دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال یازدهم، شماره سی و نهم، ۱۳۹۸

تأثیر محلول‌پاشی متانول و نانو کود پتاس بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد گندم

فردوس رضائی[۱]، مهرشاد براری[۲]، علی حاتمی [۲]، حمید حسنیان خوشرو[۳]

دریافت: ۹۶/٤/۱٤ پذیرش: ۹٦/۷/۲٤

چکیده

کاربرد محلول‌پاشی متانول روی اندام‌های هوایی گیاهان باعث افزایش عملکرد و تسریع رسیدگی در آن‌ها می‌شود و همچنین استفاده از نانو کودها به منظور کنترل دقیق آزادسازی عناصر غذایی می‌تواند گامی مؤثر در جهت دستیابی به کشاورزی پایدار و سازگار با محیط زیست باشد. به منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی متانول و نانو کود پتاس بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد گندم ، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل، متانول در سه سطح صفر، ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی و نانو کود پتاس در سه سطح صفر، ۲ و ٤ کیلوگرم در هکتار به صورت محلول‌پاشی بودند. نتایج نشان داد کاربرد متانول و نانو کود پتاس بر اجزاء تأثیر معنی‌دار داشتند، و بر هم کنش محلول‌پاشی متانول و نانو کود پتاس بر ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، کلروفیل‌ها و کاروتنوئید تأثیر معنی‌داری داشت. بیشترین تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه از تیمار ۱۵ درصد حجمی متانول + ٤ کیلوگرم در هکتار نانو کود پتاس حاصل شد که نسبت به شاهد به ترتیب ٤۲ و ٤۵ درصد افزایش نشان داد. همچنین اثر تیمار ۱۰ درصد حجمی متانول + ٤ کیلوگرم در هکتار نانو کود پتاس بر رنگیزه‌های فتوسنتزی بیشتر از سایر صفات بود، با توجه به نتایج به دست آمده به طور کلی کاربرد محلول‌پاشی ۱۵ درصد حجمی متانول به همراه ٤ کیلوگرم در هکتار نانو کود پتاس برای افزایش عملکرد گیاه گندم احتمالا می‌تواند موفقیت‌آمیز باشد.

واژه‌های کلیدی: تعداد دانه در سنبله، رنگیزه‌های فتوسنتزی، شاخص برداشت، محلول‌پاشی.

رضایی، ف.، م. براری، ع. حاتمی و ح. حسنیان خوشرو. ۱۳۹۸. تأثیر محلول‌پاشی متانول و نانو کود پتاس بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد گندم. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۹: ۱۹۱-۱۸۰.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه ایلام، ایلام بلوار پژوهش، دانشگاه ایلام، ، ایلام، ایران

۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه ایلام، ایلام بلوار پژوهش، دانشگاه ایلام، ، ایلام، ایران- مسئول مکاتبات.
h.hoseinian@ilam.ac.ir

مقدمه

گندم از جمله غلات مهم جهان محسوب می‌گردد، این گیاه در محدوده وسیعی از شرایط آب و هوایی کشور کشت می‌شود، در ایران به دلیل تأمین غذای غالب مردم از گندم و با توجه به سازگاری مناسب این گیاه به انواع مدیریت‌های زراعی، ایجاد شرایط مطلوب به لحاظ تأمین عناصر غذایی مهم، در راستای افزایش کمی و کیفی عملکرد گندم ضروری به نظر می‌رسد (آینه‌بند و همکاران، ۲۰۱۰).

بر روی برگ اکثر گیاهان زراعی باکتری‌هایی با نام متیلوتروفیک زندگی می‌کنند، این باکتری‌ها قادرند در محیط‌های حاوی کربن زندگی کنند که محیط حاوی متانول یکی از بارزترین آنهاست، متیلوتروفیک‌ها بوسیله‌ی همزیستی با گیاهان، موجب ساخته شدن هورمون‌های رشد مانند اکسین و سایتوکنین شده و سبب افزایش رشد در گیاهان می‌شوند (نادعلی و همکاران، ۱۳۸۹). متابولیسم متانول به افزایش قندسازی در برگ‌ها منجر می‌شود که در نتیجه، فشار آماس و سرعت تثبیت و رشد در گیاهان تیمار شده با آن افزایش می‌یابد (پاک‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۱). محلول‌پاشی متانول همچنین باعث تأخیر پیری برگ‌ها با تأثیر بر روی اتیلن می‌شود که این امر می‌تواند سبب طولانی شدن دوره‌ی فعال فتوسنتزی گیاه شود (حسینی جعفری و مرعشی، ۱۳۹٤). اصلانی و همکاران (۲۰۱۱) نیز ضمن بررسی اثر متانول بر روی گیاه ماش (*Vigna radiate* L.) گزارش کردند که بیشترین تعداد دانه در غلاف و بیشترین شاخص برداشت متعلق به تیمار ۳۰ درصد حجمی متانول و بیشترین عملکرد دانه مربوط به ۲۰ درصد حجمی متانول بود. بر اساس نتایج نصرتی موموندی و همکاران (۱۳۹۵) بیشترین عملکرد دانه گندم به تیمار محلول‌پاشی ۲۰ درصد متانول مربوط بود. در آزمایشی که روی گندم و یولاف انجام شد، اعلام گردید مقدار کلروفیل بعد از محلول‌پاشی متانول افزایش یافت (رامبرگ و همکاران، ۲۰۰۲). نانومورا و بنسون (۱۹۹۲) اعلام نمودند محلول‌پاشی متانول سبب افزایش عملکرد گندم می‌شود.

امروزه نانو کودها فناوری نوینی هستند که با کوچک کردن اندازه ذرات در مقیاس نانو، امکان جذب بسیار بیشتری را فراهم می‌آورند، قابلیت جذب و مصرف بالا هم از طریق خاک (به‌صورت سرک همراه آب آبیاری، دستگاه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی) و هم از طریق برگ (محلول‌پاشی) از ویژگی‌های این نوع کودها به شمار می‌روند، خاصیت آهسته رهاسازی عناصر غذایی نانو کود به استفاده بهینه از عناصر غذایی کمک شایانی می‌کند، از سوی دیگر نانو کمپلکس‌ها در بازه pH وسیعی قابل استفاده هستند (مظاهری‌نیا و همکاران، ۱۳۸۹).

