

اثر محلول پاشی متانول و کود کامل کلات بر عملکرد و اجزای عملکرد جو (*Hordeum vulgar L.*) در منطقه الشتر

Effect of methanol and complete chelated fertilizer foliar application on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgar L.*) in the Alashtar region

سجاد حسونند^۱، علی خورگامی^{۱*}، سید حسین وفائی^۲، کاظم طالشی^۱

۱. گروه آگروتکنولوژی، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران. ، (نگارنده مسئول)

۲. گروه گیاه پزشکی، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۱ - شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/aj.2025.362808.1653

چکیده

حسونند، س.، خورگامی، ع.، وفائی، س. ح.، طالشی، ک.، . اثر محلول پاشی متانول و کود کامل کلات بر عملکرد و اجزای عملکرد جو
(*Hordeum vulgar L.*) در منطقه الشتر

نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۷ - شماره ۱- پیاوند ۱۴۲ بهار ۱۴۰۳ صفحه: ۴۶-۲۵

به منظور بررسی اثر محلول پاشی متانول و کود کامل کلات بر عملکرد و اجزای عملکرد جو رقم بهمن، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در منطقه الشتر (استان لرستان) در دو سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶ و ۱۳۹۶-۹۷ انجام شد. تیمارها شامل محلول پاشی متانول در چهار سطح (شاهد، محلول پاشی متانول با غلظت های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی) و محلول پاشی کود کامل کلات در سه سطح شامل (شاهد، محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی و مرحله ۵۰٪ ساقه دهی بوته ها) بودند. نتایج نشان داد که اثر متقابل محلول پاشی متانول × کود کامل کلات بر تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت و پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد؛ و بر ارتفاع بوته و وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود. بیشترین عملکرد دانه در اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی × محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی بوته ها (۱۱۲۷/۵۳ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد، و کمترین آن در تیمار شاهد (عدم محلول پاشی متانول و کود کامل کلات) با میانگین (۸۰۷/۶۱ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. عملکرد دانه در تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی × محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی متانول و کود کامل کلات)، به میزان ۳۹/۶۱ درصد برتری نشان داد. به طور کلی، محلول پاشی متانول و کود کامل کلات توانست از طریق بهبود شاخص های رشد گیاه جو، عملکرد دانه را به طور معنی داری افزایش دهد.

واژه های کلیدی: تغذیه برگی، شاخص برداشت، عملکرد زیست توده، عملکرد دانه، مدیریت تغذیه ای.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: Ali_khorgamy@yahoo.com

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) یکی از مهمترین گیاهان تیره غلات است و به طور گسترده در سطح جهانی کشت می شود و از نظر تولید در رتبه چهارم بعد از گندم (*Triticum aestivum* L.)، ذرت (*Zea mays* L.) و برنج (*Oryza sativa* L.) قرار دارد (Yirgu et al., 2022). در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰، سطح برداشت جو در کشور ۱/۶۸۴/۷۱۴ هکتار بوده است که از این سطح ۷۴۹/۷۲۴ هکتار به صورت آبی و ۹۳۴/۹۹۰ هکتار سطح زیر کشت دیم بوده است (Agricultural statistics of crops, 2022). میزان تولید محصول جو در کشور ۳/۱۷۶/۵۰۲ تن بوده است که از این میزان ۲/۳۹۵/۱۹۳ تن به صورت آبی و ۷۸۱/۳۰۹ تن به صورت دیم برداشت شده است (Agricultural statistics of crops, 2022). همچنین این گیاه جایگاه ویژه ای در تأمین خورک دام و طیور و همچنین برای تولید محصولات غذایی و صنعتی برای انسان دارد (Bekele et al., 2020).

