نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۳ شماره ۴ / زمستان ۱۴۰۲/ صفحات ۲۴۳-۲۳۱

The effect of Different Substrates and Foliar Spraying of Seaweed Extract on Growth, Yield and Nutrient Content of Karla (*Momordica Charantia* L.)

Mohammad Hiedari Dalighez[1], Behrooz Esmaielpour[2*], Mousa Torabi-Giglou[2], Morteza Shiekhalipour[3], Akram Rahbari[3]

Received: 28 January 2022 Accepted: 26 January 2023
1-MSc, Dept. of Horticultural Science Faculty of Agriculture Science and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2- Prof., and Assoc. Prof., Dept. of Horticultural Science Faculty of Agriculture Science and Natural Resources , University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3- Ph.D and Ph.D. Student., Dept. of Horticultural Science Faculty of Agriculture Science and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
*Corresponding Author Email: behsmaiel@yahoo.com

Abstract

Background and Objectives: Karla is one of the most important medicinal herbs, which has recently been cultivated in Iran. The study of healthy nutrition and the use of sustainable agriculture and the use of biofertilizers, such as seaweed extract have the particular importance in the production of this plant. This research was carried out to investigate the effect of different substrate and spraying of seaweed extract on growth, yield and nutrient content of Karla.

Materials and Methods: this research was carried out in a factorial design based on completely randomized design with four replicate in pots under hydropnic condition in research greenhouse Agricultural Faculty of Agricultural University of Researcher Ardabil University. The first factor includes combination of substrate 50: 50 ratios (100) ratios (sawdust + cocopes, sawdust + perlite, sawdust + vermiculite, perlite + cocopeat, cocopeat + vermiculite, vermiculite + perlite) and second factor of leaf spray with Ascophyllum nodosum seaweed extract in four Concentration (0, 0.5, 1 and 2 grams per liter.

Results : The results showed that the highest amount for plant height (3.79 m) in vermiculite-cocopeat substrate and seaweed extract concentration of 1 g / l and the highest value for plant dry weight (27.29 gand fruit yield (1492/50 g) were obtained in vermiculite-perlite treatment with a concentration of seaweed extract of 1 g / l, also in plant dry weight traits (138.36 g), fresh weight of fruit (33.36 g) and fruit dry weight (8/05 g) In combination of vermiculite-perlite substrate and foliar spraying of 2 g / l from seaweed extract and plant dry weight index (138.36 g) in substrate containing sawdust + perlite and spraying 2 g /l and the highest level of chlorophyll a (22.35 mg/kg fw), and total (22/42 mg/kg fw) were achieved in vermiculite-cocopeat substrate with foliar spraying of 2 mg / l of seaweed extract.

Conclusion: Overall, the results of this study indicated that the use of seaweed extract and substrate containing perlite-vermiculite had the greatest positive impact on growth and yield of Karla in comparison to other treatments.

Keywords: Chlorophyll, Cocopyte, Perlite, Sawdust, Vermiculite

DOI: 10.22034/saps.2023.50116.2820

تأثیر بسترهای مختلف کشت و محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر رشد، عملکرد و محتوای عناصر غذایی درگیاه داروئی کارلا (*Momordica charantia* L.)

محمد حیدری دلیقز[۱]، بهروز اسماعیل پور*[۲]، موسی ترابی گیگلو [۲]، مرتضی شیخ علیپور[۳]، اکرم رهبری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۶
۱-کارشناس ارشد، گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲-استاد و دانشیار، گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳-دکتری و دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
*مسئول مکاتبه: Email: behsmaiel@yahoo.com

چکیده

اهداف: گیاه کارلا یکی از گیاهان دارویی مهم هست، که اخیرا کشت آن در کشور ایران از جذبه خاصی برخوردار گشته است. بررسی تغذیه سالم و استفاده از جنبه های کشاورزی پایدار و استفاده از کودهای زیستی همانند عصاره جلبک دریایی در تولید این گیاه از اهمیت ویژه ای برخوردار است. این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر بسترهای مختلف کشت و محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر رشد، عملکرد و محتوای عناصر غذایی کارلا انجام گردید.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار به‌صورت آبکشت گلدانی در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. فاکتور اول شامل بسترهای کشت به صورت ترکیبی‌در نسبت‌های ۵۰ :۵۰ (خاکاره+کوکوپیت، خاکاره+پرلیت، خاکاره+ورمی‌کولایت، پرلیت+کوکوپیت، کوکوپیت+ورمی‌کولایت، ورمی‌کولایت+پرلیت) و فاکتور دوم اسپری برگی با عصاره جلبک دریایی *Ascophyllum nodosum* در چهار غلظت (شاهد، نیم، ۱ و ۲ گرم در لیتر) بود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد بیشترین مقدار برای ارتفاع بوته (۳/۷۹ متر) در تیمار ورمی کولایت-کوکوپیت در غلظت جلبک۱گرم در لیتر و صفات وزن خشک‌ریشه(۲۷/۲۹ گرم)، و عملکرد میوه(۱۴۹۲/۵۰ گرم) در تیمار ورمی‌کولایت-پرلیت با غلظت جلبک۱گرم در لیتر، همچنین در صفات وزن خشک بوته(۱۳۸/۳۶ گرم)، وزن تر میوه(۳۳/۳۶ گرم) و وزن خشک میوه(۸/۰۵ گرم) در تیمار ورمی‌کولایت-پرلیت با غلظت جلبک۲گرم در لیتر و شاخص وزن خشک بوته (۱۳۸/۳۶گرم) در تیمارپرلیت-خاکاره در غلظت جلبک۲گرم در لیتر و بیشترین میزان کلروفیلa(۲/۳۵ میلی گرم بر کیلو گرم وزن تر)، و کل(۲۲/ ۴۲ میلی گرم بر کیلو گرم وزن تر)در تیمار ورمی‌کولایت-کوکوپیت با غلظت جلبک۲ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد.

نتیجه گیری: به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی ۲گرم در لیتر و بستر کشت ترکیبی پرلیت- ورمی کولایت بیشترین تاثیر را بر رشد و عملکرد کارلا نسبت به سایر بسترهایی کشت داشت.

واژه های کلیدی: پرلیت، خاکاره، کوکوپیت، ورمی‌کولایت، کلروفیل

مقدمه

با افزایش جمعیت جهان و کمبود منابع غذایی، بحث تولید باکیفیت بالا و در سطح کمتر، بیش از پیش توجه همه را به خود جلب کرده است. با توجه به مشکلات موجود در گلخانه‌های خاکی (بروز نماتدها، شوری، آلودگی محیط‌زیست و...). یکی از روش‌های جدید، کشت گیاهان در بسترهای بدون خاک است. وجود مزیت‌هایی نظیر کنترل تغذیه گیاه، امکان افزایش تراکم کاشت، کاهش بروز بیماری‌ها و آفات و افزایش کمیت و کیفیت محصول نسبت به کشت خاکی موجب رویکرد تولیدکنندگان محصولات باغبانی به استفاده از این روش شده است (توزل و همکاران ۲۰۰۱). بستر کشت در روش هایدروپونیک در گلخانه‌ها از عوامل بسیار مهم در تأمین آب، هوا و عناصر غذایی برای رشد و نمو گیاه هست.. بستر کشت مناسب باید از ظرفیت بالای نگهداری آب، تهویه کافی، زهکشی مناسب و ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی برخوردار بوده و همچنین نباید هیچ‌گونه تأثیر سوء و مضری برای گیاه داشته باشند (طباطبایی و محمد رضایی ۲۰۰۶).

