحت تأثیر محلول پاشی عصاره جلبک دریایی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		CP	YP	DMD	WSC	ASH	CF
بلوک	۲	۷۶/۰۲**	۵۴۸۹۶۴*	۵۷۵**	۱۱/۶۵*	۷/۶۶*	۱۷۸**
تیمار	۴	۱۵/۶۷*	۸۶۲۶۵۹**	۲۵۹*	۲۳/۸**	۱۲**	۱۴۴**
خطا	۸	۰/۹۶	۱۲۲۵۳۷	۶۶	۱/۴	۱/۷	۲۰
ضریب تغییرات(%)		۱۲/۴۵	۱۳/۷۲	۱۳/۳۷	۱۲/۶۸	۱۲/۹۶	۱۳/۴۹
		۱۱/۵۳	۱۴/۳۲				

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

CP: درصد پروتئین خام، YP: عملکرد پروتئین، DMD: درصد ماده خشک قابل هضم، WSC: درصد قندهای محلول در آب، ASH: درصد خاکستر، CF: درصد فیبر خام، ADF: درصد فیبرهای غیرمحلول در شوینده اسیدی، NDF: درصد الیاف محلول در شوینده خنثی.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مرتبط با کیفیت علوفه سورگوم تحت تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی

عصاره جلبک دریایی	CP (%)	PY (kg.ha ⁻¹)	DMD (%)	WSC (%)	ASH (%)	CF (%)	ADF (%)	NDF (%)
عدم مصرف	۷/۱۲ ^c	۲۰۶۶ ^c	۵۶/۶۵ ^c	۸/۱۵ ^c	۸/۶۵ ^d	۳۴/۸۷ ^a	۳۹/۳۱ ^a	۶۳/۳۴ ^a
۰/۵ لیتر در هکتار	۷/۶۵ ^{bc}	۲۴۰۶ ^c	۵۷/۶۵ ^c	۹/۱۲ ^b	۹/۳۵ ^c	۳۴/۲۴ ^a	۳۸/۴۵ ^b	۶۲/۲۵ ^b
۱ لیتر در هکتار	۷/۹۶ ^b	۲۶۳۵ ^b	۶۱/۱۵ ^b	۹/۳۴ ^{ab}	۱۰/۲۲ ^b	۳۳/۱۳ ^b	۳۸/۰۵ ^{bc}	۶۱/۸۱ ^{bc}
۱/۵ لیتر در هکتار	۸/۱۲ ^{ab}	۲۸۵۵ ^b	۶۲/۴۲ ^b	۹/۸۵ ^a	۱۰/۳۱ ^b	۳۲/۹۱ ^{bc}	۳۷/۷۷ ^{cd}	۶۱/۰۲ ^c
۲ لیتر در هکتار	۸/۶۵ ^a	۳۱۵۰ ^a	۶۶/۶۴ ^a	۱۰/۱۳ ^a	۱۱/۰۷ ^a	۳۲/۰۴ ^c	۳۶/۹۳ ^d	۵۸/۷۳ ^d

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد هستند.

درصد ماده خشک قابل هضم (DMD)

این صفت که بیانگر میزان قابلیت هضم علوفه می‌باشد، نتایج مشابه درصد پروتئین خام داشت. زیرا نتایج تحقیقات حاکی از آن است که با افزایش درصد پروتئین علوفه، میزان ماده خشک علوفه و قابلیت هضم آن نیز افزایش می‌یابد (پی‌راد و استیگرگا ۱۹۹۷). براساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها، محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در سطح احتمال پنج درصد، اثر معنی‌داری بر درصد ماده خشک قابل هضم سورگوم داشت (جدول ۴). بیشترین درصد ماده خشک قابل هضم علوفه از تیمار کاربرد عصاره جلبک دریایی به میزان دو لیتر در هکتار به‌دست آمد. کمترین مقدار این صفت نیز از تیمار عدم مصرف عصاره جلبک دریایی حاصل شد. محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی به میزان دو لیتر در هکتار نسبت به تیمار عدم مصرف، افزایش ۱۷/۶۳ درصدی ماده خشک قابل هضم علوفه سورگوم را در پی داشت (جدول ۵). در سویا مصرف عصاره جلبک دریایی با کاهش درصد لیگنین، کاهش درصد NDF و ADF، افزایش ماده خشک قابل هضم و افزایش خوش خوراکی علوفه همراه بوده است (کاسیرا و همکاران ۲۰۱۹). دیگر پژوهشگران نیز تأثیر آرد جلبک دریایی (*Gracilaria sp*) را بر قابلیت هضم ماده خشک در شرایط آزمایشگاهی مطالعه و بیان داشتند که افزودن ۸ درصد از آرد جلبک دریایی بر جیره غذایی گوسفندان، به‌طور معنی‌داری قابلیت هضم علوفه را افزایش داد (ناگروهو و همکاران ۲۰۱۹).