امروزه از کودها به عنوان ابزاری برای دستیابی به حداکثر تولید در واحد سطح استفاده گسترده ای می شود. کودهای شیمیایی علاوه بر افزایش تولید، باید کیفیت محصولات کشاورزی را ارتقاء داده و از طرفی فاقد مخاطرات زیست محیطی به ویژه آلودگی آب های زیر زمینی و تجمع مواد آلاینده نظیر نیترات در اندام های مصرفی محصولات زراعی باشد (Mgolozeli et al., 2022). مصرف کودهای شیمیایی در تولید محصولات زراعی نامتعادل بوده و با نیاز واقعی گیاه انطباق ندارد، به طوری که باور

بر این است که با تداوم روند فعلی مصرف بی رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی علاوه بر کاهش کیفیت خاک سیستم های زراعی، تنوع میکروارگانیزم های خاک نیز کاهش می یابد بنابراین تعیین میزان بهینه کود مصرفی و تغییر روش کاربرد آن علاوه بر افزایش عملکرد باعث کاهش آلودگی های زیست محیطی نیز می شود (Wng et al., 2022).

پژوهشگران گزارش نموده اند که می توان با مدیریت مصرف کودهای شیمیایی و کاربرد متعادل عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان زراعی در راستای تولید پایدار این محصولات، علاوه بر کاهش هزینه های تغذیه این گیاهان نسبت به روش های متداول آن و همچنین پیامدهای زیست محیطی ناشی از مصرف نامتعادل و بیش از نیاز کودهای شیمیایی، عملکرد دانه را تا حد مطلوبی افزایش داد (Taleshi et al., 2020).

محلول پاشی کودها یک راهبرد مؤثر برای افزایش فراهمی و جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان زراعی در طی مراحل رشد و نمو است. فواید محلول پاشی در زمان کمبود یا کاهش دسترسی ریشه ها به دلیل پیری یا شرایط آب و هوایی اثر بخشی بیشتری دارد (Lyu et al., 2022). رشد رویشی و عملکرد محصولات C3 با استفاده از محلول پاشی متانول افزایش می یابد و مصرف کلی آب محصول با اسپری برگی متانول کاهش می یابد (Ebohon et al., 2020) که متانول ممکن است به عنوان یک منبع کربن برای گیاه و یک مهارکننده تنفس نوری عمل کند (Yao et al., 2022). آزمایش های مزرعه ای انجام شده نشان دهنده اثر معنی دار کاربرد

برگی متانول و افزایش رشد محصول و عملکرد اقتصادی جو در اکوسیستم‌های کشاورزی می باشد (Yao *et al.*, 2022; Ebohon *et al.*, 2020). مطالعات نشان داده است که محلول پاشی متانول در غلظت های ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت جو را نسبت به تیمار شاهد به طور معنی داری افزایش می دهد (Moghadas *et al.*, 2013).

وجود عناصر غذایی کم مصرف برای افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی ضروری می باشد، این عناصر دارای نقش مهم و مؤثری در متابولیسم اسیدهای نوکلئیک و پروتئین ها می باشند این عناصر همچنین در فعالیت های آنزیمی گیاهان زراعی و همچنین در ساختار ناقل های الکترون مانند سیتوکروم و پروتئین های مرتبط با فتوسنتز و تثبیت نیتروژن نقش اساسی دارند (Kumar *et al.*, 2018; Dadash Zadeh & Seyed Sharifi, 2017). کاربرد ریزمغذی ها به روش محلول پاشی علاوه بر رفع کمبود عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان زراعی موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی در آنها می شود (Kumar *et al.*, 2018). مطالعات نشان داده است که عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم نان، به طور معنی داری تحت تأثیر کاربرد سطوح مدیریت تغذیه ای قرار دارند به طوری که با کاربرد کود کامل ریزمغذی، رشد و عملکرد ارقام گندم افزایش می یابد (Taleshi *et al.*, 2020). محققان در بررسی اثر محلول پاشی عناصر ریزمغذی بر رشد و عملکرد جو گزارش نمودند که تغذیه برگگی عناصر غذایی،

