

ارزیابی مولفه‌های رشد گونه *Onobrychis sativa* Lam. تحت تاثیر برخی تسهیل‌گرهای رشد در گلخانه



الهام علی‌جعفری^۱، مهدی معمری^{۲*} و اردوان قربانی^۱

^۱ ایران، اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه منابع طبیعی

^۲ ایران، اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده کشاورزی مشگین‌شهر، گروه علوم گیاهی

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۲۸

تاریخ دریافت: ۹۷/۸/۲۴

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تاثیر تسهیل‌گرهای رشد بر ویژگیهای رشد و عملکرد *Onobrychis sativa* Lam. به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه انجام شد. تسهیل‌گرهای رشد شامل نانوسیلیکات پتاسیم با غلظت‌های (۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، سوپرچاذب بلورآب با غلظت‌های (۰، ۱۰ و ۳۰ گرم در کیلوگرم)، ریزموجودات مفید با غلظت (صفر، یک و دو درصد) و کود دامی با سطوح (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ گرم در کیلوگرم) بودند. به‌منظور بررسی تاثیر تیمارهای مورد مطالعه بر خصوصیات رشد *O. sativa*، در پایان دوره آزمایش، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، طول ریشه، ارتفاع گیاه، حجم ریشه، حجم اندام هوایی، درصد استقرار، سطح برگ، سرعت فتوسنتز، شاخص کلروفیل، محتوی نسبی آب برگ، نشت الکترولیت و شاخص پایداری غشا اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک گیاه (۲۷/۸۹ گرم در گلدان)، طول ریشه (۲۸/۷۸ سانتی‌متر)، ارتفاع گیاه (۷۰/۷۰ سانتی‌متر)، حجم ریشه (۷/۱۰ سانتی‌مترمکعب)، حجم اندام هوایی (۲۳/۵۰ سانتی‌مترمکعب)، درصد استقرار (۷۰/۸۰ درصد)، سطح برگ (۴۳۵۹/۹۲ سانتی‌مترمربع در گلدان)، سرعت فتوسنتز (۱۴/۱۹ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه) و شاخص کلروفیل SPAD (۷/۹) در تیمار کود دامی ۲۰۰ گرم در کیلوگرم اتفاق افتاد. همچنین سایر تیمارها نیز اثر مطلوبی بر خصوصیات رشد و عملکرد گیاه *O. sativa* داشتند. بنابراین می‌توان از تیمارهای مذکور در برنامه‌های اصلاح و احیا مراتع و تبدیل دیمزارهای رهاشده به کم‌بازده به مراتع دست کاشت جهت تولید علوفه استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: رشد گیاه، نانوسیلیکات پتاسیم، ریزموجودات مفید، کود دامی، بلورآب

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۵۱۸۹۵۸۹۲، پست الکترونیکی: moameri@uma.ac.ir

مقدمه

مورد نیاز دام‌ها، بروز سیل‌های ویران‌گر، حرکت شن‌های روان و گسترش بیابان‌ها را به دنبال دارد (۱۲). جلوگیری از تخریب بیش‌تر این اکوسیستم‌های با ارزش و تلاش در جهت احیاء آنها، بخش مهمی از فعالیت‌های مرتعداری می‌باشد. این امر با انجام عملیات احیاء پوشش گیاهی به‌صورت تلفیقی از روش‌های بیولوژیکی و مکانیکی انجام می‌شود (۳ و ۱۲). احیای پوشش گیاهی از طریق کشت گونه‌های سازگار، یکی از اقدامات مناسب مدیریتی به

اکوسیستم‌های طبیعی به‌عنوان بخشی از منابع طبیعی تجدید شونده، از جمله شاخص‌های مهم در توسعه پایدار هر کشور به حساب می‌آیند. مراتع از اجزاء اصلی و مهم این منابع به شمار می‌روند. اصولاً مراتع اکوسیستم‌هایی پویا می‌باشند و از آشفتگی‌های محیطی تاثیر می‌پذیرند. متأسفانه به دلایل مختلف مانند بهره‌برداری بی‌رویه و چرای مفرط دام، این منابع با ارزش در بسیاری از نقاط ایران، دچار تخریب و نابودی شده‌اند که عوارضی مانند کمبود علوفه

تجمع نانومواد در بیومس و توسعه بافت‌های گیاهان اشاره کردند. همچنین کمالی و صادقی‌پور (۱۳۹۴) در مطالعه اثرات نانودی اکسید تیتانیوم بر جوانه‌زنی و رشد گونه‌های مرتعی *Nitraria schoberi*, *Eurotia ceratoides* و *Kochia prostrata* و *Salsola rigida* و *Halothamnus glaucus* بیان کردند که این مواد در غلظت بالا (۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) با ایجاد سمیت موجب کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گونه‌های مذکور شدند. Moameri و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که کاربرد نانوسیلیسیم در محیط کشت *Stipa hohenackeriana* سبب کاهش خصوصیات رشد و عملکردی آن شد.

از جمله مواد دیگری که برای کمک به استقرار و رشد گیاهان، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک کاربرد دارند و به‌عنوان تسهیل‌گر رشد عمل می‌کنند، هیدروژل‌ها هستند. هیدروژل‌ها چندین برابر حجم خود آب ذخیره می‌کنند و به آرامی به خاک پس داده و در اختیار ریشه گیاهان قرار می‌دهند. شهریاری و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی اثرات کاربرد سوپرجاذب بر رشد و عملکرد *Nitraria schoberi* بیان کردند که سوپرجاذب سبب افزایش درصد استقرار و رشد گیاه شد و به اثرات مثبت سوپر جاذب در موفقیت برنامه‌های آبیاری اشاره کردند. Gilbert و همکاران (۲۰۱۴) نیز بیان کردند که هیدروژل حجم رطوبت خاک را در محیط کشت *Cajanus cajan* افزایش داد و سبب افزایش رشد گیاه شد. Klocke and Stein (۲۰۱۶) در بررسی تاثیر کمپوست و پلیمر هیدروژل بر روی پوشش گیاهی شیب‌های فرسایشی در مراتع دره مونتانا بیان کردند که کاربرد این تیمارها باعث کمترین مقدار مرگ و میر *Cercocarpus ledifolius* و *Juniperus scopulorum* و *Purshia tridentata* شدند و رشد این گیاهان نیز افزایش یافت. Yousefian و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی تاثیر هیدروژل سوپر جاذب بر خصوصیات رشد *Atriplex lentiformis* و ویژگی‌های خاک بیان کردند که هیدروژل

منظور جلوگیری از چنین نتایج نامطلوبی است (۳). تنش خشکی، شوری، دماهای بالا و پایین در هنگام جوانه‌زنی، سله بستن خاک و کشت بی موقع از جمله عواملی هستند که استقرار گیاه را محدود می‌کنند (۲۵ و ۳۶). که این امر در اکوسیستم‌های مرتعی و خشک نسبت به سایر اکوسیستم‌ها ممکن است حادث‌تر باشد. بنابراین گام برداشتن در راستای کمک به استقرار اولیه گیاهان، می‌تواند موفقیت طرح‌های اصلاح مراتع را افزایش دهد. فناوری نانو به عنوان یک علم بین رشته‌ای می‌تواند طیف گسترده‌ای از کاربردها در بخش‌های اصلی کشاورزی و منابع طبیعی، از جمله افزایش تولید محصولات، کاهش میزان سموم و کود، افزایش رشد و استقرار گیاهان را بهبود بخشد. افزودن نانوذرات مانند نانوسیلیکات پتاسیم به محلول غذایی گیاهان به‌عنوان کود به‌دلیل داشتن اثرهای بی‌نظیر مانند نفوذ سریع‌تر و راحت‌تر به درون غشای سلولی، افزایش مقاومت بذور گیاهان در مقابل تنش‌های محیطی، افزایش جوانه‌زنی، افزایش فتوسنتز و عملکرد گیاهان نیز توجه زیادی را در بین تولیدکنندگان به خود جلب کرده است (۱۸). در مطالعات مختلف به اثرات مثبت و منفی نانوذرات اشاره شده است. به‌عنوان مثال Yuvakkumar و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه خود به اثرات مثبت نانوسیلیکا بر خصوصیات رشد گیاه ذرت (*Zea Mays* L.) اشاره نمودند. همچنین Lu و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که غلظت ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوسیلیکا سبب بهبود خصوصیات رشد گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) شد. Abbasi Khalaki و همکاران (۲۰۱۶) نیز به اثرات مثبت نانوذرات سیلیسیم و نانوذرات نقره بر خصوصیات جوانه‌زنی *Thymus kotschyanus* اشاره کردند. در ارتباط با اثرات منفی نانومواد نیز مطالعاتی انجام شده است. به‌عنوان مثال Kaundal و همکاران (۲۰۱۷) به اثرات منفی و سمیت نانوذرات بر روی میکروبه‌ها، گیاهان و حیوانات پرداختند. Sahu and Casciano (۲۰۱۴) به اثرات سمی نانوکربن‌ها بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر، طول ریشه،