درصد قندهای محلول در آب (WSC)

کربوهیدرات‌های محلول که بخش عمده‌ای از کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی را تشکیل می‌دهند، یکی از مهم‌ترین اجزای تعیین‌کننده کیفیت علوفه بوده و وظیفه آن تأمین انرژی برای میکروارگانیسم‌های شکمبه و حفظ سلامت دستگاه گوارش دام است (لیتورجیدیس و همکاران ۲۰۰۶). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که درصد قندهای محلول در آب در علوفه سورگوم در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی قرار گرفت (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش غلظت محلول‌پاشی، درصد قندهای محلول در آب در علوفه سورگوم افزایش یافت. بیشترین مقدار این صفت از تیمار کاربرد عصاره جلبک دریایی به میزان دو لیتر در هکتار به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با غلظت یک و نیم لیتر در هکتار نداشت (جدول ۵). محلول‌پاشی این کود آلی به میزان دو لیتر در هکتار نسبت به تیمار شاهد، افزایش ۲۴/۲۹ درصدی قندهای محلول در آب را در پی داشت. عصاره جلبک دریایی حاوی مواد غذایی مختلف، سیتوکنین، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و مواد آلی می‌باشد و مصرف آن با بهبود جذب عناصر غذایی و فرآوری مواد مغذی برای گیاه، منجر به افزایش مواد فتوسنتزی و قندهای تولید شده در علوفه می‌گردد (یزدی مطلق و همکاران ۲۰۱۲). در مطالعه اثر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر کیفیت علوفه یونجه، مشخص گردید که کاربرد عصاره جلبک دریایی میزان قندهای محلول در آب یونجه را افزایش داد (فرنیا و احیایی ۲۰۱۵). در گیاه ذرت نیز محلول‌پاشی عصاره

جلبک دریایی با غلظت‌های مختلف اثر معنی‌داری بر کیفیت دانه داشته است، به طوری که کاربرد عصاره جلبک دریایی درصد پروتئین و درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب ذرت را افزایش داد (لایک و همکاران ۲۰۱۵).

درصد خاکستر علوفه (ASH)

با افزایش درصد خاکستر که حاوی مواد مغذی و عناصر معدنی است، گوارش پذیری علوفه افزایش می‌یابد (هاتانن و همکاران ۲۰۰۶). در این تحقیق درصد خاکستر علوفه سورگوم در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر محلول پاشی عصاره جلبک دریایی قرار گرفت (جدول ۴). با افزایش غلظت محلول پاشی، درصد خاکستر علوفه سورگوم افزایش یافت. بیشترین و کمترین درصد خاکستر در علوفه به ترتیب از تیمارهای محلول پاشی با غلظت دو لیتر در هکتار و عدم مصرف عصاره جلبک دریایی به دست آمد که اختلاف ۲۷/۹۷ درصدی را نشان داد (جدول ۵). در نتایج پژوهشی گزارش شد که محلول پاشی عصاره جلبک دریایی درصد خاکستر علوفه، مواد کل قابل هضم و درصد پروتئین سورگوم را افزایش داده و از این طریق افزایش کیفیت علوفه را در پی داشته است (باکار و همکاران ۲۰۲۱). نتایج مطالعه‌ی دیگری نیز نشان داد که مصرف عصاره جلبک دریایی درصد خاکستر و مواد معدنی علوفه سویا را افزایش می‌دهد (کاسیرا و همکاران ۲۰۱۹). به نظر می‌رسد مصرف برگی عصاره جلبک دریایی، به علت فراهمی بهتر عناصر غذایی و افزایش جذب آن‌ها، تحریک فتوسنتز و اثرات فیتوهورمونی متعددی که بر رشد گیاه دارد، سبب افزایش مواد معدنی مختلف در شیر گیاهی شده و از این طریق درصد خاکستر و مواد معدنی مغذی در علوفه را افزایش می‌دهد (عارفی و همکاران ۲۰۱۲).