کارایی مصرف بالاتری نسبت به کاربرد خاکی این عناصر دارد. این محققان همچنین بیان داشتند که ویژگی های رشد و عملکرد مانند ارتفاع بوته، شاخص سبزینگی برگ، تعداد پنجه، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد کاه این گیاه به طور معنی داری نسبت به شرایط عدم محلول پاشی و کاربرد خاکی این عناصر غذایی بیشتر می باشند (Kumar *et al.*, 2018). محلول پاشی کلات آهن و منگنر بر عملکرد و اجزای عملکرد جو نشان داد که کاربرد عناصر ریزمغذی کلاته به صورت محلول پاشی باعث افزایش معنی دار عملکرد دانه، تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک سنبله و سطح برگ نسبت به تیمار عدم محلول پاشی گردید (Zahedi & Alipour, 2018). دیگر محققان گزارش نمودند که محلول پاشی کودهای کلات ریزمغذی موجب افزایش طول پدانکل، طول ریشک، شاخص سطح برگ، شاخص کلروفیل، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، روز تا رسیدگی و وزن سنبله جو شد، این محققان همچنین عنوان کردند که کاربرد عناصر ریزمغذی کلاته به صورت محلول پاشی موجب کاهش هزینه تولید و همچنین جلوگیری از آلودگی بی رویه خاک های زراعی در مقایسه با کاربرد خاکی کودهای شیمیایی می گردد (Yousefipor *et al.*, 2018). محققان گزارش کردند که کاربرد کودهای شیمیایی به دلیل اثرات مضر که بر محیط زیست دارند و مزیت کودهای کلات از نظر آزادسازی تدریجی عناصر غذایی و افزایش

از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک محل آزمایش نمونه برداری انجام شد. خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۲ آورده شده است.

برای تهیه محلولی که شامل غلظت مشخصی از یک ماده است باید تعداد مول مورد نظر از حل شونده را در مقدار کافی حلال، حل کنیم تا به حجم نهایی از محلول برسیم. درصد حجمی مساوی با حجم ماده حل شده تقسیم بر حجم محلول که عدد نهایی در صد ضرب می شود. در واقع اگر محلولی با درصدی مانند ۱۰ درصد مشخص شده است و کل محلول ۱۰۰۰ میلی لیتر می باشد. باید ده درصد را در ۱۰۰۰ ضرب نماییم. و عدد بدست آمده را از ۱۰۰۰ که حجم کلی محلول است کم نماییم عدد بدست آمده مقدار ماده حل شده در محلول است که به صورت مایع وجود دارد. محلول پاشی متانول برای غلظت های مختلف هر سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی در سه مرحله طی فصل رشد بوته ها شامل (مرحله پنجه دهی، ۵۰٪ ساقه دهی و مرحله ۵۰٪ خوشه دهی بوته ها) بر اساس هر یک از غلظت های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی تعیین شده به صورت یکسان برای تیمارهای محلول پاشی متانول در آزمایش انجام شد، و محلول پاشی کود کامل کلات ساخت شرکت فن آور سپهر پارمیس ایران با غلظت ۲ در هزار بر اساس تیمارهای مورد بررسی انجام شد، مشخصات کود کامل کلات ریزمغذی در ادامه جدول ۲ ارائه شده است.

عملیات آماده سازی زمین شامل دو مرحله شخم، دیسک، تسطیح زمین، مرزبندی و ایجاد

راندمان مصرف کود، تیمار محلول پاشی با کودهای ریزمغذی به صورت کلاته جهت حفظ محیط زیست و دستیابی به کشاورزی پایدار پیشنهاد می شود (Javadi et al., 2022).

این مطالعه به منظور بررسی اثر محلول پاشی متانول و کود کامل کلات ریزمغذی در زمان های مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد جو در منطقه الشتر (استان لرستان) انجام شد.

مواد و روش ها

این آزمایش طی دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه ای واقع در منطقه الشتر (استان لرستان) با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۵۶۷ متر از سطح دریا به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. منطقه الشتر دارای آب و هوای معتدل سرد و میانگین بلندمدت بارش سالیانه ۲۵۰ میلی متر می باشد. آمار هواشناسی منطقه طی دو سال زراعی اجرای آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. تیمارهای مورد بررسی شامل محلول پاشی متانول در چهار سطح (شاهد، محلول پاشی متانول با غلظت های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی) و محلول پاشی کود کامل کلات در سه سطح شامل (شاهد، محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه دهی و مرحله ۵۰٪ ساقه دهی بوته ها) بودند. زمین محل اجرای آزمایش در سال زراعی قبل به صورت آیش بود. قبل از انجام آزمایش در هر سال اجرای آزمایش، جهت تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