۸۰ و پتاسیم ۸۰، فسفر ۴۰ کیلوگرم در هکتار و کود دامی ۳۰ تن در هکتار) به عنوان مناسب‌ترین تیمار کودی و با ماندگاری اثربخشی بعد از مصرف، بیشترین وزن تر گل را در ۱۶ روز از دوره گلدهی به خود اختصاص داد. Abdel-Sabour and Abo-Seoud (۱۹۹۶) نیز بیان کردند که استفاده از کودهای آلی باعث تأثیر مثبت بر مقدار نیتروژن، افزایش رشد رویشی، عملکرد بذر و تجمع ماده خشک گیاهان می‌گردد. Sifola and Barbieri (۲۰۰۶) بیان کردند که کودهای آلی با فراهمی بیشتر عناصر به‌ویژه نیتروژن باعث افزایش طول برگ و سطح برگ ریحان شدند. Gulshan و همکاران (۲۰۱۳) اظهار کردند که تأثیر کود دامی بر خصوصیات رشد و توسعه گیاه *Abelmoschus esculentus* قابل توجه بود. Hana و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند که کودهای آلی (شامل کود گاوی) مقدار pH خاک، غلظت نیتروژن، فسفر و کاتیون‌های اصلی خاک را افزایش می‌دهد. به طوریکه کاربرد آنها سبب بهبود خصوصیات رشد *Liriodendron tulipifera* شد و اثرات مثبتی نیز بر خصوصیات خاک محیط کشت این گیاه داشت. اسپرس علوفه‌ای (*Onobrychis sativa* Lam.) گیاهی چندساله از تیره Fabaceae است. این گیاه دارای ویژگی‌های مطلوبی مانند ارزش علوفه‌ای و خوشخوراکی بالا، مقاومت زیاد به سرمای شدید و یخبندان، مقاومت به خشکی و چرای دام، ریشه‌های عمیق و حفاظت آب و خاک، قابلیت کشت دیم در مناطق با بارندگی بیشتر از ۳۰۰ میلی‌متر است و می‌توان از آن به‌عنوان گونه‌ای مناسب در احیای دیمزارهای رهاشده و اصلاح مراتع تخریب‌شده بهره‌جست (۱). نسبت سطح برگ به وزن خشک برگ در اسپرس تقریباً نصف یونجه است. این نکته بیانگر سطح تبخیر کمتر از اسپرس با وزن خشک مساوی نسبت به یونجه بوده و صفت بسیار مناسبی برای مقابله با از دست دادن آب محسوب می‌شود. یکی دیگر از ویژگی‌های مهم این گیاه عدم ریزش برگ‌ها در زمان رسیدن کامل است، در نتیجه تلفات برگ در مرحله رسیدن گیاه، در اسپرس مشاهده نمی‌شود (۹).

تأثیر مثبتی بر خصوصیات رشد گیاه آتریپلکس داشت و سبب بهبود ویژگی‌های خاک نیز شد.

از جمله تسهیل‌گرهای دیگر می‌توان به ریزموجودات مفید اشاره کرد. زمانی که ریزموجودات مفید (EM= Effective Microorganisms) همراه با خاک یا به صورت محلول-پاشی روی گیاه استفاده می‌شوند، سبب گسترش جمعیت باکتری‌های فتوسنتزی و تثبیت‌کننده نیتروژن شده و این پدیده سبب رشد بیشتر گیاه و عملکرد و کیفیت بالاتر از طریق افزایش سطح کارایی فتوسنتز و افزایش سطح تثبیت نیتروژن می‌گردد (۳۳). Zydlik and Zydlik (۲۰۰۸) به اثرات مثبت کاربرد ریزموجودات مفید در خاک اشاره کردند و گزارش دادند که ریزموجودات مفید سبب افزایش حجم ریشه گیاهان می‌شوند. Javaid and Bajwa (۲۰۱۱) اثرات کاربرد ریزموجودات مفید را بر رشد، تولید محصول و مواد غذایی محیط کشت *Trifolium alexanrium* بررسی نمودند و بیان کردند که EM سبب افزایش نیتروژن، فسفر و پتاسیم در محیط کشت گیاه شد. Minaxi و همکاران (۲۰۱۳) نیز بیان کردند که باکتری‌های مختلف حل‌کننده فسفات توانستند به‌طور مثبتی با قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار تعامل داشته باشند و این تعامل موجب افزایش رشد و عملکرد گندم شد. Talaat و همکاران (۲۰۱۵) اثرات کاربرد ریزموجودات مفید را در بهبود عملکرد رشد، تغییر جذب مواد غذایی و کاهش تنش ناشی از شوری در *Phaseolus vulgaris* L. بررسی کردند و بیان کردند که EM این گیاه را در برابر شوری محافظ می‌کند و سبب بهبود رشد، قابلیت تولید و مقدار آب موجود در گیاه می‌شود.

کودهای آلی از جمله کود دامی نیز می‌توانند نقش مهمی در استقرار اولیه و رشد گیاهان داشته باشند. صمدیان ساربانقلی و همکاران (۱۳۹۰) با مطالعه ماندگاری و اثربخشی کودهای تلفیقی بر عملکرد گل محمدی (*Rosa damascena*) به این نتیجه رسیدند که تیمار کودی (ازت)

این پژوهش در سال ۱۳۹۶ به منظور بررسی اثرات مواد تسهیل‌گر بر رشد گونه *Onobrychis sativa* در شرایط گلخانه‌ای در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی واقع در استان اردبیل اجراء شد. گلخانه دارای شرایط استاندارد بوده و دمای محیط آن در روز 25 ± 5 °C و در شب 17 ± 5 °C بود. همچنین رطوبت نسبی فضای گلخانه ۵۰ درصد و جهت آن شمالی-جنوبی بود. به منظور خاک مورد نیاز برای کشت گلخانه‌ای از عرصه طبیعی مراتع حوزه آبخیز بالخلوچای اردبیل جمع‌آوری شد. برای انجام این کار از پنج نقطه مختلف نمونه‌های خاک از عمق ریشه‌دوانی (۰-۳۰ cm) (به دلیل اینکه بیشتر فعالیت‌های حیاتی خاک در این عمق انجام می‌شود) برداشت شد. به منظور خارج کردن سنگ و سنگریزه و بقایای ریشه‌های گیاهی، خاک از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. برخی از خصوصیات خاک در جدول (۱) ارائه شده است. گلدان‌های ۴ کیلوگرمی به تعداد لازم تهیه شدند.

بنابراین هدف این مطالعه بررسی اثر تسهیل‌گرهای رشد نانوسیلیکات پتاسیم، بلورآب، ریزموجودات مفید و کود دامی بر خصوصیات گونه مهم مرتعی *Onobrychis sativa* در محیط گلخانه بود. تا در صورت کسب نتایج مثبت بتوان در برنامه‌های اصلاح اکوسیستم‌های مرتعی و دیمزارهای رهاشده و احداث مراتع دست‌کاشت نیز از این مواد استفاده نمود و به امر استقرار این گیاه کمک نمود.

