

## The Effect of Pumice Application and Foliar Spraying with Algae Extract and Hoagland Solution on Growth Traits and Yield of Soybean (*Glycine max*)

Ali Ahmadi<sup>1</sup>, Lamia Vojodi Mehrabani<sup>2\*</sup>, Nasrin Razmi<sup>3</sup>

Received: 04 September 2023 Accepted: 28 December 2023

1-MSc Graduated of Agronomy, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

2-Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

3-Assist. Prof., Field and Horticultural Crops Sciences Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Parsabad, Iran.

\*Corresponding Author Email: vojodilamia@gmail.com

### Abstract

**Background and Objective:** Considering the country's need for oilseed production and the urge to reduce the use of chemical fertilizers while providing sufficient moisture content in the soil during the plant growth period; this experiment was conducted to study the impact of soil-based pumice application and foliar spray of organic fertilizers (algae extract) and chemical fertilizers (Hoagland's solution) on the growth, yield and some physiological traits of soybean.

**Materials and Methods:** To investigate the effect of using pumice (0 and 60 tons ha<sup>-1</sup>) and foliar spraying with Hoagland's solution and Marmarin seaweed extract (0 and 0.2 mM), a factorial experiment was conducted on soybean based on a randomized complete block design with three replications in Agricultural and Natural Resources Research Center located in Pars-abad, Moghan, Iran during 2021. The treatment of seaweed and Hoagland's solution was done by spraying them on the leaves in two stages [in the trifoliolate leaf stage (V1) and at the beginning of flowering (R1)]. The most major parameters measured were: seed yield, harvest index, phenolic compounds content, elemental content, oil, and protein percent.

**Results:** The results showed that the interaction effects of pumice and the simultaneous foliar spraying with seaweed extract and Hoagland's solution caused a 97% increase in pod length and 112% in width, a 73% increase in plant dry weight, a 39% increase in seed number per plant and 55% increase in seed yield compared to the control plant. The plant height increased under 60 tons.ha<sup>-1</sup> of pumice application alone and in combination with foliar spraying with both fertilizers. Foliar spraying with Hoagland's solution, along with simultaneous foliar spraying of both compounds (seaweed extract + Hoagland's solution) with pumice application enhanced the number of nodes, sub-branches, and the weight of 100 seeds of the plant. Pumice application (zero and 60 tons.ha<sup>-1</sup>) along with the spraying alone and simultaneous spraying of both fertilizers, increased the nitrogen content of the plants. Potassium content was increased when 60 tons.ha<sup>-1</sup> of pumice + simultaneous foliar spraying of both compounds and algae extract spraying was applied. The effect of pumice application (60 tons.ha<sup>-1</sup>) influenced the pod number per plant, as well as the flavonoids and phenolics, calcium, magnesium, and manganese content of the plant. The co-application of seaweed extract + Hoagland's solution raised the protein (40%) and oil (21%) percentages of the seeds. There was a positive correlation between seed yield, elements content, oil percentage, root dry weight, and biological yield, and this shows that a balanced nutrition with nutrients is necessary to reach reliable yield components.

**Conclusion:** In general, it can be concluded that pumice treatment enhanced the absorption of water and mineral elements through the roots, and the foliar treatments with Hoagland's and seaweed extract improved the vegetative traits, yield components, seed yield, and the seed oil and protein content of soybean plants.

**Keywords:** Biological Yield, Number of Pods Per Plant, Number of Seeds Per Plant, Plant Height, Oil Percent

## تأثیر کاربرد پومیس و محلول پاشی با عصاره جلبک و محلول هوگلند بر صفات رشدی و عملکرد سویا (*Glycine max*)

علی احمدی<sup>۱</sup>، لمیا وجودی مهربانی<sup>۲\*</sup>، نسرين رزمی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۷

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد رشته زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران  
 ۲- دانشجویار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران  
 ۳- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پارس آباد، ایران.  
 \*مسئول مکاتبه: Email: vojodilamia@gmail.com

### چکیده

**اهداف:** با توجه به نیاز کشور برای تولید دانه‌های روغنی، و اهمیت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و تامین رطوبت کافی در خاک در طی دوره رشد گیاه، هدف از بررسی حاضر ارزیابی تأثیر کاربرد خاکی پومیس و محلول پاشی کودهای آلی (عصاره جلبک) و شیمیایی (محلول هوگلند) بر رشد، عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک سویا بود.

**مواد و روش‌ها:** به منظور بررسی تأثیر کاربرد خاکی پومیس (صفر و ۶۰ تن در هکتار) و محلول پاشی با محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی مارمارین (۰ و ۰/۲ میلی مولار) آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی واقع در پارس آباد مغان در سال ۱۴۰۰ اجرا شد. تیمار جلبک دریایی و محلول هوگلند به صورت محلول پاشی روی گیاهان در دو مرحله [توسعه اولین برگ سه برگچه‌ای (VI) و مرحله شروع گلدهی (R1)] انجام گردید. مهم‌ترین صفات مورد اندازه‌گیری عبارت از عملکرد دانه، شاخص برداشت، محتوای ترکیبات فنلی، محتوای عناصر، درصد روغن و پروتئین بود.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که اثرات متقابل کاربرد پومیس و محلول پاشی همزمان با عصاره جلبک دریایی و محلول هوگلند موجب افزایش ۹۷ درصدی طول و ۱۱۲ درصدی عرض غلاف، افزایش ۷۳ درصدی وزن خشک گیاه، ۳۹ درصدی تعداد دانه در بوته، و ۵۵ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. ارتفاع گیاه تحت کاربرد ۶۰ تن در هکتار پومیس با محلول پاشی به تنهایی و همزمان هر دو کود، افزایش یافت. محلول پاشی با محلول هوگلند و محلول پاشی همزمان هر دو ترکیب (محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی) در تیمار کاربرد پومیس، موجب افزایش تعداد گره، تعداد شاخه فرعی، وزن صددانه در گیاه شد. کاربرد پومیس (عدم کاربرد و ۶۰ تن در هکتار) همراه با محلول پاشی به تنهایی و همزمان هر دو کود موجب افزایش محتوای نیتروژن گیاه گردید. محتوای پتاسیم در تیمار ۶۰ تن در هکتار پومیس با محلول پاشی همزمان هر دو کود و محلول پاشی عصاره جلبک افزایش یافت. کاربرد پومیس (۶۰ تن در هکتار) تعداد غلاف در بوته، محتوای فنل و فلاونوئید کل گیاه، محتوای کلسیم، منیزیم و منگنز گیاه را تحت تأثیر قرار داد. محلول پاشی با عصاره جلبک و محلول پاشی همزمان هر دو ترکیب موجب افزایش محتوای کلسیم، منیزیم، منگنز و فنل کل گیاه شد. محلول پاشی همزمان با محلول هوگلند و عصاره جلبک موجب افزایش درصد پروتئین (۴۰ درصد) و روغن دانه (۲۱ درصد) شد. بین عملکرد دانه با محتوای عناصر، درصد روغن، وزن خشک ریشه و عملکرد بیولوژیکی همبستگی مثبت وجود داشته و نشان می‌دهد که برای حصول به عملکرد قابل قبول تغذیه متعادل گیاه با عناصر غذایی لازم است.

نتیجه‌گیری کلی: در کل می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که تیمار پومیس با تسهیل در جذب آب و عناصر معدنی از طریق ریشه و تیمارهای محلول پاشی با محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی موجب افزایش صفات رویشی، اجزای عملکرد، عملکرد دانه و درصد روغن و پروتئین دانه در سویا شد.

واژه های کلیدی: ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته، درصد روغن، عملکرد بیولوژیک

#### مقدمه

سویا با نام علمی *Glycine max*، گیاهی یک‌ساله، از خانواده بقولات می‌باشد (رزمی و همکاران ۲۰۱۷). این گیاه یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی و پروتئینی در جهان است که بیشترین سطح زیرکشت در جهان را دارد (رستمی اجیرلو و همکاران ۲۰۱۷ و عیسی و همکاران ۲۰۲۰). ضریب خودکفایی کشور در تولید روغن حدوداً ده درصد است و ۹۰ درصد از ۱/۵ میلیون تن روغن گیاهی مورد نیاز کشور در سال از طریق واردات تامین می‌شود (رزمی و همکاران ۲۰۱۷ و رستمی اجیرلو و همکاران ۲۰۱۷). دانه‌های روغنی به‌عنوان مواد اولیه صنایع روغن‌کشی، صنایع غذایی، آرایشی و تغذیه دام مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ایران در یکی از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان واقع شده و با کاهش بارندگی‌ها در سال‌های اخیر، مشکل کمبود آب، به یکی از مشکلات جدی ایران تبدیل شده است. بخش کشاورزی عمده‌ترین مصرف‌کننده آب (۹۰ درصد از حجم آب مصرفی کشور) در کشور است (رستمی اجیرلو و همکاران ۲۰۱۷). در چنین شرایطی لزوم توجه به کاهش مصرف آب و اعمال مدیریت‌های صحیح یکی از روش‌های مؤثر در حفظ منابع آبی کشور می‌باشد. امروزه به‌دلیل پتانسیل بالای برای جذب و نگهداری آب، از سوپر جاذب‌ها جهت کاهش اتلاف آب در بخش کشاورزی استفاده می‌شود. پومیس کانی با ترکیب شیمیایی غیرکریستالی از سیلیکات آلومینیم با خاصیت جذب رطوبت زیاد و وزن سبک می‌باشد. پومیس با افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، بهبود تهویه خاک و بهبود اثرات منفی سله بستن موجب افزایش رشد گیاه می‌شود. به‌دلیل پایداری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پومیس، این ماده برای مدت‌زمان طولانی در خاک پایدار

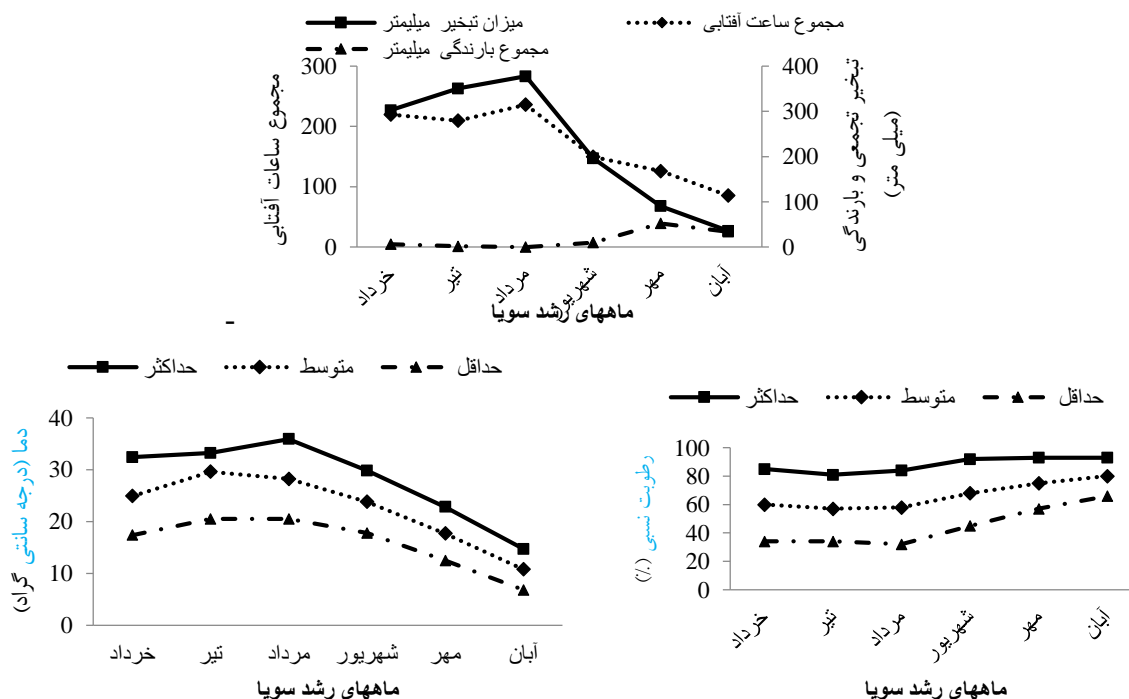
می‌باشد و به‌دلیل کم بودن جرم مخصوص ظاهری موجب سبک‌تر شدن بستر کشت می‌شود (کونگ و همکاران ۲۰۲۱a, b). الهیاری و همکاران (۲۰۱۳) گزارش دادند که کاربرد ۳۰۰ گرم در مترمربع سوپر جاذب موجب افزایش عملکرد زیست توده، تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه در نخود رقم جم نسبت به تیمار شاهد گردید.