مدیریت کوددهی یکی از بخش‌های مهم مدیریت محصولات زراعی است، در بین عناصر غذایی ضروری گیاهان، پتاسیم علاوه بر افزایش تولید و بهبود کیفیت محصول، سبب افزایش مقاومت گیاهان به شوری، کم‌آبی، انواع تنش‌ها، آفت‌ها و بیماری‌ها گردیده و کارایی آب و کود را افزایش می‌دهد (جعفرزاده و همکاران، ۲۰۱۳).

نتایج توان و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد که کاربرد نانو کود پتاسیم در گندم موجب افزایش معنی‌داری در محتوای کلروفیل a و b در مقایسه با شاهد شد. قاسمی لمراسکی و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه برنج (*Oryza Sativa* L.) داشت، به طوری که با محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم عملکرد دانه بالاتری حاصل شد.

با توجه به اینکه پژوهش‌های معدودی در رابطه با بررسی تأثیر نانو کودها بویژه نانو کودهای پتاسیم بر عملکرد محصولات زراعی انجام‌شده است و با توجه به اینکه متانول به عنوان منبع تولید کننده کربن در گیاهان به شمار می‌رود (احیایی و همکاران، ۲۰۱۰). پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی متانول و نانو کود پتاس بر روی رنگیزه‌های فتوسنتزی و اجزای عملکرد گندم، و ارتباط آن‌ها با عملکرد دانه اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام به مختصات طول جغرافیایی ٤٦ درجه و ۲۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه با ارتفاع ۱۱۷٤ متر از سطح دریا انجام گرفت.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (cm)	اسیدیته	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی (٪)	N (٪)	P (ppm)	K (ppm)	بافت خاک
۰-۳۰	۷/۵۵	۰/۳۰۲	۱/۷٤	۰/۱۰۱	۷	۱۲٦	لومی‌شنی‌رسی

به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش، قبل از کشت، نمونه‌برداری تصادفی انجام شد، بافت خاک مزرعه آزمایشی لومی شنی رسی با اسیدیته ۷/۵۵ و هدایت الکتریکی ۰/۳۰۲ دسی‌زیمنس بر متر بود، که نتایج تجزیه خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ آورده شده است. زمین مورد نظر در سال قبل از اجرای آزمایش زیر کشت گندم بود، آماده‌سازی زمین محل اجرای آزمایش با انجام شخم در مهر ۱۳۹٤ آغاز شد و عملیات تکمیلی تهیه زمین شامل شخم، دیسک و کرت‌بندی در آذر همان سال انجام گرفت. کشت در تاریخ ۱۰ آذرماه ۱۳۹٤ انجام پذیرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل متانول در سه سطح {صفر (بدون محلول‌پاشی)، ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی} و نانو کود پتاس (نانو کود کلات پتاسیم ۲۷ درصد) در سه سطح {صفر (بدون محلول‌پاشی)، ۲ و ٤ کیلوگرم در هکتار} بودند. محلول‌پاشی در یک مرحله و در ابتدای گلدهی، در نظر گرفته شد. فاصله بین تکرارها ۲ متر و بین کرت‌ها ۱ متر بود، بذر گندم رقم کراس سبلان از مرکز تحقیقات کشاورزی ایلام تهیه گردید. مساحت هر کرت ٦ مترمربع، با ابعاد ۲ و ۳ متر و دارای شش خط کشت و با فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر بود. با ورود گیاهان به مرحله گلدهی، محلول‌پاشی متانول و نانو کود پتاسیم به صورت برگی انجام شد. در پایان فصل رشد و پیش از برداشت محصول، پس از حذف اثر حاشیه‌ای، تعداد ۱۵ بوته به صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و صفات ارتفاع بوته، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله اندازه‌گیری شد. در مرحله رسیدگی کامل دانه، با حذف اثر حاشیه نیم متر از طرفین، یک مترمربع از ردیف‌های وسط هر کرت به صورت کامل برداشت گردید و ویژگی‌هایی نظیر عملکرد دانه با رطوبت دانه ۱۲ درصد (عملکرد اقتصادی)، عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شدند و شاخص برداشت (از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک) محاسبه شد.

اندازه‌گیری میزان محتوای کلروفیل و کاروتنوئید بر مبنای روش آرنون (۱۹٤۹) انجام شد، به این صورت که ابتدا ۰/۱ گرم نمونه برگی را در هاون چینی با ۳ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد کاملا ساییده و حجم نهایی عصاره را به ۱۵ میلی‌لیتر افزایش یافت، سپس عصاره با استفاده از سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۵۰۰۰ ×g صاف شد از دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV-160) برای اندازه‌گیری میزان جذب نمونه‌ها استفاده شد، ابتدا دستگاه با استون ۸۰ درصد صفر شده و سپس میزان جذب عصاره استخراج شده در طول موج‌های ٦٤٥، ٦٦۳، ٤۸۰ و ۵۱۰ نانومتر قرائت شد. سپس با استفاده از روابط زیر میزان کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید محاسبه شد:

$$\text{Chl.a } (12.7\times A_{663}) - (2.69\times A_{645})]\times V/1000\times W$$

$$\text{mg/g FW} = [$$

$$\text{Chl.b } (22.9\times A_{645}) - (4.69\times A_{663})]\times V/1000\times W$$

$$\text{mg/g FW} = [$$

$$\text{Chl.T } (20.2\times A_{645}) + (8.02\times A_{663})]\times V/1000\times W$$

$$\text{mg/g FW} = [$$

$$\text{Car mg/g FW} = (A_{480}) - 14.9 \times (A_{510})\times V/1000\times W$$

$$7.6\times$$

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. از نرم افزار Excel جهت رسم نمودارها استفاده گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