جدول ۱- آمار بارندگی و دمای محل اجرای آزمایش

Table 1. Rainfall statistics and temperature of the experiment site

Table 1. Rainfall statistics and temperature of the experiment site							
ماه Month	بارندگی Rainfall (mm)	حداقل دمای مطلق Absolute minimum temperature (°C)	حداکثر دمای مطلق Absolute maximum temperature (°C)	تعداد روزهای یخبندان Number of frost days	رطوبت نسبی Relative humidity (%)		
سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶ Cropping Year 2016-2017	مهر September	14	7.4	35.4	0	36	
	آبان October	190.8	1.5	28.2	0	69	
	آذر November	125.4	-4.8	20.4	14	67	
	دی December	57.5	-3.7	18.8	17	65	
	بهمن January	30.6	-5.4	19.2	16	60	
	اسفند February	63.9	-0.2	23	2	58	
	فروردین March	244	-0.6	23.4	0	62	
	اردیبهشت April	17.2	4.5	37	0	52	
	خرداد May	0	8.3	39	0	32	
	سال زراعی ۱۳۹۶-۹۷ Cropping year 2017-2018	مهر September	14	30.7	12.4	0	57
		آبان October	190.8	18.8	7.7	0	91
		آذر November	125.4	12.9	0.5	14	90
دی December		57.5	12.2	0.3	17	87	
بهمن January		30.6	12.6	-0.2	16	84	
اسفند February		63.6	18.7	4.3	2	85	
فروردین March		51.4	21.2	6.1	0	83	
اردیبهشت April		12.6	29.6	10.5	0	59	
خرداد May		0.2	37.3	15.6	0	32	

گرفته شد. بذرها به روش دستی و با تراکم ۴۰۰ دانه در متر مربع در ۶ آبان ماه ۱۳۹۵ و ۵ آبان ماه ۱۳۹۶ کشت شدند. مبارزه با علف های هرز در طی مراحل آزمایش به روش وجین دستی به صورت مستمر انجام شد. جو آبی رقم بهمن در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. آبیاری

جوی برای آبیاری بر اساس عملیات خاک ورزی مورد نیاز در منطقه آزمایش انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به طول شش متر و با فاصله ۲۰ سانتی متر ایجاد شد. فاصله بین کرت ها سه خط نکاشت (۸۰ سانتی متر) و فاصله بین بلوک ها دو متر در نظر

جدول ۲- نتایج تجزیه خاک مزرعه آزمایشی

Table 2. Soil analysis of the experiment site

سال	بافت	رسی	لای	شن	شوری	اسیدیته	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	بور	مس
Year	خاک	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	EC (ds.m ⁻¹)	pH	Organic carbon (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Fe (ppm)	Mg (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)
۹۶-۱۳۹۵	رسی	46	23	31	0.81	7.7	0.99	0.087	9.5	205	3.1	2.2	0.69	7.1	0.74
2016-2017	Clay														
۹۷-۱۳۹۶	رسی	46.31	24.11	29.58	1.18	7.44	1.23	0.094	10.43	245	4.19	3.68	1.57	6.38	0.83
2017-2018	Clay														

ادامه جدول ۲- مشخصات کود کامل کلات مورد استفاده در آزمایش

Cont. Table 2. Characteristics of complete chelated fertilizer used in the experiment

کود پارمیس ۲۰	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	مس	روی	کلسیم	منیزیم	منگنز	بور
Parmis 20 fertilizer	N (%)	P (%)	K (%)	Fe chelate (ppm)	Cu chelate (ppm)	Zn chelate (ppm)	Ca (%)	Mg (%)	(ppm) Mn	B (ppm)
	4	1	2	20000	3000	20000	0.02	3	10000	500

با روش غرقابی در طی مراحل رشد و نمو بر اساس شرایط اقلیمی منطقه و نیاز زراعی گیاه انجام شد.