pH بالای خاک‌های ایران موجب محدودیت جذب عناصر غذایی می‌شود که در نهایت موجب عدم توازن در جذب مواد غذایی و کاهش عملکرد گیاه در واحد سطح می‌شود (رزمی و همکاران ۲۰۱۷). استفاده گسترده از کودهای شیمیایی در پرورش محصولات موجب بروز مشکلات زیست‌محیطی شده که تاثیر منفی بر سلامت اکوسیستم و موجودات زنده دارد. تغذیه گیاه یکی از عوامل مهم تاثیرگذار بر کیفیت دانه‌های روغنی می‌باشد. محلول پاشی موجب کاهش هدررفت کود و بهبود رشد گیاه می‌شود. محلول پاشی گیاه روشی سریع و کارآمد در کاهش مصرف مواد غذایی، کاهش آبشویی و تثبیت کود در خاک بوده و کمک موثری در جذب مواد غذایی توسط گیاه می‌باشد (واحد و همکاران ۲۰۱۹). استفاده از عصاره جلبک در پرورش محصولات راه‌حل مناسب برای کاهش عوارض ناشی از مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد محصول می‌باشد. عصاره جلبک دریایی حاوی عناصر غذایی، اسید آمینه‌ها، ویتامین‌ها، و هورمون‌ها می‌باشد که موجب تحریک رشد و افزایش عملکرد گیاهان، افزایش تحمل در مقابل تنش‌های محیطی و افزایش جذب مواد مغذی از خاک می‌شود (هرمس-ساری و همکاران ۲۰۲۰). در بررسی انجام شده در سویا مشخص شد که استفاده از عصاره جلبک موجب افزایش

## مواد و روش‌ها

آزمایش مزرعه‌ای با هدف تعیین اثر کاربرد خاکی پومیس، محلول‌پاشی با جلبک دریایی مارمارین (شرکت آرمان سبز آدینه) و محلول هوگلند (مرک آلمان) بر ویژگی‌های رشد رویشی و زایشی، و ویژگی‌های کیفی ژنوتیپ ویلیامز سویا (عادت رشدی نامحدود) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی پارس‌آباد مغان (عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی) در سال ۱۴۰۰ اجرا شد. دشت مغان در ارتفاع ۶۰ متری از سطح دریا قرار دارد. اقلیم آن مدیترانه‌ای گرم و خشک می‌باشد. میزان بارندگی، درجه حرارت و درصد رطوبت نسبی در ماه‌های رشد سویا در سال‌های اجرای آزمایش در شکل ۱ آمده است.

عملکرد دانه و روغن سویا تحت تنش آبی شد (هرمس-ساری و همکاران ۲۰۲۰). محلول هوگلند نقش اساسی در تغذیه گیاهی دارند. نتایج کاربرد محلول هوگلند در گیاه جو نشان داد که کاربرد محلول هوگلند موجب افزایش محتوای کلرفیل برگ، طول و قطر ساقه و همچنین شاخص‌های رشدی گیاه شد (خورشید و همکاران ۲۰۱۸). امروزه کشت دانه‌های روغنی در ایران به دلیل ایجاد اشتغال، اثرات تناوبی بسیار مفید در پایداری کشت غلات، بهبود کیفیت خاک، تامین بخشی از روغن خوراکی جامعه، تولید کنجاله مصرفی در تغذیه دام و طیور مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به نیاز کشور برای تولید دانه‌های روغنی، و اهمیت تغذیه و تامین رطوبت کافی در خاک در طی دوره رشد گیاه، هدف از بررسی حاضر ارزیابی تاثیر کاربرد کودهای آلی (عصاره جلبک) و شیمیایی (محلول هوگلند) به همراه کاربرد پومیس بر رشد، عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک سویا می‌باشد، تا در صورت حصول به نتیجه مطلوب بتوان از آن در بخش ترویج کشاورزی استفاده کرد.



شکل ۱- آمار هواشناسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان) در ماه‌های رشد سویا (کشت دوم بعد از برداشت گندم) در سال زراعی ۱۴۰۰

پنج متر بود و فاصله خطوط کشت ۶۰ سانتی‌متر (به- منظور جلوگیری از ابتلا به بیماری‌های قارچی) بود. فاصله گیاهان روی خط کشت هفت سانتی‌متر تنظیم گردید. پومیس مورد استفاده در بررسی حاضر دارای دو سطح عدم کاربرد و ۶۰ تن در هکتار (وجودی و یونسین ۲۰۲۲) بود. بعد از اعمال تیمار پومیس در کرت‌های مورد نظر، پومیس توسط دو دیسک عمود برهم با خاک مخلوط شد و خطوط کشت ایجاد شد.

در بررسی حاضر کشت سویا به صورت کشت دوم بعد از برداشت گندم (پنج‌م تیرماه) انجام شد. کود نیتروژنه (اوره) قبل از کاشت به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان کود استارتر در مزرعه استفاده شد. به مشخصات خاک مزرعه در جدول ۱ اشاره شده است. ابعاد هر کرت ۲/۴ متر در ۵ متر در نظر گرفته شد؛ به طوری که هر تیمار آزمایشی دارای چهار خط به طول

جدول ۱- نتایج تجزیه نمونه خاک حاصل از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر

کربنات کلسیم (%)	آهن قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	کربن آلی (%)	pH	EC (dS.m <sup>-1</sup> )	بافت خاک رسی
۵-۱۰	۳	۲۰۰-۳۰۰	۵-۱۰	۱/۵	۷/۸	۲	

بخش هوایی گیاه از محل طوقه قطع شد. گیاهان به مدت یک هفته در مقابل هوا خشک شدند. وزن خشک گیاه با استفاده از ترازوی دیجیتال (BBI41, Boeco, Germany) اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، طول و عرض غلاف (به وسیله کولیس اندازه‌گیری شد) و تعداد گره در ساقه، ۱۰ بوته به صورت تصادفی از نقاط مختلف هر کرت انتخاب و تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد کل گره‌ها، شمارش و میانگین ۱۰ نمونه برای کل کرت ثبت گردید. لازم به ذکر است که ارتفاع گیاه از سطح زمین تا نوک جوانه انتهایی اندازه‌گیری شد. وزن صد دانه با در نظر گرفتن یک نمونه تصادفی از بوته برداشت شده از هر کرت به کمک دستگاه دانه‌شمار خودکار، تعیین شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه در هکتار، در پایان فصل زراعی، پس از رسیدن کامل غلاف‌ها (قهوه‌ای شدن حدود ۹۵ درصد آن‌ها) گیاهان (از سطح یک متر مربع) برداشت شدند و عملکرد گیاهان بر حسب کیلوگرم در هکتار بر اساس ۱۴ درصد رطوبت وزنی بذر محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری شاخص برداشت از فرمول زیر استفاده گردید.  $100 * \text{عملکرد دانه} / \text{عملکرد زیستی} = \text{شاخص برداشت}$

**محتوای فنل و فلاونوئید کل:** محتوای فنل و فلاونوئید کل برگ و دانه سویا با استفاده از روش کیم و همکاران

پس از تلقیح بذور با باکتری *Rhizobium Japonicum* کاشت به صورت جوی و پشته و به طریق خشکه‌کاری، با دست انجام شد. در هر چاله کشت ۴ بذر کاشته شد. بعد از رشد گیاهان، برای تنظیم تراکم بوته در دو مرحله ۴ و ۶ برگگی تنک انجام شد. تیمار جلبک دریایی مارمارین (*Ascophyllum nodosum*) و محلول هوگلند در ۲ غلظت (۰ و ۰/۲ میلی‌مولار) به صورت اسپری با استفاده از سم‌پاش (Solo 451, Germany) بر روی برگ‌ها در دو مرحله (در مرحله V1 توسعه اولین برگ سه برگچه‌ای و مرحله شروع گلدهی (R1)) اعمال شد. مشخصات جلبک دریایی مورد استفاده در بررسی حاضر عبارت بود از: منیزیم ۷/۱ درصد، بر ۷۴ درصد، کلسیم ۱۴/۱ درصد، آهن ۲۱ درصد، سیتوکینین ۱۷/۱ درصد، نیتروژن ۱/۷ درصد، اسید فسفریک ۱۱/۱ درصد و پتاسیم محلول ۰/۲ درصد. برای تهیه هر لیتر محلول هوگلند از غلظت نمک‌های ذکر شده استفاده شد. نیترات پتاسیم ۱۰ گرم، نیترات کلسیم ۱۶ گرم، فسفات دی‌هیدروژن پتاسیم ۲/۷ گرم، نیترات آمونیوم ۱/۶ گرم، سولفات منیزیم ۹/۸ گرم، آهن ۰/۶ گرم، اسید بوریک ۰/۰۵ گرم، سولفات منگنز و روی ۰/۰۲ گرم و چند دانه مولیبدات سدیم. آبیاری گیاهان بصورت نواری (هر دو هفته یکبار) انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز به صورت مکانیکی در دو نوبت انجام شد. بعد از خارج کردن بوته‌های سویا از بسترهای کشت (در بیست مهرماه)،

دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. مایع-رویی (دی اتیل اتر به همراه روغن‌های چرب محلول)، جمع‌آوری و به ویال‌هایی که از قبل وزن شده بودند منتقل گردید. ویال‌ها به مدت ۲۴ ساعت در فر با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا حلال خشک شود. باقیمانده روغن خالص بود که از آن برای تعیین عملکرد روغن استفاده گردید.

**اندازه‌گیری عناصر برگ:** محتوای عنصر پتاسیم با استفاده از روش فلایم فتومتری (Corning, 410, England)، محتوای کلسیم، روی و آهن با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Corning, 410, England) اندازه‌گیری شد. از روش کج‌دال برای تعیین محتوای نیتروژن (آوآک ۱۹۹۰) استفاده شد. از روش رنگ‌سنجی مولیبدات وانادات (رنگ زرد) برای تعیین محتوای فسفر در طول موج ۴۷۰ نانومتر استفاده شد.

**طرح آزمایشی و آنالیز داده‌های آماری:** آزمایش حاضر به صورت فاکتوریل بر مبنای طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات استان اردبیل اجرا شد. از برنامه‌های آماری **MSTATC** و **SPSS var** 2.3 برای تجزیه داده‌ها استفاده شد. میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد مقایسه شد.

ضریب پروتئینی سویا (۶/۲۵) × درصد نیتروژن = درصد پروتئین

### نتایج و بحث

**ارتفاع بوته، تعداد گره در ساقه و تعداد شاخه فرعی**  
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل محلول‌پاشی (محلول هوگلند و عصاره جلبک) و کاربرد خاکی پومیس بر ارتفاع بوته، تعداد گره و تعداد شاخه فرعی در ساقه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). براساس نتایج به دست آمده تیمارهای کاربرد ۶۰ تن در هکتار پومیس و هر دو تیمار محلول‌پاشی به تنهایی و کاربرد همزمان آن‌ها موجب افزایش ارتفاع گیاه شد. محلول‌پاشی با محلول هوگلند و محلول‌پاشی همزمان با عصاره جلبک و محلول هوگلند در تیمار کاربرد ۶۰ تن در هکتار پومیس موجب افزایش تعداد گره

(۲۰۰۶) تعیین گردید. ۵ گرم از بخش خشک‌شده مورد نظر به مدت ۱۲ ساعت با متانول عصاره‌گیری گردید. به ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره متانولی، ۰/۳ میلی‌لیتر از کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد اضافه گردید و به مدت ۶ دقیقه در دمای اتاق قرار داده شد. جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۰ نانومتر به وسیله اسپکتروفوتومتر (T80, China) اندازه‌گیری شد. محتوای کل فلاونوئیدها بر مبنای استاندارد روتین‌هیدرات محاسبه شد. محتوای فنل کل نمونه‌ها با استفاده از معرف فولن سیکالتو اندازه‌گیری شد. از اسیدگالیک به عنوان استاندارد برای اندازه‌گیری ترکیبات استفاده گردید. روی یک میلی‌لیتر از عصاره متانولی مرحله قبل ۰/۲ میلی‌لیتر از معرف فولن سیکالتو و یک میلی‌لیتر کربنات سدیم ۲ درصد اضافه گردید و در ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. جذب محلول شفاف فوقانی پس از گذشت ۳۰ دقیقه، در طول موج ۷۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری پروتئین دانه: آزمایش اندازه‌گیری پروتئین شامل سه بخش می‌باشد. بخش اول شامل مرحله هضم است که در این مرحله ماده غذایی در اسیدسولفوریک غلیظ در حضور دو کاتالیزور (سولفات سدیم و سولفات مس) جوشانده شده و حرارت باعث تسریع در عمل هضم می‌شود. بخش دوم مرحله تقطیر بود که در این مرحله نیتروژن موجود در محلول حاصل به صورت گاز آمونیاک آزاد می‌شود که این گاز که به صورت بخار بوده و پس از عبور از مبرد به مایع تبدیل شده و وارد اسید بورک موجود در ارلن شده و تشکیل بورات آمونیوم را می‌دهد. بخش سوم شامل مرحله تیتراسیون می‌باشد که در این مرحله بورات آمونیوم تشکیل شده در مرحله قبلی را با اسید هیدروکلریک ۰/۱ نرمال تیتراسیون می‌کنیم. برای تعیین درصد پروتئین باید درصد نیتروژن بدست آمده را در فاکتور پروتئینی ضرب نمایید.