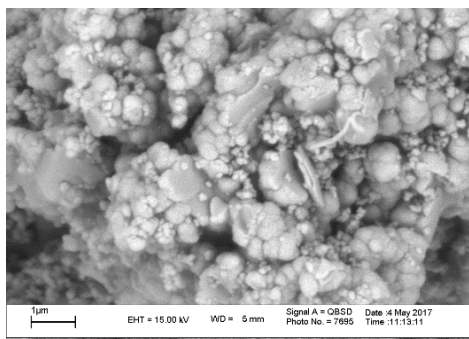
مواد و روشها

گونه مورد مطالعه: بذر اسپرس در زمان رسیدگی کامل از شهرستان سرعین استان اردبیل از مزارع علوفه‌کاری شده جمع‌آوری شد. بذرها در موقعیت جغرافیایی $38^{\circ}08'$ شمالی و $47^{\circ}59'$ شرقی و ارتفاع ۱۹۲۰ متری از سطح دریا جمع‌آوری شدند. سپس خالص‌سازی فیزیکی انجام شد و بقایای گیاهی، بذرهای پوک، معیوب و خار و خاشاک از بذرها تفکیک شد.

جدول ۱- برخی از خصوصیات خاک مورد مطالعه

ویژگی	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	وزن مخصوص ظاهری (g/cm ³)	EC (ds/m)	pH	ماده آلی (%)	نیترژن (%)	فسفر (mg/kg)
مقدار	۲۵	۲۰	۵۵	۱/۲۱	۰/۵	۷/۸	۰/۸۹	۰/۱	۳۰

۶/۱ دسی‌زیمنس بر متر، پتاسیم ۱/۱ درصد، فسفر ۰/۰۹ درصد، نیترژن کل ۰/۵۷ درصد و ماده آلی ۲۱ درصد بود.



شکل ۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) نانوسیلیکات پتاسیم

نانوسیلیکات پتاسیم از شرکت سیگما الدریج تهیه شد (شکل ۱). ماده EM از شرکت امکان‌پذیر پارس تهیه شد. EM از آب، ملاس قند، آلوئه‌ورا، باکتری‌های فتوسنتزه، باکتری‌های اسید لاکتیک و مخمر تشکیل شده است. تعداد میکروارگانیسم‌های موثر در ترکیب ۱۲۰ عدد در سانتی‌متر مکعب بود. سوپر جاذب بلورآب از شرکت بلورآب شیروان تهیه شد. بلورآب داری ظاهری قهوه‌ای روشن، بدون بو و سمیت، مقدار رطوب کمتر از ۵ درصد، اندازه ذرات بین ۲۰ تا ۴۰۰ میکرومتر و pH ۶-۷ بود. کود دامی نیز از مزرعه دامپروی دانشگاه محقق اردبیلی تهیه شد. این کود کاملاً پوسیده بود و دارای pH برابر ۶/۸، هدایت الکتریکی

پایه‌های مستقر شده محاسبه شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه سطح سنج برگ پرتابل مدل AM350 کمپانی ADC انگلستان استفاده شد. برای قرائت شاخص کلروفیل برگ از کلروفیل سنج مدل SPAD استفاده شد.

برای محاسبه محتوای نسبی آب برگ (Relative Water Content (RWC))، به‌طور تصادفی ۵ برگ تازه گیاه انتخاب و وزن شدند (FW) و در آب مقطر در محل تاریک در دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و پس از ۲۴ ساعت دوباره وزن شد (TW) و سپس وزن خشک این برگ‌ها پس از قرار دادن در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد (DW) (۲۵).

$$\text{RWC}\% = \frac{\text{FW}-\text{DW}}{\text{SW}-\text{DW}} * 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

FW: وزن برگ تازه؛ DW: وزن خشک برگ بعد از قرار دادن در آون؛ SD: وزن اشباع برگ (آماس شده) بعد از قرار دادن در آب مقطر

برای اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت ۵ نمونه برگ طوقه از گیاه مربوط به هر تیمار انتخاب و به‌طور جداگانه در فالدون ۲۰ میلی‌لیتری حاوی آب مقطر قرار داده و در آزمایشگاه نگهداری شدند. پس از گذشت ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی هر نمونه با استفاده از دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد (EC_1). به منظور اندازه‌گیری میزان کل الکترولیت‌ها در اثر مرگ سلول، فالدون‌ها در اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۰ دقیقه حرارت داده شدند و بعد از آن نمونه‌ها مجدداً به شرایط آزمایشگاهی منتقل شده و هدایت الکتریکی آن‌ها ثبت شد (EC_2). سپس درصد نشت الکترولیت‌ها از رابطه (۲) محاسبه شد. همچنین شاخص پایداری غشاء (Curtain Stability Index) از طریق اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت‌های برگ ارزیابی شد (رابطه ۳) (۲۹).

$$\text{EL}\% = [EC_1/EC_2] \times 100 \quad \text{رابطه (۲)}$$

روش کار: این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. تیمارها شامل نانوسیلیکات پتاسیم در غلظت‌های (۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، سوپرجاذب بلورآب با غلظت‌های (۰، ۱۰ و ۳۰ گرم)، ریزموجودات مفید (EM) با غلظت (صفر، یک و دو درصد) و کود دامی با سطوح (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ گرم در کیلوگرم) بودند.

برای اعمال تیمارها، مواد تسهیل‌گر بلورآب و کود دامی در قبل از کشت در سه سطح مورد نظر با خاک مخلوط شده و بر اساس طرح آزمایشی به گلدان‌ها افزوده شدند. در هر تیمار، سطح صفر درصد به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. سپس بذر گونه‌ها در عمق حدود یک سانتی‌متری سطح خاک کشت شدند. همچنین در مورد تیمارهای نانوسیلیکات پتاسیم و EM، خاک بدون تیمار به گلدان‌ها اضافه شد و بذرها کشت شدند. بعد از اینکه بذرها جوانه زدند و گیاه ۴ برگی شد، محلول نانوسیلیکات پتاسیم در غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به گلدان‌ها اضافه شد. این عمل تا پایان دوره آزمایش دوبار و با فاصله ده روز انجام شد. همچنین محلول EM با غلظت‌های ۱ و ۲ درصد به گلدان‌ها اضافه شد، این عمل تا پایان رشد سه بار با فاصله ده روز تکرار شد.

در پایان دوره رشد گیاه (بعد از ۷ ماه)، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، طول ریشه، ارتفاع نهال، حجم ریشه، حجم اندام هوایی، درصد استقرار، سطح برگ، شاخص کلروفیل، نشت الکترولیت (Electrolyte leakage)، شاخص پایداری غشا و محتوای نسبی آب برگ، اندازه‌گیری شد. وزن تر و خشک گیاه با استفاده از ترازوی دیجیتال دقیق (۰/۰۰۱) تعیین شد. طول ریشه، ارتفاع گیاه و حجم گیاه با استفاده از خط‌کش دقیق اندازه‌گیری شدند. حجم ریشه از روی جایجا شدن آن پس از غوطه‌ور ساختن ریشه‌ها در آب توسط یک استوانه مدرج ۵۰۰ سی‌سی اندازه‌گیری شد. درصد استقرار بر اساس شمارش

نتایج

تأثیر تیمارهای مورد مطالعه بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکردی *O. sativa*: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مورد بررسی بر ارتفاع گیاه، درصد استقرار، حجم گیاه، وزن تر و خشک گیاه اسپرس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. در حالی که اثر این تیمارها بر وزن تر و خشک ریشه، سطح برگ، طول ریشه و حجم ریشه معنی‌دار نشد (جدول ۲).

$$\text{رابطه (۳)} \quad \text{CSI}\% = [1 - (\text{EC}_1/\text{EC}_2)] \times 100$$

تجزیه و تحلیل آماری: به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزارهای SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد. در ابتدا نرمال بون داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف انجام شد. برای بررسی اثر تیمارهای مورد مطالعه بر خصوصیات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و عملکردی *O. sativa* از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مورد بررسی بر خصوصیات رشد *O. sativa*

متغیر	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
وزن تر اندام‌های هوایی گیاه	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۸	۲۶۵۷/۸۴	۴/۶۳**
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۷	۵۷۳/۴۷	
وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۸	۵۹/۲۴	۲/۸۸**
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۷	۲۰/۵۳	
وزن تر ریشه	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۸	۲۶/۸۵	۱/۸۷۶ ^{ns}
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۷	۱۴/۳۱	
وزن خشک ریشه	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۸	۱۴۴/۷۶	۱/۲۳۹ ^{ns}
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۷	۱۱۶/۸۰	
طول ریشه	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۸	۲۶/۰۰	۱/۰۰ ^{ns}
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۷	۲۰/۰۰	
ارتفاع گیاه	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۸	۴۵۴/۰۰	۳/۰۲**
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۷	۱۵۰/۰۰	
حجم ریشه	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۸	۴۵/۰۰	۰/۰۰ ^{ns}
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۷	۴۹/۰۰	
حجم اندام‌های هوایی گیاه	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۸	۵۴۸۴۱۸/۱۸	۳/۰۰**
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۷	۱۷۵۹۸/۲۴	
درصد استقرار	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۸	۳۴/۰۰	۴/۰۰**
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۷	۸۲/۰۰	
سطح برگ	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۸	۱۵۱۶/۸۷	۱/۰۰ ^{ns}
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۷	۹۷۲/۶۳	