در پایان مراحل رشد در اواخر خرداد ماه با مشاهده علائم برداشت، بوته های مورد نیاز برای نمونه گیری با در نظر گرفتن اثر حاشیه در سطح دو متر مربع از هر کرت برداشت شد و پس از خشک شدن کامل بوته ها، عملکرد زیست توده و عملکرد دانه اندازه گیری شد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیست توده ضرب در عدد ۱۰۰ محاسبه شد (Taleshi *et al.*, 2020). خصوصیات زراعی شامل (ارتفاع بوته، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله) با انتخاب تصادفی تعداد پنج بوته از هر واحد آزمایشی تعیین شد. اندازه گیری درصد پروتئین دانه از روش هضمی با استفاده از دستگاه کجلدال انجام شد (Moradi *et al.*, 2011). داده های نهایی با استفاده از نرم افزار SAS ver 9.1.3 تجزیه واریانس گردید و مقایسه میانگین تیمارهای مورد بررسی با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای محاسبه ضرایب همبستگی از نرم افزار SPSS و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر محلول پاشی کود کامل کلات و همچنین اثر متقابل سال در محلول پاشی متانول و اثر متقابل محلول پاشی متانول و کود کامل کلات در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع

بوته معنی دار گردید (جدول ۳). بیشترین ارتفاع بوته به ترتیب در تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی بوته ها با میانگین (۱۱۳/۱۶ سانتی متر) و تیمار محلول پاشی متانول با غلظت ۲۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی بوته ها با میانگین (۱۰۹/۰۱ سانتی متر) به دست آمد (هر دو در یک گروه آماری)؛ و کمترین ارتفاع بوته در تیمار شاهد (عدم محلول پاشی متانول و کود کامل کلات) با میانگین (۸۲/۳۵ سانتی متر) به دست آمد (شکل ۱). ارتفاع بوته در تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی متانول و کود کامل کلات) به میزان ۳۷/۴۱ درصد برتری نشان داد (شکل ۱). تحقیقات در گندم نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در تیمار محلول پاشی ۲۰ درصد حجمی متانول و محلول پاشی با نانو کود کلات به دست آمد که افزایش ارتفاع بوته می تواند به دلیل آسیمیلاسیون بیشتر کربن و افزایش رقابت بوته ها برای دریافت نور باشد (Aghaei *et al.*, 2023). محققان گزارش کردند که جذب عناصر غذایی توسط گیاه با محلول پاشی متانول تا غلظتی مشخص بسته به نوع عنصر (برای برخی عناصر غلظت ۲۰ درصد حجمی و برای برخی دیگر ۳۰ درصد حجمی) با افزایش سیتوکنین و افزایش تقسیم سلولی موجب تحریک رشد و افزایش ارتفاع بوته در گندم (Rafiee

جدول ۳- تجزیه واریانس (پمانگین موبعات) مرکب اثر محلولپاشی متانول و کود کامل کلات بر عملکرد و اجزای عملکرد جو
Table 3. Analysis of variance (mean squares) for the combined effect of foliar spraying of methanol and complete chelate fertilizer on yield and yield components of barley

ضریب تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	سنبله در متر مربع	دانه در سنبله	وزن ۱۰۰۰ دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت	بروتین
S.O.V	df	Plant height	Spikes per m ²	Seeds per spike	1000-seed weight	Biological yield	Seed yield	Harvest index	Seed protein
سال	1	0.103 ^{ns}	2.04 ^{ns}	18.10 ^{ns}	19.74 ^{ns}	20963.73 ^{ns}	31684.41 ^{ns}	16.02 ^{**}	3.32 [*]
Year (Y)									
تکرار	4	0.038	2.62	5.22	3.82	43456.16	6184.21	0.416	0.104
Rep (year)									
محلولپاشی متانول	3	0.317 ^{ns}	0.939 ^{ns}	0.276 ^{ns}	23.182 ^{**}	567442.37 ^{**}	43511.49 ^{**}	23.07 ^{**}	3.75 [*]
Methanol foliar spraying (M)									
Y×M	3	0.595 ^{**}	3.12 ^{ns}	3.69 ^{ns}	0.480 ^{ns}	9002.09 ^{ns}	1651.65 ^{ns}	0.334 ^{ns}	0.022 ^{ns}
محلولپاشی کود کامل	2	4.17 ^{**}	5.37 ^{**}	16.21 [*]	17.46 [*]	296344.33 ^{**}	46346.25 ^{**}	25.18 ^{**}	5.18 ^{**}
کلات									
Complete chelate foliar spraying (N)									
Y×N	2	0.107 ^{ns}	1.50 ^{ns}	8.96 ^{ns}	1.829 ^{ns}	32337.10 ^{ns}	109.37 ^{ns}	0.425 ^{ns}	0.014 ^{ns}
M×N	6	3.41 ^{**}	6.82 ^{**}	18.17 ^{**}	19.04 [*]	374325.26 ^{**}	44304.31 ^{**}	19.24 ^{**}	5.57 ^{**}
Y×M×N	6	0.029 ^{ns}	5.46 ^{ns}	9.61 ^{ns}	3.33 ^{ns}	6059.36 ^{ns}	8832.08 ^{ns}	0.016 ^{ns}	0.068 ^{ns}
خطای آزمایش	44	0.098	3.59	0.754	0.255	3493.40	518.04	0.013	0.0157
Error									
ضریب تغییرات	-	11.79	12.82	9.39	8.16	12.95	10.12	8.18	7.55
CV (%)									