عصاره جلبک دریایی یکی از کودهای زیستی محسوب می‌شود که علاوه بر دارا بودن عناصر غذایی، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و هورمون‌های رشد گیاهی وبر خلاف کودهای شیمیایی، از تخریب محیط زیست جلوگیری نموده و برای انسان، حیوانات و پرندگان آلودگی ایجاد نمی‌کند (کریجی جی اس ۲۰۱۱). مواد فعال زیستی استخراج شده از جلبک دریایی در محصولات کشاورزی و باغی در سراسر جهان استفاده می‌شود. کاربردکود مایع جلبک دریایی در غلظت‌های مختلف، بدون کود شیمیایی‌بر رشد و عملکرد تاج‌خروس و تاج‌خروس سه رنگ باعث افزایش معنی‌دار وزن‌تر و خشک، طول ساقه و ریشه، سطح برگ، محتوای کلروفیل، عملکرد پروتئین و کربوهیدرات شد (سریدار ورنگاسامی۲۰۱۰). استفاده از عصاره جلبک دریایی *Ascophyllum nodosum* در گوجه‌فرنگی در شرایط تنش خشکی باعث افزایش کلروفیل کل و حفظ ثبات غشا و کاهش نشت یونی شد(گونی و همکاران ۲۰۱۶). تاثیر استفاده از عصاره جلبک دریایی در افزایش میزان کلروفیل برگ در گیاهان به وجود آمینوبوتیرات، گلایسین بتائین و بتائین در عصاره استخراج‌شده نسبت داده می‌شود (شهبازی و همکاران ۲۰۱۵). خان و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که کاربرد عصاره جلبک دریایی باعث افزایش سطح کلروفیل برگ از طریق افزایش سنتز آن می‌شود. خربزه تلخ یا کارلا بانام علمی *Momordica charantia* L.و نام انگلیسی *Bittermelon* گیاهی یک‌ساله و یک‌پایه از خانواده کدوئیان (Cucurbitaceae) بومی آسیا هست(لاکو و همکاران ۲۰۰۷). کارلا از زمان‌های قدیم در طب سنتی استفاده می‌شود.گرچه دانه‌ها، برگ‌ها، ریشه و ساقه‌ها به خاطر دارا بودن خاصیت دارویی مورداستفاده قرارمی گیرند، اما میوه مهم‌ترین بخش گیاه است که. جهت درمان دیابت، رفع مسمومیت‌ها، دفع کرم‌ها و انگل‌های داخلی، متعادل‌کننده هورمون‌ها، و ضد یبوست استفاده می‌شودد (کریسان و همکاران ۲۰۰۸). بنابراین، انتخاب یک بستر کشت مناسب از مواد موجود و در دسترس از منابع محلی باوجود دارا بودن خواص فیزیکی مناسب به‌عنوان پارامترهای اصلی برای یک بستر کشت گام نخست در پرورش گیاهان در سیستم هایدروپونیک است که باعث کاهش بسیاری از هزینه‌ها و افزایش تولید و سهولت در تولید می‌شوبا توجه به خواص دارویی منحصر بفرد و ارزشمند گیاه دارویی کارلا تامین شرایط بهینه بسترکشت جهت افزایش رشد و عملکرد و متابولیت‌های ثانویه این گیاه ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین پژوهش حاضر به‌منظور تعیین بهترین بستر کشت برای این گیاه در شرایط آبکشت در دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به‌منظور ارزیابی تأثیر بسترهای مختلف کشت و محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی بر رشد، عملکرد و محتوای عناصرغذایی گیاه دارویی کارلا به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار به‌صورت آبکشت گلدانی اجرا شد. تیمارهای

آزمایشی شامل بسترهای کشت به صورت ترکیبی در نسبت‌های ۵۰:۵۰ (خاکاره+کوکوپیت، خاکاره+پرلیت، خاکاره + ورمی‌کولایت، پرلیت + کوکوپیت، کوکوپیت + ورمی‌کولایت، ورمی‌کولایت+پرلیت) و اسپری برگی با عصاره جلبک دریایی *Ascophyllum nodosum* در چهار غلظت(صفر، نیم، ۱و ۲ گرم در لیتر) بود. عصاره جلبک دریایی نیز با فواصل ده‌روزه در هنگام انتقال گیاهان به بستر اصلی و در مرحله چهار برگی اندازه‌گیری و در آب مقطر حل‌شده و به‌صورت محلول‌پاشی برگ‌ها اعمال شد د. بسترها به‌صورت۵۰-۵۰ مخلوط استفاده شدند، در ابتدا بذور را داخل پارچه مرطوب در ژرمیناتور جوانه‌دار کرده و وقتی‌که ریشه‌چه‌ها به‌اندازه ۲ تا ۳ میلی‌متر رسید به سینی کشت حاوی بستر کوکوپیت انتقال داده شد، سپس گیاهچه‌ها با محلول غذایی (هوگلند) بسیار رقیق ۱/۴ تغذیه شدند و با بزرگ شدن گیاهچه‌ها غلظت محلول ۱/۲ و در آخر به‌صورت غلظت کامل استفاده شد. در مرحله ۴ برگی گیاهچه‌ها به بسترهای کشت اصلی شامل(ورمی‌کولایت + کوکوپیت)، (کوکوپیت+خاکاره)، (خاکاره+ورمی کولایت)، (پرلیت+ خاکاره)، (پرلیت+ کوکوپیت) و (پرلیت+ورمی کولایت) به نسبت‌هایی(۵۰-۵۰) انتقال یافتند. در این آزمایش از محلول غذایی هوگلند تغییریافته استفاده شد(جدول ۱). ، بعدازاین که ارتفاع گیاه به۵۰ سانتی‌متری رسید برگ‌ها و جوانه‌های جانبی آن را تا ارتفاع ۱۵سانتی‌متری از پایین بوته هرس و حذف گردید، فاصله بین بوته‌ها در هر ردیف نیم متر بود. اندازه‌گیری ارتفاع بوته با متر پارچه‌ای (برحسب سانتی‌متر) از سطح بستر کشت تا انتهایی بوته اندازه‌گیری شد. وزن‌تر ریشه و بخش هوایی و میوه در هر بوته، پس از برداشت، با استفاده از ترازوی دیجیتالی برحسب گرم و با دقت ۰/۰۰۱ تعیین گردید. وزن خشک ریشه و بخش هوایی و میوه ، بعد از قرار گرفتن نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، با استفاده از ترازوی دیجیتالی برحسب گرم و با دقت ۰/۰۰۱ ثبت گردید. تعداد میوه، در هر بوته در طول دوره رشد به‌صورت هفتگی ثبت گردید که بر اساس تعداد روز از کاشت بذر تا پایان دوره کشت بیان شد. مجموع وزن تمام میوه‌های برداشت‌شده هر بوته به‌عنوان وزن کل محصول آن بوته در نظر گرفته شد. محتوای کلروفیل a، b وکارتنویید برگ با استفاده از روش آرنون (۱۹۴۹) انجام شد. در تعیین عناصر موجود در بافت گیاهی نمونه‌های تهیه شده در آون ۱۰۰ درجه سلسیوس خشک شد و بعد در کوره ۵۵۰ درجه سلسیوس خاکستر آنها تهیه شد. از خاکستر حاصل جهت تعیین و اندازه‌گیری مواد معدنی موجود استفاده شد. به خاکستر به‌دست آمده ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ افزوده و مخلوط را به مدت ۵ دقیقه حرارت داده شد. سپس بوته را با اسید نیتریک ۰/۱ نرمال شستشو داده و حجم آن را به ۴۰ میلی لیتر رسانده شد. محلول حاصل روی شعله گاز جوشانده و سرد گردید و توسط صافی محلول را داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتر صاف شده و به حجم رسانیده شد. غلظت پتاسیم با استفاده از روش نشر شعله‌ای با دستگاهFlame Emission Spectrometer انجام گرفت. برای این کار ابتدا استانداردهایی از عنصر پتاسیم با غلظت‌های مختلف تهیه و دستگاه فلایم فتومتر با آن‌ها کالیبره شد. سپس میزان پتاسیم نمونه‌ها با استفاده از دستگاه فوق قرائت گردید. همچنین برای تعیین میزان فسفر موجود در بافت گیاهی، از دستگاه اسپکتروفتومتری اولسن و سامرز (۱۹۸۲) استفاده شد. در ابتدا نمونه گیاه با محلول بیکربنات سدیم با pH =۸/۵ عصاره گیری شد. فسفر در عصاره گیاه با به‌کارگیری اسیدآسکوربیک به‌عنوان ماده احیاء کننده به روش کالری متری (رنگ زرد مولیبدات وانادات) اندازه‌گیری شد.درنهایت میزان کلسیم در عصاره تهیه‌شده، به روش نور سنجی شعله با استفاده از دستگاه فلایم متر اندازه‌گیری شد.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9.1 محاسبه شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای LSD درسطح احتمال ۵ درصد انجام گردید و رسم نمودارها با نرم‌افزارExcel انجام شد.