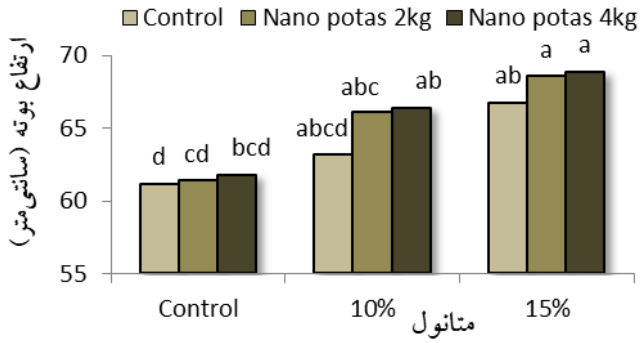
نتایج نشان داد که برهمکنش محلول‌پاشی متانول و نانو کود پتاسیم بر میزان ارتفاع بوته گندم معنی‌دار گردید (جدول ۲). با افزایش درصد حجمی متانول ارتفاع بوته افزایش یافت، به نحوی که این افزایش در همه سطوح در تیمار نانو کود پتاس ٤ کیلوگرم بیش از سایر سطوح نانو کود پتاس بود و ترکیب تیماری ۱۵ درصد حجمی متانول + ٤ کیلوگرم در هکتار نانو کود پتاس باعث افزایش ۱۱ درصدی ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۱).

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر سطوح متانول و نانو کود پتاس بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

		میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد سنبله در بوته	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت
بلوک	۲	۲٦۹/۵۷**	۳/۵۹*	۱۷/۵۹$^{n.s}$	٦۳/۵۱*	۱۳٤۸۳۱٦/٦۸**	۲۲۰۹۷/۵۲**	۰/۲٤۱٤**
متانول	۲	۱۰/۲۸$^{n.s}$	۰/۰۲٤$^{n.s}$	۷/۲۰$^{n.s}$	۲۰/٤۱$^{n.s}$	٤۵٤۷۳/٦۹$^{n.s}$	۱۵۵٦۹/۸۷**	۰/۰۱۱۳**
نانو کود پتاس	۲	۱۵/۵۹$^{n.s}$	۲/٦۲*	۱۰۳/۱۰**	۳/۳۷$^{n.s}$	۱۳۲۹۹۰/٦۳$^{n.s}$	۱۲۰۵۳/۸٤**	۰/۰۰۳۰$^{n.s}$
متانول × نانو کود پتاس	٤	٤۳/۲۹**	۱/۲۳$^{n.s}$	۱۰۲/۵٦**	٦/۹۳$^{n.s}$	۳۹۲٤۷/۹۹$^{n.s}$	٦۹۵۱/٦۰**	۰/۰۰۱۵$^{n.s}$
خطا	۱٦	۷/۲۹	۰/۷٤	۱۸/۲۸	۱۱/۳۷	۵٦۰٤۷/٦۱	٤۸٦/۷۳	۰/۰۰۱٤
ضریب تغییرات		٤/۱۵	۱۳/۳۲	۱۰/۵۹	۹/۰۸	۱٦/٦۱	۵/٦۸	۹/۲۵

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح‌های ۱٪، ۵٪ و معنی‌دار نیست.

احتمالا متانول با افزایش سیتوکینین و افزایش تقسیم سلولی، تحریک رشد و افزایش ارتفاع گیاهان را موجب شده باشد (مائونی و گریک،۱۹۹٤). از آنجا که نانو کودها کارایی مصرف بالاتری دارند و می‌توانند عناصر غذایی خود را بصورت مطلوب در نقطه مناسبی از ناحیه رشد، آزاد کنند این عمل می‌تواند اثر معنی‌داری را در ویژگی‌های رشدی گیاهان ایجاد کند (مظاهری‌نیا و همکاران، ۱۳۸۹). افزایش ارتفاع بوته در سویا (*Glycine max* L.) پس از محلول‌پاشی متانول گزارش‌شده است (میرآخوری و همکاران، ۱۳۸۹). نقش پتاسیم در حفظ پتانسیل آب سلول و کمک به جذب آب توسط گیاه، از دلایل افزایش ارتفاع بوته‌های گندم در واکنش به مصرف کودهای پتاسیمی می‌باشد (حیدری و اصغری‌پور، ۱۳۹۱). گزارش‌شده است که افزایش میزان پتاسیم باعث افزایش ارتفاع گیاهان ذرت شده است (صالحی و همکاران، ۱۳۹۱).

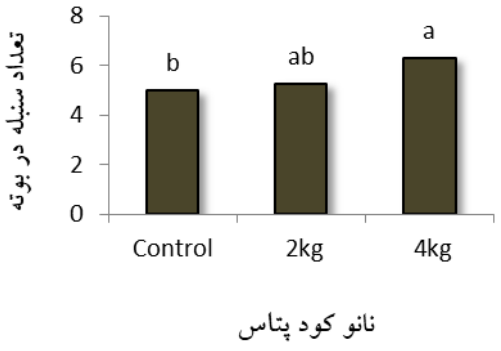


شکل ۱- تأثیر برهمکنش متانول و نانو کود پتاس بر ارتفاع بوته گندم.

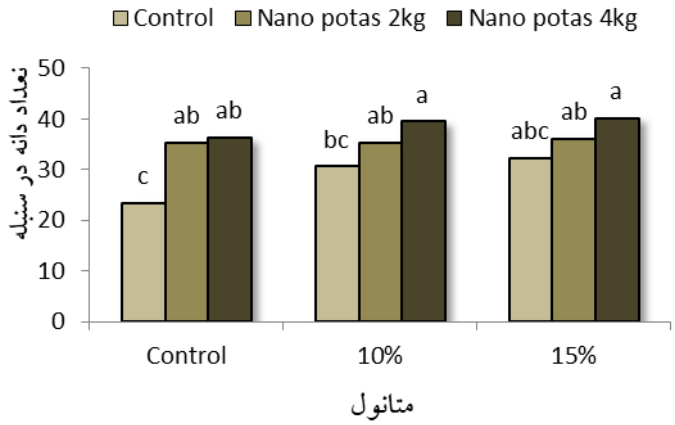
تعداد سنبله در بوته

نتایج نشان داد که اثر محلول‌پاشی نانو کود پتاسیم بر تعداد سنبله در بوته گندم معنی‌دار گردید (جدول ۲). صفت تعداد سنبله، از این نظر که بر عملکرد دانه مؤثر است دارای اهمیت می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده تعداد سنبله در بوته گندم در تیمار محلول‌پاشی ٤ کیلوگرم در هکتار نانو کود پتاس نسبت به شاهد به نحو معنی‌داری بیشتر بود و باعث افزایش ۲۱ درصدی

تعداد سنبله در بوته نسبت به شاهد گردید (شکل ۲). پتاسیم به راحتی در سراسر گیاه حرکت می‌کند و به مقدار زیاد در بخش‌های فعال و در حال رشد گیاه وجود دارد، یون پتاسیم انتقال مواد حاصل از فتوسنتز را تسریع می‌کند که منجر به رشد بهتر گیاهان می‌شود (پاتیال، ۲۰۱۱).