** معنی‌داری در سطح ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح ۵ درصد، ^{ns}: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

بیشترین مقدار وزن خشک گیاه، طول ریشه، ارتفاع گیاه، حجم ریشه، حجم اندام هوایی، درصد استقرار و سطح برگ در تیمار کود دامی ۲۰۰ گرم در کیلوگرم افتاد. تیمار بلور آب ۳۰ گرم در کیلوگرم، بیشترین تأثیر را بر مقدار وزن تر و خشک ریشه و حجم اندام هوایی داشت.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد بررسی بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکردی گیاه اسپرس در جدول (۳) ارائه شده است. تأثیر تیمارها بر وزن تر گیاه اسپرس در تیمار EM ۲ درصد بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد و تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت.

قابل ذکر است که علاوه بر آنکه بعضی تیمارها باعث بیشترین تاثیر بر خصوصیات رشد گیاه شدند، تاثیر تیمارهای دیگر مانند بلورآب ۳۰ گرم در کیلوگرم، نانوسیلیکات ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، EM دو درصد و ... بر خصوصیات رشد گیاه قابل توجه بوده است و در بیشتر موارد این تاثیر از شاهد بیشتر بوده است.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد مطالعه بر خصوصیات رشد با استفاده از آزمون دانکن

تیمار	وزن تر گیاه (g/pot)	وزن خشک گیاه (g/pot)	وزن تر ریشه (g/pot)	وزن خشک ریشه (g/pot)	طول ریشه (cm)
شاهد	۸۳/۶۶±۱۳/۵ ^c	۱۳/۵±۹۷/۷ ^c	۳۲/۳±۲۰/۷ ^{ab}	۱۳/۸±۲۰/۰۸ ^{ab}	۲۳/۷±۲۰/۱۷ ^{ab}
بلورآب (g/kg)	۹۷/۸±۲۱/۷ ^{bc}	۲۴/۱۴±۲۰/۵ ^{ab}	۲۹/۰۳±۷۰/۷ ^b	۱۰/۵±۲۰/۶ ^b	۲۱/۲±۲۰/۰ ^b
۳۰	۸۵/۳±۱۳/۶ ^c	۲۰/۰±۲۴/۲۴ ^c	۴۷/۶±۷۰/۲ ^a	۱۶/۸±۶۰/۴ ^a	۲۷/۲±۴۰/۰ ^{ab}
نانوسیلیکات پتاسیم	۱۲۵/۶±۴۰/۶ ^{ab}	۲۰/۷۷±۱۰/۷ ^{abc}	۳۲/۵±۱۰/۳ ^b	۱۰/۲±۵۵/۶ ^{ab}	۲۶/۵±۲۰/۹ ^{ab}
۱۰۰۰ (mg/kg)	۱۴۴/۲۸±۱۶/۰ ^a	۲۰/۷±۹۸/۷ ^{abc}	۳۹/۶±۶۰/۹ ^{ab}	۱۴/۳۷±۲۰/۲ ^{ab}	۲۵/۵±۲۰/۷ ^{ab}
EM (%)	۱۲۵/۷±۴۰/۰ ^{ab}	۲۰/۷±۲۰/۹ ^{abc}	۲۹/۲±۵۰/۱ ^b	۸/۸±۱۰/۴ ^b	۲۴/۵±۳۰/۷ ^{ab}
۱	۱۵۶/۴±۸۰/۸ ^a	۱۹/۴±۱۰/۵ ^{bc}	۳۴/۰۵±۴۰/۵ ^{ab}	۱۱/۶±۱۰/۲ ^{ab}	۲۳/۵±۲۰/۸ ^{ab}
۲	۱۰۱/۶۹±۷۰/۷ ^{bc}	۲۴/۷±۴۰/۸ ^{ab}	۳۲/۵±۵۰/۵ ^b	۹/۸±۱۰/۷ ^{ab}	۲۸/۶±۴۰/۸ ^{ab}
کود دامی	۱۵۴/۸±۳۰/۶ ^a	۲۷/۰±۸۹/۸ ^a	۳۹/۵±۴۰/۳ ^{ab}	۱۱/۵±۷۵/۶ ^{ab}	۲۸/۷±۷۸/۸ ^{ab}
۲۰۰					

ادامه

متغیرها	ارتفاع گیاه (cm)	حجم ریشه (cm ³ /pot)	حجم اندام هوایی (cm ³ /pot)	درصد استقرار	سطح برگ (cm ² /pot)
شاهد	۳۹/۷±۲۱/۸ ^c	۵/۲±۵۰/۸ ^{bcd}	۲۳/۲±۳۰/۰ ^a	۴۹/۱۶±۶۰/۹ ^{bc}	۲۹۰/۱±۳۷/۰ ^{ab}
بلورآب (g/kg)	۴۹/۸±۱۰/۲ ^{bc}	۵/۲±۴۰/۹ ^{abcd}	۲۰/۷±۴۰/۷ ^a	۶۰/۳±۸۰/۰ ^{ab}	۳۸۵/۱/۲۵±۶۲/۱ ^{ab}
۳۰	۶۲/۷±۹۰/۴ ^{ab}	۷/۱±۱۰/۰ ^a	۲۰/۴±۱۰/۱ ^a	۶۱/۶±۳۰/۹ ^{ab}	۳۸۵/۱/۲۵±۶۲/۱ ^{ab}
نانوسیلیکات پتاسیم	۴۴/۴±۳۰/۰ ^{bc}	۶/۲±۵۰/۳ ^{abc}	۱۵/۱±۳۰/۱ ^b	۵۹/۱۶±۲۰/۹ ^{ab}	۳۳۷۵/۷۵±۳۷/۱ ^{ab}
۱۰۰۰ (mg/kg)	۴۲/۵±۲۰/۶ ^c	۵/۴±۲۰/۳ ^{bcd}	۱۶/۲±۱۰/۲ ^a	۴۴/۱۶±۳۰/۱ ^{bc}	۲۶۰۰/۲۵±۱۷/۲ ^b
EM (%)	۵۸/۵±۵۰/۴ ^{abc}	۵/۱±۷۰/۶ ^{abcd}	۲۳/۷±۳۰/۷ ^a	۴۸/۱۳±۳۰/۴ ^{bc}	۳۰۲۰/۷۵±۲۷/۶ ^{ab}
۲	۴۱/۲±۸۰/۰ ^c	۴/۸±۱۰/۲ ^d	۱۵/۷±۱۰/۷ ^b	۴۹/۱۶±۲۰/۹ ^{bc}	۲۹۷۵/۲۵±۱۰/۶ ^{ab}
کود دامی (گرم در کیلوگرم)	۴۹/۲±۹۰/۰ ^{bc}	۴/۱±۲۰/۴ ^{dc}	۲۱/۲۵±۳۰/۷ ^a	۶۶/۵±۱۰/۹ ^a	۴۱۴۹/۷۵±۲۷/۵ ^{ab}
۲۰۰	۷۰/۶±۷۰/۰ ^a	۷/۱±۱۰/۰ ^a	۲۳/۵±۵۰/۶ ^a	۷۰/۸±۸۰/۴ ^a	۴۳۵۹/۲۵±۹۲/۳ ^{ab}
۳۰					

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها هستند.