جدول ۱- محلول غذایی هوگلند تغییریافته

نام کود	عنصر	غلظت کود(mg/l)	غلظت عنصر(mg/l)
KNO3– Ca(NO3)2	N	325- 300	97
KNO3- KH2PO4	K	300	95
Ca(NO3)2	Ca	325	55/5
MgSO4	Mg	245	24
KH2PO4	P	55	15
FeEDDHA	Fe	2	2/9
MnSO4	Mn	0/09	0/03
H3BO3	B	0/019	0/003
ZnSO4	Zn	0/011	0/004
CuSO4	Cu	0/004	0/001
H2MoO4	Mo	0/001	0/0007

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر بسترهای کشت و عصاره جلبک دریایی بر خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه کارلا

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		ارتفاع	وزن خشک بوته	وزن خشک‌ریشه	کلروفیلa	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید
بسترکشت (B)	۵	۲/۹۰**	۹۰۵۶/۰۹**	۱۴۳/۸۷**	۳۴/۴۵**	۳۹/۴۷**	۱۲۵/۳۶**	۲/۲۱**
عصاره جلبک (S)	۳	۰/۴۴**	۳۱۲۳/۴۹**	۴۱/۲۵**	۲۷/۳۶**	۳۶/۳۵**	۱۰۳/۷۶**	۱/۰۱**
(S)×(B)	۱۵	۰/۵۰**	۱۴۲۳/۹۹**	۲۴/۷۱**	۵۴/۴۹**	۴۸/۴۳**	۱۷۶/۱۲**	۲/۲۹**
اشتباه آزمایشی	۷۲	۰/۰۳۹	۲۹/۸۴	۳/۱۸	۰/۰۹	۰/۴۶	۰/۵۳	۰/۰۹
ضریب تغییرات(٪) (٪)		۶/۴۸	۷/۱۹	۸/۸۵	۲/۳۵	۱۴/۰۴	۴/۰۱	۸/۳۱

**، * و ns به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، ۵٪ و عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیک و بیوشیمیایی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر بسترهای کشت و محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و اثرات متقابل این دو فاکتور بر صفات رویشی ارتفاع بوته، وزن خشک بوته، وزن خشک‌ریشه، کلروفیلa، کلروفیلb، کلروفیل کل و کارتنوئید، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود(جدول۲).

ارتفاع بوته

تأثیر انواع بسترهای کشت و محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریایی بر ارتفاع معنی‌دار بود نتایج مقایسه میانگین تأثیر تیمارها بر ارتفاع بوته کارلا نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۳/۷۹ متر) از گیاهان پرورش‌یافته در بستر ترکیبی ورمی‌کولایت + کوکوپیت حاصل شد که با غلظت(۱ گرم در لیتر) از عصاره جلبک دریایی محلول‌پاشی شده بودندکه با گیاهان رشد کرده در همان بستر که با غلظت شاهد و ۰/۵ و ۲ گرم در لیتر جلبک دریایی محلول‌پاشی شده بودند و همچنین با بستر های ورمی کولایت + پرلیت با غلظت های جلبک (۰/۵، ۱،۲ گرم در لیتر) و بستر ترکیبی ورمیکولایت + خاک اره با غلظت ۱ جلبک، تفاوت معنی‌داری نداشتند(جدول۴-۲). اما با سایر بسترهای مختلف کشت و غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریایی اختلاف معنی داشت، کمترین میزان ارتفاع بوته(۱/۸۰متر) در تیمار کوکوپیت + خاکاره با غلظت صفر عصاره جلبک

مشاهده شد.
(جدول۳). گزارش‌شده است که عصاره جلبک دریایی حاوی ترکیباتی است که باعث افزایش رشد رویشی ارتفاع گیاه و رشد ریشه و جلو انداختن مرحله نموپی و درنهایت باعث گلدهی بیشتر می‌شود(خان و همکاران ۲۰۰۹). کومار و ساهو (۲۰۱۱) با مطالعه کاربرد اسپری برگی عصاره جلبک قهوه‌ای *Sargassum johnstonii* روی گیاه گوجه‌فرنگی افزایش در شاخص‌های رویشی مانند ارتفاع گیاه، طول ساقه و ریشه و تعداد شاخه و عملکرد میوه را گزارش کردند.

وزن خشک بوته

جدول مقایسه میانگین تأثیر تیمارها نشان داد بیشترین وزن خشک بوته (۱۳۸/۳۶گرم) متعلق به بستر کشت پرلیت + خاکاره با غلظت جلبک (۲گرم در لیتر) بود، که با تمامی تیمارها ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین میزان وزن خشک بوته(۳۳/۷۸گرم) در بستر کشت خاکاره + کوکوپیت با غلظت صفر جلبک دریایی به دست آمد. افزایش وزن خشک بوته نسبت به شاهد در اثر اصلی عصاره جلبک دریایی۲۵/۴۴درصد بود که با سایر غلظت‌ها اختلاف آماری معنی‌داری داشت. افزایش میزان وزن خشک بوته در گیاه کارلا در بستر کشت پرلیت + خاکاره با غلظت جلبک (۲گرم در لیتر) در مقایسه با این بستر اما بدون تیمار با جلبک دریایی(شاهد) به میزان ۷۵/۵۸درصد بود (جدول۳). افزایش وزن خشک بوته نسبت به شاهد در اثر اصلی عصاره جلبک دریایی۲۵/۴۴درصد بود که با سایر غلظت‌ها اختلاف آماری معنی‌داری داشت. گیرش و همکاران (۲۰۱۱) بامطالعه اثر غلظت‌های مختلف (۵،۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰و ۵۰ درصد) عصاره جلبک سبز *Ulva lactuca* بر گیاه لوبیا(*Vigna unguiculata*) گزارش کردند، غلظت ۱۰ درصد از عصاره جلبک سبز موجب افزایش قابل‌توجهی وزن‌تر و خشک گیاهچه شده است.

