اثر کاربرد نانوکود بیولوژیک در کاهش اثر سوء تنش آبی بر عملکرد و درجه سبزینگی اسفناج در یک خاک آهکی

لیلا زارع [۱]، عبدالمجید رونقی [۲]
۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، ۲- استاد بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

چکیده
در مناطق خشک و نیمه خشک، کمبود آب از مهم‌ترین عوامل موثر در کاهش عملکرد و جذب عناصر غذایی توسط گیاهان می‌باشد. لذا امکان دارد استفاده از کودهای مناسب اثرات سوء تنش آبی بر گیاه را کاهش داده و دستیابی به عملکرد بالا را سبب شود. به منظور مطالعه اثر نانوکود بیولوژیک در کاهش اثر سوء تنش آبی بر درجه سبزینگی و عملکرد اسفناج در یک خاک آهکی، آزمایش گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل (۴×۳) و در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل ۴ سطح نانوکود بیولوژیک (۰، ۰/۵/۲، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و سه سطح تنش آبی (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه) بود. نتایج نشان داد که کاربرد نانوکود بیولوژیک تحت شرایط تنش آبی به دلیل بهبود فراهمی عناصر غذایی خاک، سبب افزایش معنادار درجه سبزینگی و وزن خشک اندام هوایی اسفناج در مقایسه با تیمار شاهد شد و اثر سوء تنش آبی را بر رشد گیاه اسفناج کاهش داد.

واژه های کلیدی: نانوکود بیولوژیک، تنش آبی، اسفناج، درجه سبزینگی، وزن خشک.

مقدمه
مفهوم تنش در گیاه عبارت است از تاثیر منفی و شدید تعداد زیادی از عوامل زنده یا غیرزنده موجود در محیط زیست، که بر رشد طبیعی گیاه اثر گذاشته و منجر به اختلال در روند تولید ماده خشک و کاهش عملکرد شود (فیشر و وود، ۱۹۸۹). در میان عوامل محدود کننده طبیعی رشد گیاهان، کمبود آب مهمترین عاملی است که به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک جهان به طرق مختلف سبب محدودیت کاشت و کاهش عملکرد محصولات غذایی می‌شود. محدودیت منابع آبی، توزیع نامناسب بارش سالیانه در طول فصل‌های مختلف سال و عدم مدیریت صحیح منابع موجود، سبب افت شدید عملکرد در مناطق فوق الذکر می‌شود (ایاک، ۱۹۹۶). با بهره‌گیری از فناوری نانو در طراحی و ساخت نانوکودها، فرصت‌های جدیدی به منظور افزایش راندمان مصرف عناصر غذایی و به حداقل رساندن هزینه‌های حفظ محیط زیست ایجاد شده است. نانوکودها راندمان مصرف زیادی دارند و می‌توانند به صورت مطلوب در محل مناسبی از ناحیه رشد ریشه عناصرغذایی خود را آزاد کنند و در نتیجه از بروز پدیده مردابی شدن آب‌های ساکن و همچنین آلودگی آب آشامیدنی، جلوگیری به عمل خواهد آمد (نادری و دانش شهرکی، ۱۳۸۹). مطالعات بر روی کودهای آلی نانو نشان داد که این کودها نسبت به کودهای شیمیایی که معمولا در مزارع استفاده می‌شود، سبب افزایش کمی و کیفی محصول از طریق جذب و انحلال آلاینده‌های زیست محیطی مانند دی‌اکسیدکربن، نیتروژن (نیتراتی و آمونیومی) و نیتریت شده و اثر وجود آهن در این کود در چرخه تنفسی گیاهان، ممکن است اثرات قابل توجهی به عنوان یک عامل افزایش اکسیژن در محیط زیست و چرخه‌های زیستی، علاوه بر افزایش عملکرد داشته باشد. علاوه بر این، این نوع کودها حامل سایر عناصر مانند گوگرد، منیزیم و عناصر کم مصرف مانند آهن، روی و بور است که به طور کامل با محیط زیست سازگار هستند. در این کودها عناصر کم‌مصرف به شکل‌های قابل دسترس و مفید برای گیاهان است (موسی‌پور و همکاران، ۲۰۱۳). جمال‌پور (۱۳۹۳) در پژوهشی بر روی سیب زمینی (رقم آگریا) نشان داد که کاربرد نانو کود بیولوژیکی در ترکیب با کودهای شیمیایی نیتروژنی و فسفری باعث بهبود ویژگی های کمی و کیفی سیب زمینی و کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌شود. طاهونه ساز مقدم (۱۳۹۲) نیز بیان داشت که مصرف خاکی همراه با محلولپاشی نانوکود پتاسیم، می‌تواند به عنوان راهکار علمی به‌زراعی برای تعدیل اثر منفی تنش شوری بر گیاه نخود مدنظر باشد. در مطالعه‌ایی که غفاری و همکاران (۲۰۱۳) به منظور بررسی اثر منابع مختلف آهن بر عملکرد گندم در مزرعه انجام دادند، مشخص شد که بیشترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کل محتوی کلروفیل، مربوط به تیمار نانواکسید آهن بود. عملکرد بیولوژیکی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت نیز با مصرف نانواکسید آهن افزایش یافت.
با توجه به نقش موثر نانوکودها بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان به‌ویژه در شرایط تنش آبی و با توجه به اینکه مطالعات اندکی در این زمینه صورت گرفته است، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر کاربرد نانوکود بیولوژیک در کاهش اثر سوء تنش آبی بر درجه سبزینگی و وزن خشک گیاه اسفناج در یک خاک آهکی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها
جهت انجام این تحقیق، مقدار کافی خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک آهکی سری دانشکده (Fine, mixed, mesic, Typic, Calcixerepts) واقع در منطقه باجگاه (شیراز) جمع‌آوری شد. پس از هوا خشک کردن خاک و عبور از الک دو میلی‌متری