تاثیر تیمارهای مورد مطالعه بر خصوصیات فیزیولوژیک
O. sativa: نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر تیمارهای نانو سیلیکات پتاسیم، سوپرآب، EM و کود دامی بر درصد نشن الکترولیت، شاخص پایداری غشاء و محتوی آب نسبی برگ‌ها معنی‌دار شد. در حالی که تیمارها بر مقدار شاخص کلروفیل برگ اثر معنی‌داری نداشتند (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مورد بررسی بر خصوصیات فیزیولوژیک *O. sativa*

متغیر	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
سرعت فتوسنتز (میکرومول بر متر مربع بر ثانیه)	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۸	۱۴/۹۴	۸/۰۰ ^{**}
شاخص کلروفیل	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۷	۱۵/۱۳	
نشت الکتریکی (%)	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۸	۳/۴۹	۷/۰۰ ^{ns}
شاخص پایداری غشاء (%)	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۷	۴/۹۹	
محتوی آب نسبی برگ (%)	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۸	۱۲۵/۷۸	۱/۱۲ [*]
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۷	۱۱۱/۴۰	
	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۸	۱۶۷/۷۰	۱/۵۱ [*]
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۷	۱۱۱/۰۴	
	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۸	۱۳۲/۵۶	۱/۱۶ [*]
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۷	۱۱۴/۰۱	

** معنی‌داری در سطح ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح ۵ درصد، ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

الکترولیت (۶۱/۶۰ درصد) در تیمار نانوسیلیکات پتاسیم ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد (۴۵/۱۰ درصد) مشاهده شد. همچنین، بیشترین (۶۴/۶۵ درصد) و کمترین (۴۵/۷۵ درصد) مقدار شاخص پایداری غشا به ترتیب در تیمار نانوسیلیکات پتاسیم ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و شاهد اتفاق افتاد. نهایتاً، بیشترین (۵۷/۷۵ درصد) و کمترین (۴۰/۸۵ درصد) مقدار محتوی نسبی آب برگ به ترتیب در تیمار بلورآب ۳۰ گرم در کیلوگرم و شاهد مشاهده شد.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد بررسی بر خصوصیات فیزیولوژیک در جدول (۵) ارائه شده است. بیشترین مقدار سرعت فتوسنتز (۱۴/۱۹ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه) در تیمار کود دامی ۲۰۰ گرم در کیلوگرم مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری با شاهد داشت. با اینکه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین شاخص کلروفیل در تیمارهای مختلف مشاهده نشد، ولی بیشترین مقدار شاخص کلروفیل (۷/۹۰) در تیمار کود دامی ۲۰۰ گرم در کیلوگرم مشاهده شد و حدود ۲/۵ واحد بیشتر از کمترین مقدار آن در تیمار شاهد بود. بیشترین مقدار نشت

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد مطالعه بر خصوصیات رشد با استفاده از آزمون دانکن

تیمار	سرعت فتوسنتز (میکرومول بر متر مربع بر ثانیه)	شاخص کلروفیل	نشت الکترولیت (%)	شاخص پایداری غشا (%)	محتوی آب نسبی برگ (%)
شاهد	۴/۱۷ ± ۱/۰۲ ^c	۵/۳۷ ± ۱/۸۵ ^a	۴۵/۱۰ ± ۹/۲۲ ^b	۴۵/۷۵ ± ۱/۸۲ ^b	۴۰/۸۵ ± ۲/۳۶ ^b
بلورآب (گرم در کیلوگرم)	۸/۴۷ ± ۲/۱۶ ^b	۵/۸۷ ± ۰/۶۲ ^a	۵۰/۲۰ ± ۲/۳۴ ^b	۵۶/۷۸ ± ۲/۲۸ ^{ab}	۵۳/۸۲ ± ۷/۷۶ ^{ab}
۳۰	۱۰/۴۳ ± ۱/۷۲ ^{ab}	۶/۴۰ ± ۱/۲۳ ^a	۵۵/۵۰ ± ۵/۶۲ ^{ab}	۵۶/۵۵ ± ۵/۰۳ ^{ab}	۵۷/۷۵ ± ۸/۳۰ ^a
نانوسیلیکات پتاسیم (میلی‌گرم در لیتر)	۷/۱۸ ± ۱/۶۲ ^b	۵/۸۰ ± ۰/۸۱ ^a	۵۰/۳۰ ± ۳/۲۱ ^b	۵۱/۳۶ ± ۵/۶۸ ^b	۴۲/۸۹ ± ۳/۴۲ ^b
۱۰۰۰	۱۲/۶۷ ± ۲/۳۸ ^a	۶/۲۵ ± ۱/۲۴ ^a	۶۱/۶۰ ± ۶/۸۴ ^a	۶۴/۶۵ ± ۷/۰۹ ^a	۴۲/۴۳ ± ۴/۷۴ ^b
ریزموجودات مفید (%)	۶/۳۲ ± ۱/۹۰ ^{bc}	۶/۳۲ ± ۱/۴۹ ^a	۴۸/۱۴ ± ۶/۹۹ ^b	۵۶/۸۶ ± ۲/۷۹ ^{ab}	۴۴/۷۵ ± ۴/۹۶ ^b
۱	۶/۸۷ ± ۱/۲۳ ^{bc}	۶/۱۵ ± ۱/۳۹ ^a	۵۴/۲۵ ± ۴/۸۲ ^{ab}	۴۶/۵۹ ± ۳/۸۲ ^b	۴۸/۴۰ ± ۳/۴۱ ^b
کود دامی (گرم در کیلوگرم)	۱۲/۸۷ ± ۲/۴۳ ^a	۷/۴۵ ± ۲/۷۷ ^a	۵۰/۱۴ ± ۱/۷۲ ^b	۵۴/۸۵ ± ۴/۴۱ ^{ab}	۴۷/۶۷ ± ۵/۷۶ ^b
۲۰۰	۱۴/۱۹ ± ۳/۵۲ ^a	۷/۹۰ ± ۳/۶۱ ^a	۶۱/۰۰ ± ۸/۹۲ ^a	۶۲/۹۹ ± ۲/۷۹ ^a	۵۲/۱۷ ± ۴/۲۲ ^b

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها هستند.

بحث و نتیجه‌گیری

ثانیه) و شاخص کلروفیل (۷/۹) در تیمار کود دامی ۲۰۰ گرم در کیلوگرم اتفاق افتاد. بنابراین نتایج نشان‌دهنده تاثیر معنی‌دار کود دامی بر خصوصیات رشد و عملکردی و فیزیولوژیک گیاه *O. sativa* است. به نظر می‌رسد که کود دامی به دلیل تاثیر بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، جذب و نگهداری آب در خاک و همچنین فراهم کردن مواد غذایی مختلف و مواد آلی مورد نیاز گیاه اثرات مثبتی بر خصوصیات رشد گیاه داشته است. همچنین کود دامی سبب افزایش خلل و فرج خاک شده که خود رشد و

نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد مطالعه بر خصوصیات عملکردی و رشد گیاه اسپرس علوفه‌ای نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک گیاه (۲۷/۸۹ گرم در گلدان)، طول ریشه (۲۷/۷۸ سانتی‌متر)، ارتفاع گیاه (۷۰/۷۰ سانتی‌متر)، حجم ریشه (۷۰/۷۰ سانتی‌متر مکعب)، حجم اندام هوایی (۲۳/۵۰ سانتی‌متر مکعب)، درصد استقرار (۷۰/۸۰ درصد) و سطح برگ (۴۳۵۹/۹۲ سانتی‌متر مربع در گلدان)، سرعت فتوسنتز (۱۴/۱۹ میکرومول بر متر مربع بر

و غیرزنده مفیدی است که شامل مقدار قابل توجهی نیتروژن است و می‌تواند اثرات مثبت قابل توجهی بر تولید گیاهان و از جمله تولید گیاهان علوفه‌ای داشته باشد.