شکل ۲- تأثیر نانو کود پتاس بر تعداد سنبله گندم.



شکل ۳- تأثیر برهمکنش متانول و نانو کود پتاس بر تعداد دانه در سنبله گندم.

تعداد دانه در سنبله

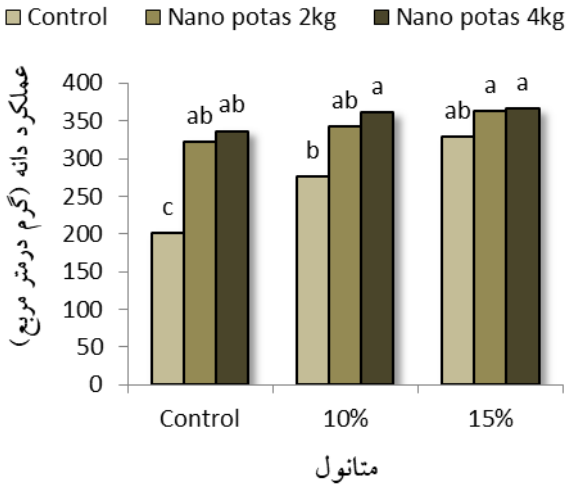
نتایج نشان داد که اثر محلول‌پاشی نانو کود پتاس و برهمکنش متانول + نانو کود پتاس بر صفت تعداد دانه در سنبله گندم معنی‌دار شد (جدول ۲). یکی از صفات مهم در شکل‌گیری عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله است، با افزایش تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در تک بوته و در نهایت عملکرد دانه افزایش می‌یابد. بیشترین تعداد دانه در سنبله در تیمار ۱۵ درصد حجمی متانول + ٤ کیلوگرم در هکتار کود نانو پتاس با متوسط ٤۰/۲٤ حاصل شد به نحوی که این تیمار باعث افزایش ٤۲ درصدی تعداد دانه در سنبله نسبت به شاهد شد (شکل ۳). احتمالا محلول‌پاشی متانول از طریق تأثیر بر ظرفیت فتوسنتزی بوته‌ها و نیز انتقال مواد فتوسنتزی به سمت سنبله‌های در حال رشد توانسته از ریزش سنبله‌ها جلوگیری کرده و بر پر شدن سنبله‌ها اثر مثبت بگذارد، و با توجه به نقش پتاسیم در انتقال مواد پرورده و مواد غذایی، افزایش تعداد دانه بر اثر مصرف آن منطقی به نظر می‌رسد. با افزایش سرعت رشد سنبله و تخصیص بیشتر مواد پرورده فتوسنتزی به سنبله‌های در حال رشد دانه‌های بزرگ‌تر و بیشتری تولید می‌شود، متانول سبب افزایش یون کلسیم در سلول‌های برگ می‌شود که این امر به انتقال مواد فتوسنتزی به سمت سلول‌ها کمک کرده و موجب افزایش ذخیره مواد فتوسنتزی درون سلول‌ها می‌گردد (سوقانی و همکاران، ۱۳۹۰). بیشترین تعداد دانه در غلاف ماش از تیمار ۱۸ درصد متانول و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود (صادقی‌شعاع و همکاران، ۱۳۹۰). بر اساس نتایج نصرتی مومندی و همکاران (۱۳۹۵) بیشترین تعداد دانه در سنبله گندم به تیمار محلول‌پاشی ۲۰ درصد متانول و کمترین تعداد دانه دانه در سنبله به تیمار محلول‌پاشی ۳۰ درصد متانول اختصاص یافت. افزایش تعداد دانه با مصرف پتاسیم را می‌توان با توجه به نقش پتاسیم در افزایش تولید کربوهیدرات و

انتقال سریع آن به دانه‌ها توجیه کرد (یارنیا و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج این پژوهش با نتایج جعفرزاده و همکاران (۲۰۱۳) بر روی گندم مطابقت داشت.

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که اثر محلول‌پاشی متانول و نانو کود پتاس و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲)، به نحوی که بالاترین عملکرد دانه (۳٦٥/۱۰ گرم در مترمربع) متعلق به تیمار محلول‌پاشی ۱۵ درصد حجمی متانول + ٤ کیلوگرم در هکتار نانو کود پتاس و کمترین مقدار آن (۲۰۰ گرم در مترمربع) متعلق به تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی متانول + نانو کود پتاس) بود و ترکیب تیماری ۱۵ درصد حجمی متانول + ٤ کیلوگرم در هکتار نانو کود پتاس باعث افزایش ٤٥ درصدی عملکرد نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ٤). با توجه به اینکه متانول به عنوان منبع کربنی برای گیاهان به شمار می‌آید، محلول‌پاشی گیاهان C_3 با متانول باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (احیایی و همکاران، ۲۰۱۰). پتاسیم با تأثیر مهمی که بر فتوسنتز می‌گذارد سبب ساخته شدن بیشتر مواد فتوسنتزی شده و در نهایت بر روی شاخص برداشت و عملکرد نهایی تأثیر مثبت گذاشته است (روشن‌ضمیر و همکاران، ۱۳۸۹). افزایش عملکرد توسط استفاده متانول به دلیل تأثیر متانول در ممانعت از تنفس نوری ذکر کرده‌اند، همچنین متانول با تأثیر در به تعویق انداختن پیری برگ‌ها سبب فعالیت فتوسنتزی بیشتر آن‌ها می‌شود و عملکرد را بهبود می‌بخشد (سوقانی و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین بیان کرده‌اند که متانول باعث افزایش عملکرد گیاه ماش شده است (اصلانی و همکاران، ۲۰۱۱).