وزن خشک ریشه

مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای مختلف بسترکاشت و محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر صفت وزن خشک‌ریشه گیاه کارلا نشان داد که بالاترین وزن خشک‌ریشه (۲۷/۲۹ گرم) از تیمار بستر کشت پرلیت + ورمی کولایت با جلبک (غلظت ۱ گرم در لیتر) حاصل شد که با تیمارهای ورمی‌کولایت + پرلیت با جلبک ۰/۵گرم در لیتر، و تیمار ورمی‌کولایت + خاکاره با غلظت جلبک ۰/۵گرم در لیتر و ورمیکولایت+کوکوپیت با جلبک ۰/۵گرم در لیتر، و همچنین ورمی‌کولایت +کوکوپیت با غلظت جلبک ۱گرم در لیتر، اختلاف معنی‌داری نداشت اما با سایر تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری داشت، در اثر اصلی عصاره جلبک بیشترین وزن خشک‌ریشه ۱۳/۹۰ درصد مربوط به تیمار جلبک(غلظت۰/۵گرم در لیتر) بود که با غلظت‌های مختلف عصاره جلبک اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول۳) مزاری و همکاران (۲۰۱۶) مشاهده نمودند که رشد ریشه گیاهان در بسترهای با حجم هوای (پرلیت-کوکوپیت) نسبت به بسترهای با حجم هوایی بیشتر(پرلیت-ورمیکولایت) بهتر بود. احتمالاً این افزایش رشد به دلیل اکسیژن‌رسانی بهتر ناشی از پرلیت و ورمی‌کولایت بوده که افزایش اکسیژن‌رسانی موجب افزایش طول ریشه گردیده است. وجود هوا در بستر کشت بسیار با اهمیت است هوا به‌طور مستقیم فعالیت‌های متابولیکی و رشدی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در صورت کاهش درصد اکسیژن بستر به کمتر از ۲ درصد، ریشه دچار مشکل می‌گردد اثر غیرمستقیم کاهش اکسیژن، تولید موادی از قبیل اتیلن و اتانول است که سبب کاهش جذب سولفور و منگنز گردیده و علائم کمبود این عناصر بروز می‌دهد (پل و شریدوی ۲۰۱۴) نشان دادند که غلظت‌های مختلف عصاره ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد) جلبک قرمز موجب افزایش طول ریشه‌چه و حجم ریشه در گیاه ارزن *Pennisetum glaucum* می‌گردد.

رنگیزه‌های فتوسنتزی(کلروفیل a،b، کل و کارتنوئید):

کلروفیلa

مقایسه میانگین ترکیبات تیماری نشان داد که

بستر کشت ورمی کولایت + خاکاره با غلظت جلبک(۲گرم در لیتر) ازنظر شاخص کلروفیلa در بین سایر تیمارها عدد ۲۲/۳۵ نتیجه برتر را از خود نشان داد که با همه تیمارهای آزمایشی نتیجه معنی‌داری نشان داد، درحالی‌که کمترین میزان کلروفیلa (۷/۶۶) از ترکیب تیماری ورمی کولایت+پرلیت غلظت صفر جلبک(شاهد) به دست آمد (جدول۳).

کلروفیلb

جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین میزان رنگیزه فتوسنتزی کلروفیلb در گیاهان پرورش‌یافته در بستر ورمی کولایت + خاکاره حاصل شد که با غلظت (۲گرم در لیتر) درصد از عصاره جلبک دریایی محلول‌پاشی شده بودند که ازنظر کلروفیلb در بین سایر تیمارها عدد ۱۹/۹۰ نتیجه برتر را از خود نشان داد که با همه تیمارهای آزمایشی نتیجه معنی‌داری نشان داد، درحالی‌که کمترین میزان کلروفیلb (۲/۶۵) از ترکیب تیماری ورمی کولایت+پرلیت و غلظت جلبک (شاهد) به دست آمد(جدول۳).

کلروفیل کل

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تیمارها بر کلروفیل گیاه کارلا نشان داد که بالاترین میزان کلروفیل کل ۴۲/۲۵ در گیاهان رشد کرده در بستر کشت ترکیبی ورمی کولایت+خاکاره دیده شد که با غلظت جلبک (۲گرم در لیتر) محلول‌پاشی شده بودند که ازنظر آماری نتیجه معنی‌داری با تمامی تیمارها نشان داد، کمترین مقدار کلروفیل کل ۱۰/۳۲ در تیمار ورمی کولایت+پرلیت با غلظت جلبک(شاهد) به دست آمد. همچنین افزایش مقدار کلروفیل کل ۱۱/۳۰درصد در فاکتور اصلی غلظت‌های عصاره جلبک دریایی در غلظت(۱گرم در لیتر) حاصل شد که با غلظت‌های مختلف جلبک ازنظر آماری نتیجه معنی‌داری نشان داد(جدول۳).

کاروتنوئید

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گیاهان کشت‌شده در بستر کشت ترکیبی پرلیت + خاکاره بیشترین میزان کاروتنوئید (۵/۰۸)میلی‌گرم برگرم وزن‌تر را که با غلظت جلبک شاهد (آب مقطر) محلول‌پاشی شده بودند را به خود اختصاص داد که ازنظر آماری با تیمار ترکیبی پرلیت + کوکوپیت با جلبک (صفر) و کوکوپیت + خاکاره با جلبک(۱گرم در لیتر) اختلاف معنی‌داری نداشت ولی با سایر تیمارهای ترکیبی اختلاف معنی‌دار داشت. کمترین میزان کاروتنوئید ۲/۱۴ میلی‌گرم برگرم وزن‌تر در تیمار ترکیبی ورمی‌کولایت + پرلیت با جلبک(صفر) مشاهده شد

ال – نجار و ال – ناشارتی (۲۰۰۹) گزارش کردند که استفاده از بسترهای مختلف کشت تأثیر معنی‌داری بر رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ‌ها دارد. اسماعیل پور و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند استفاده از عصاره جلبک دریایی در گیاهان ریحان تحت تنش خشکی باعث افزایش میزان کلروفیل برگ شد. سیواسنگری رامیا و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی تأثیر افشانه برگی سطوح مختلف (۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲، ۵٪) عصاره جلبک قهوه‌ای روی بادنجان، افزایش در میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل را گزارش کردند و غلظت ۱/۵ درصد از عصاره جلبک قهوه‌ای بیشترین تأثیر را برافزایش رشد گیاه داشت. همچنین خان و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که کاربرد عصاره جلبک دریایی باعث افزایش کلروفیل برگ از طریق افزایش سنتز آن می‌شود. افزایش در محتوی رنگدانه های فتوسنتزی ممکن است ناشی از حضور هورمون سیتوکنین در عصاره جلبکی باشد، که این هورمون ، تخریب کلروفیل و آنزیم‌های مؤثر در زنجیره‌های فتوسنتزی را به تأخیر انداخته و باعث تعویق پیری در گیاه می‌شود (ویجایاناند و همکاران ۲۰۱۴).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر بسترهای کشت و عصاره جلبک دریایی بر رشد وفیزیولوژی گیاه کارلا