به‌علاوه نتایج نشان داد که تیمار بلورآب ۳۰ گرم در کیلوگرم، بیشترین تاثیر را بر مقدار وزن تر و خشک ریشه و حجم اندام هوایی اسپرس علوفه‌ای داشت. نکته قابل توجه آن است که هر دو سطح تیمار بلورآب اثر معنی‌داری بر اکثر خصوصیات مورد بررسی گیاه اسپرس داشته و اختلاف معنی‌داری با شاهد داشتند. احتمالاً دلیل این امر، افزایش ظرفیت نگهداری آب برای مدت طولانی در خاک، کاهش شستشوی مواد غذایی و هوادمی بهتر خاک است. در این ارتباط Yousefian و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که هیدروژل تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه و قطر بزرگ و کوچک تاج پوشش *Atriplex lentiformis* داشت. همچنین هیدروژل اثر معنی‌داری بر pH، EC، ظرفیت زراعی خاک، آب قابل دسترس، وزن مخصوص، خلل و فرج و مقدار پتاسیم خاک داشت. شهریاری و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند که سوپرچادب سبب افزایش تعداد پایه مستقرشده، ارتفاع بوته، طول ریشه و وزن تر و خشک گیاه *Nitraria schoberi* در محیط گلخانه شد. همچنین ایشان بیان کردند که مصرف پلیمر در خاک می‌تواند با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت باعث موفقیت برنامه‌های آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک شود. بیکی و همکاران (۱۳۹۶) نیز گزارش دادند که پلیمر سوپرچادب استاکوزورب ۰/۲ درصد در خاک محیط کشت ریحان، باعث افزایش خصوصیات رشد گیاه شده و همچنین با بهبود بازدهی آب مصرفی تا حدود ۶۰ درصد، سبب کاهش شدت تنش خشکی در محیط کشت گیاه شد. Klocke and Stein (۲۰۱۶) در بررسی تاثیر کمپوست و پلیمر هیدروژل بر روی پوشش گیاهی شیب‌های فرسایشی در مراتع دره مونتانا بیان کردند که کاربرد این تیمارها باعث کمترین مقدار مرگ و میر گیاهان *Cercocarpus ledifolius* و *Juniperus scopulorum* شدند و

گسترش بیشتر ریشه گیاهان در خاک را به‌دنبال دارد و جذب آب و عناصر غذایی در گیاه را بهبود می‌بخشد و بر اثر تغذیه مناسب گیاه، رشد و فتوسنتز آن افزایش می‌یابد. در نتیجه عملکرد کمی و کیفی گیاه را بالا می‌برد. افزایش سطح برگ و تاج پوشش گیاه سبب افزایش مقدار شاخص کلروفیل و در نتیجه افزایش فتوسنتز می‌شود. در این ارتباط Sifola and Barbieri (۲۰۰۶) بیان کردند که کودهای آلی با فراهمی بیشتر عناصر به‌ویژه نیتروژن باعث افزایش طول برگ و سطح برگ ریحان شدند. همچنین بیان کردند که کودهای دامی بهترین جایگزین کودهای شیمیایی بوده و می‌تواند اثرات قابل توجهی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک داشته باشند. Abdel- Sabour and Abo- Seoud (۱۹۹۶) نیز بیان کردند که استفاده از کودهای آلی باعث تاثیر مثبت بر مقدار نیتروژن، افزایش رشد رویشی، عملکرد بذر و تجمع ماده خشک گیاهان می‌گردد. Gulshan و همکاران (۲۰۱۳) اظهار کردند که تاثیر کود دامی بر روی خصوصیات رشد و توسعه گیاه *Abelmoschus esculentus* قابل توجه بود و اعمال این تیمار سبب افزایش تعداد برگ، سطح برگ و سایر خصوصیات رشد و عملکرد گیاه شد. Hana و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند که کودهای آلی (شامل کود گاوی) مقدار pH خاک، غلظت نیتروژن، فسفر و کاتیون‌های اصلی خاک را افزایش می‌دهد. به طوری‌که کاربرد کودهای آلی سبب بهبود وزن خشک برگ و ساقه، ارتفاع نهال و قطر ریشه گیاه *Liriodendron tulipifera* شد و علاوه بر بهبود مولفه‌های رشد این گیاه، سبب بهبود خصوصیات خاک محیط کشت این گیاه نیز شد. همچنین یکی از دلایل دیگری که کاربرد کود دامی در محیط کشت گیاه اسپرس علوفه‌ای، سبب بهبود خصوصیات رشد و عملکرد گیاه و خاک بستر کشت شده است، احتمالاً ناشی از حضور میکروارگانیسم‌های موجود در کود دامی است. در این ارتباط Zanine and Ferreira (۲۰۱۵) بیان کردند عصاره حاصل از کود گاوی و کود خوک، حاوی باکتری‌های زنده

می‌رسد نانوذرات علاوه بر اثرات مثبتی که بر روی گیاهان دارند، ممکن است در غلظت‌های بالاتر برخی از مواد نانو سبب کاهش رشد و عملکرد گیاهان شوند. بنابراین لازم است در کاربرد مواد نانو در راستای بهبود رشد گیاهان، به آستانه‌های این مواد توجه کافی شود. در این ارتباط کمالی و صادقی‌پور (۱۳۹۴) در مطالعه تاثیر اثرات نانودی اکسید تیتانیوم بر جوانه‌زنی و رشد گونه‌های مرتعی *Eurotia halothamnus* *Nitraria schoberi* *ceratoides* *Kochia prostrata* و *Salsola rigida glaucus* بیان کردند که در اکثر این گیاهان، غلظت‌های پایین نانودی اکسید تیتانیوم تاثیر معنی‌داری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه نداشت، ولی در غلظت بالا (۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) با ایجاد سمیت موجب کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه شد. بنابراین در کاربرد نانوذرات، توجه به میزان مصرفی که هم موثر باشد و هم سمیت ایجاد نکند بسیار حائز اهمیت است. در مطالعه‌ای دیگر کمالی و همکاران (۱۳۹۶) بیان کردند که غلظت بالای نانو اکسید آهن سبب کاهش درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهچه دو گونه *Agropyron elongatum* و *Agropyron desertorum* شد. Moameri و همکاران (۲۰۱۸) نیز بیان کردند که کاربرد نانوسیلیسیم در محیط کشت *Stipa hohenackeriana* سبب کاهش خصوصیات رشد و عملکردی آن شد. به‌علاوه Moameri and Abbasi Khalaki (۲۰۱۷) بیان کردند که استفاده از نانوسیلیسیم باعث کاهش وزن خشک و تر و همچنین ارتفاع ریشه و اندام‌های هوایی گیاه *Secale mountainum* شد.

نتایج نشان داد که کاربرد EM نیز در بهبود بسیاری از خصوصیات رشد و عملکرد گیاه اسپرس علوفه‌ای تاثیر معنی‌داری داشت. این امر ممکن است ناشی از افزایش برخی هورمون‌های محرک رشد به ویژه انواع اکسین، جیبرلین، و سیتوکینین باشد و در نهایت رشد گیاهان افزایش خواهد یافت (۳۰). در این ارتباط Zydlik and Zydlik (۲۰۰۸) بیان کردند که کاربرد ریزموجودات مفید

رشد این گیاهان نیز افزایش یافت. Gilbert و همکاران (۲۰۱۴) نیز بیان کردند که هیدروژل حجم رطوبت خاک را در محیط کشت *Cajanus cajan* افزایش داد و سبب افزایش رشد گیاه شد. همچنین هیدروژل می‌تواند در مناطق نیمه‌خشک به‌منظور بهبود بقا و رشد نهال‌ها استفاده شود.

به‌علاوه نتایج نشان داد که نانوسیلیکات پتاسیم نیز تاثیر مثبتی بر خصوصیات رشد گیاه اسپرس علوفه‌ای داشت. افزودن نانوذرات مختلف مانند نانوسیلیکات پتاسیم به محلول غذایی گیاهان به‌عنوان کود باعث نفوذ سریع‌تر و راحت‌تر به درون غشای سلولی، افزایش مقاومت بذور گیاهان در مقابل تنش‌های محیطی، افزایش جوانه‌زنی، افزایش فتوسنتز و عملکرد گیاهان می‌گردد. در این ارتباط Yuvakkumar و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که نانوسیلیکا باعث افزایش ارتفاع ساقه، عرض ساقه، تعداد برگ و مقدار سیلیسیم در گیاه ذرت (*Zea Mays L.*) شد. Lu و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که غلظت ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوسیلیکا سبب افزایش درصد جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، شاخص ویگوریته و میانگین طول ساقه‌چه گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) شد. Abbasi Khalaki و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند که نانوذرات سیلیس و نانوذرات نقره در دو غلظت ۲۰ و ۶۰ درصد، باعث بهبود جوانه‌زنی گیاه *Thymus kotschyanus* شدند. Moameri و همکاران (۱۳۹۷) نیز به اثرات مثبت نانوسیلیکات پتاسیم و نانوتیتانیوم بر روی خصوصیات رشد *Onobrychis sativa* در محیط آزمایشگاه اشاره کردند. نکته قابل توجه آن است که در برخی موارد کاربرد غلظت بالاتر نانوسیلیکات پتاسیم (۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) باعث کاهش برخی از خصوصیات رشد و عملکرد گیاه (مانند ارتفاع گیاه، حجم گیاه، درصد استقرار و سطح برگ) شده است. به نظر می‌رسد یکی از دلایل این امر، ممکن است ایجاد سمیت ناشی از غلظت بالای نانو باشد که اثر منفی بر رشد گیاه داشته است. بنابراین به نظر