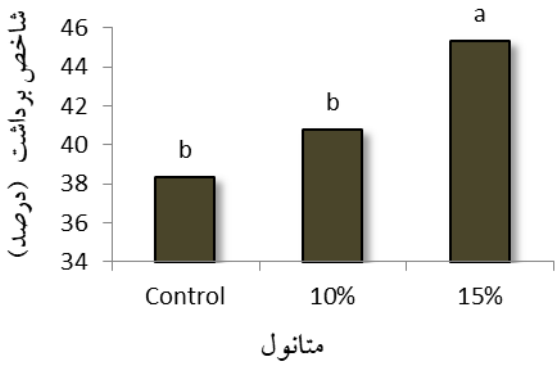
گزارش شده که استفاده از نانو لایه‌های کنشی در طراحی و ساخت کودهای شیمیایی جدید، منجر به افزایش قابل ملاحظه کارایی مصرف عناصر غذایی و متعاقبا عملکرد محصول خواهد شد (دروسا و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج مشابهی نیز در همین مورد در پژوهش‌های جعفرزاده و همکاران (۲۰۱۳) وجود داشت.



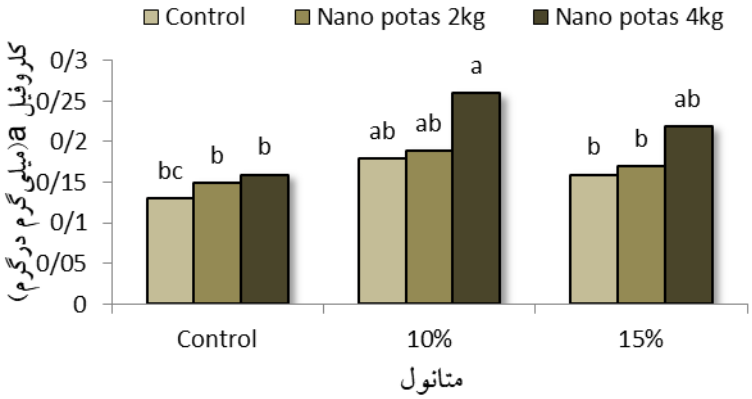
شکل ٤- تأثیر برهمکنش متانول و نانو کود پتاس بر عملکرد دانه گندم

شاخص برداشت

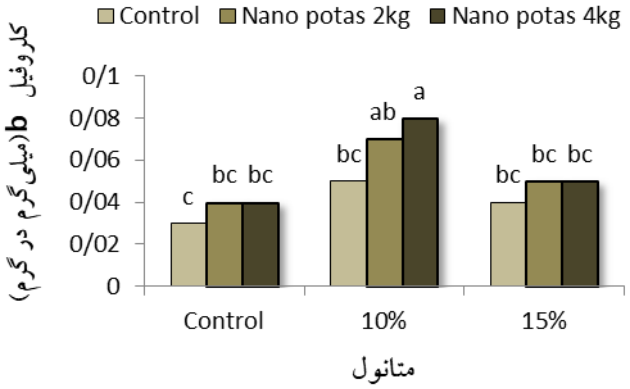
نتایج تجزیه واریانس، نشان داد که اثر محلول‌پاشی متانول بر شاخص برداشت معنی‌دار شد (جدول ۲). با توجه به نتایج به دست آمده در تیمار ۱۵ درصد حجمی متانول معنی‌داری موجب افزایش شاخص برداشت نسبت به سطح ۱۰ درصد متانول و شاهد (عدم مصرف متانول) شد و بین دو سطح ۱۰ درصد و شاهد از نظر شاخص برداشت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۵). در مطالعه میر آخوری و همکاران (۱۳۸۹) بر افزایش شاخص برداشت تحت تیمار متانول به واسطه افزایش عملکرد دانه و زیست توده اشاره شده است، چرا که با عملکرد دانه بالا صورت کسر افزایش یافته و در نهایت باعث افزایش شاخص برداشت می‌شود، این موضوع نشان دهنده آن است که گیاه پس از دریافت متانول توانسته بخش اعظمی از تولیدات خود را صرف تولید دانه کند. اصلانی و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی اثر متانول بر روی گیاه ماش گزارش کردند که بیشترین شاخص برداشت متعلق به تیمار ۳۰ درصد حجمی متانول بود.



شکل ۵- تأثیر محلول‌پاشی متانول بر شاخص برداشت.



شکل ٦-مقایسه میانگین برهمکنش متانول و نانو کود پتاس بر محتوای کلروفیل a.



شکل ۷- مقایسه میانگین برهمکنش متانول ونانو کود پتاس بر محتوای کلروفیل b.

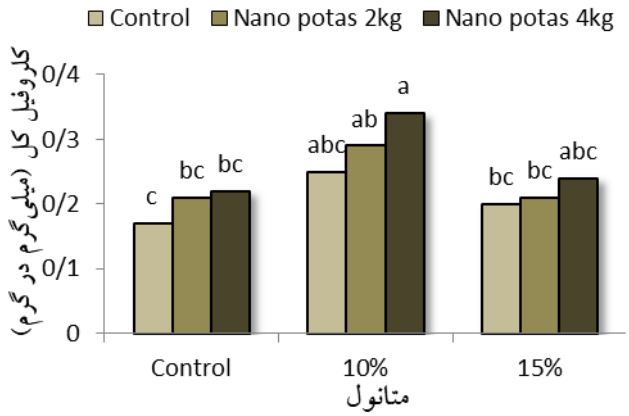
کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید

برهمکنش محلول‌پاشی متانول و نانو کود پتاس بر محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید معنی‌دار گردید (جدول ۳). با مقایسه برهمکنش محلول‌پاشی متانول و نانو کود پتاس مشخص گردید که در تیمار ۱۰ درصد حجمی متانول + ٤ کیلوگرم در هکتار نانو کود پتاس، محتوای کلروفیل a در برگ

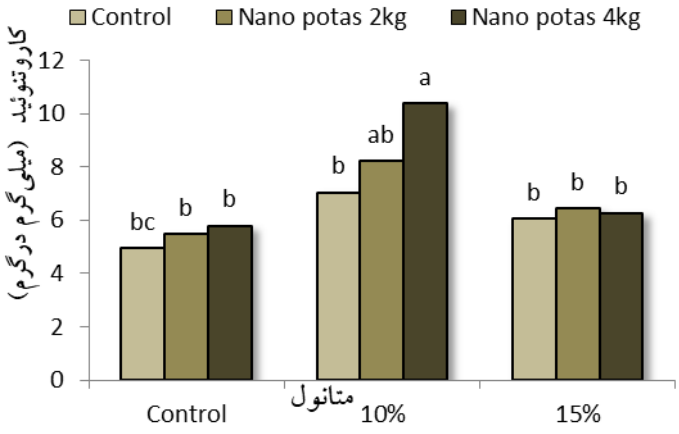
افزایش معنی‌داری، نسبت به شاهد پیدا کرد و این ترکیب تیماری باعث افزایش ۵۰ درصدی محتوای کلروفیل a نسبت به شاهد شد (شکل ٦).