**عملکرد روغن سویا:** برای استخراج روغن سویا از دی-اتیل اتر استفاده شد. برای این منظور، یک گرم از بذر خشک شده گیاه سویا آسیاب شد. روی بذر آسیاب شده، ۱۰ میلی‌لیتر دی‌اتیل اتر اضافه شد و برای به دست آوردنیک محلول همگن ورتکس گردید. محلول حاصل به فلکون‌های ۵۰ میلی‌لیتری منتقل شد؛ سپس به مدت ۱۰

غلاف (۰/۸۵ سانتی‌متر) متعلق به کاربرد ۶۰ تن در هکتار پومیس و تیمار محلول پاشی همزمان با محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی بود (جدول ۳). نتایج بررسی انجام شده در لوبیا نشان داد که اسپری محلول هوگلند بر برگ‌های لوبیا موجب افزایش طول غلاف از ۸/۲۱ به ۹/۶۳ سانتی‌متر شد (واحد و همکاران ۲۰۱۹). افزایش طول و عرض غلاف‌ها در اثر محلول پاشی با عصاره جلبک دریایی در گیاه کتان هندی نیز گزارش شده است (آشور و همکاران ۲۰۲۰). نتایج تحقیقات در مناطق خشک و نیمه‌خشک نشان داد که استفاده از مواد سوپرچاذب مانند پومیس یا سایر فرآورده‌های پلیمری می‌تواند میزان نگهداری رطوبت در خاک را افزایش داده و با بهبود شرایط فیزیکی خاک مانع از تنش‌های رطوبتی گردد (نصیری و همکاران ۱۳۹۸). نتایج بررسی انجام شده در مرزه نشان داد که کاربرد سوپرچاذب موجب افزایش عملکرد، وزن اسانس، اجزای اسانس گیاه شد (بیرانوندی و همکاران ۲۰۲۲). در بررسی حاضر نیز تیمارهای مورد استفاده نقش مهمی در افزایش صفات مذکور را نسبت به تیمار شاهد نشان دادند که نشان‌دهنده کارایی تیمارهای مذکور بود.

#### وزن خشک ریشه و بخش هوایی گیاه (بیوماس)

وزن خشک ریشه و بخش هوایی گیاه (عملکرد بیولوژیک) تحت تاثیر اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه تیمارهای آزمایشی قرار گرفت. بیشترین وزن خشک ریشه (۱۶ گرم در بوته) متعلق به کاربرد ۶۰ تن در هکتار پومیس و تیمار محلول پاشی همزمان با محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی بود. افزایش ۹۵ درصدی در وزن خشک ریشه در تیمار برتر نسبت به تیمار شاهد (بدون کاربرد پومیس و بدون محلول پاشی) مشاهده شد (جدول ۳). بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک (۱۱۱۱۰ کیلوگرم در هکتار) متعلق به کاربرد ۶۰ تن پومیس در هکتار و تیمار محلول پاشی همزمان با محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی بود. در حالیکه در تیمار بدون پومیس و بدون محلول پاشی عملکرد بیولوژیک ۶۴۲۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). در یک بررسی در مرزه مشخص

در بوته و تعداد شاخه فرعی شد به‌طوریکه تعداد گره از ۱۱ در تیمار شاهد به ۱۶ در تیمارهای مذکور رسید (جدول ۳). تعداد گره در ساقه یکی از صفات بسیار مهم در تعیین عملکرد سویا می‌باشد چون غلاف‌ها در قسمت گره‌ها تشکیل می‌شود و با افزایش تعداد گره در ساقه، میزان عملکرد گیاه نیز افزایش می‌یابد (آدیکاری و همکاران ۲۰۱۹). افزایش تعداد گره و شاخه‌های رشدی نیشکر در تیمار محلول پاشی با عصاره جلبک گزارش شد (ال-شرنوبی و همکاران ۲۰۲۱). واحد و همکاران (۲۰۱۹) در آزمایشی تاثیر محلول هوگلند را بر صفات رویشی و عملکرد دانه لوبیا بررسی کردند، و مشخص شد که کاربرد محلول هوگلند موجب افزایش ارتفاع بوته از ۴۹/۸ به ۵۸/۱ سانتی‌متر شد. محلول پاشی با محلول هوگلند نقش مثبتی در افزایش تعداد شاخه فرعی در گیاه نخود داشت (جواد و همکاران ۲۰۲۰). نصیری و همکاران (۲۰۱۹) نیز به تأثیر مثبت کاربرد پومیس در افزایش ارتفاع ذرت تأکید داشتند. عدم تامین آب کافی در طی رشد رویشی و زایشی گیاه موجب منفی شدن بیشتر پتانسیل آب بافت‌های مریستمی و کاهش فشار توژسانس در طول روز به حد پایین‌تری از میزان لازم برای بزرگ شدن سلول می‌گردد در نتیجه فرایند تقسیم و طویل شدن سلول کاهش می‌یابد. کاربرد سوپرچاذب‌ها با تامین آب کافی به بهبود رشد گیاه کمک می‌کند (کونگ و همکاران ۲۰۲۱ a, b). افزایش تعداد شاخه‌های فرعی و صفات رشدی در گیاه مرزه در کاربرد سوپرچاذب گزارش شده است (بیرانوندی و همکاران ۲۰۲۲). نتایج حاصل از بررسی حاضر نیز در تایید نتایج فوق می‌باشد و مشخص شد که کاربرد پومیس به همراه محلول پاشی به بهبود صفات مذکور کمک کرد.

#### طول و عرض غلاف

اثرات متقابل کاربرد پومیس و محلول پاشی همزمان با محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی تأثیر مثبتی در طول و عرض غلاف نسبت به تیمار شاهد داشت. بیشترین طول غلاف (۷/۱ سانتی‌متر) و بیشترین عرض

شد که کاربرد سوپرچاذب موجب افزایش وزن خشک گیاه و محتوای اسانس مرزه شد (بیرانوندی و همکاران ۲۰۲۲). پلیمر سوپرچاذب با قرار دادن آب کافی در اختیار ریشه موجب افزایش سرعت جذب و کارایی مصرف آب می‌شود و این امر موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ و رشد گیاه شد (کونگ و همکاران ۲۰۲۱a). کاربرد عصاره جلبک دریایی نیز موجب افزایش رشد ریشه در گیاه می‌گردد (عیسی و همکاران ۲۰۲۰). افزایش عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده ذرت در اثر افزایش پلیمر

سوپرچاذب به خاک در هر دو شرایط تنش و بدون تنش گزارش شد (ملکیان و همکاران ۲۰۱۲). سوپرچاذب‌ها با افزایش جذب و نگهداری آب در خاک، ذخیره عناصر نیتروژن، فسفر، گوگرد، کاتیون‌های تبادل‌ی و همچنین افزایش تهویه از طریق بهبود ساختمان خاک سبب افزایش رشد ریشه و عملکرد گیاهان می‌شوند (کونگ و همکاران ۲۰۲۱b).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس کاربرد پومیس و محلول‌پاشی با محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی بر صفات رویشی

## سویا

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد گره ساقه	تعداد شاخه‌های فرعی	عرض غلاف	طول غلاف	وزن خشک ریشه	وزن خشک بوته (بیوماس)
تکرار	۲	۶/۰ <sup>ns</sup>	۰/۳۲ <sup>ns</sup>	۲/۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۱۸۲۶ <sup>ns</sup>	۱۹۵۵۲ <sup>ns</sup>
پومیس	۱	۲۴۳۰ <sup>**</sup>	۱۲۶ <sup>**</sup>	۳۳۴ <sup>**</sup>	۰/۸۶ <sup>**</sup>	۵۹/۶ <sup>**</sup>	۷۳۹۹۱۵۰ <sup>**</sup>	۱۳۴۰۰۲۸۴ <sup>**</sup>
هوگلند	۱	۱۶۷۷۵ <sup>**</sup>	۳۴۵ <sup>**</sup>	۱۰۴۷ <sup>**</sup>	۰/۸۸ <sup>**</sup>	۶۵/۸ <sup>**</sup>	۹۳۰۹۶۱۴ <sup>**</sup>	۱۵۲۷۴۸۱۵ <sup>**</sup>
عصاره جلبک	۱	۴۲۹۶۸ <sup>**</sup>	۵۷۰ <sup>**</sup>	۲۴۷۱ <sup>**</sup>	۱/۳۶ <sup>**</sup>	۱۰۰ <sup>**</sup>	۲۱۲۳۶۴۹۱ <sup>**</sup>	۲۸۴۳۳۳۱۵ <sup>**</sup>
پومیس * هوگلند	۱	۱۵۹۳ <sup>**</sup>	۰/۳۸ <sup>ns</sup>	۷۹ <sup>**</sup>	۰/۰۲۸۱ <sup>**</sup>	۱/۸ <sup>**</sup>	۸۷۴۰۷۰ <sup>**</sup>	۲۰۸۰۰۴۵ <sup>**</sup>
پومیس * عصاره جلبک	۱	۱۶۹۲ <sup>**</sup>	۳۰ <sup>**</sup>	۸۶ <sup>**</sup>	۰/۲۳ <sup>**</sup>	۱۷ <sup>**</sup>	۳۳۷۸۲۵ <sup>**</sup>	۱۳۵۹۶۵۴۷ <sup>**</sup>
هوگلند * عصاره جلبک	۱	۱۴۷۲۶ <sup>**</sup>	۲۱۰ <sup>**</sup>	۸۹۴ <sup>**</sup>	۰/۴۷ <sup>**</sup>	۳۶ <sup>**</sup>	۷۰۷۳۹۰۰ <sup>**</sup>	۹۲۲۹۲۳۲۸ <sup>**</sup>
پومیس * هوگلند * عصاره جلبک	۱	۱۷۹۴ <sup>**</sup>	۹/۳ <sup>**</sup>	۳۲ <sup>**</sup>	۰/۰۱ <sup>*</sup>	۰/۱۳ <sup>*</sup>	۱۰۶۶۸۵۹ <sup>**</sup>	۹۲۷۲۵۹۴ <sup>**</sup>
خطا	۱۴	۱۵	۱/۰۱	۱/۲	۰/۰۰۲	۰/۰۱۱	۲۴۴۵۳	۱۹۵۱۳
ضریب تغییرات (%)		۵/۴	۵/۶	۳	۲/۱	۱/۷	۵	۱۰

ns, \*, \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار است.