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مطابق روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد (جدول ۱). نانوکود بیولوژیک (چند منظوره بیوزر) نیز در آزمایشگاه بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز تجزیه شیمیایی شد (جدول ۲).

آزمایش به صورت فاکتوریل (۳×۴) و در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل چهار سطح نانوکود بیولوژیک (۰، ۵/۲، ۵ و ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک معادل ۰، ۵، ۱۰ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار) و سه سطح رطوبت خاک (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه (FC)) بود. بر اساس نتایج آزمون خاک عناصر غذایی مورد نیاز برای جلوگیری از کمبود احتمالی به خاک‌ها به صورت یکنواخت اضافه شد. در هر گلدان ۶ بذر اسفناج در عمق مناسب کاشته و رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه رسانده شد. هنگامی که ارتفاع گیاهان به حدود ۱۰ سانتی‌متر رسید، تعداد دانهال‌ها به ۳ عدد کاهش یافت و سپس سطوح نانوکود بیولوژیک چند منظوره به گلدان‌ها اضافه شدند (براساس توصیه شرکت سازنده کود). از آن زمان به بعد آبیاری به صورت روزانه با رساندن رطوبت به مقادیر ذکر شده در تیمارهای رطوبتی خاک، انجام شد. قبل از برداشت گیاهان، کلروفیل (درجه سبزی اندام هوایی گیاهان) با استفاده از کلروفیل متر دستی (SPAD ۵۰۲) قرائت شد. ۸ هفته بعد از جوانه زنی، کل گیاه از محل طوقه قطع و پس از شستشو با آب مقطر، در دمای ۶۵ درجه سیلسیوس در آون تا رسیدن به وزن ثابت خشک و سپس توزین شدند. تجزیه و تحلیل داده های به دست آمده به وسیله‌ی نرم افزار SAS و مقایسه ی میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و در سطح آماری ۵ درصد انجام شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

خاک	نیتروژن کل(%)	فسفر قابل استفاده (Mg/Kg)	اهن (Mg/Kg)	روی (Mg/Kg)	مس (Mg/Kg)	منگنز (Mg/Kg)	بافت	EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	کربنات کلسیم معادل %
سری دانشکده	۱۳/۰	۱۲	۲/۵	۳۶/۰	۸۱/۰	۶/۱۵	رسی-سیلتی	۷۴/۰	۸/۷	۳۸