همچنین نتایج نشان داد، تیمار ۱۰ درصد حجمی متانول + ٤ کیلوگرم در هکتار نانو کود پتاس نسبت به سایر سطوح محلول‌پاشی بیشترین اثر افزایندگی را بر محتوای کلروفیل b برگ گندم داشت و این ترکیب تیماری باعث افزایش ٦۲ درصدی محتوای کلروفیل b نسبت شاهد گردید (شکل ۷).

همینطور با بررسی مقایسه میانگین داده‌ها ملاحظه شد که تیمار ۱۰ درصد حجمی متانول + ٤ کیلوگرم در هکتار نانو کود پتاس به صورت معنی‌داری باعث افزایش محتوای کلروفیل کل برگ گندم نسبت به شاهد شد و این تیماراباعث افزایش ۵۰ درصدی محتوای کلروفیل کل نسبت به شاهد گردید (شکل ۸).



شکل ۸- مقایسه میانگین برهمکنش متانول و نانو کود پتاس بر محتوای کلروفیل کل.



شکل ۹- مقایسه میانگین برهمکنش متانول و نانو کود پتاس بر محتوای کاروتنوئید.

نتایج نشان داد، تیمار ۱۰ درصد حجمی متانول + ٤ کیلوگرم در هکتار نانو پتاس نسبت به سایر سطوح محلول‌پاشی بیشترین اثر افزایندگی را بر محتوای کاروتنوئید برگ گندم داشت و این ترکیب تیماری باعث افزایش ۵۲ درصدی محتوای کاروتنوئید نسبت به شاهد شد (شکل ۹).

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر سطوح متانول و نانو کود پتاس بر صفات فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده

		میانگین مربعات			
منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
بلوک	۲	۰/۰۰۰۱۱ $^{n.s}$	۰/۰۰۰۱۹ $^{n.s}$	۰/۰۰۰۲۱ $^{n.s}$	۱/٤٥ $^{n.s}$
متانول	۲	۰/۰۰۰۱۰ $^{n.s}$	۰/۰۰۰۱۸ $^{n.s}$	۰/۰۰۰۲۰ $^{n.s}$	٥/٤٥ $^{n.s}$
نانو کود پتاس	۲	۰/۰۰۰۰۳ $^{n.s}$	۰/۰۰۰۰٤ $^{n.s}$	۰/۰۰۰۰۱٦ $^{n.s}$	۰/٥٦ $^{n.s}$
متانول × نانو کود پتاس	٤	۰/۰۰۰۷۸ *	۰/۰۰۱۰ **	۰/۰۰۱٤ **	۱۲/۱٤ *
خطا	۱٦	۰/۰۰۰۲۰	۰/۰۰۰۰۱٥	۰/۰۰۰۳۳	۳/۳۹
ضریب تغییرات	–	۱۹/٦۰	۱۷/٦۲	۱۸/۹۸	۲۰/٦۳

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح‌های ۱٪، ٥٪ و معنی‌دار نیست.

میزان کلروفیل در گیاهان یکی از فاکتورهای مهم در حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (جیانگ و هانگ، ۲۰۰۱). بین میزان کلروفیل و عملکرد همبستگی مثبتی وجود دارد (سی و سه مرده، ۲۰۰۳). از دلایل تاثیر متانول بر مقدار کلروفیل این است که به نظر می‌رسد متانول محلول پاشی شده بر روی گیاه به سرعت وارد بافت‌های گیاهی شده و می‌تواند با ورود به ساختار سرین متابولیسم کربن گیاه را تغییر دهد و از این طریق بر کلروفیل گیاه تاثیر گذارد (سبک‌رو فومنی و همکاران، ۱۳۸۹).

کومار وکومار (۲۰۰۸) گزارش کردند بالارفتن فعالیت‌های فتوسنتزی می‌تواند ناشی از افزایش محتوای نسبی کلروفیل در برگ‌ها به واسطه نقش پتاسیم در سنتز پیش ماده رنگدانه‌های کلروفیل باشد، و افزایش محتوای نسبی کلروفیل در برگ‌ها تبدیل انرژی تابشی به شکل انرژی شیمیایی اولیه در شکل NADPH و ATP را در کلروپلاست‌ها بهبود می‌بخشد، و از طرفی نتایج پژوهش آباندا و همکاران (۲۰۰٦) و زبیک و همکاران (۲۰۰۳) نیز نشان داد که متانول باعث کاهش تنفس نوری شده و افزایش رشد گیاه، دوام سطح برگ، افزایش شاخص سطح برگ و افزایش دوره فعال فتوسنتزی می‌شود، در نتیجه برهمکنش این دو تیمار (متانول + نانو کود پتاسیم)، متانول با افزایش رشد و دوام سطح برگ و پتاسیم نیز با تأثیری که بر روی محتوای کلروفیل در برگ‌ها دارد، موجب تأثیرگذاری، افزایش میزان کلروفیل و معنی‌دار شدن رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه شده‌اند.

راجالا و همکاران (۱۹۹۸) افزایش مقدار کلروفیل در گندم و یولاف (*Avena sativa* L.) را بعد از محلول‌پاشی متانول اعلام کردند. همچنین نانومورا و بنسون (۱۹۹۲) افزایش میزان کلروفیل b در گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.)تحت تأثیر متانول را گزارش کردند.