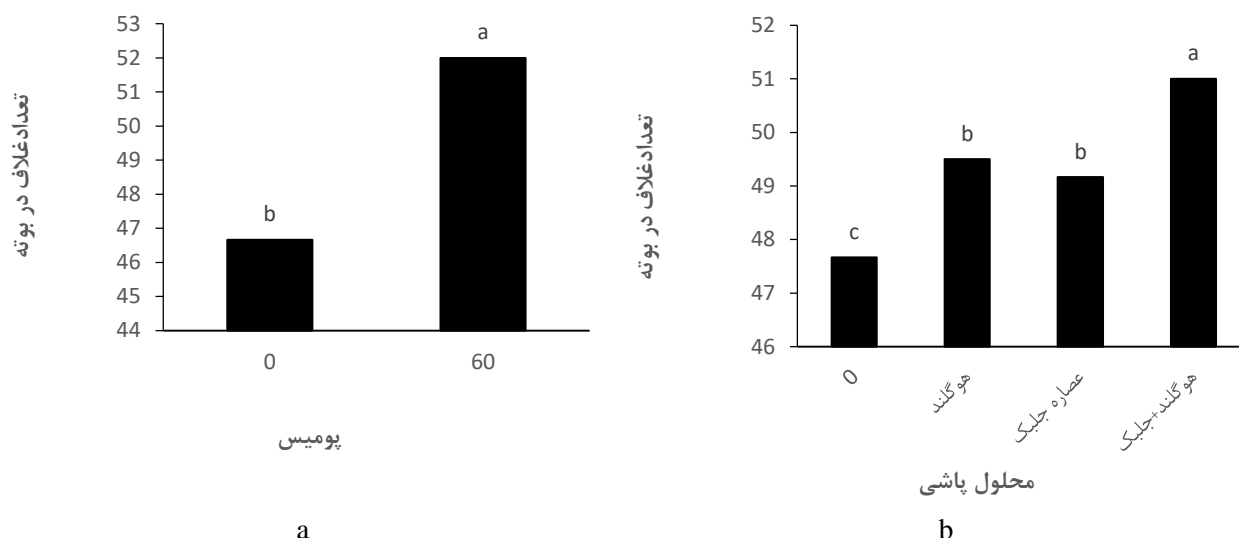
جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل کاربرد پومیس و محلول‌پاشی با محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی بر صفات

## رشدی سویا

پومیس (t.ha <sup>-1</sup> )	محلول‌پاشی	ارتفاع (cm)	تعداد گره در ساقه	تعداد شاخه‌های فرعی	طول غلاف (cm)	عرض غلاف (cm)	وزن خشک ریشه (g.Plant <sup>-1</sup> )	وزن خشک بوته (kg.ha <sup>-1</sup> )
.	.	۱۲۷ <sup>d</sup>	۱۱ <sup>d</sup>	۲/۶ <sup>e</sup>	۳/۶ <sup>g</sup>	۰/۴ <sup>g</sup>	۸/۲ <sup>f</sup>	۶۴۲۰ <sup>g</sup>
.	هوگلند	۱۲۸ <sup>bd</sup>	۱۲ <sup>cd</sup>	۳/۷ <sup>b</sup>	۴/۱ <sup>f</sup>	۰/۴۸ <sup>f</sup>	۹/۰ <sup>de</sup>	۸۰۰۰ <sup>e</sup>
.	عصاره جلبک	۱۲۵ <sup>cd</sup>	۱۲ <sup>cd</sup>	۳ <sup>c</sup>	۳/۷ <sup>g</sup>	۰/۴۲ <sup>g</sup>	۸/۵ <sup>ef</sup>	۶۷۰۰ <sup>f</sup>
.	هوگلند + عصاره جلبک	۱۲۷/۵ <sup>bd</sup>	۱۳ <sup>b</sup>	۳/۳ <sup>c</sup>	۴/۷ <sup>e</sup>	۰/۵۰ <sup>e</sup>	۱۰ <sup>d</sup>	۹۰۰۰ <sup>d</sup>
۶۰	.	۱۲۶ <sup>bd</sup>	۱۲ <sup>bc</sup>	۳/۶ <sup>d</sup>	۴/۷ <sup>e</sup>	۰/۵۵ <sup>d</sup>	۱۱ <sup>c</sup>	۱۰۱۰۰ <sup>c</sup>
۶۰	هوگلند	۱۳۱ <sup>ab</sup>	۱۶ <sup>a</sup>	۵/۵ <sup>a</sup>	۶/۲ <sup>b</sup>	۰/۷۰ <sup>b</sup>	۱۳ <sup>b</sup>	۱۰۳۰۰ <sup>b</sup>
۶۰	عصاره جلبک	۱۳۰ <sup>ac</sup>	۱۳ <sup>b</sup>	۴/۰ <sup>b</sup>	۵/۳ <sup>c</sup>	۰/۵۹ <sup>c</sup>	۱۱ <sup>c</sup>	۱۰۳۰۰ <sup>b</sup>
۶۰	هوگلند + عصاره جلبک	۱۳۳ <sup>a</sup>	۱۶ <sup>a</sup>	۵/۵ <sup>a</sup>	۷/۱ <sup>a</sup>	۰/۸۵ <sup>a</sup>	۱۶ <sup>a</sup>	۱۱۱۱۰ <sup>a</sup>

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار آماری بر مبنای آزمون دانکن می‌باشد ( $P \leq 1\%$ ).





شکل ۲- مقایسه میانگین تأثیر کاربرد پومیس (شکل a) و محلول پاشی با محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی (شکل b) بر تعداد غلاف در بوته‌ی سویا  
حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار آماری بر مبنای آزمون دانکن می‌باشد ( $P \leq 1\%$ ).

بهبود شرایط تغذیه‌ای و رطوبتی گیاه یکی از دلایل افزایش تعداد غلاف در بوته باشد.

تعداد دانه در بوته، وزن صدانه و عملکرد دانه نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل پومیس و محلول پاشی همزمان محلول هوگلند و عصاره جلبک بر تعداد دانه، وزن صدانه، و عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). کاربرد پومیس و محلول پاشی همزمان با هوگلند و عصاره جلبک دریایی تأثیر مثبتی در تعداد دانه (۲۰۹ دانه در بوته) و عملکرد دانه (۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) را داشت (جدول ۵). هر دو تیمار کاربرد پومیس و محلول پاشی با محلول هوگلند و تیمار کاربرد پومیس و محلول پاشی همزمان هر دو کود تأثیر بسیار مثبتی در وزن صدانه گیاه داشتند و موجب افزایش وزن صدانه به ۱۰۰ و ۱۰۲ گرم به ترتیب شد. کمترین وزن صدانه گیاه (۸۷ گرم) در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۵). الهیاری و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که کاربرد ۳۰۰ گرم در مترمربع سوپرچاذب موجب افزایش عملکرد زیست توده، تعداد غلاف در بوته و وزن صدانه در نخود رقم جم نسبت به تیمار شاهد گردید. تحت شرایط تنش آبی،

عملکرد و اجزای عملکرد دانه  
تعداد غلاف در بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده کاربرد پومیس و اثر متقابل کاربرد همزمان محلول هوگلند و عصاره جلبک بر تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). مصرف پومیس تأثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته داشت و موجب افزایش تعداد غلاف از ۴۶/۵ به ۵۲ عدد در بوته شد (شکل ۲ a). محلول پاشی همزمان با محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی موجب افزایش تعداد غلاف در بوته به میزان ۷ درصد نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۲ b). امروز با توجه به وجود تنش آبی در کشور استفاده از سوپرچاذب‌ها یکی از گزینه‌های به‌زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (الهیاری و همکاران ۲۰۱۳). کاربرد سوپرچاذب موجب افزایش قطر، وزن و ارتفاع سوخ پیاز شد (صبغ تازه و همکاران ۲۰۱۹). افزایش تعداد غلاف در بوته در اثر محلول پاشی با عصاره جلبک در گیاه سویا گزارش شد (عیسی و همکاران ۲۰۲۰). نتایج تحقیق انجام‌شده در گیاه ماش نشان داد که کاربرد محلول هوگلند در پرورش گیاه موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه شد (واحد و همکاران ۲۰۱۹). به‌نظر می‌رسد

گرفته‌افشانی کاهش یافته و با کاهش تشکیل دانه عملکرد کاهش می‌یابد. کاربرد سوپرچازب در چنین شرایطی با تامین آب مورد نیاز گیاه، به افزایش رشد رویشی و زایشی ذرت کمک کرد (ملکیان و همکاران ۲۰۱۲). خورشید و همکاران (۲۰۱۸) عنوان نمودند که محلول‌پاشی با محلول هوگلند موجب افزایش تعداد دانه در بوته از ۹۴ به ۱۰۳ عدد شد. ترکیبات جاذب آب مانند سوپرچازب‌ها و پومیس قادرند چند برابر ساختار فیزیکی خود آب جذب کند و در موقع لزوم آن را در اختیار گیاه قرار دهند تامین آب کافی جلوی تنش وارده به گیاه را گرفته و از تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌کاهد و با حفظ سطح کافی برگ نقش مهمی در افزایش رشد و عملکرد گیاه دارد (کونگ و همکاران ۲۰۲۱ a, b). کاربرد پومیس (گاز و ساواس ۲۰۰۷)، یا محلول‌پاشی (گوئور و همکاران ۲۰۱۷) موجب افزایش رشد (آشور و همکاران ۲۰۲۰) و میزان تثبیت بیولوژیکی نیتروژن

(زینگ و همکاران ۲۰۲۳) در گیاه شده و با کاهش سقط جوانه‌های گل (عابدی کوپایی و سهراب ۲۰۰۴) و افزایش تعداد غلاف، تعداد دانه در بوته (گوئور و همکاران ۲۰۱۷) و وزن صد دانه به افزایش عملکرد دانه کمک می‌کند. نتایج حاصل از بررسی حاضر در تایید نتایج تحقیقات انجام شده فوق می‌باشد، همانگونه که نتایج حاصل نشان داد بیوماس گیاه، تحت کاربرد پومیس و محلول‌پاشی افزایش یافت. محلول‌پاشی با هر دو کود موجب بهبود جذب عناصر غذایی از طریق برگ شده و کاربرد پومیس نیز با بهبود جذب آب و مواد غذایی، موجب افزایش دسترسی گیاه به منابع کربن (تولید شده در فرایند فتوسنتز) لازم برای تولید ترکیبات مورد نیاز در افزایش وزن دانه شده است. از طرفی کاربرد پومیس با حفظ رطوبت کافی در ناحیه ریشه به رشد مطلوب گیاه کمک کرده و با جلوگیری از ایجاد تنش آبی به افزایش عملکرد گیاه کمک می‌کند.

جدول ۴- تجزیه واریانس تاثیر کاربرد پومیس و محلول‌پاشی با محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی بر عملکرد و اجزای

عملکرد دانه‌ی سویا

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در بوته	وزن صد دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت
تکرار	۲	۱ <sup>ns</sup>	۸ <sup>ns</sup>	۱۰ <sup>ns</sup>	۴۵۶۸ <sup>ns</sup>	۱/۳ <sup>ns</sup>
پومیس	۱	۱۰۳۴ <sup>**</sup>	۱۷۵۳۲ <sup>**</sup>	۵۶۲۷ <sup>**</sup>	۱۹۸۵۲۳۴۸ <sup>**</sup>	۸۳ <sup>**</sup>
هوگلند	۱	۶۱۵ <sup>**</sup>	۵۰۳۷۱ <sup>**</sup>	۱۱۴۹۰ <sup>**</sup>	۲۳۲۳۵۷۰۴ <sup>**</sup>	۱۰۷۴ <sup>**</sup>
عصاره جلبک	۱	۷۱۷ <sup>**</sup>	۱۰۵۶۶۹ <sup>**</sup>	۳۵۹۵۸ <sup>**</sup>	۴۷۴۹۵۳۱۲ <sup>**</sup>	۳۹۵۳ <sup>**</sup>
پومیس* هوگلند	۱	۱۰ <sup>ns</sup>	۲۶۵۷ <sup>**</sup>	۱۲۳۶ <sup>**</sup>	۱۸۴۹۴۹ <sup>**</sup>	۱۲ <sup>**</sup>
پومیس* عصاره جلبک	۱	۴۹ <sup>ns</sup>	۵۰۶۱ <sup>**</sup>	۱۳۱۵ <sup>**</sup>	۲۸۵۲۲۱۸ <sup>**</sup>	۱۹۴ <sup>**</sup>
هوگلند* عصاره جلبک	۱	۲۱۶ <sup>**</sup>	۳۳۷۱۳ <sup>**</sup>	۱۳۶۴۴ <sup>**</sup>	۱۶۲۰۰۶۰۵ <sup>**</sup>	۱۴۵۷ <sup>**</sup>
پومیس* هوگلند* عصاره جلبک	۱	۱۹ <sup>ns</sup>	۹۶۹ <sup>**</sup>	۲۶۳۸ <sup>**</sup>	۵۴۵۴۸۰ <sup>**</sup>	۶۰ <sup>**</sup>
خطا	۱۴	۱۰	۱۷	۴	۹۸۴۷	۱/۲
ضریب تغییرات (%)	۴	۴	۲	۱/۴	۲/۱	۲/۱

ns, \* و \*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیرمعنی‌دار است.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل پومیس، هوگلند و عصاره جلبک بر شاخص برداشت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول

۴). کاربرد پومیس موجب کاهش شاخص برداشت شد، علت این امر را می‌توان در تأثیر پومیس در افزایش بیشتر رشد رویشی نسبت به رشد زایشی جستجو کرد. بیشترین شاخص برداشت در تیمار عدم کاربرد پومیس

کرده و با افزایش کارایی فتوسنتز و افزایش سطح برگ موجب افزایش رشد رویشی گیاه می‌شوند (ملکیان و همکاران ۲۰۱۲).