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار کود دامی بیشترین تاثیر را بر خصوصیات رشد و عملکرد گیاه *O. sativa* داشت. با این وجود تیمارهای بلورآب، نانوسیلیکات پتاسیم و ریزموجودات مفید نیز اثرات مطلوبی بر خصوصیات رشد گیاه داشتند. بنابراین می‌توان از تیمارهای مذکور در برنامه‌های اصلاح و احیا مراتع و تبدیل دیمزارهای رهاشده و کم‌بازده به مراتع دست‌کاشت به‌منظور تولید علوفه و یا کاشت گیاهان دارویی، به‌ویژه در عملیات کپه‌کاری و بذرکاری استفاده نمود. در این راستا دستیابی به بهترین غلظت و سطوح این تیمارها ضروری به نظر می‌رسد که تحقیق بر روی غلظت‌های مختلف و تعیین غلظت آستانه و مطلوب پیشنهاد می‌گردد.

سپاسگزاری

این پژوهش مستخرج از بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد می‌باشد که توسط معاونت پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی حمایت شده است. بنابراین نگارندگان از معاونت پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی به خاطر حمایت مالی این تحقیق تقدیر و تشکر می‌نمایند.

در خاک سبب افزایش ماده آلی خاک شده و در نتیجه باعث افزایش حجم سیستم ریشه گیاهان و در نتیجه افزایش جذب مواد غذایی و رشد گیاهان می‌شود. Minaxi و همکاران (۲۰۱۳) نیز بیان کردند که باکتری‌های مختلف حل‌کننده فسفات توانستند به‌طور مثبتی با قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار تعامل داشته باشند و این تعامل موجب افزایش رشد و عملکرد گندم شد. همچنین Olle and Williams (۲۰۱۳) بیان کردند که EM سبب کاهش تاثیر آفات و امراض بر رشد گیاهان شده و از آنها در مقابل علف‌های هرز محافظت می‌کند. به‌علاوه شکوهمیان و همکاران (۱۳۹۴) گزارش دادند که ریزموجودات مفید سبب افزایش مقدار پرولین، نشاسته و پروتئین برگ و ریشه و مقدار کلروفیل a در گیاه بادام شد. همچنین بیان کردند که تاثیر ریزموجودات مفید بر خصوصیات بیوشیمیایی و مقاومت به خشکی گیاه، تابع نوع پایه و رقم و شرایط محیطی است. حسین‌زاد نمین و امینی دهقی (۱۳۹۳) نیز بیان کردند که تیمارهای زیستی (قارچ میکوریز) باعث بهبود شرایط رشدی، افزایش مواد مغذی خاک و محلول‌سازی مواد معدنی خاک در اثر افزایش فعالیت‌های میکروبی شده و منجر به بهینه‌سازی جذب عناصر غذایی میکرو و ماکرو توسط ریشه رازیانه و بالا رفتن فتوسنتز می‌شود.

منابع

- ۱- آذرنیوند، ح.، زارع چاهوکی، م.ع. ۱۳۸۹. اصلاح مراتع. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۵۴ ص.
- ۲- بیکی، س.، عزیزی، م.، نعمتی، س.ح.، روشن، و. ۱۳۹۶. تاثیر کاربرد پلیمر استاکوزورب و برگ پنیرک بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، بیوشیمیایی، بیولوژیکی و بازدهی آب مصرفی در ریحان (*Ocimum basilicum* var. *keshkeni luveolou*). مجله پژوهش‌های گیاهی (زیست‌شناسی ایران)، ۳۰(۱): ۱-۱۱.
- ۳- جنگجو، م. ۱۳۸۸. اصلاح و توسعه مراتع. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۳۹ ص.
- ۴- حسین‌زاده نمین، پ.، امینی دهقی، م. ۱۳۹۳. بررسی کاربرد تلفیقی اعمال کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس گیاه دارویی رازیانه. مجله پژوهش‌های گیاهی (زیست‌شناسی ایران)، ۲۷(۴): ۵۹۲-۶۰۴.
- ۵- زارعی، آ.، زارع چاهوکی، م.ع.، جعفری، م.، باقری، ح.، ابراهیمی، م.ع. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر اجرای طرح نهالکاری- قرق بر ویژگی‌های پوشش گیاهی مراتع کوه نمک استان قم. پژوهش‌های آبخیزداری، ۲۴(۱): ۵۵-۶۰.
- ۶- شکوهمیان، ع.ا.، داوری‌نژاد، غ.، تهرانی‌فر، ع.، رسولزاده، ع.، ایمانی، ع. ۱۳۹۴. ارزیابی اثرات تنش آبی و ریزموجودات مفید بر

- ۱۰- کمالی، ن.، صادقی‌پور، ا. ۱۳۹۴. بررسی اثر غلظت‌های مختلف نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم بر جوانه‌زنی و رشد اولیه ۵ گونه مرتعی. مرتع، ۹(۲): ۱۷۰-۱۸۱.
- ۱۱- کمالی، ن.، صادقی‌پور، ا.، سوری، م. ۱۳۹۴. بررسی سمیت نانوذره اکسید آهن بر جوانه‌زنی و رشد اولیه دو گونه *Agropyron desertorum* و *Agropyron elongatum* مرتع، ۱۱(۳): ۳۲۱-۳۳۰.
- ۱۲- مصداقی، م. ۱۳۹۴. مرتعداری در ایران انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، ۳۲۸ ص.
- ۱۳- معمری، م.، علی‌جعفری، ا.، عباسی‌خالکی، م.، قربانی، ا. ۱۳۹۷. تاثیر نانوپرایمینگ و بیوپرایمینگ بر مولفه‌های رشد *Onobrychis sativa* مرتع، ۱۲(۱): ۱۱۱-۱۰۱.
- ۱۴- Abbasi Khalaki, M., Ghorbani, A., Moameri, M., 2016. Effects of Silica and Silver Nanoparticles on Seed Germination Traits of *Thymus kotschyanus* in Laboratory Conditions. Journal of Rangeland Science, 6(3): 221-231.
- ۱۵- Abdel- Sabour, M.P., Abo- Seoud, M.A., 1996. Effects of organic waste compost Addition on sesames growth yield and chemical composition. Agriculture, Ecosystems and Environment, 60 (2-3): 157-164.
- ۱۶- Gilbert, C., Peter, S., Wilson, N., Edward, M., Francis, M., Sylvester, K., Erick, B., 2014. Effects of Hydrogels on Soil Moisture and Growth of *Cajanus cajan* in Semi-Arid Zone of Kongelai, West Pokot County. Open Journal of Forestry, 4(1): 34-37.
- ۱۷- Gulshan, A.B., Saeed, H.M., Javid, S., Meryem, T., Atta, M.I., Amin-ud-Din, M., 2013. Effects of animal manure on the growth and development of OKRA (*Abelmoschus esculentus* L.). ARPN. Journal of Agricultural and Biological Science, 8(3): 213-218.
- ۱۸- Han, S., Lee, D., 2006. Effect of inoculate on with phosphate and potassium co-in solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant, Soil and Environment, 52:130-136.
- ۱۹- Hana, S.H., Anb, J.Y., Hwangc, J., Kima, S.B., Park, B.B., 2016. The effects of organic manure and chemical fertilizer on the growth and nutrient concentrations of yellow poplar (*Liriodendron tulipifera* Lin.) in a nursery system. Forest Science and Technology, 1-7.
- ۲۰- Javaid, A., Bajwa, R., 2011. Effect of Effective Microorganism Application on Crop Growth, خصوصیات بیوشیمیایی پایه‌های رویشی بادام. مجله پژوهش‌های گیاهی (زیست‌شناسی ایران)، ۲۸(۳): ۵۲۴-۵۶۰.
- ۷- شهریاری، ع.، نوری، س.، اصالح، ف.، نوری، غ.، زابلی، م. ۱۳۸۹. بررسی اثرات متقابل پساب، سوپرچاذب و بافت خاک بر رشد گونه قره داغ (*Nitraria schoberi*) مرتع، ۴(۴): ۵۶۴-۵۷۳.
- ۸- صمدیان ساربانقلی، و.، عباس‌زاده ب.، طبایی عقدایی، ر.، لایق حقیقی، م. ۱۳۹۰. ماندگاری و اثربخشی کودهای تلفیقی بر عملکرد گل محمدی (*Rosa damascene* Mill) ششمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی.
- ۹- عصری، ی. ۱۳۹۱. گیاهان مرتعی ایران: دو لپه ای ها. موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، ۵۲۸ ص.
- Yield, and Nutrition in *Vigna radiata* (L.) Wilczek in Different Soil Amendment Systems. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 42: 2112-2121.
- 21- Kaundal, B., Dalai, S., Choudhury, S.R. 2017. Nanomaterial Toxicity in Microbes, Plants and Animals. Nanoscience in Food and Agriculture, 5: 243-266.
- 22- Klocke, A.R., Stein, D.A., 2016. The effects of compost and polyacrylamide hydrogel on the revegetation of eroded southern aspects in the western rangeland. Undergraduate Theses and Professional Papers.
- 23- Lu, M.M.D., De Silva, DMR., Peralta, EK., Fajardo, AN., Peralta, MM., 2015. Effects of Nanosilica Powder from Rice Hull Ash on Seed Germination of Tomato (*Lycopersicon esculentum*). Philippine e-Journal for Applied Research and Development, 5:11-22.
- 24- Mahmoodzadeh, H., Aghili, R., 2014. Effect on germination and early growth characteristics in wheat plants (*Triticum aestivum*. L) seeds exposed to TiO₂ nanoparticles. Journal of Chemical Health Risks, 4(1):1-10.
- 25- McDonald, M.B., 2000. Seed priming. (eds.M.Black and J.D.Bewley). Sheffield Academic Press, 287-325.
- 26- Minaxi, I., Saxena, J., Chandra, S., Nain, L., 2013. Synergistic effect of phosphate solubilizing rhizobacteria and arbuscular mycorrhiza on growth and yield of wheat plants. Journal of Soil Science Plant Nutrient, 13: 2. 511-525.
- 27- Moameri, M., Abbasi Khalaki, M.A., 2017. Capability of *Secale montanum* trusted for