عنوان شده است پتاسیم از فاکتورهای مهم در بهبود وضعیت رشد رویشی برگ، مقدار کلروفیل و فعالیت ماده‌سازی برگ می‌باشد، میزان فتوسنتز همزمان با رشد برگ‌های جوان به سرعت افزایش می‌یابد و نهایت آن زمانی است که برگ‌ها به اندازه کامل خود می‌رسند. در این زمان عواملی نظیر اقلیم، رقم، رطوبت و میزان نیتروژن و پتاسیم در خاک بر روی میزان سبزینگی و مقدار کلروفیل تأثیر زیادی دارد (فوکس و همکاران، ۱۹۹٤). نتایج توان و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد که کاربرد کود نانو پتاسیم موجب افزایش معنی‌دار در محتوای کلروفیل a و b برگ گندم در مقایسه با شاهد شد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که برهمکنش محلول‌پاشی متانول و نانو کود پتاس باعث افزایش تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و همچنین افزایش محتوای کلروفیل‌ها و کاروتنوئید گردید. ترکیب تیماری ۱٥ درصد حجمی متانول + ٤ کیلوگرم در هکتار نانو کود پتاس بیشترین تأثیر را بر روی عملکرد و تعداد دانه در سنبله داشت که در این مورد نانو کود پتاسیم از اهمیت بیشتری برخوردار بود، همینطور ترکیب تیماری ۱۰ درصد حجمی متانول + ٤ کیلوگرم در هکتار نانو کود پتاس تأثیر بیشتری روی رنگیزه‌های فتوسنتزی داشت و از اهمیت بیشتری برخوردار بود. لذا می‌توان پیشنهاد کرد جهت افزایش عملکرد گندم، از محلول‌پاشی متانول به همراه نانو کود پتاس، استفاده شود.

منابع

پاک‌نژاد، ف.، م. ب. خشامن و م. صادقی‌شعاع. ۱۳۹۱. اثر تنش خشکی و متانول بر محتوی کلروفیل، رطوبت نسبی و پایداری غشای سیتوپلاسمی سویا رقم ویلیامز، پژوهش‌های به‌زراعی. ٤(٤): ٣٦٥-٣٤٦.

توان، ط.، م. نیاکان و ع. ع. نوری‌نیا. ۱۳۹۳. اثر کود نانو پتاسیم بر فاکتورهای رشد، سیستم فتوسنتزی و میزان پروتئین گیاه گندم رقم ۸۰۱۹ N. مجله پژوهش‌های اکوفیزیولوژی گیاهی ایران. ۹ (۳): ۷۱-٦١.

حسینی جعفری، ه. و ک. مرعشی. ۱۳۹٤. مطالعه اثر محلول‌پاشی متانول بر صفات فیزیولوژیکی و میزان کلروفیل گندم در شرایط زمانی مختلف در منطقه اهواز. سومین کنگره علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایران.١٢٦-١١٩.

حیدری، م. و م. ر. اصغری پور. ۱۳۹۱. اثر مقادیر مختلف سولفات پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم دانه ای تحت تنش خشکی. مجله پژوهش های زراعی ایران، ۱۰: ٣٨٤-٣٧١.

روشن‌ضمیر، ح.، م. حسینی، ح. میر طالبی و ز. امینی. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر دور آبیاری و سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم. همایش ملی مدیریت کمبود آب و تنش خشکی در زراعت. اقلید. ایران. ۷۱-٦٥.

سبک‌رو فومنی، ک.، م. ن. صفرزاده، م. رنجبرچوبه، ج. دانشیان و ک، سبک رو فومنی. ۱۳۸۹. اثر زمان و مقدار محلول‌پاشی متانول بر رشد و عملکرد توتون ویرجینیا رقم کوکر ۳٤۷. مجله یافته‌های نوین کشاورزی. ٤ (۳): ۲۲۹-۲۱۸.

سوقانی، م.، ف. پاک‌نژاد، ا. نادعلی، ف. الهی‌پناه و م. غفاری. ۱۳۹۰. اثر محلول‌پاشی متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.). مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علف‌های هرز. ۵ (۱۷): ۸۸-۷۹.

صادقی شعاع، م.، ف. پاک نژاد، ع. کاشانی، ت. نورالوندی، و. بیات و م. کاوه. ۱۳۹۰ . تأثیر غلظت‌های مختلف متانول بر عملکرد کمی و کیفی ماش. مجموعه مقالات چهارمین همایش ملی حبوبات ایران. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، اراک، ایران. ۹۵-۱۰۱.

صالحی، ر.، ع. ملکی و ح. دهقان‌زاده. ۱۳۹۱. تأثیر پتاس و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت سینگل کراس ۷۰٤ تحت تنش قطع آبیاری. تولید گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های محیطی. ٤ (۳): ۷۰-٦٠.

قاسمی لمراسکی، م.، ق. نورمحمدی، ح. مدنی، ح. حیدری شریف‌آباد و ح. ر. مبصر. ۱۳۹۳. تأثیر محلول‌پاشی سیلیس و پتاسیم و کاربرد نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام برنج ایرانی طارم هاشمی و طارم محلی (*oryza sativa L.*)، یافته‌های نوین کشاورزی، ۹ (۱): ٦٧-٤٨.

مظاهری‌نیا، س.، ع. ر. آستارایی، ا. فتوت و ا. منشی. ۱۳۸۹. بررسی اثر مصرف اکسید آهن (نانو و معمولی) همراه با کمپوست گرانوله گوگردی بر غلظت آهن و رشد گیاه گندم رقم آتیلا، مجله پژوهش‌های زراعی ایران. شماره ۸: ۸٦١-۸٥٥.

میرآخوری، م.، ف. پاک‌نژاد، م. ر. اردکانی، ف. مرادی، پ. ناظری و م. نصری. ۱۳۸۹. اثر محلول‌پاشی متانول بر عملکرد و اجزاء عملکرد سویا. مجله بوم شناسی کشاورزی، جلد ۲: ٢٤٤-٢٣٦.

نادعلی. ا.، ف. پاک‌نژاد، ف. مرادی، م. نصری و ع. پازوکی. ۱۳۸۹. اثر محلول‌پاشی متانول بر محتوای آب نسبی، محتوای کلروفیل و فلورسانس کلروفیل برگ چغندرقند در شرایط تنش کمبود آب. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ٤١ (٤): ٧٤٠-٧٣١.