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی نانوکود بیولوژیکی

ویژگی شیمیایی	نیتروژن کل (%)	فسفر قابل استفاده (Mg/Kg)	غلظت آهن (Mg/Kg)	غلظت روی (Mg/Kg)	غلظت منگنز (Mg/Kg)	غلظت مس (Mg/Kg)	EC نسبت (۱:۵ کود به آب) ($dS\ m^{-1}$)	pH(۱:۵ کود به آب)
نانوکود بیولوژیکی	۱۱/۱	۱۳۷۵	۲۲۴۷	۲۵۳۴۰	۲۸۰	۹/۲۷	۹/۲۷	۴۵/۶

نتایج و بحث

الف) درجه سبزینگی گیاه اسفناج

نتایج داده‌های مربوط به اثر کاربرد نانوکود بیولوژیکی تحت تنش آبی بر اعداد قرائت شده توسط کلروفیل‌متر در جدول ۳ نشان داد که افزایش سطح نانوکود بیولوژیکی (نانوکود) سبب افزایش معنی‌دار اعداد قرائت شده توسط کلروفیل‌متر (کلروفیل) در اسفناج شد. بیشترین میانگین غلظت کلروفیل مربوط به تیمار ۱۰ میلی‌گرم نانوکود در کیلوگرم خاک بود که به میزان ۱۷ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. هرچند با سطح ۵ میلی‌گرم تفاوت معناداری از نظر آماری نداشت. پرساد و همکاران (۲۰۱۲) در کاربرد منابع روی (نانواکسید روی و سولفات روی) بر بادام زمینی، بیشترین میزان کلروفیل برگ را در کاربرد ۱۰۰۰ میلی‌گرم نانو اکسید روی در کیلوگرم خاک مشاهده کردند.

افزایش سطح تنش آبی نیز میانگین غلظت کلروفیل برگ اسفناج را به طور معناداری افزایش داد (جدول ۳). بدین ترتیب که در تنش آبی ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه میانگین غلظت کلروفیل به ترتیب ۶/۲۱ و ۲/۵ درصد بیشتر از تیمار شاهد (بدون تنش آبی) بود. با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل برگ کاهش، ولی نسبت کلروفیل a/b افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد افزایش این نسبت، سبب تیره شدن برگ‌ها و افزایش عدد کلروفیل‌متر می‌شود (صالحی و همکاران، ۱۳۸۲). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش سطوح کود و تنش آبی بر میانگین غلظت کلروفیل (اعداد قرائت شده توسط کلروفیل‌متر) معنی‌دار نبود، اما در هر

یک از سطوح بدون تنش آبی و تنش آبی ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه، کاربرد ۱۰ میلی‌گرم نانوکود به ترتیب سبب افزایش ۲۳ درصدی، ۱۹ درصدی و ۱۴ درصدی میانگین غلظت کلروفیل گیاه اسفناج نسبت به تیمار شاهد در همان سطح از تنش شد.

جدول ۳- اثر تنش آبی و کاربرد نانوکود بیولوژیک بر اعداد قرائت شده توسط کلروفیل‌متر در برگ اسفناج

سطوح رطوبتی (درصد ظرفیت مزرعه)	نانوکود بیولوژیکی (میلی‌گرم در کیلوگرم)				میانگین
	۰	۵/۲	۵	۱۰	
۱۰۰	۲/۴۰* e	۳/۴۵ c	۵/۴۹ b	۱/۴۹ b	**۰/۴۶ C**
۸۰	۱/۴۴ c	۹/۴۴ c	۶/۵۲ b	۸/۵۱ b	**۴/۴۸ B**
۶۰	۴/۵۲ b	۰/۵۳ b	۶/۵۹ a	۰/۵۹ a	**۰/۵۶ A**
میانگین	**۶/۴۵ B**	**۷/۴۷ B**	**۹/۵۳ A**	**۳/۵۳ A**	

در هر ردیف یا ستون اعداد دارای حروف مشابه از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.* اثرات اصلی با حروف بزرگ نشان داده شده است.