بستر کشت	عصاره جلبک (g.l^{-1})	ارتفاع بوته (m)	وزن خشک بوته (g)	وزن خشک ریشه (g)	کلروفیل a (mg.g^{-1} FW)	کلروفیل b (mg.g^{-1} FW)	کلروفیل کل (mg.g^{-1} FW)	کارتنوئید (mg.g^{-1} FW)
ورمی کولایت-	-	۲/۰۹^{efg}	۹۷/۷۶^{de}	۲۰/۲۷^{cd}	۷/۶۶^{r}	۲/۶۵^{j}	۱۰/۲۲^{n}	۲/۱۴^{h}
پرلیت	۰/۵	۲/۵۰^{abcd}	۸۱/۱۰^{g}	۲۶/۲۶^{a}	۱۲/۹۴^{jl}	۴/۱۱^{defghl}	۱۷/۰۶^{hl}	۲/۸۵^{bcd}
	۱	۲/۴۶^{bcd}	۸۵/۵۱^{fg}	۲۷/۲۹^{a}	۱۴/۲۷^{fg}	۴/۲۲^{defghl}	۱۸/۵۰^{fg}	۲/۶۷^{cdef}
	۲	۲/۲۷^{bcde}	۶۵/۵۷^{ij}	۲۰/۱۴^{cd}	۹/۱۹^{q}	۴/۲۲^{edfghl}	۱۲/۴۲^{lm}	۲/۲۱^{h}
ورمی کولایت-	-	۲/۶۱^{hij}	۴۰/۲۲^{klm}	۱۵/۲۷^{fg}	۱۵/۲۲^{e}	۴/۲۱^{defgh}	۱۹/۵۵^{ef}	۴/۰۰^{bc}
خاکاره	۰/۵	۲/۲۱^{cdef}	۶۲/۸۱^{ij}	۲۵/۲۲^{ab}	۱۱/۰۴^{lm}	۲/۹۹^{efghl}	۱۵/۰۲^{kj}	۴/۲۰^{b}
	۱	۲/۶۷^{ab}	۷۱/۱۹^{hi}	۲۰/۶۴^{cd}	۱۱/۲۷^{l}	۲/۲۶ ^{ghl}	۱۴/۶۴^{k}	۲/۶۶ ^{cdef}
	۲	۲/۴۸^{hij}	۵۴/۴۵^{k}	۲۰/۴۹^{cd}	۲۲/۲۵^{a}	۱۹/۹۰^{a}	۴۲/۲۵^{a}	۲/۷۰^{g}
ورمی کولایت-	-	۲/۵۰^{abcd}	۱۱۲/۷۹^{bc}	۲۰/۹۷^{cd}	۱۲/۱۵^{hl}	۴/۷۵^{def}	۱۷/۹۰^{gh}	۲/۹۲^{bcd}
کوکوپیت	۰/۵	۲/۶۴^{ab}	۱۱۱/۲۸^{bc}	۲۵/۰۷^{ab}	۱۰/۷۱^{mn}	۲/۱۸^{hjl}	۱۲/۸۹^{kl}	۲/۴۵^{def}
	۱	۲/۷۹^{a}	۱۱۸/۰۴^{b}	۲۵/۰۵^{ab}	۹/۷۴^{p}	۲/۸۲^{l}	۱۲/۵۷^{m}	۲/۲۲^{f}
	۲	۲/۵۶^{abc}	۹۸/۹۲^{de}	۲۲/۷۰^{cb}	۱۶/۱۶^{d}	۴/۷۴^{def}	۲۰/۹۰^{d}	۲/۹۷^{bc}
خاکاره- کوکوپیت	-	۱/۸۰^{k}	۲۲/۷۸^{m}	۱۶/۱۱^{fg}	۱۲/۲۲^{k}	۲/۷۴^{fghjl}	۱۶/۰۶^{jl}	۲/۲۱^{ef}
	۰/۵	۲/۴۴^{ij}	۲۹/۸۰^{lm}	۱۴/۵۹ ^{g}	۱۴/۷۱^{f}	۴/۹۴^{deg}	۱۹/۶۵^{e}	۲/۹۹^{bc}
	۱	۲/۷۹^{gh}	۲۹/۲۶^{lm}	۱۵/۵۵^{fg}	۱۷/۴۸^{c}	۴/۵۸^{defg}	۲۲/۰۷^{c}	۵/۰۰^{a}
	۲	۲/۷۷^{hi}	۵۷/۲۴^{jk}	۱۸/۱۰^{def}	۱۴/۰۲^{g}	۴/۴۸^{defg}	۱۸/۵۱^{fg}	۲/۸۶^{bcd}
پرلیت- کوکوپیت	-	۲/۱۰^{efg}	۱۰۵/۸۴^{cd}	۱۹/۸۵^{cd}	۱۸/۴۲^{b}	۵/۸۷^{c}	۲۴/۲۱^{b}	۴/۷۷^{a}
	۰/۵	۲/۲۲^{def}	۹۰/۹۲^{ef}	۲۰/۱۵^{cd}	۱۲/۵۰^{gk}	۶/۹۰^{b}	۱۹/۴۱^{ef}	۲/۶۲^{cdef}
	۱	۲/۲۰^{cdef}	۷۸/۷۹^{gh}	۱۹/۹۴^{de}	۱۲/۲۸^{hl}	۴/۶۴^{def}	۱۷/۹۲^{gh}	۲/۸۰^{cde}
	۲	۲/۰۲^{fg}	۷۷/۶۲^{ef}	۱۹/۰۱^{cd}	۱۰/۴۹^{no}	۲/۴۸^{ghjl}	۱۲/۹۷^{kl}	۲/۲۲^{f}
پرلیت- خاکاره	-	۲/۱۰^{efg}	۵۴/۲۸^{k}	۱۹/۶۲^{de}	۱۸/۲۱^{b}	۵/۱۹^{cd}	۲۲/۴۰^{b}	۵/۰۸^{a}
	۰/۵	۲/۰۴^{fg}	۴۲/۱۵^{l}	۱۸/۹۰^{de}	۱۲/۵۷^{h}	۴/۲۱^{defghl}	۱۷/۷۸^{gh}	۲/۸۰^{cde}
	۱	۲/۵۱^{hij}	۶۲/۲۷^{ij}	۱۶/۹۲^{efg}	۱۰/۹۲^{lmn}	۲/۱۵^{l}	۱۴/۰۸^{kl}	۲/۲۹^{f}
	۲	۲/۲۲^{j}	۱۲۸/۲۶^{a}	۱۵/۲۲^{fg}	۱۰/۰۵^{op}	۲/۰۹^{jl}	۱۲/۱۵^{lm}	۲/۲۹^{f}

حروف متفاوت در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ را بر اساس آزمون LSD نشان می‌دهد

عملکرد و اجزای عملکرد و محتوای عناصر میوه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس(جدول۴) تأثیر بسترهای مختلف کاشت و محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر عملکرد و اجزای عملکرد و محتوای عناصر فسفر، پتاسیم و کلسیم ریشه گیاه کارلا نشان داد که اثر بستر کشت و محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی برای صفات وزن‌تر و خشک میوه، تعداد میوه در بوته، عملکرد در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل فاکتورهای آزمایشی نیز تنها برای صفات وزن‌تر میوه، تعداد میوه در بوته، عملکرد، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و برای وزن خشک میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید.

وزن‌تر و خشک میوه

مقایسه میانگین تأثیر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریایی و بسترهای مختلف کشت نشان داد(جدول ۵) که بیشترین وزن‌تر (۳۳/۳۶ گرم) و خشک (۸/۰۵ گرم) ریشه کارلادر تیمار آزمایشی بستر کشت ترکیبی ورمی کولایت – پرلیت حاصل شد که با غلظت عصاره جلبک دریایی(۲ گرم در لیتر) محلول‌پاشی شده بود که به ترتیب با سایر تیمارها در سطح احتمال یک و پنج درصد ازنظر آماری معنی‌دار بود و کمترین وزن‌تر (۱۴/۴۲گرم) و وزن خشک(۴/۲۲ گرم) ریشه در بستر کشت خاکاره – کوکوپیت با عصاره جلبک صفر(آب مقطر) مشاهده شد(جدول ۵).

جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر بسترهای کشت و عصاره جلبک دریایی بر عملکرد و اجزای عملکرد و محتوای عناصر گیاه کارلا

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		وزن تر میوه	وزن خشک میوه	تعداد میوه	عملکرد	فسفر	پتاسیم	کلسیم
بسترکشت (B)	۵	۲۲۳/۹۰**	۱۰/۱۷**	۱۸۱۷/۱۵**	۱۶۳۵۴۳۵**	/۰۰۲۸**	۰/۵۵**	۰/۰۳**
عصاره جلبک (S)	۳	۱۰۸/۴۸**	۳/۸۱**	۴۵۶/۲۳۶**	۴۱۰۶۱۲/۵**	/۰۰۳۵**	۲/۶۰**	۰/۱۵**
(S)×(B)	۱۵	۱۳/۰۳**	۰/۲۳*	۱۰۱/۰۱**	۹۰۹۱۰**	/۰۰۷۴**	۱/۵۸**	۰/۱۱**
اشتباه آزمایشی	۷۲	۲/۸۸	۰/۱۱	۵/۵۳	۴۹۸۱/۲۵	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۸	۰/۰۱
ضریب تغییرات(٪)		۷/۹۹	۵/۶۳	۱۱/۸۷	۱۱/۵۷	۳/۰۳	۵/۲۶	۱۳/۱۷

**، * و ns به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، ۵٪ و عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

تعداد میوه در بوته

مقایسه میانگین تعداد میوه در بوته در گیاه کارلا نشان داد که بیشترین تعداد میوه در بوته(۴۹/۷۵ عدد)که با غلظت عصاره جلبک(۲ گرم در لیتر) محلول‌پاشی شده بودند بر روی بستر ورمی کولایت – پرلیت حاصل شد که در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت. و اثرات متقابل این ترکیب تیماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول۵). کمترین تعداد میوه (۴/۷۵ عدد) در بستر ترکیبی خاکاره – کوکوپیت با غلظت جلبک صفر(آب مقطر) بود.