- phytoremediation of lead and cadmium in soils amended with nano-silica and municipal solid waste compost. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-8.
- 28- Moameri, M., Jafari, M., Tavili, A., Motasharezadeh, B., Zare Chahouki, M.A., Madrid Diaze, F., 2018. Investigating lead and zinc uptake and accumulation by *Stipa hohenackeriana* trin and rufr. In field and pot experiments. *Bioscience Journal*, 34(1): 138-150.
- 29- Mohsenzadeh, S., Malboobi, M., Razavi, A., Farrahani, K., Aschtiani, S., 2006. Physiological and molecular responses of *Aeluropus lagopoides* (Poaceae) to water deficit. *Environmental and Experimental Botany*, 56: 314-322.
- 30- Olle, M., Williams, I., 2015. The Influence of Effective Microorganisms on the Growth and Nitrate Content of Vegetable Transplants. *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, 2(1): 25-28.
- 31- Olle, M., Williams, I.H., 2013. Effective microorganisms and their influence on vegetable production - a review. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 88(4):380-386.
- 32- Sahu, S.C., Casciano, D.A., 2014. *Handbook of Nanotoxicology, Nanomedicine and Stem Cell Use in Toxicology*. Wiley press, 450p.
- 33- Sairam, R., Srivastava, G., 2002. Changes in antioxidant activity in sub-cellular fractions of tolerant and susceptible wheat genotypes in response to long term salt stress. *Plant Science*, 162: 897-904.
- 34- Shokouhian, A.A., Davarinejad, Gh.H., Imani, A., Rasoulzadeh, A., 2013. Effect of effective microorganisms in water stress conditions on formation of flower buds of two *Prunus dulcis* genotypes. *Journal of Horticulture Science*, 27(2): 217-226.
- 35- Shokouhian, A.A., Davarynejad, GH., Tehranifar, A., Imani, A., Rasoulzadeh, A., 2013. Investigation of effective microorganisms (EM) impact in water stress condition on growth of Almond (*Prunus dulcis* Mill) Seedling. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 3(2): 86-92.
- 36- Sifola, M.I., Barbieri, G., 2006. Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. *Science of Horticulture* 108: 408-413.
- 37- Singh, D.K.N., Agrawal, K.N., 1977. Effect of varieties, soil covers, forms of nitrogen and seed soaking on the uptake of major nutrients (NPK) in late sown wheat. *Indian Journal Agronomy*, 22:96-98.
- 38- Talaat, N.B., Ghoniem, A.E., Abdelhamid, M.T., Shawk, B.T., 2015. Effective microorganisms improve growth performance, alter nutrients acquisition and induce compatible solutes accumulation in common bean (*Phaseolus vulgaris*L.) plants subjected to salinity stress. *Plant Growth Regulating*, 75:281-29
- 39- Yousefian, M., Jafari, M., Tavili, A., Arzani, H., Jafarian, Z., 2018. The Effects of Superabsorbent Polymer on *Atriplex lentiformis* Growth and Soil Characteristics under Drought Stress (Case Study: Desert Research Station, Semnan, Iran). *Journal of Rangeland Science*, 8(1): 65-76.
- 40- Yuvakkumar, R., Elango, V., Rajendran, V., Kannan, N.S., Prabu, P., 2011. Influence of Nanosilica Powder on the Growth of Maize Crop (*Zea Mays* L.). *International Journal of Green Nanotechnology*, 3:180-190.
- 41- Zanine, A.M., Ferreira, D.J., 2015. Animal Manure as a Nitrogen Source to Grass. *American Journal of Plant Sciences*, 6: 899-910.
- 42- Zydlik, P., Zydlik, Z., 2008. Impact of biological effective microorganisms (em) preparations on some physico-chemical properties of soil and the vegetative growth of apple-tree rootstocks. *Nauka Przyroda Technologie*, 2(1): 1-8.

Effect of some growth facilitators on the growth parameters *Onobrychis sativa* Lam. in greenhouse

Alijafari E.¹, Moameri M.² and Ghorbani A.¹

¹ Dept. of Natural Resources, Faculty of Agriculture and natural Resources, University of Mohagheh Ardabili, Ardabil, I. R. of Iran

² Dept. of Plant Sciences, Faculty of Agriculture Meshginshar, University of Mohagheh Ardabili, Ardabil, I. R. of Iran

Abstract

This research was performed to investigate effect of growth facilitators on growth and functional characteristics of *Onobrychis sativa* Lam. in a factorial structure with a completely randomized design in greenhouse. Growth facilitators included potassium Nano-silicate (0, 500 and 1000 mg/l), hydrogel of Bolorab (0, 10 and 30 g/kg), EM (0, 1 and 2%) and animal manure (0, 100 and 200 g/kg). At the end of growth, to investigate effect of growth facilitators on growth of *O. sativa* were measured fresh and dry weight of aerial organs and root, root length, plant height, volume root, aerial organs volume, establishment percentage, leaf area, photosynthesis rate, chlorophyll index, leaf relative water content, electrolyte leakage and curtain stability index. The results showed that the highest amount of dry weight (27.89 g/pot), root length (28.78 cm), plant height (70.70 cm), root volume (7.10 cm³), aerial organ volume (23.50 cm³), establishment percentage (70.80%), leaf area (4359.92 cm²/pot), photosynthesis rate (14.19 μmol/m² s) and chlorophyll index (7.9) was observed in the treatment of animal manure 200 mg/kg. Other treatments also had desirable effects on growth and functional characteristics of *O. sativa*. Therefore, these treatments can be used in rangelands improvement and reclamation projects, and the conversion of abandoned dry farming lands and low-yield dry farming lands to pasturelands for the forage production.

Key words: plant growth, potassium Nano-silicate, EM, animal manure, Bolorab.