ب) وزن خشک اندام هوایی اسفناج

داده‌های مربوط به اثر کاربرد نانوکود بیولوژیکی (نانوکود) تحت تنش آبی بر وزن خشک اندام هوایی اسفناج در جدول ۴نشان داده شده است. افزایش سطوح نانوکود بیولوژیکی (نانوکود) سبب افزایش معنی‌دار میانگین وزن خشک اندام هوایی اسفناج شد. بدین ترتیب که بیشترین میانگین وزن خشک اندام هوایی اسفناج در تیمار ۵ میلی‌گرم نانوکود در کیلوگرم خاک مشاهده شد که به میزان ۱۶ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد. هرچند با تیمار ۱۰ میلی‌گرم نانوکود از نظر آماری تفاوت معناداری نداشت. پرساد و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی بر روی بادام زمینی، بالاترین وزن خشک غلاف را در کاربرد ۲۰۰۰ میلی‌گرم نانو اکسید روی در کیلوگرم خاک مشاهده کردند که نسبت به کاربرد کود شیمیایی ۳۰ NPK، درصد افزایش معنادار داشت. دروسا و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که استفاده از نانوکودها به دلیل قرار گرفتن ذرات نانو بر سطوح ریشه و جذب توسط گیاه، سبب افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی و در نتیجه افزایش عملکرد می‌شوند.

بررسی نتایج نشان داد که با افزایش سطوح تنش آبی، میانگین وزن خشک اندام هوایی اسفناج به طور معناداری کاهش یافت (جدول ۴). میانگین وزن خشک اندام هوایی اسفناج در سطوح تنش آبی ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه به ترتیب ۲۵ و ۵۲ درصد نسبت به تیمار شاهد کمتر بود. یکی از زیانبارترین اثرات تنش خشکی ایجاد اختلال در روند جذب و تجمع عناصر غذایی است که علاوه بر تلفات کود، باعث کاهش عملکرد می‌گردد (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۷). اثر برهمکنش سطوح کود و تنش آبی بر میانگین وزن خشک اندام هوایی اسفناج معنی‌دار نبود اما در هریک از سطوح تنش آبی (بدون تنش آبی، ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه) کاربرد نانوکود بیولوژیک سبب کاهش اثر سوء تنش آبی بر عملکرد اسفناج شد.

جدول ۴- اثر تنش آبی و کاربرد نانوکود بیولوژیک بر وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان) اسفناج

سطوح رطوبتی (درصد ظرفیت مزرعه)	نانوکود بیولوژیکی (میلی‌گرم در کیلوگرم)				میانگین
	۰	۵/۲	۵	۱۰	
۱۰۰	۳۵۳/۸ * b	۷۵۳/۸ ab	۳۵۷/۹ a	۳۷۳/۹ a	**۹۵۹/۸ A**
۸۰	۱۳۰/۶ d	۶۶۷/۶ cd	۰۷۰/۷ c	۰۳۳/۷ c	**۷۲۵/۶ B**
۶۰	۶۲۳/۳ f	۲۶۳/۴ e	۶۵۷/۴ e	۶۲۷/۴ e	**۲۵۳/۴ C**
میانگین	**۰۳۶/۶ C**	**۵۶۱/۶ B**	**۰۲۹/۷ A**	**۰۱۱/۷ A**	

در هر ردیف یا ستون اعداد دارای حروف مشابه از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.* اثرات اصلی با حروف بزرگ نشان داده شده است.

به طور کلی نتایج نشان داد کاربرد نانوکود بیولوژیک تحت شرایط تنش آبی (احتمالا به دلیل قرار گرفتن ذرات نانو در نزدیکی ریشه و احتمال جذب بیشتر توسط گیاه) سبب افزایش غلظت عناصر غذایی در اندام هوایی گیاه و در نتیجه بهبود عملکرد اسفناج شد و اثرات سوء تنش آبی را بر گیاه کاهش داد . با توجه به اینکه در مناطق خشک و نیمه خشک، تنش آبی یکی از مهمترین تنش های محیطی محسوب می‌شود و از زیانبارترین اثرات آن ایجاد اختلال در روند جذب عناصر غذایی است که علاوه بر تلفات کود، باعث کاهش عملکرد نیز مي‌گردد، بنابراین استفاده از نانوکودها می‌تواند راهکار مناسبی برای مدیریت تغذیه گیاه به ویژه در شرایط تنش محیطی باشد.