عملکرد میوه

مقایسه میانگین اثر فاکتورهای آزمایشی مشخص کرد که در بین ترکیبات تیمارهای مختلف، تیمار ترکیبی ورمی کولایت + پرلیت با غلظت جلبک(۱گرم در لیتر) بیشترین عملکرد (۱۴۹۲/۵۰ گرم در بوته) را داشت که تفاوت آن با سایر تیمارها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، کمترین عملکرد(۱۴۲/۵۰ گرم در بوته) مربوط به بستر کشت خاکاره + کوکوپیت با جلبک صفر(آب مقطر) بود(جدول ۵) ،

طباطبایی و محمدرضایی(۲۰۰۶) گزارش کردند که وزن‌تر میوه‌ها در تیمار مخلوطی از پرلیت با اندازه متوسط + ورمی‌کولایت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. استفاده از عصاره جلبک دریایی باعث افزایش میزان سنتز سیتوکنین درون‌زا در میوه‌های در حال رشد شده و از این طریق باعث افزایش عملکرد می‌شود (آدامز و همکاران ۲۰۱۳)، کاربرد عصاره جلبک دریایی ، باعث تسریع گلدهی و افزایش گلدهی و درصد تبدیل گل به میوه می‌شود. تأثیر مثبت محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی روی افرایش عملکرد گیاهان خیار (فاطما و همکاران ۲۰۱۴)، گوجه‌فرنگی و فلفل(پراساد و همکاران ۲۰۱۱). گزارش گردید که این افزایش را به حضور تنظیم‌کننده‌های رشدی همچون اکسین)، جیبرلین، کینتین و زآتین در عصاره جلبک دریایی نسبت داده‌اند(جوانمردی و همکاران ۲۰۱۶).

غلظت فسفر ریشه

نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین محتوای عنصر فسفر به میزان ۰/۳۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک از تیمارهای ترکیبی پرلیت – خاکاره با غلظت عصاره جلبک(۰/۵ گرم در لیتر)، و تیمار ترکیبی ورمی کولایت – پرلیت با غلظت جلبک دریایی (۱ گرم در لیتر) حاصل شد و کمترین میزان ۰/۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک در تیمار ورمی کولایت – پرلیت با غلظت صفر جلبک دریایی مشاهده شد (جدول ۵). علت بیشتر بودن فسفر ریشه در بستر خاکاره را می‌توان به بالا بودن میزان این عنصر در ماده‌ی آلی بستر مذکورنسبت داد (سلیک و همکاران ۲۰۰۶).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر بسترهای کشت و عصاره جلبک دریایی بر عملکرد و اجزای عملکرد و محتوای عناصر گیاه کارلا

بستر کشت	عصاره جلبک ($g.l^{-1}$)	وزن‌تر میوه (g)	وزن خشک بوته (g)	تعداد میوه در بوته	عملکرد گرم در گلدان	فسفر	پتاسیم	کلسیم
						$Mg.kg^{-1}DM$		
ورمی کولایت- پرلیت	۰	۲۲/۳۵^{cde}	۶/۶۲^{cd}	۱۹/۷۵^{fg}	۵۹۲/۵۰^{fg}	۰/۲۱^{k}	۵/۳۹^{efg}	۰/۷۹^{bc}
	۰/۵	۲۴/۳۵^{c}	۶/۶۵^{cd}	۳۴/۰۰^{c}	۱۰۲۰/۰۰^{c}	۰/۲۹^{h}	۶/۰۸^{abc}	۰/۸۸^{ab}
	۱	۳۰/۱۳^{b}	۷/۵۰^{b}	۳۵/۰۰^{bc}	۱۴۹۲/۵۰^{a}	۰/۳۷^{ab}	۵/۶۷^{cde}	۱/۰۰^{a}
	۲	۳۳/۳۶^{a}	۸/۰۵^{a}	۴۹/۷۵^{a}	۱۰۵۰/۰۰^{bc}	۰/۳۴^{de}	۴/۶۵^{j}	۰/۶۳^{cd}
ورمی کولایت- خاکاره	۰	۱۸/۰۲^{ghi}	۵/۶۷^{hijk}	۱۷/۰۰^{gh}	۵۱۰/۰۰^{gh}	۰/۳۲^{fg}	۵/۵۰^{def}	۰/۸۳^{ab}
	۰/۵	۱۸/۴۷^{ghij}	۵/۶۷^{ghijk}	۱۳/۲۵^{ij}	۴۸۰/۰۰^{hi}	۰/۳۴^{de}	۶/۳۰^{ab}	۰/۹۲^{ab}
	۱	۲۰/۵۰^{defgh}	۶/۲۱^{defg}	۱۱/۵۰^{jk}	۳۹۷/۵۰^{ij}	۰/۳۵^{cd}	۵/۱۸^{fghi}	۰/۷۵^{bcd}
	۲	۲۲/۸۷^{cd}	۶/۰۲^{efghij}	۱۶/۰۰^{hi}	۳۴۵/۰۰^{jk}	۰/۲۴^{j}	۴/۹۱^{hij}	۰/۶۱^{d}
ورمی کولایت- کوکوپیت	۰	۲۰/۵۸^{defgh}	۵/۹۷^{ifgjh}	۱۸/۰۰^{gh}	۵۴۰/۰۰^{hg}	۰/۳۳^{ef}	۴/۸۰^{ij}	۰/۶۶^{cd}
	۰/۵	۲۱/۲۷^{defg}	۶/۱۷^{defgh}	۲۶/۲۵^{d}	۷۳۵/۰۰^{de}	۰/۳۱^{g}	۵/۹۰^{bcd}	۰/۸۵^{ab}
	۱	۲۴/۶۹^{c}	۶/۹۴^{c}	۳۷/۷۵^{b}	۷۸۷/۵۰^{d}	۰/۳۱^{g}	۶/۲۷^{ab}	۰/۸۸^{ab}
	۲	۲۴/۵۵^{c}	۶/۵۵^{cdi}	۲۴/۵۰^{de}	۱۱۳۲/۵۰^{b}	۰/۳۲^{fg}	۵/۳۱^{efgh}	۰/۸۶^{ab}
خاکاره- کوکوپیت	۰	۱۴/۴۲^{k}	۴/۲۲^{n}	۴/۷۵^{m}	۱۴۲/۵۰^{m}	۰/۳۵^{cd}	۵/۹۱^{bcd}	۰/۶۳^{cd}
	۰/۵	۱۶/۳۵^{jk}	۴/۶۷^{mn}	۶/۷۵^{lm}	۲۰۲/۵۰^{lm}	۰/۳۶^{bc}	۶/۳۹^{a}	۰/۹۰^{ab}
	۱	۱۸/۴۷^{ghij}	۵/۲۰^{kl}	۸/۵۰^{kl}	۲۵۵/۰۰^{kl}	۰/۳۱^{g}	۴/۷۴^{ij}	۰/۸۷^{ab}
	۲	۱۶/۲۰^{gk}	۵/۳۰^{kl}	۹/۷۵^{jkl}	۲۹۲/۵۰^{jkl}	۰/۲۸^{i}	۴/۶۰^{j}	۰/۸۵^{ab}
پرلیت- کوکوپیت	۰	۱۹/۸۰^{efghi}	۵/۵۷^{ijk}	۲۱/۵۰^{ef}	۶۴۵/۰۰^{ef}	۰/۳۵^{bc}	۵/۶۹^{cde}	۰/۵۹^{d}
	۰/۵	۱۹/۹۲^{efghi}	۶/۰۷^{efghij}	۲۴/۵۰^{de}	۷۳۵/۰۰^{de}	۰/۳۴^{de}	۵/۸۷^{bcd}	۰/۷۵^{bcd}
	۱	۲۱/۹۷^{cdef}	۶/۰۷^{defghi}	۲۷/۵۰^{d}	۸۲۵/۰۰^{d}	۰/۳۱^{g}	۵/۰۲^{ghij}	۰/۷۷^{bc}
	۲	۲۲/۹۷^{cd}	۶/۲۷^{def}	۲۸/۰۰^{d}	۸۴۰/۰۰^{d}	۰/۲۸^{hi}	۴/۸۹^{hij}	۰/۸۷^{ab}
پرلیت- خاکاره	۰	۱۷/۶۱^{ij}	۴/۹۹^{lm}	۸/۲۵^{kl}	۲۴۷/۵۰^{kl}	۰/۳۲^{fg}	۶/۲۳^{abc}	۰/۸۹^{ab}
	۰/۵	۱۹/۳۲^{fghi}	۵/۵۵^{jk}	۱۱/۲۵^{jk}	۳۳۷/۵۰^{jk}	۰/۳۷^{a}	۶/۲۷^{ab}	۰/۸۵^{ab}
	۱	۲۰/۲۵^{defghi}	۵/۶۲^{hijk}	۱۱/۷۵^{jk}	۳۵۲/۵۰^{jk}	۰/۳۴^{de}	۶/۲۶^{ab}	۰/۸۷^{ab}
	۲	۲۱/۵۷^{def}	۵/۹۵^{fghij}	۱۰/۲۵^{jkl}	۳۰۷/۵۰^{gkl}	۰/۳۳^{ef}	۴/۸۴^{hij}	۰/۴۱^{e}