درصد فیبر خام (CF)

الیاف خام در واقع کلیه مواد غیر قابل هضم علوفه است که شامل سلولز، همی سلولز و لیگنین می‌باشد. درصد فیبر خام علوفه صفت مطلوبی نیست و باعث کاهش قابلیت هضم علوفه می‌گردد (براهمات و کلاساریا

۲۰۱۳). براساس تجزیه واریانس داده‌ها، محلول پاشی عصاره جلبک دریایی در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری بر درصد فیبر خام علوفه سورگوم داشت (جدول ۴). کمترین درصد فیبر خام علوفه از تیمار محلول پاشی با غلظت دو لیتر در هکتار به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با غلظت یک و نیم لیتر در هکتار نداشت. تیمار محلول پاشی با غلظت نیم لیتر در هکتار اثر معنی‌داری بر کاهش درصد فیبر خام علوفه سورگوم نداشت و با تیمار عدم مصرف عصاره جلبک دریایی در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۵). بنابراین می‌توان اظهار نمود که محلول پاشی عصاره جلبک دریایی با کاهش درصد فیبر خام، افزایش قابلیت هضم پذیری علوفه را در پی خواهد داشت. در گیاه سویا نیز محلول پاشی عصاره جلبک دریایی با کاهش درصد فیبر، لیگنین و همی سلولز، به طور قابل توجهی توانست درصد فیبر خام کل (بافت‌ها و الیاف غیرقابل هضم) را کاهش و کیفیت علوفه را افزایش دهد (کاسیرا و همکاران ۲۰۱۹).

درصد الیاف محلول در شوینده اسیدی (ADF) و خنثی (NDF)

محتوای الیاف محلول در شوینده اسیدی و خنثی نشان دهنده سهم دیواره سلولی در علوفه است که شامل سلولز و لیگنین می‌باشد. از آنجایی که این صفات نشانگر قابلیت هضم علوفه توسط دام می‌باشد، حائز اهمیت است و معمولاً با افزایش مقدار این شاخص‌ها از قابلیت هضم علوفه کاسته می‌شود (آلبایرا و همکاران ۲۰۱۱). در این آزمایش، محلول پاشی عصاره جلبک دریایی به طور معنی‌داری درصد الیاف محلول در شوینده اسیدی و خنثی را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۴). به طوری که، رابطه معکوسی بین غلظت محلول پاشی عصاره جلبک دریایی و درصد الیاف محلول در شوینده اسیدی و خنثی وجود داشت. کمترین درصد الیاف محلول در شوینده اسیدی و خنثی از تیمار دو لیتر در هکتار به دست آمد. لازم به ذکر است که تیمار دو لیتر در هکتار عصاره جلبک دریایی با تیمار یک و نیم لیتر در هکتار از نظر الیاف محلول در شوینده اسیدی تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۵). پیش‌تر از این نیز کاهش درصد الیاف

محلول در شوینده اسیدی سورگوم تحت تأثیر کاربرد عصاره جلبک دریایی توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است (باکار و همکاران ۲۰۲۰؛ ال سید و همکاران ۲۰۱۵). در تحقیق دیگری با هدف تعیین اثر دفعات محلول پاشی عصاره جلبک دریایی (یک مرحله و دو مرحله در طول فصل رشد) بر کیفیت علوفه سویا گزارش شد که محلول پاشی عصاره جلبک دریایی دو بار در طول فصل رشد، اثر معنی داری بر درصد فیبر، لیگنین، محتوی سلولز و همی سلولز علوفه سویا داشت و توانست به میزان قابل توجهی محتوی فیبر محلول در شوینده اسیدی و خنثی را کاهش داده و کیفیت علوفه سویا را بهبود بخشد (کاسیرا و همکاران ۲۰۱۹).

نتیجه گیری

به طور کلی محلول پاشی عصاره جلبک دریایی، رشد و عملکرد کمی، کیفی سوگوم علوفه ای را بهبود بخشید. به طوری که مصرف یک و نیم لیتر در هکتار عصاره

سیاسگزاری

از سرپرست و کارکنان مزرعه آموزشی پژوهشی و نیز از حمایت مالی دانشگاه بوعلی سینا تشکر می کنیم.