نصرتی مومونداي، م.، ا. ر. آرین‌فر، ع. خورگامی و م. سیاح‌فر. ۱۳۹۵. اثر محلول‌پاشی متانول و عناصر ریزمغذی بر صفات مورفولوژیکی گندم در منطقه خرم‌آباد. اولین همایش سراسری پژوهش‌های نوین در کشاورزی و علوم دامی. ٥٤-٤٧.

یارنیا، م.، پ. صفایی، م. ب. خورشیدی‌بنام و الف. فرج‌زاده معماری. ۱۳۸۸ . اثر تنش خشکی و سولفات پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان رقم ایروفلور. فصلنامه یافته‌های نوین کشاورزی، شماره ۳: ۳۳۱-۳۱۷.

Abanda-Nkpwatt, D., M. Musch, J. Tschiersch, M. Soeime and W. Schwab. 2006. Molecula interaction between methylobacterium extorquens and seedling: growth promotion methanol consumption and localization of the methanol emission site.Oxford J, J of Experimental Botany.Exp.Bot. 57(15):4025-4032.

Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenol oxidase in Beta vulgaris. Plant Physio. 24: 1-15.

Aslani, A., M. N. SafarzadehVishekaei, M. Farzi, S. A. NoorhosseiniNiyaki and M. JafariPaskiabi. 2011. Effects of foliar applications of methanol on growth and yield of mung bean (*Vignaradiata* L.) in Rasht. Iran. African J. of Agric Res. 6(15): 3603-3608.

Aynehband, A., M. Tehrani, and D. A. Nabati. 2010. Residue management and N- splitting methods effects on yield, biological and chemical characters of canola ecosystem. J. of food, Agric & Environ. 8 (2): 317-324.

De Rosa, M. R., C. Monreal, M. Schnitzer, R. Walsh and Y. Sultan. 2010. Nanotechnology in fertilizers. Nature Nanotech. 5: 91-92.

Ehyaei, H. R., M. Parsa, M. Kafi and M. Nasiri Mahalati. 2010. Effect of foliar application of methanol and irrigation regimes on yield and yield components of chickpea cultivars. Iranian J. Pulses Res. 1, 37- 48. [In Persian with English Summary].

Fox, R. H., W. P. Piekielex and K. M. Macheal. 1994. Using a chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer needs of winter wheat. Communication in Soil Sci & Plant Analysis. 25(3-4):171-181.

Jafarzadeh, R., M. Jami Moeini and M. R. Hokm Abadi. 2013. Wheat yield response to foliar and soil application of potassium fertilizer Nano. J. of Farming Res. 5 (2): 189 - 97.

Jiang, Y., and N. Huang. 2001. Drough and heat stress injury to two cool-season turf grasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidase. Crop Sci. 41: 436-442.

Kumar, A. R., and M. Kumar. 2008. Studies on the efficacy of sulphate of potash on physiological, yield and quality parameters of Banana cv. Robusta (Cavendish- AAA). Asian J Biologi of Sci. 2:102-109.

Mauney, J. R., and T. J Gerik. 1994. Evaluating methanol usage in Cotton. Proc. Beltwide Cotton Conf., National Cotton Council of America Memphis, TN, USA. 39-40.

Nonomura, A. M., and A. Benson. 1992. The path of carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. Proc. Natl. Acad. Sci. A. 89: 9794-9798.

Patil, R. B .2011. Role of potassium humate on growth and yield of soybean and black gram. International J of Pharma and Bio sci 2(1) 242-246.

Rajala, A., J. Karkkainen, J. Peltonen and P. Peltonen-Sainio. 1998. Folia applications of alcohols failed to enhance growth and yield of C3 crops. Ind. Crop. Prod. 7: 129-137.

Ramberg, H. A., J. S. C. Bradley, J. S. C. Olson, J. N. Nishio, J. Markwell and J. C. Osterman. 2002. The role of methanol in promoting plant growth: an update. Plant Biochemis and Biotech 1:113 - 126.

Sio semardeh, A. 2003. Physiological of growth and yield of wheat cultivar related to drought resistance ATP synthesis. Ph.D. Dissertation, University of Tehran, Iran.

Zbiec, I., S. Karczmarczyk and C. Podsiadlo. 2003. Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. Elec. J. Polish Agri. Univer., Agronomy. 6 (1):1-7.

The effect of nano-potass fertilizer and methanol application on some physiological characters, yield and yield components of wheat

F. Rezaie[1], M. Barary[2], Ali Hatami[2], Hamid Hassanein Khoshro[2]

Received: 2017-7-5 accepted: 2017-10-16

Abstract

Application of methanol foliar on aerial parts of plants increases their yield and accelerates their ripening and also the use of nano-fertilizers for precise control of nutrients release can be an effective step towards achieving sustainable agriculture. In order to evaluate the effect of foliar application of methanol and potash fertilizers on photosynthetic pigments, yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.), a factorial experiment was conducted as a randomized completely blocks design with three replications in 2015-2016 at Research Farm, Ilam University, Ilam, Iran. Factors included three levels of methanol (0), 10 and 15% by volume and three levels of nano-potash fertilizer (0), 2 and 4 per thousand. Results showed that foliar application of methanol had only a significant effect on harvest index. Effect of nano-potash fertilizer on spike per plant was significant. Interaction between nano-potash fertilizer foliar and methanol on grains per spike, plant height, grain yield, chlorophyll and carotenoids was significant, while there was no significant effect on grain weight and biological yield. The highest and the lowest of chlorophyll a, b and total carotenoids contents were found in foliar treatment with 10% methanol and 4 kg nano-potash and control (no application), respectively. The highest grains per spike and grain yield were obtained with 15% methanol and 4 kg nano-potash compared to control treatment (40 and 45 percent), respectively. Overall, results showed that foliar treatment 15% methanol with 4 kg/ha nano-potash could possibly be useful to increase wheat yield.

Key words: foliar application, grains per spike, harvest index, photosynthesis pigments.

1- MSc. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Ilam, Ilam, Iran
2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Ilam, Ilam, Iran