حرف متفاوت در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ را بر اساس آزمون LSD نشان می‌دهد.

غلظت پتاسیم ریشه

بر اساس نتایج مقایسه میانگین صورت گرفته بالاترین میزان پتاسیم(۶/۳۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) در تیمار ترکیبی خاکاره – کوکوپیت که با غلظت جلبک(۰/۵ گرم در لیتر)محلول‌پاشی شده بود به دست آمد و کمترین میزان (۴/۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) در تیمار ترکیبی خاکاره+ کوکوپیت با غلظت صفر جلبک دریایی حاصل شد (جدول ۵). پس احتمالاً دلیل افزایش مقدار عنصر پتاسیم در گیاه کارلا پتاسیم موجود در عصاره جلبک دریایی می‌باشد. نتایج این آزمایش با نتایج صایری و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت داشت. آن‌ها گزارش نمودند که افرایش مقدار پتاسیم و فسفر در اندام هوایی گیاه احتمالاً به دلیل عملکرد کم اندام هوایی و پدیده غلیظ شدن در تیمار خاکاره می‌باشد. پس با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش و نتایج مطالعات پیشین می‌توان چنین برداشت نمود که استفاده از بستر کوکوپیت و خاکاره مقدار پتاسیم اندام هوایی را افزایش داد. احتمالاً دلیل افزایش مقدار عنصر پتاسیم در گیاه کارلا پتاسیم موجود در عصاره جلبک دریایی می‌باشد. گزارشات متعددی مبنی برافزایش جذب Ca, K و Fe توسط روزنه‌ها در تیمار برگی با مواد فعال زیستی جلبک‌های دریایی وجود دارد (سلوام و همکاران ۲۰۱۴).

غلظت کلسیم ریشه

مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای بسترهای کشت و محلول‌پاشی جلبک دریایی نشان داد که بالاترین میزان عنصر کلسیم در بافت گیاهی (۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) از بستر ورمی کولایت – پرلیت که با غلظت جلبک (۱ گرم در لیتر)محلول‌پاشی شده بود به دست آمد و کمترین میزان (۰/۴۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) در تیمار پرلیت+خاکاره با غلظت جلبک ۲ گرم در لیتر حاصل شد (جدول۵). کلسیم در ترکیبات ساختاری دیواره‌های سلول و پایداری غشا نقش دارد (بنتون جونز ۲۰۰۵). در آزمایشی مشاهده گردید که ورمی‌کولایت موجب افزایش نگهداری آب و کلسیم گردیده و گزارش شد که غلظت کلسیم و منیزیم در میوه بوته‌های توت‌فرنگی رشد کرده در بستر حاوی ورمی کولایت بیشتر از سایر تیمارها بود درواقع جذب کلسیم و حرکت آن در گیاه به میزان آب در محیط کشت بستگی دارد (دیلمقانی، حسنلو ۲۰۱۱). پس با توجه به قابلیت ورمیکولایت در انتقال آب و تأثیر پرلیت بر تهویه مناسب در گیاه می‌توان دریافت که استفاده از ورمیکولایت همراه با پرلیت می‌تواند میزان جذب عنصر کلسیم از طریق ریشه را افزایش دهد. همچنین استفاده از عصاره جلبک در گیاه حاوی بستر کشت ورمیکولایت و پرلایت موجب افزایش این عنصر در اندام هوایی گردید. نتایج توران و همکاران (۲۰۰۴) نشان داد که استفاده از عصاره جلبک دریایی ، جذب مواد مغذی مانند P، K و Ca در برگ افزایش داد. بیشترین مقدار Ca برگ‌ها با استفاده از کاربرد عصاره جلبک دریایی با غلظت ۱ گرم در لیتر از طریق محلول‌پاشی به دست آمد.

نتیجه‌گیری

صفات مختلف فیزیولوژیک، مورفولوژیک و بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده روی گیاه کارلا در این آزمایش تحت تأثیر فاکتورهای آزمایش یعنی انواع بسترهای مختلف کشت و محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریایی قرار گرفت، اگرچه در برخی صفات موردبررسی، تفاوت معنی‌دار آماری قابل‌مشاهده نبود، به عبارتی تیمارهای آزمایش تأثیر معنی‌دار روی آن‌ها نشان ندادند. این امر می‌تواند در ارتباط با شرایط آزمایش یعنی تأثیر انواع بسترهای مختلف کشت و مقادیر به‌کاررفته از غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریایی و اثرات محیطی غیر از تیمارهای آزمایش باشد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد در بین بسترهای کشت مورداستفاده بستر ورمی کولایت –پرلیت بالاترین افزایش رشد نمو و عملکرد گیاه کارلا گردید. و بین غلظت‌های مورداستفاده کود زیستی عصاره جلبک دریایی (۰/۵، ۱، ۲ گرم در لیتر)، گیاهان محلول‌پاشی شده با غلظت‌های(۱ گرم در لیتر) بیشترین افزایش رشد و نمو و عملکرد کارلا نسبت به غلظت (۰/۵ و ۲ گرم در لیتر) و شاهد شد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از دانشگاه محقق اردبیلی به خاطر تامین هزینه و حمایت مالی در انجام این پژوهش کمال سپاسگزاری به عمل می‌آید.