منابع

جمال‌پور، س. ۱۳۹۳. تاثیر نانو کود بیولوژیک (بیوزر) در مقایسه با کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر بر روی عملکرد و اجزای عملکرد سیب زمینی رقم آگریا. پایانامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی.

صالحی، م.، ع. ر. کوچکی و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۲. میزان نیتروژن و کلروفیل برگ به عنوان شاخصی از تنش خشکی در گندم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۱، شماره ۳، صفحات: ۲۰۴-۱۹۹.

طاهونه ساز مقدم، ز. ۱۳۹۲. اثر نانو کود پتاسیم بر خصوصیات رشدی نخود در شرایط تنش شوری. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی سبزوار.

علیزاده، الف.، الف. مجیدی و ق. نورمحمدی. ۱۳۸۷. تاثیر تنش خشکی و میزان نیتروژن خاك بر جذب عناصر غذایی در ذرت رقم ۷۰۴. مجله پژوهش در علوم کشاورزی، جلد چهارم، شماره ۱، صفحات: ۵۹ تا ۵۱.

نادری، م. ر. و ع. ر. دانش شهرکی. ۱۳۸۹. نانوکودها و نقش آنها در پایداری کشاورزی. اولین کنگره چالش‌های کود در ایران: نیم قرن مصرف کود. ۱۲-۱۰ اسفند ۱۳۸۹ تهران. هتل المپیک.

DeRosa, M. R., C. Monreal, M. Schnitzer, R. Walsh and Y. Sultan. ۲۰۱۰. Nanotechnology in fertilizers. National Nanotechnology Journal. ۵, ۹۱.

Eack, H. V. ۱۹۹۶. Effect of water deficit on yield and yield components and efficiency of irrigated corn. Agronomy Journal, ۷۸: ۱۰۸۳-۱۰۸۹.

Fischer, R. A. and J. T. Wood. ۱۹۷۹. Drought resistance in spring wheat cultivars. III. Yield associations with morpho-physiological traits. Australian Journal of Agricultural Research. ۳۰(۶): ۱۰۰۱ - ۱۰۲۰.

Ghafari, H. and J. Razmjoo. ۲۰۱۳. Effect of foliar application of nano-iron oxidase, iron chelate and iron sulphate rates on yield and quality of wheat. International Journal of Agronomy and Plant Production. ۴ (۱۱):۲۹۹۷-۳۰۰۳.

Moosapoor, N., S. M. Sadeghi and S. Bidarigh. ۲۰۱۳. Effect of boron nanofertilizer and chelated iron on the yield of peanut in province of guilan, iran. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences. ۳ (۴), pp.۴۵-۶۲.

Prasad., T. N. V. K. V., P. Sudhakar, Y. Sreenivasulu, P. Latha, V. Munaswamy, K. Raja Reddy, T. S. Sreeprasad, P. R. Sajanlal and T. Pradeep. ۲۰۱۲. Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. Journal of Plant Nutrition, ۳۵:۹۰۵-۹۲۷.

Abstract

Water shortage in arid and semi-arid regions is the most important factor in the reduction of crops yield and nutrient uptake by plants. Therefore, application of appropriate fertilizers may mitigate the detrimental effects of water stress on yield . In order to study the Influence of Nano-bio fertilizer application on the mitigation of detrimental effect of water stress on dry matter yield (DMY) and chlorophyll meter readings (SPAD units) of spinach in calcareous soil, a greenhouse experiment was conducted. The experiment was a factorial ۴×۳ arranged in a completely randomized design with three replications. The treatments consisedt of four nano-bio frtilizer levels (۰, ۲.۵, ۵ and ۱۰ mg kg^{-1}soil) and three moisture levels (۱۰۰, ۸۰ and ۶۰ % of field capacity (FC)). Results showed that application of nano-bio fertilizer under water stress conditions significantly increased spinach DMY and chlorophyll meter readings (due to the improved nutrients availability in soil) compared to the control and mitigated the detrimental effects of water stress on spinach growth.