با محلول پاشی با عصاره جلبک (۴۵ درصد) و تیمار شاهد (۴۴ درصد) مشاهده شد (جدول ۵). درکل چنین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که سوپرچاذب‌ها با کمک به توسعه ریشه، به افزایش جذب آب و مواد غذایی کمک

جدول ۵- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری کاربرد پومیس و محلول پاشی بر صفات عملکردی گیاه و شاخص برداشت

شاخص برداشت (%)	عملکرد دانه (kg.ha <sup>-1</sup> )	وزن صد دانه (g)	تعداد دانه در بوته	محلول پاشی	پومیس (تن در هکتار)
۴۴ <sup>a</sup>	۲۹۰۰ <sup>g</sup>	۸۷ <sup>d</sup>	۱۵۰ <sup>f</sup>	.	.
۳۸ <sup>d</sup>	۳۱۰۰ <sup>f</sup>	۸۹ <sup>d</sup>	۱۶۰ <sup>d</sup>	هوگلند	.
۴۵ <sup>a</sup>	۳۱۰۰ <sup>f</sup>	۸۷ <sup>d</sup>	۱۵۸ <sup>e</sup>	عصاره جلبک	.
۳۸ <sup>d</sup>	۳۵۰۰ <sup>e</sup>	۹۶ <sup>b</sup>	۱۷۵ <sup>c</sup>	هوگلند + عصاره جلبک	.
۳۹ <sup>c</sup>	۴۰۰۰ <sup>d</sup>	۹۰ <sup>cd</sup>	۱۷۰ <sup>c</sup>	.	۶۰
۴۰ <sup>c</sup>	۴۴۰۰ <sup>b</sup>	۱۰۰ <sup>a</sup>	۱۸۰ <sup>b</sup>	هوگلند	۶۰
۳۷ <sup>d</sup>	۳۹۰۰ <sup>c</sup>	۹۴ <sup>bc</sup>	۱۹۰ <sup>b</sup>	عصاره جلبک	۶۰
۴۰ <sup>b</sup>	۴۵۰۰ <sup>a</sup>	۱۰۲ <sup>a</sup>	۲۰۹ <sup>a</sup>	هوگلند + عصاره جلبک	۶۰

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار آماری بر مبنای آزمون دانکن می‌باشد (P≤1%).

#### محتوای فلاونوئید و فنل کل گیاه و دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده پومیس، محلول هوگلند و عصاره جلبک و اثر متقابل محلول هوگلند و عصاره جلبک بر محتوی فلاونوئید و فنل کل گیاه و اثر متقابل هوگلند و عصاره جلبک بر محتوی فنل و فلاونوئید دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). هر سه تیمار مورد استفاده در محلول پاشی موجب افزایش میزان فلاونوئید گیاه، فلاونوئید دانه و فنل کل دانه شد. بیشترین محتوی فنل کل گیاه در تیمارهای محلول پاشی با عصاره جلبک و محلول پاشی همزمان هر دو کود حاصل شد (جدول ۷). مصرف پومیس تأثیر معنی‌داری بر محتوی فلاونوئید و فنل گیاه داشت به طوری که باعث افزایش میزان فلاونوئید بوته از ۰/۸ به ۱/۱ میلی‌گرم و فنل از ۱۳/۸ به ۱۸/۱ میلی‌گرم بر گرم شد (جدول ۸). جوئیپوویچ و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که میزان فلاونوئید در ارقام مختلف سویا به شدت متغیر (۰/۴۳ تا ۰/۵۸ میلی‌گرم بر گرم ماده

خشک) می‌باشد. مطالعات متعددی بر افزایش ایزوفلاونوئیدهای سویا با محلول پاشی با عصاره جلبک دریایی تأکید دارند (جوئیپوویچ و همکاران ۲۰۱۶). فنل‌ها همراه با فلاونوئیدهای موجود در دانه‌های سویا به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های فعال شناخته می‌شوند و فواید بی‌شماری برای سلامت انسان را دارند. در بررسی انجام‌شده در سویا مشخص شد که محلول پاشی گیاه با کود پتاسیم تحت تنش شوری موجب بهبود خاصیت آنتی‌اکسیدانی، محتوی فنل، فلاونوئید و کلروفیل گیاه شد (آدیکاری و همکاران ۲۰۱۹). فنل‌ها همراه با فلاونوئیدهای موجود در دانه‌های سویا به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های فعال عمل کرده و باعث از بین رفتن رادیکال‌های آزاد می‌گردد (جوئیپوویچ و همکاران ۲۰۱۶). چنین به نظر می‌رسد تیمارهای مورد استفاده در بررسی حاضر تأثیر مثبت در افزایش صفات مذکور را داشتند که در تائید نتایج تحقیقات ذکر شده در فوق است.

جدول ۶- تجزیه واریانس کاربرد پومیس و محلول پاشی با محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی بر محتوای ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی بوته، دانه و درصد روغن و پروتئین سویا

منابع تغییر	درجه آزادی	محتوای فلاونوئید گیاه	محتوای فنل کل گیاه	محتوای فنل فلاونوئید کل دانه	محتوای فنل کل دانه	درصد روغن	درصد پروتئین
تکرار	۲	۰/۹۶ <sup>ns</sup>	۱۰/۴*	۱/۹۱*	۱/۸ <sup>ns</sup>	۶۵ <sup>ns</sup>	۱۳ <sup>ns</sup>
پومیس	۱	۵/۸**	۴۸/۳**	۵/۲۱ <sup>ns</sup>	۱۳/۶ <sup>ns</sup>	۲۲۶ <sup>ns</sup>	۷۷ <sup>ns</sup>
هوگلند	۱	۷/۰۴*	۶۳/۲**	۱۰/۷۳**	۷۵/۶**	۱۳۰۴*	۹۷۸ <sup>ns</sup>
عصاره جلبک	۱	۱۵/۰۴**	۱۱۷/۳**	۲۰/۴۴**	۱۲۵/۱**	۱۵۲۴**	۱۰۵۶**
پومیس* هوگلند	۱	۰/۹۶ <sup>ns</sup>	۶/۴ <sup>ns</sup>	۲/۷ <sup>ns</sup>	۱۱/۸ <sup>ns</sup>	۵۴۶ <sup>ns</sup>	۲۲۴ <sup>ns</sup>
پومیس* عصاره جلبک	۱	۳/۸۴ <sup>ns</sup>	۸/۶ <sup>ns</sup>	۵ <sup>ns</sup>	۸/۶ <sup>ns</sup>	۶۰۷ <sup>ns</sup>	۴۱۹ <sup>ns</sup>
هوگلند* عصاره جلبک	۱	۸/۷۳*	۲۶/۸**	۹/۹۹**	۲۶/۵**	۲۲۵۲**	۸۲۷۳**
پومیس* هوگلند* عصاره جلبک	۱	۳/۸ <sup>ns</sup>	۱۰/۸ <sup>ns</sup>	۴/۰۷ <sup>ns</sup>	۹/۴ <sup>ns</sup>	۵۰۹ <sup>ns</sup>	۵۲۷ <sup>ns</sup>
خطا	۱۴	۱/۴	۶/۴	۲/۴	۶/۷	۳۵۰	۴۲۵
ضریب تغییرات (%)		۲۳	۲۶	۱۶	۱۹/۳	۲۱	۱۲

ns، \* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیرمعنی دار است.

جدول ۷- مقایسه میانگین تاثیر محلول پاشی محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی بر محتوای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی گیاه و دانه، درصد روغن و پروتئین دانه سویا

محلول پاشی	فلاونوئید گیاه (mg.g <sup>-1</sup> DW)	فنل کل گیاه (mg.g <sup>-1</sup> DW)	فلاونوئید دانه (mg.g <sup>-1</sup> DW)	فنل کل دانه (mg.g <sup>-1</sup> DW)	روغن دانه (%)	پروتئین دانه (%)
بدون محلول پاشی	۰/۶ <sup>b</sup>	۱۲ <sup>b</sup>	۰/۸ <sup>b</sup>	۱/۵ <sup>b</sup>	۱۰ <sup>c</sup>	۳۳ <sup>c</sup>
محلول هوگلند	۰/۹ <sup>a</sup>	۱۴ <sup>b</sup>	۱/۰ <sup>ab</sup>	۳/۰ <sup>a</sup>	۱۴ <sup>b</sup>	۳۵ <sup>c</sup>
عصاره جلبک	۱/۰ <sup>a</sup>	۱۸ <sup>a</sup>	۱/۱ <sup>a</sup>	۳/۱ <sup>a</sup>	۱۵ <sup>b</sup>	۳۷ <sup>b</sup>
محلول هوگلند + عصاره جلبک	۱/۱ <sup>a</sup>	۱۸ <sup>a</sup>	۱/۲ <sup>a</sup>	۳/۲ <sup>a</sup>	۲۱ <sup>a</sup>	۴۰ <sup>a</sup>

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار آماری بر مبنای آزمون دانکن می باشد (P≤1%).

جدول ۸- مقایسه میانگین کاربرد پومیس بر محتوای فلاونوئید و فنل کل گیاه

پومیس (Ton.ha <sup>-1</sup> )	فلاونوئید گیاه (mg.g <sup>-1</sup> DW)	فنل کل گیاه (mg.g <sup>-1</sup> DW)
۰	۰/۸ <sup>b</sup>	۱۳/۸ <sup>b</sup>
۶۰	۱/۱ <sup>a</sup>	۱۸/۱ <sup>a</sup>

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار آماری بر مبنای آزمون دانکن می باشد (P≤1%).

#### درصد روغن و پروتئین دانه

اثر متقابل محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی (در سطح احتمال یک درصد) بر درصد روغن و پروتئین دانه معنی دار بود (جدول ۶). کاربرد همزمان محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی موجب افزایش درصد روغن و پروتئین دانه نسبت به تیمار شاهد شد. بیشترین

درصد روغن (۲۱ درصد) و پروتئین دانه (۴۰ درصد) در تیمار کاربرد توأم هر دو محلول مشاهده شد. کمترین درصد پروتئین دانه در تیمار شاهد (۳۳ درصد) مشاهده شد (جدول ۷). اسپری محلول هوگلند بر گیاه نخود درصد پروتئین دانه را از ۷۶ به ۸۸ درصد افزایش داد (خورشید و همکاران ۲۰۱۸). روستایی و همکاران

عدم کاربرد آن در شرایط محلول پاشی با عصاره جلبک دریایی و محلول پاشی همزمان هر دو ترکیب تاثیر مثبتی در محتوای فسفر موجود در برگ نسبت به تیمار شاهد را داشت. بیشترین محتوای فسفر (۸/۷ گرم در کیلوگرم بافت برگ) متعلق به کاربرد ۶۰ تن در هکتار پومیس و تیمار محلول پاشی با محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی بود (شکل ۳B). تیمارهای کاربرد پومیس و محلول پاشی با عصاره جلبک و محلول پاشی همزمان محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی هر دو تاثیر مثبتی در میزان عنصر پتاسیم موجود در برگ را داشتند. بیشترین میزان پتاسیم (۱۸ گرم در کیلوگرم بافت برگ) متعلق به کاربرد ۶۰ تن در هکتار پومیس و تیمار محلول-پاشی با هوگلند و عصاره جلبک دریایی بود (شکل ۳C). کاهش آب قابل دسترس موجب کاهش پتانسیل آبی و تورژسانس سلولی شده که در مرحله بعد ویژگی‌های مرفولوژیکی و آناتومیکی گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. کاهش در فتوسنتز، و جذب عناصر غذایی نیز از اثرات منفی تنش آبی بر گیاه است (کونگ و همکاران ۲۰۲۱b). کاربرد سوپرچادها با تامین آب کافی و جلوگیری از شسته شدن مواد غذایی خاک، تاثیر مثبتی بر افزایش عملکرد یونجه داشت (کونگ و همکاران ۲۰۲۱a). مشخص شده است که کاربرد سوپرچادها موجب افزایش جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط گیاه می‌شود (زینگ و همکاران ۲۰۲۳). محلول پاشی با عصاره جلبک موجب افزایش محتوای نیتروژن، فسفر، پتاسیم، محتوای پروتئین و کربوهیدرات کل گیاه شد (عیسی و همکاران ۲۰۲۰). خورشید و همکاران (۲۰۱۸) نشان داند که محلول پاشی با محلول هوگلند محتوای نیتروژن برگ را در گیاه جو افزایش داد. عصاره جلبک‌های دریایی ترکیبی از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف، انواع ویتامین، اسیدهای آمینه و مواد معدنی و طیف گسترده‌ای از آنتی‌اکسیدان‌های قدرتمند و ویتامین‌ها (A, B, C, E, K) می‌باشد. جلبک‌های دریایی تحمل گیاه به انواع تنش‌های زنده و غیرزنده را افزایش داد، و موجب افزایش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی می‌گردد