منابع مورد استفاده

Abad M, Noguera P, Puchades R, Maquieira A and Noguera V. 2002. Physico-chemical and chemical properties of some coconut dusts for use as a peat substitute for containerized ornamental plants .Bioresource Technology, 82: 241-245.

Adams-Phillips L, Barry C and Giovannoni J. 2013. Signal transduction systems regulating fruit ripening. Trends in Plant Science, 9(7), 331-338.

Arnon AN. 1949. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23:112-121.

Baxter C J, Carrari A, Bauke S, Overy SA and Hill P. 2005. Fruit carbohydrate metabolism in an introgression line of Tomato with increased fruit soluble solids. Plant Cell Physiology, 45: 425-437.

Benton Jones, J. 2005. Hydroponics a practical guide for the soilless grower (No. 631.585/B478).

Celik H A, Katkat V and Basar H. 2006. Effect of bicarbonate induced iron chlorosis on selected nutrient contets and nutrient ratios of shoots and roots of different maize varieties. Journal of Agronomy, 5(2):369-374.

Craigie JS. 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. Journal of Applied Phycology, 23: 371–393.

Crisan S, Campeanu G and Halmagean L. 2008. Study of Momordica charantia L. species grown on the specific conditions of Romania's western part. Journal of Vegetable Growing, 425-428.

Davidson H, Mecklenburg R and Peterson C. 1998. Nursery Management: Administration and Culture. Second Ed., Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 173 p.

Delshad M, Kashi AK and Babalar M. 2006. Possibility of using organic substrates as substitutes for common hydroponic media and finding suitable nutrient solution for soilless culture in greenhouse grown tomato. Iranian Journal of Agricultural Sciences (Journal of Agriculture), 37 (1); 176 – 186. (In Persian).

Dilmaghani MR and Hemmaty S. 2011. Effect of different substrates on nutrients content, yield and quality of strawberry cv. Selva in soilless culture. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture2 (3):1-8. (In Persian).

Dorais M and Papadopoulos AP.2001 Greenhouse tomato fruit quality. Hort Rev. Vol. 26, 239-319.

Dysko J, Kaniszewski S and Kowalczyk W. 2008. The effect of nutrient solution pH on phosphorus availability in soilless culture of tomato. Journal of Elemental Science, 13(2):189-198.

El-Naggar AH and El-Nasharty AB. 2009. Effect of Growing Media and Mineral Fertilization on Growth,

Esmaielpour B, Fatemi H and Moradi M. 2020. Effects of seaweed extract on physiological and biochemical characteristics of basil (*Ocimum basilicum* L.) under water-deficit stress Conditions. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 11 (1):59-69 (In Persian).

Fatma M, Al-shakankery A Ragaa A, Hamouda and Ammar M M. 2014.The promotive effect of different concentrations of marine algae biofertilizers on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) plants. Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences, 4: 320-328.

Gireesh R, Haridevi CK and Salikutty J 2011. Effect of Ulva lactuca extract on growth and proximate composition of Vigna unguiculata l. Journal of Research and Biology, 8:624–630

Goñi O, Fort A, Quille P, McKeown PC, Spillane C and O'Connell S. 2016. 20 Comparative Transcriptome Analysis of Two Ascophyllum nodosum Extract Biostimulants: 21 Same Seaweed but Different. Journal of agricultural and food chemistry. 64, 2980-2989.

Javanmardi J, and Sattar H. 2016. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of five greenhouse tomato cultivars in response to fertilizers containing seaweed extract and amino acids. Journals of Science and Technology of Greenhouse, Culture Soilless Culture Research Center 7(1): 121-130. (In Persian)

Khan W, Rayirath U P, Subramanian S, Jithesh M N, Rayorath P, Hodges D M and Prithiviraj, B. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. Journal of Plant Growth Regulation, 28(4), 386-399.

Kumar G and Sahoo D. 2011. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of Triticum aestivum var. Pusa Gold. Journal of Applied Phycology, 23:251-255

Lako J, Trenerry V C, Wahlqvist M, Wattanapenpaiboon N, Sotheeswaran S and Premier R. 2007. Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. Food Chemistry, 101(4), 1727-1741.

Mazari H, Delshad M and Kashi A. 2016. Study of the effect of substrates with different effective air-filled pore space on greenhouse tomato transplant growth. Iranian Journal of Horticultural Science, 47(3): 407-419. (In Persian).

Olsen SR and Sommers L E. 1982. Phosphorus. In: A. Klute (ed.) Methods of Soil Analysis. Part1 chemical and biological properties. SSSA, Madison, Wisconsin, USA. 4013-430.

Paul J and Shridevi SDK. 2014. Effect of seaweed liquid fertilizer of *Gracilria dura* (Red seaweed) on Pennisetum glaucum in Thoothukudi, Tamil nadu, India. Indo. American Journal of Pharmaceutical Research, 4 (4): 2231-6876.

Prasad K, Das A K, Oza MD, Brahmbhatt AK, Siddhanta R, Meena K, Eswaran MR, Rajyaguru M and Ghosh PK. 2010. Detection and quantification of some plant growth regulators in a seaweed-based foliar spray employing a mass spectrometric technique sans chromatographic separation. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 58: 4594-4601.

Saeri Z, Khoshgoftarmanesh A H, Kalbasi M, Mobli M and Haghighi M. 2013. The effect of different soilless media on macro- and micronutrients uptake by cherry tomato. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 4 (3):77-87 (In Persian).

Selvam G G and Sivakumar K. 2014. Influence of seaweed extract as an organic fertilizer on the growth and yield of Arachis hypogea L. and their elemental composition using SEM–Energy Dispersive Spectroscopic analysis. Asian Pacific Journal of Reproduction. 3(1): 18-22.

Shahbazi F, Seyyed nejad F, Salimi M and Gilani A, 2015. Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of wheat. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 8(3): 283-287.

Sivasangari Ramya S, Vijayanand N and Rathinavel S. 2015. Foliar application of liquid biofertilizer of brown alga Stoechospermum marginatum on growth, biochemical and yield of Solanum melongena. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 4: *1-7.*

Sridhar S and Rengasamy R. 2010. Effect of seaweed liquid fertilizer on the growth, biochemical constituents and yield of Tagetes erecta, under field trial. Journal of Phytology, 2(6): 61–68

Tabatabaei S J and Mohammad Rezaei R. 2006. Effects of Growing Media on The Yield And Quality of Cucumber Grown In Hydroponics, Journal of Agricultural Science, 16(2): 35-44. (In Persian).

Thambiraj J, Lingakumar K and Paulsamy S. 2012. Effect of seaweed liquid fertilizer (SLF) prepared from Sargassum wightii and Hypnea musciformis on the growth and biochemical constituents of the pulse, *Cyamopsis tetragonoloba* (L.). Journal of Agricultural Research, 1 (1):65-70.

Turan M, and Köse C. 2004. Seaweed extracts improve copper uptake of grapevine. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science, 54(4), 213-220. Janssens, M., and Pohlan, J. 2002. Agricultural Science and Resource Management in the Tropics and Subtropics ARTS. Publications University Bonn,1(1): 23-30.

Tüzel I H, Tüzel Y, Gül A, Meriç MK, Yavuz O and Eltez R Z. 2001. Comparison of open and closed systemson yield, water and nutrient consumption and their environmental impact. Acta Horticulture, 554: 221-228.

Vijayanand N, Ramya S S and Rathinavel S. 2014. Potential of liquid extracts of Sargassum wightii on growth, biochemical and yield parameters of cluster bean plant. Asian Pacific Journal of Reproduction. 3(2): 150-155.

Yalçın S, Şükran Okudan E, Karakaş Ö, Önem A N and Sözgen Başkan, K. 2019. Identification and quantification of some phytohormones in seaweeds using UPLC-MS/MS. Journal of Liquid Chromatography Related Technology, 42: 475–484.