منابع مورد استفاده:

- Albayra S, Turk M, Yuksel O, Yilmaz M. 2011. "Forage yield and the quality of perennial legume-grass mixtures under rainfed conditions". *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39(1): 114-118. <https://doi.org/10.15835/nbha3915853>.
- Arefi M, Kafi H, Khazaee R and Banayan Aval M. 2012. Effect of nitrogen phosphorous and potassium fertilizer levels on yield, photosynthetic pigments, chlorophyll content, and nitrogen concentration of plant components of *Allium altissimum* Regel. *Agroecology*, 4(3): 207-214.
- Arzani H, Motamedi (Torkan) J, Jafari M, Farahpoor M and Zare Chahoki M A. 2013. Classification of forage quality index in highland rangelands of Taleghan. *Range and Desert Research*, 20(2): 250-271. <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2013.5761>
- Begum M, Bordoloi B C, Singha D D and Ojha N J. 2018. Role of seaweed extract on growth, yield and quality of some agricultural crops: A review. *Agricultural Reviews*, 39(4), 321-326. <https://doi.org/10.18805/ag.R-1838>.
- Behera PP, Saharia N, Borah N and Devi SHSarma, RN. 2022. Sorghum Physiology and Adaptation to Abiotic Stresses. *International Journal of Environment and Climate Change*, 1005-1022. <https://doi.org/10.9734/ijec/2022/v12i1030891>.
- Bhakar A, Singh M, Kumar S, Dutta S, Mahanta R K and Onte, S. 2020. Ensuring nutritional security of animals by mixed cropping of sorghum and guar under varying nutrient management. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 37(1), 48-56. <https://doi.org/10.5958/2231-6744.2020.00009.2>.
- Bhakar A, Singh M, Kumar S, Kumar D, Meena BL, Meena VK and Singh Y. 2021. Enhancing root traits and quality of sorghum and guar through mixed cropping and nutrient management. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 91(1). <https://doi.org/10.56093/ijas.v91i1.110935>.

- Brahmbhatt N and Kalasariya H. 2013. Effect of weed extract on forage quality of *Medicago sativa* L. International Journal of Scientific and Research Publications, 4, 2685-2688.
- Caronge MW, Djawad YA, Bourgougnon N, Makkulawu AT and Jumadi O. 2020. Effect of application of algae *sargassum* sp. extract to corn plants (*Zea mays* L.) and microbial response. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 484, No. 1, p. 012058). IOP Publishing. [https:// doi.10.1088/1755-1315/484/1/012058](https://doi.org/10.1088/1755-1315/484/1/012058)
- Dicko M H, H Gruppen A S, Traore A G J Voragen and W J H van Berkel. 2006. Sorghum grain as human food in Africa: Relevance of content of starch and amylase activities. African Journal of. Biotechnology, 5: 384-395.
- EL Boukhari M, Barakate M, Bouhia Y and Lyamlouli K. 2020. Trends in seaweed extract based biostimulants: Manufacturing process and beneficial effect on soil-plant systems. Plants, 9(3), 359. <https://doi.org/10.3390/plants9030359>.
- El Sayed SAA, Hellal FA, Nofal OA, EL-Karamany MF and Bakry BA. 2015. Influence of algal extracts on yield and chemical composition of moringa and alfalfa grown under drought condition. Environment, 4: 151-157.
- Fernia A and Ihyai O. 2015. Studying the quantitative and qualitative changes of Hamdani alfalfa fodder (*Medicago sativa*) under the effect of applying different amounts of humic acid and seaweed extract. Journal of New Agricultural Findings, 10th year, 4th issue, pages 291-307.
- Harris T. and Nowińska J. 2023. Effects of Sodic Water irrigation and neutralizing amendments on physiological, biochemical, and nutritional quality traits of fodder sorghum. Agronomy, 13(4): 1128-1128. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041128>.
- Hozayn M, Zeidan MS, Abd El-Lateef EM and Abd El-Salam MS. 2007. Performance of some mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) genotypes under late sowing condition in Egypt. Agriculture and Biotechnology Science, 3: 972-978.
- Huhtanen P, Ahvenjarvi S, Weisbjerg MR and Norgaard P. 2006 "Digestion and passage of fiber in ruminants". In: Sejrsen K Hvelplund T and Nielsen M O, Edithors, Ruminant physiology. Digestion, metabolism and impact of nutrition on gene expression, immunology and stress, Wageningen Academic Publishers, Wageningen. The Netherlands, 87-135.
- Hussain HI, Kasinadhuni N and Arioli T. 2021. The effect of seaweed extract on tomato plant growth, productivity and soil. Journal of Applied Phycology, 33(2), 1305-1314. <https://doi.org/10.1007/s10811-021-02387-2>.
- Karimi Rand Amirnia R. 2018. The effect of organic and chemical fertilizers in different phenological stages on some quantitative and qualitative characteristics of speedfed fodder sorghum. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 29 (3): 28-40.
- Khodabandeh N. 2018. Cultivation of fodder plants. Iranian Agricultural Science Publications, second edition, 347 pages.
- Khoshroui R, Saadatmad S and Soltani S. 2012. The effect of different concentrations of mercury on the antioxidant activity of photosynthetic pigments of Caspian Sea green algae. Plant and Ecosystem Scientific-Research quarterly, 36(9): 89-100.
- Kocira S, Szparaga A, Kocira A, Czerwińska E, Depo K, Erlichowska B and Deszcz E. 2019. Effect of applying a biostimulant containing seaweed and amino acids on the content of fiber fractions in three soybean cultivars. Legume Research-An International Journal, 42(3), 341-347. [http:// doi.10.18805/LR-412](http://doi.10.18805/LR-412).
- Layek J, Das A, Ramkrushna GI, Trivedi K, Yesuraj D, Chandramohan M and Ghosh A. 2015. Seaweed sap: a sustainable way to improve productivity of maize in North-East India. International Journal of Environmental Studies, 72(2), 305-315. [https:// doi:10.1080/00207233.2015.1010855](https://doi.org/10.1080/00207233.2015.1010855).