(۲۰۱۲) در بررسی تاثیر نسبت‌های مختلف پلیمر سوپرچاد و کود دامی بر خواص کمی و کیفی سویا تحت شرایط تنش خشکی گزارش کردند که کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرچاد باعث افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، درصد روغن و درصد پروتئین دانه نسبت به تیمار شاهد شد. در تحقیقی مشخص شد که کاربرد عصاره جلبک دریایی تاثیر مثبت بر عملکرد و برخی اجزای عملکرد سویا را داشت و موجب افزایش درصد روغن و تعداد غلاف در بوته نسبت به تیمار شاهد شد (هرمساری و همکاران ۲۰۲۰). محلول پاشی سویا با عصاره جلبک موجب افزایش عملکرد، محتوای پروتئین، کربوهیدرات و درصد روغن گیاه شد (هرمساری و همکاران ۲۰۲۰). نتایج حاصل از مطالعات فوق در تایید نتایج حاصل از بررسی حاضر در خصوص اثرات مثبت تیمارهای آزمایشی بر صفات مذکور بود. استفاده از پومیس در بستر کاشت، با بهبود شرایط تهویه‌ای خاک و نگهداری رطوبت در خاک به بهبود رشد و نمو ریشه کمک می‌کند. ریشه نقش مهمی در جذب و انتقال مواد غذایی در گیاه دارد. در بررسی حاضر نیز افزایش رشد ریشه در اثر کاربرد پومیس و محلول پاشی مشاهده شد (جدول ۳). محلول-پاشی با محلول هوگلند و عصاره جلبک نقش مهمی در تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه داشت. دسترسی گیاه به مواد غذایی موجب تامین اسکلت‌های کربنی لازم برای بیوسنتز متابولیت‌های اولیه و ثانویه در گیاه شده و به این طریق موجب افزایش درصد روغن و پروتئین دانه شد.

### عناصر معدنی برگ

#### محتوای نیتروژن، پتاسیم و فسفر

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل پومیس، هوگلند و عصاره جلبک بر محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۹). تیمار کاربرد پومیس و عدم کاربرد آن در تمامی تیمارهای محلول پاشی تاثیر مثبت بر محتوای نیتروژن گیاه داشت. (شکل ۳A). کاربرد پومیس و محلول پاشی با محلول هوگلند، تیمار کاربرد پومیس و

(حمید و همکاران ۲۰۱۸). بررسی‌ها نشان داد که محلول-پاشی فسفوری برگ نسبت به کاربرد خاکی آن موجب افزایش جذب فسفر در برگ و افزایش تحرک فسفر متحرک در گیاه می‌شود درحالی‌که در کاربرد خاکی این عنصر اغلب در ناحیه ریشه به‌صورت تثبیت شده مشاهده می‌شود (تالوویس و همکاران ۲۰۲۰). فسفر نقش بسیار متنوعی در گیاهان ایفا می‌کند. تحریک رشد ریشه، برقراری زنجیره انتقال انرژی و نقش ساختاری در قالب

فسفولیپیدها در غشای سلولی که ورود و خروج مواد را به داخل سلول کنترل می‌کند از وظایف فسفر در گیاه است (تالوویس و همکاران ۲۰۲۰). محلول‌پاشی منیزی برگ نقش مهمی در افزایش عملکرد سویا و ذرت دارد که این عمل را از طریق افزایش فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای، کاهش تعرق برگ تحت شرایط اشباع نوری انجام می‌دهد (رودریگز و همکاران ۲۰۲۱).

جدول ۹- تجزیه واریانس تاثیر کاربرد پومیس و محلول‌پاشی با محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی بر محتوای عناصر

معدنی برگ سویا								درجه آزادی	منابع تغییر
محتوای منگنز	محتوای آهن	محتوای روی	محتوای منیزیم	محتوای کلسیم	محتوای فسفر	محتوای پتاسیم	محتوای نیتروژن		
۱۸ <sup>ns</sup>	۵۵ <sup>ns</sup>	۲۵ <sup>ns</sup>	۶ <sup>ns</sup>	۰/۱ <sup>ns</sup>	۴/۳ <sup>ns</sup>	۲۱ <sup>ns</sup>	۱۸ <sup>ns</sup>	۲	تکرار
۸۴۱ <sup>**</sup>	۹۳۷۳ <sup>**</sup>	۲۵۰ <sup>ns</sup>	۶۲ <sup>**</sup>	۱۲/۲ <sup>**</sup>	۲۲۲ <sup>**</sup>	۱۶۶۹ <sup>**</sup>	۱۲۲۸۵ <sup>**</sup>	۱	پومیس
۹۵۳ <sup>**</sup>	۲۳۰۲۱ <sup>**</sup>	۵۵۶۲ <sup>**</sup>	۹۲ <sup>**</sup>	۱۹/۶ <sup>**</sup>	۴۳۰ <sup>**</sup>	۱۷۴۸ <sup>**</sup>	۳۰۱۷۵ <sup>**</sup>	۱	هوگلند
۱۴۳۷ <sup>**</sup>	۲۸۷۵۳ <sup>**</sup>	۴۸۴۱ <sup>**</sup>	۲۰۹ <sup>**</sup>	۲۳ <sup>**</sup>	۸۵۲ <sup>**</sup>	۲۸۸۵ <sup>**</sup>	۴۸۳۲۰ <sup>**</sup>	۱	عصاره جلبک
۳۱۶ <sup>ns</sup>	۲۸۱۰ <sup>**</sup>	۵۷۷ <sup>ns</sup>	۱۲ <sup>ns</sup>	۳/۳ <sup>ns</sup>	۶۷/۳ <sup>**</sup>	۳۸۲ <sup>**</sup>	۳۱۵۱ <sup>**</sup>	۱	پومیس * هوگلند
۴۳۴ <sup>ns</sup>	۸۲۹۹ <sup>**</sup>	۴۴۸ <sup>ns</sup>	۲۰ <sup>ns</sup>	۵/۷ <sup>ns</sup>	۱۵۲ <sup>**</sup>	۱۰۶۹ <sup>**</sup>	۱۰۴۸۵ <sup>**</sup>	۱	پومیس * عصاره جلبک
۱۵۴۹ <sup>**</sup>	۱۲۴۸۱ <sup>**</sup>	۲۷۲۹۰ <sup>**</sup>	۶۸ <sup>**</sup>	۱۴ <sup>**</sup>	۲۵۲ <sup>**</sup>	۱۰۲۵ <sup>**</sup>	۱۳۱۱۳ <sup>**</sup>	۱	هوگلند * عصاره جلبک
۲۷۸ <sup>ns</sup>	۳۷۴۳ <sup>**</sup>	۸۱۹ <sup>ns</sup>	۱۷ <sup>ns</sup>	۱/۴ <sup>ns</sup>	۴۹/۳ <sup>**</sup>	۳۸۲ <sup>**</sup>	۴۲۹۳ <sup>**</sup>	۱	پومیس * هوگلند * عصاره جلبک
۱۱۲	۴۵	۶۲۰	۱۲	۳/۲	۲	۲	۴۸	۱۴	خطا
۱۲	۸	۱۲	۳۱	۱۲/۴	۱۲/۶	۶	۷	۷	ضرایب تغییرات (%)

ns و \* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیرمعنی‌دار است.

کیلوگرم و منیزیم از ۲/۴ به ۳/۲ گرم بر کیلوگرم برگ شد (جدول ۱۰). محلول‌پاشی با عصاره جلبک و محلول-پاشی همزمان با محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی موجب افزایش میزان کلسیم و منیزیم شد. بیشترین میزان کلسیم (۸/۱) گرم بر کیلوگرم بافت برگ (در تیمار محلول‌پاشی با هر دو محلول به دست آمد (جدول ۱۱).

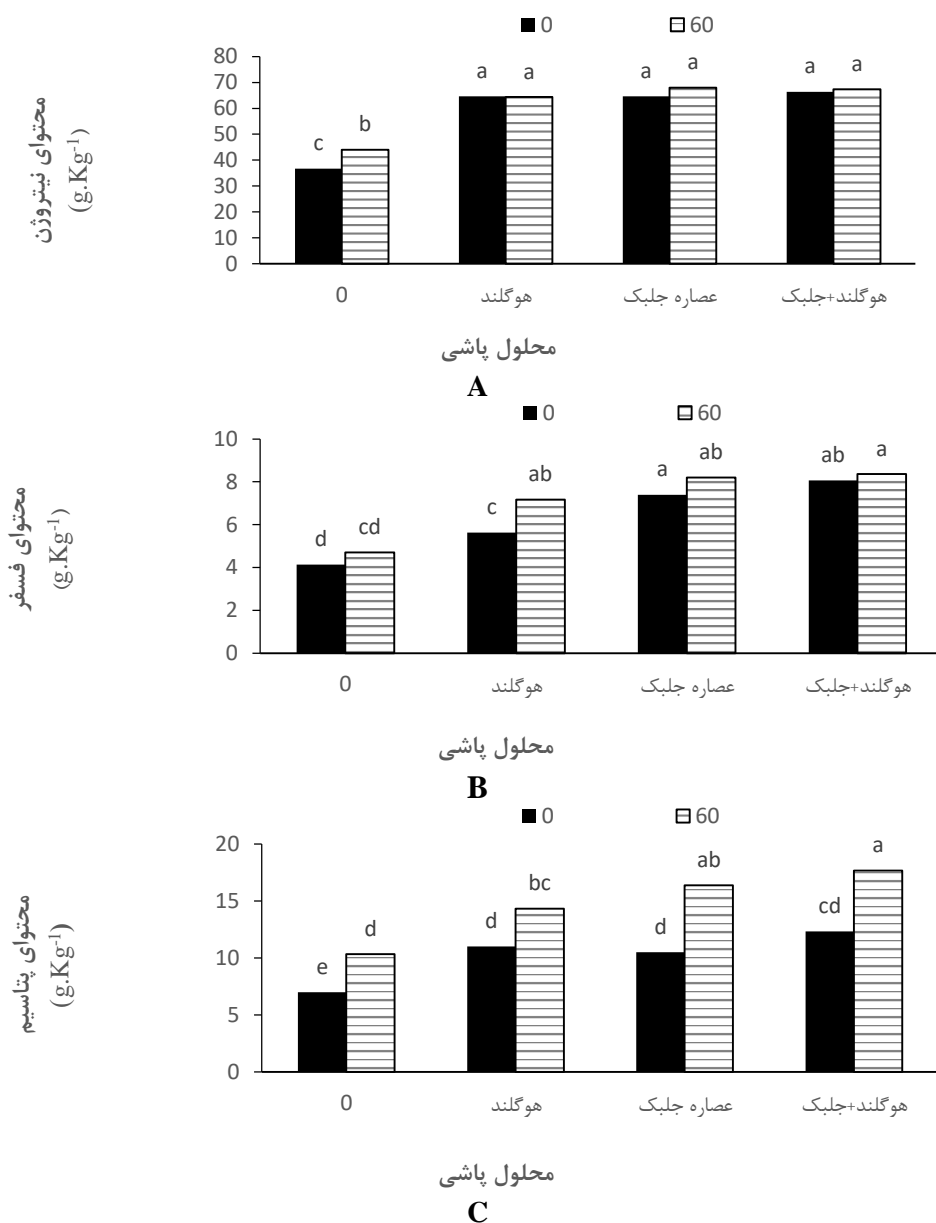
#### محتوای کلسیم و منیزیم

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده پومیس و اثر متقابل محلول هوگلند و عصاره جلبک بر میزان کلسیم و منیزیم برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۹). مصرف پومیس تاثیر بسیار مثبتی بر محتوای کلسیم و منیزیم برگ داشت به‌طوری‌که باعث افزایش میزان کلسیم برگ از ۶/۲ به ۷/۱ گرم بر

جدول ۱۰- مقایسه میانگین تاثیر کاربرد پومیس بر محتوای کلسیم، منیزیم و منگنز سویا

پومس (تن در هکتار)	کلسیم (g.kg <sup>-1</sup> )	منیزیم (g.kg <sup>-1</sup> )	منگنز (mg.kg <sup>-1</sup> )
.	۶/۳ <sup>b</sup>	۲/۴ <sup>b</sup>	۱۳ <sup>b</sup>
۶۰	۷/۱ <sup>a</sup>	۳/۳ <sup>a</sup>	۱۸ <sup>a</sup>

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار آماری بر مبنای آزمون دانکن می‌باشد ( $P \leq 1\%$ ).