- Lithourgidis AS, Vasilakoglou IB, Dordas CA and Yiakoulaki MD. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crop Research*. 99: 106-113. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.03.008>.
- Madani H, Sajedi N and Gholipoor Fadashk H. 2015. Improvement of quality and quantity of alfalfa forage yield by using chemical and bio-fertilizers. *Crop Ecophysiology*, 9(4): 583-598.
- Mahmoodi Zuuic R, Nasri M and Oveysi M. 2016. Effects of humic acid spraying on yield and yield components of wheat in drought stress condition. *Crop Ecophysiology*, 8(1): 10-26.
- Malkoti MJ, Tabatabayi SJ, Keshavarz P and Shahabi AA. 2013. New methods of timely supply of nutrients for plants. Publications of Water and Soil Research Institute, 4th edition, 387 pages.
- Momeni H, Hadizadeh MH and Arab Jafari K. 2017. Sorghum herbal medicine. The country's herbal medicine research institute, first volume, 184 pages.
- Niu J, Liu C, Huang M, Liu K and Yan D. 2021. Effects of foliar fertilization: a review of current status and future perspectives. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(1), 104-118. <https://doi.org/10.1080/01904167.2013.868480>.
- Nugroho A, Prayitno CH and Widiyastuti T. 2019. Effect of Red Seaweed Flour (*Gracilaria* sp) Supplementation on Dry Matter and Organic Matter Digestibility of Sheep feed by In Vitro. *Institutions*, 1(2): 122-128. <https://doi.org/10.20884/1.angon.2019.1.2.p122-128>.
- Peyraud J L and Astegarraga L. 1997. Digestion of fresh perenninal ryegrass fertilized at two levels of nitrogen by lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. 64: 155-171.
- Rashid MA, Ranjha M and Rehim A. 2007. Model based fertilization to improve yield and quality of sorghum (*sorghum bicolor* L) fodder on usthochrept soil. *Agricultural Science*, 44: 221-227.
- Rezazadeh H. 2013. Forage plants: from planting to harvesting. Mashhad Academic Jihad Publications, third edition, 184 pages.
- Sandal SS, Puneet Walia P and Vidya AS. 2023. Quality enhancement in forage crops of cereals and legumes. *International Journal of Plant and Soil Science*, 35(16): 166-179. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i163142>.
- Singh S, Tiwari D, Gautam SS, Singh MK and Pal SK. 2019. Seaweed: An Alternative Liquid Fertilizer for Plant Growth. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 8(12), 772-781. <https://doi.org/10.22034/saps.2023.56467.3041>.
- Takanashi H. 2023. Genetic control of morphological traits useful for improving sorghum. *Breeding Science*, 73(1): 57-69. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.22069>.
- Yazdi-Motlagh A, Khavari-Khorasani S, Bakhtiari S and Musa-Abadi J, 2012. Effect of planting pattern on morphophysiological characteristics, yield and yield components of forage maize varieties (*Zea mays* L.) in saline conditions. *Agroecology*, 4(4): 324-327.
- Yones Al-ghazal SA, Aziz M and Shahaze Al-jehishi VK. 2021. Response of growth and yield of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) to different levels of humic acid and sea-ALgae extract. *Journal of Al-Muthanna for Agricultural Sciences*, 8(4). <https://doi.org/10.52113/mjas04/8.4/28>.