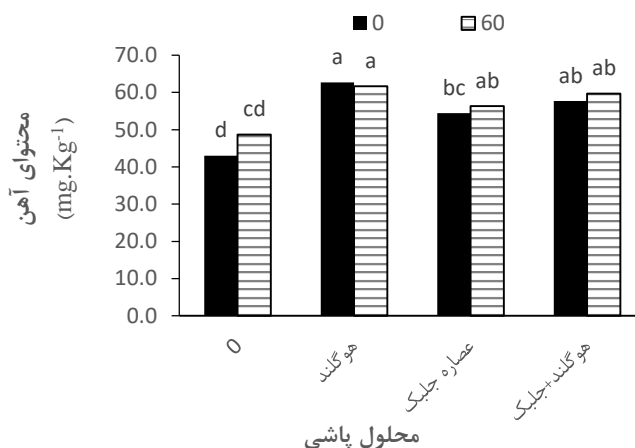
شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل کاربرد پومیسی و محلول پاشی با محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی بر محتوای نیتروژن (A)، فسفر (B) و پتاسیم (C) در برگ سویا

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار آماری بر مبنای آزمون دانکن می باشد ( $P \leq 1\%$ ).

جدول ۱۱- مقایسه میانگین محلول پاشی با عصاره جلبک و محلول هوگلند بر محتوای عناصر کلسیم، منیزیم، روی و منگنز سویا

محتوای روی (mg.kg <sup>-1</sup> )	محتوای منگنز (mg.kg <sup>-1</sup> )	محتوای منیزیم (g.kg <sup>-1</sup> )	محتوای کلسیم (g.kg <sup>-1</sup> )	محلول پاشی
۴/۵ <sup>c</sup>	۱۱/۹ <sup>c</sup>	۱/۶ <sup>b</sup>	۴ <sup>c</sup>	بدون محلول پاشی
۶/۲ <sup>a</sup>	۱۴ <sup>b</sup>	۲/۳ <sup>b</sup>	۶/۵ <sup>b</sup>	محلول هوگلند
۵/۱ <sup>b</sup>	۱۸ <sup>a</sup>	۳/۳ <sup>a</sup>	۷/۸ <sup>a</sup>	عصاره جلبک
۵/۹ <sup>a</sup>	۱۸ <sup>a</sup>	۳/۵ <sup>a</sup>	۸/۱ <sup>a</sup>	محلول هوگلند + عصاره جلبک

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار آماری بر مبنای آزمون دانکن می باشد ( $P \leq 1\%$ ).



شکل ۴- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری کاربرد پومیس و محلول پاشی با محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی بر محتوای آهن در برگ سویا

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار آماری بر مبنای آزمون دانکن می‌باشد ( $P \leq 1\%$ ).

میزان روی موجود در برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مصرف پومیس تاثیر معنی‌داری بر میزان عنصر روی در برگ نداشت (جدول ۹). محلول پاشی با محلول هوگلند و محلول پاشی همزمان با عصاره جلبک و هوگلند موجب افزایش میزان روی در برگ شد. بیشترین میزان روی (۶/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بافت برگ) متعلق به تیمار محلول پاشی با محلول هوگلند بود. بالاترین محتوای منگنز (۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در هر دو تیمار محلول پاشی مشاهده شد (جدول ۱۱). چنین به نظر می‌رسد محلول پاشی جدای از فراهمی عناصر مورد نیاز برای گیاه، موجب افزایش کارایی گیاه در جذب عناصر مورد استفاده شده و به این طریق سبب افزایش محتوای عناصر در گیاه شده است (جدول ۱۱). محققین مختلفی افزایش میزان روی را در برگ سویا با استفاده از محلول پاشی و یا استفاده از کودهای معدنی گزارش دادند (کبری ۲۰۱۹). در بررسی انجام شده در گندم مشخص شد که محلول پاشی با روی تاثیر مثبت بر صفات رشدی و عملکردی گیاه، محتوای روی بوته، فعالیت آنزیمی گیاه را در شرایط تنش کم‌آبیاری داشت (ستار و همکاران ۲۰۲۲). کاربرد کودهای آهن، روی و منگنز در چهار مرحله گلدهی، غلاف‌دهی، پرشدن دانه و مرحله رسیدگی در گیاه سویا موجب افزایش محتوای منگنز برگ از ۱۱/۹ به ۱۸/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بافت

عصاره جلبک دریایی سرشار از مواد معدنی چون کلسیم، منیزیم و پتاسیم می‌باشد (هرمس‌ساری و همکاران ۲۰۲۰). تحقیقات نشان داده است که کاربرد کلسیم در پرورش گیاه نقش مهمی در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه مانند رشدونمو را داشته و به‌عنوان پیام‌بر ثانویه در شرایط تنش‌های زیستی و غیرزیستی عمل می‌کند. کلسیم نقش مهمی در پایداری غشای سلول و عملکرد آن دارد (کودلا و همکاران ۲۰۱۸). نتایج یک تحقیق در صنوبر نشان داد که کاربرد کلسیم در پرورش گیاه نقش مهمی در افزایش رشد، فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای، غلظت دی‌اکسید کربن بین سلولی، سرعت تنفس و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه را داشت (گاسپار و همکاران ۲۰۱۹ و ونگ و همکاران ۲۰۲۲). بالانس بین کلسیم، منیزیم و پتاسیم در خاک و به طبع آن در گیاه سویا، جهت حصول به‌حداکثر عملکرد دانه، روغن، پروتئین و مقاومت به بیماری ضروری است. بهبود وضعیت آبی گیاهان با افزایش جذب سطحی توسط گرانوله‌های پومیس و افزایش جذب عناصر معدنی پرمصرف و کم‌مصرف (به‌خصوص منیزیم و پتاسیم) توسط بیلاردی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش شده است. محتوای روی و منگنز

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده هوگلند و عصاره جلبک دریایی و اثر متقابل این دو بر



برگ شد (کبری ۲۰۱۶). کاهش تلفات آب مصرفی همواره مورد توجه دست‌اندرکاران امر بوده و امروزه از سوپرچازب‌ها اغلب برای این منظور استفاده می‌شود. در اثر جذب آب، سوپرچازب متورم شده و آب را به تدریج در اختیار گیاه قرار می‌دهد که موجب افزایش کارایی مصرف آب و کود در خاک می‌شود. جلوگیری از شستشوی مواد غذایی از خاک افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها از اثرات کاربرد سوپرچازب در خاک می‌باشد (کونگ و همکاران ۲۰۲۱b). محتوای آهن کاربرد پومیس (۰ و ۶۰ تن در هکتار) همراه با محلول پاشی محلول هوگلند، کاربرد ۶۰ تن در هکتار پومیس همراه با کاربرد عصاره جلبک و تیمار کاربرد پومیس (۰ و ۶۰ تن در هکتار) و محلول پاشی با هر دو ترکیب تأثیر مثبتی در میزان عنصر آهن موجود در برگ نسبت به تیمار شاهد داشتند. بیشترین میزان آهن (۶۳ گرم در کیلوگرم بافت برگ) متعلق به کاربرد ۶۰ تن در هکتار پومیس و تیمار محلول پاشی با محلول هوگلند بود (شکل ۵). محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی هر دو دارای عناصر معدنی مختلفی از جمله آهن می‌باشند و محلول پاشی هر دو محلول موجب افزایش محتوی آهن برگ در گیاه سویا شد. ضرایب همبستگی بین صفات وجود همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بین تعداد شاخه‌های فرعی با شاخص برداشت ( $r = 0.57$ )، عملکرد دانه ( $r = 0.76$ )، تعداد غلاف در بوته ( $r = 0.77$ )، تعداد دانه در بوته ( $r = 0.71$ )، وزن خشک غلاف ( $r = 0.54$ )، وزن صد دانه و وزن خشک دانه ( $r = 0.62$ )، عرض غلاف ( $r = 0.65$ ) و طول غلاف ( $r = 0.72$ ) مشاهده شد. وزن صد دانه با عملکرد دانه ( $r = 0.82$ )، وزن خشک دانه در بوته ( $r = 0.8$ )، تعداد غلاف در بوته ( $r = 0.77$ )، طول ( $r = 0.73$ ) و عرض غلاف ( $r = 0.61$ )، تعداد دانه در بوته ( $r = 0.75$ )، تعداد ساقه جانبی در بوته ( $r = 0.62$ )، تعداد گره در بوته ( $r = 0.53$ ) و وزن خشک غلاف ( $r = 0.56$ ) همبستگی مثبت داشت که نشان‌دهنده تأثیر مثبت صفات در تعیین عملکرد گیاه و دانه می‌باشد (جدول ۱۲). بین وزن خشک ریشه با عملکرد دانه ( $r = 0.50$ ) همبستگی مثبت مشاهده شد (جدول ۱۳). همبستگی مثبت

بین عملکرد دانه با وزن خشک بوته ( $r = 0.60$ )، تعداد غلاف در بوته ( $r = 0.86$ )، تعداد دانه در بوته ( $r = 0.79$ ) و وزن خشک غلاف ( $r = 0.61$ )، وزن صد دانه ( $r = 0.82$ )، وزن خشک دانه در بوته ( $r = 0.87$ )، عرض غلاف ( $r = 0.73$ )، طول غلاف ( $r = 0.83$ )، تعداد شاخه جانبی در بوته ( $r = 0.76$ ) مشاهده شد. وجود همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین عناصر معدنی مانند منیزیم، کلسیم، منگنز، روی و آهن با عملکرد دانه نشان‌دهنده تأثیر مستقیم و معنی‌دار این عناصر در افزایش عملکرد دانه در شرایط کاربرد پومیس و محلول پاشی با محلول هوگلند و عصاره جلبک دریایی بود (جدول ۱۳). بین فنل کل دانه با عملکرد دانه ( $r = 0.57$ ) و درصد روغن ( $r = 0.73$ ) همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. وجود همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین درصد روغن دانه با محتوی فسفر برگ ( $r = 0.77$ )، روی موجود در برگ ( $r = 0.69$ ) و منیزیم موجود در برگ ( $r = 0.77$ ) نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار این مواد معدنی در تعیین درصد روغن دانه بود (جدول ۱۳).

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که اثر متقابل کاربرد پومیس و محلول پاشی با عصاره جلبک دریایی و محلول هوگلند موجب بهبود صفات رویشی مانند ارتفاع بوته، تعداد گره در ساقه، وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام هوایی شد. همچنین کاربرد این تیمارها موجب افزایش عناصر معدنی پرمصرف مانند نیتروژن، پتاسیم و فسفر و عناصر معدنی کم مصرف مانند آهن منیزیم و منگنز در برگ‌های سویا شد. عملکرد دانه، تعداد دانه، تعداد غلاف در بوته، تحت تأثیر اثر متقابل کاربرد پومیس و محلول پاشی همزمان با عصاره جلبک دریایی و محلول هوگلند قرار گرفتند. درصد روغن و پروتئین تحت تأثیر تیمار محلول پاشی مشترک با هر دو کود قرار گرفت. اثر متقابل پومیس و محلول پاشی همزمان با عصاره جلبک دریایی و محلول هوگلند برای بیشتر صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود و موید این مطلب می‌باشد که دسترسی بهتر به عناصر غذایی و آب در اثر کاربرد تیمارها موجب

## سیاسگزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان به خاطر تامین هزینه پژوهش و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، مرکز آموزش و ترویج کشاورزی، پارس آباد به- خاطر همکاری در اجرای آزمایش تشکر و قدرانی می-شود.

افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه شد. با توجه به اینکه تنش آبی یکی از مشکلات جدی در استان آذربایجان شرقی مخصوصاً دشت مغان در تابستان است و نیز با توجه به اینکه رشد زایشی سویا در دشت مغان اغلب در روزهای گرم تابستان اتفاق می افتد به نظر می رسد کاربرد پومیس موجب حفظ رطوبت کافی در خاک شده و به بهبود رشد زایشی و عملکرد گیاه کمک می کند.

جدول ۱۲- ضرایب همبستگی (پیرسون) بین صفات رشدی و عملکردی سویا تحت تیمارهای کاربرد پومیس و محلول پاشی با عصاره جلبک دریایی و محلول هوکلند

صفات	شاخص برداشت	عملکرد دانه	وزن خشک بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در بوته	وزن خشک غلاف	وزن صد دانه	وزن خشک دانه در بوته	عرض غلاف	طول غلاف	تعداد شاخه جانبی در بوته	ارتفاع گیاه	تعداد گره در ساقه
شاخص برداشت	۱												
عملکرد دانه	**۰/۵۸	۱											
خشک بوته	۰/۱۸-	**۰/۰۶	۱										
تعداد غلاف در بوته	*۰/۴۹	**۰/۸۶	۰/۰۳-	۱									
تعداد دانه در بوته	**۰/۰۶	**۰/۷۹	۰/۰۲	**۰/۰۵	۱								
وزن خشک غلاف	۰/۲۶	**۰/۶۱	۰/۱۵	**۰/۵۸	*۰/۰۴	۱							
وزن صد دانه	۰/۳۸	**۰/۸۲	-۰/۱۴	**۰/۷۷	**۰/۵۶	۱							
وزن خشک دانه در بوته	۰/۳۸	۰/۸۷	-۰/۰۵	**۰/۸۵	*۰/۴۹	**۰/۰۸	۱						
عرض غلاف	**۰/۵۲	**۰/۷۳	-۰/۱۷	**۰/۷۳	*۰/۴۹	**۰/۷۱	**۰/۶۷	۱					
طول غلاف	**۰/۵۵	**۰/۸۳	۰/۰۸	**۰/۸۵	**۰/۵۲	**۰/۵۶	**۰/۸۳	**۰/۸۰	۱				
تعداد شاخه جانبی در بوته	**۰/۵۷	**۰/۷۶	۰	**۰/۷۷	**۰/۷۱	**۰/۵۴	**۰/۶۲	**۰/۷۲	**۰/۶۵	۱			
ارتفاع گیاه	۰/۳۸	*۰/۴۴	-۰/۰۹	**۰/۵۹	-۰/۳۹	*۰/۴۱	۰/۲۵	**۰/۶۱	**۰/۶۹	**۰/۴۴	۱		
تعداد گره در ساقه	*۰/۴۲	**۰/۵۶	۰/۰۶	**۰/۵۴	*۰/۴۰	۰/۰۴	**۰/۵۳	**۰/۴۴	**۰/۵۵	**۰/۰۷	۱		

\*, \*\*, و ns: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیرمعنی دار

## منابع مورد استفاده

- Abedi-koupai J and Sohrab F. 2004. Effect of super absorbent polymers on soil hydraulic properties. Proceedings of 8th National Conference on Hydraulics in Engineering. Gold Coast, Australia. 1 march 2004.
- Adhikari B, Dhungana SK, Kim ID and Shin DH. 2019. Effect of foliar application of potassium fertilizers on soybean plants under salinity stress. Journal of the Saudi Society of Agricultural Science, 19(4): DOI:10.1016/j. jssas. 2019.02.001.
- Akhter J, Mahmood K, Malik KA, Ahmad M, Iqbal MM. 2004. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. Plant Soil and Environment, 50(6): 463-469. DOI:10.17221/4059-PSE

- Allahyari A, Golchin A and Vaezi AR. 2013. Study on the effects of super absorbent polymer application on yield and yield components of two chickpea under rainfed condition. *Jornal of Plant Production*, 20: 125-139 (in Persian) DOI. 20.1001.1.23222050.1392.20.1.8.1
- AOAC. (1990). *Official methods of analysis. Association of Official Agricultural Chemists, Washington, DC*
- Ashour M, El-Shafei AA, Khairy HM, Abd-Elkader DY, Mattar MM, Alataway A and Hassan SM. 2020. Effect of *Pterocladia capillacea* seaweed extracts on growth parameters and biochemical constituents of Jew's Mallow. *Agronomy*, 10: 420-428. DOI. 10.3390/agronomy10030420
- Beiranvandi M, Akbari N, Ahmadi AR, Mumivand H and Nazarian F. 2022. Biochar and super absorbent polymer improved growth, yield, and phytochemical characteristics of *Satureja rechingeri* Jamzad in water-deficiency conditions. *Industrial Crops and Products*, 183. DOI. org/10.1016/j.indcrop.2022.114959.
- Bilardi S, Calabrò PS, Caré S, Moraci N and Noubactep C. 2013. Improving the sustainability of granular iron/pumice systems for water treatment. *Journal of Environmental Management*, 121: 133-141. DOI. doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.02.042.
- El-Sharnoby HM, Badr EA and Abo elenen FF. 2021. Influence of foliar application of ahgae extract and nitrogen fertilization on yield and quality of sugar beet grown in reclaimed sandy soil. *SVU- International Journal of Agricultural Science*, 3: 113-122. DOI:10.21608/svuijas.2021.45788.1055
- Essa RE, Afifi A, Ahmed EA and El-Ashry SM. 2020. Effect of foliar application of yeast and alge on yield and quality of soybean in newly soil. *Pakistan Journal of Biological Science*, 23(12): 1621-1628. DOI:10.3923/pjbs.2020.1621.1628.
- Gaspar GG, Takahashi HW, Canteri MG and Fanti LH. 2019. Balance among calcium, magnesium and potassium levels affecting Asian Soybean Rust severity. *Agronomy Science and Biotechnology*, DOI:: 10.33158/ASB.2015v1i1p39.
- Gizas G and Savvas D. 2007. Particle size and hydraulic properties of pumice affect growth and yield of greenhouse crops in soilless culture. *HortScience*, 42(5): 1274-1280. DOI:10.21273/HORTSCI.42.5.1274
- Guerrero JC, Blainski E, DaSilva DL, Caramelo JP, Pascutti TM, Oliveira NC and Filho PJ. 2017. Effect of the seaweed extract applied on seeds and foliar spray on soybean development and productivity. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 15(1): 18-21.
- Hamed SM, Abd El-Rhman AA, Abdel-Raouf N and Ibraheem IBM. 2018. Role of marine macroalgae in plant protection and improvement for sustainable agriculture technology. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 7:104–110. DOI:dx.doi.org/10.1016/j.bjbas.2017.08.002
- Hereimas Sary D, El-Nwehy SS and Mokhtar AMA. 2020. Effect of algae extract foliar application on yield and quality traits of soybean (*Glycine max* L.) grown on calcareous soil under irrigation water regime. *Plant Archives*, 20(1): 2417-2430. <https://www.researchgate.net/publication/355168631>
- Josipović A, Sudar R, Sudarić A, Jurković V, Kočar MM and Kulundžić AM. 2016. Total phenolic and total flavonoid content variability of soybean genotypes in eastern Croatia. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 8: 60-65. DOI:10.17508/CJFST.2016.8.2.04
- Khursheed MQ, Salih Z and Saber. T. 2018. Response of barley (*Hordeum vulgare* L.) plants to foliar fertilizer with different concentrations of Hoagland solution. *Rafudain Journal of Science*, 27: 1-7. DOI:10.33899/rjs.2018.143947
- Kim KH, Tsao R, Yang R and Cui SW. 2006. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions. *Food Chemistry*, 95: 466–473. DOI: doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.032
- Kobraee S. 2016. Effect of zinc, iron and manganese fertilization on concentrations of these metals in the stem and leaves of soybean and on the chlorophyll content in leaves during the reproductive development stages. *Journal of Elementology*, 1(2): 395-412. DOI:10.5601/jelem.2015.20.2.966

- Kong C, Camps-Arbestain M, Clothier B, Bishop P and Macías Vázquez F. 2021a. Reclamation of salt-affected soils using pumice and algal amendments: Impact on soil salinity and the growth of Lucerne. *Environmental Technology & Innovation*, 24: DOI:doi.org/10.1016/j.eti.2021.101867
- Kong C, Camps-Arbestain M, Clothier B, Bishop B and Macías Vázquez F. 2021 b. Use of either pumice or willow-based biochar amendments to decrease soil salinity under arid conditions. *Environmental Technology & Innovation*, 24: DOI:doi.org/10.1016/j.eti.2021.101849.
- Kudla J, Becker D, Grill E, Hedrich R, Hippler M, Kummer U, Parniske M, Romeis T and Schumacher K. (2018). Advances and current challenges in calcium signaling. *New Phytology*, 218: 414–431. DOI: 10.1111/nph.14966.
- Malekian A, Valizadeh E, Dastoori M, Samadi S and Bayat V. 2012. Soil water retention and maize (*Zea mays* L.) growth as effected by different amounts of Pumice. *Australian Journal of Crop Science*, 6(3): 450-454.
- Motesharezadeha B, Hesam-Arefia A and Savaghebi GhR. 2017. The effect of bicarbonate on iron (Fe) and zinc (Zn) uptakes by soybean varieties. *Desert*, 22: 145-155.
- Nasiri M, Zarehshghi D and Neyshabouri MR. 2019. The effects of different levels of pumice mulch and deficient irrigation on the some physiological traits and seed yield of corn (*Zea mays* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*, 13: 217-230. (in Persian) DOI. 10.30495/JCEP.2019.666249
- Razmi N, Ebadia A, Daneshianb J and Jahanbakhsh S. 2017. Salicylic acid induced changes on antioxidant capacity, pigments and grain yield of soybean genotypes in water deficit condition. *Journal of Plant Interactions*, 12(1):457-464. DOI:doi.org/10.1080/17429145.2017.1392623
- Rodrigues VA, Crusciol CAC, Bossolani JW, Moretti LG, Potugal JR, Mund TT, Olivera SL, Garcia A, Calonego JC and Lollato RP. 2021. Magnesium foliar supplementation increace grain yield of soybean and maize by improving photosynthetic carbon metabolism and antioxidant metabolism. *Plant*, 10: 797. DOI:: org//1003390/plants10040797
- Rostami Ajirloo A, Asghripour MR, Ghanbari A, Joudi M and Khoramivafa M. 2017. Study the effects of deficit irrigation on yield, quality characteristics and water uce efficiency of three cultivars of soybean in Moghan plain. *Journal of Water and Soil Resources conservation*, 7: 113-125. (in Persian)
- Roustaie Kh, Movahhedi Dehnavi M, Khadem SA and Owliaie HR. 2012. Effect of different super absorbent polymer and animal manure ratios on the quantitative and qualitative characteristics of soybean under drought stress. *Journal of Crops Improvement*, 14: 33-42. (in Persian) DOI:doi.org/10.22059/jci.2012.25042
- Sabbagh Tazeh E, Sadeghian N and Rameshknia Y. 2019. Effect of mineral superabsorbent on some characteristics of soil and growth parameters of onion (*Allium cepa*) under limited irrigation. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 9: 87-105. (in Persian)
- Sattar A, Wang X, Ul-Allah S, Sher A, Ijaz M, Irfan M, Abbas T, Hussain S, Nawaz f, Al-Hashimi A, Al Munqedhi BM and Skalicky M. 2022. Foliar application of zinc improves morpho-physiological and antioxidant defense mechanisms, and agronomic grain biofortification of wheat (*Triticum aestivum* L.) under water stress. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29: 1699-1706. DOI:doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.10.061
- Talboys PJ, Healey JR, Withers PJ, Riise T, Edwards AC and Parinato PSJones DS. 2020. Combining seed dressing and foliar application of phosphorus fertilizer on give similar crop growth and yield benefits to soil application together with greater recovery rates. *Frontiers in Agronomy*, 2. DOI: 10.3389/fagro.2020.605655
- Vojodi Mehrabani L and Younesian A. 2022. The effect of soil amendment of pumice and foliar application of Acadian and Estemplex algal extracts on growth and some physiological characteristics of *Coriandrum sativum* L. *Journal of Crop Production and Processing*, 12: 103-118.

- Waheed H, Javaid MM, Shahid A and Haider Ali H. 2019. Impact of foliar applied Hoagland nutrient solution on growth and yield of mash bean (*Vigna mungo*) under different growth stage. *Journal of Plant Nutrition*, 42(6): 1-9. DOI:10.1080/01904167.2019.1607380
- Weng X, Li H, Ren C, Zhou Y, Zhu W, Zhang S and Liu L. 2022. Calcium regulates growth and nutrient absorption in poplar seedlings. *Frontiers in Plant Science*, 13. DOI:doi.org/10.3389/fpls.2022.887098
- Zheng H, Mei P, Wang W, Yin Y, Li H, Zheng M, Ou X and Cui Z. 2023. Effects of super absorbent polymer on crop yield, water productivity and soil properties: A global meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 282: DOI:doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108290.