***، **، * معنی دار در سطح احتمال (p≤۰/۰۱)؛ **، * معنی دار در سطح احتمال (p≤۰/۰۵) و ns معنی دار نبودن.

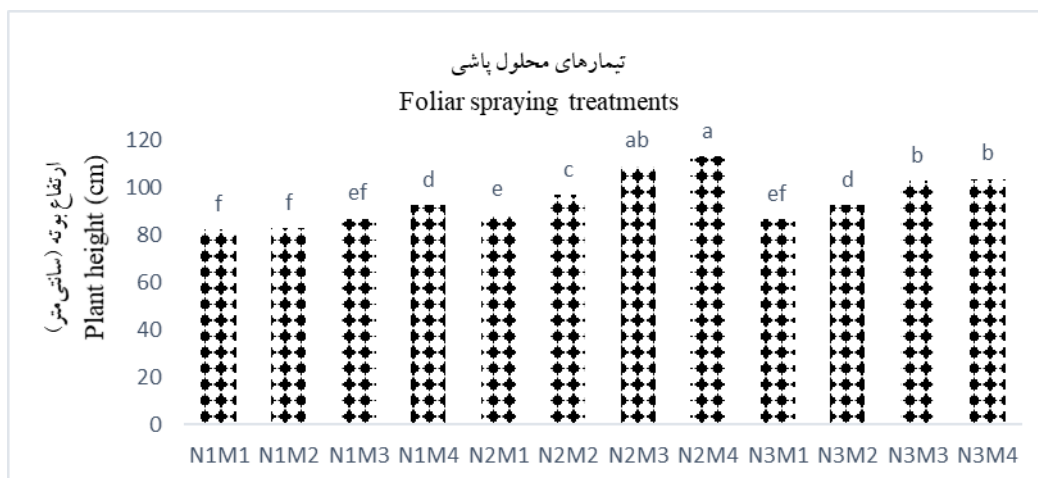
***، **، * and ns, significant at the 1% and 5% probability levels, and non-significant, respectively.

کامل کلات در سطح احتمال یک درصد بر تعداد سنبله در متر مربع معنی دار شد (جدول ۳). بیشترین تعداد سنبله در متر مربع در تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی بوته ها با میانگین (۵۱۵/۸۳) سنبله در متر مربع) و کمترین آن به ترتیب در تیمارهای شاهد (عدم محلول پاشی متانول و کود کامل کلات) با میانگین (۴۱۵/۱۶) سنبله در متر مربع)، تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۱۰ درصد حجمی در عدم محلول پاشی کود کامل کلات با میانگین (۴۱۶/۱۶) سنبله در متر مربع)، و تیمار اثر متقابل عدم محلول پاشی متانول و محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله ۵۰ درصد ساقه دهی بوته ها با میانگین (۴۱۷/۶۶) سنبله در متر مربع) همگی در یک گروه آماری، به دست آمد (شکل ۲). تعداد سنبله در متر مربع

(*al.*, 2022) و گیاه جو (*Bagues et al.*, 2021) می شود، که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. همچنین دیگر محققان در بررسی اثر محلول پاشی کلات آهن و متگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد جو گزارش کردند که بالاترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار محلول پاشی کود کلات آهن با غلظت ۳ در هزار و کود کلات متگنز با غلظت ۱/۵ در هزار بود و ارتفاع بوته در تیمار عدم محلول پاشی عناصر ریزمغذی کاهش یافت (*Zahedi & Alipour*, 2018). ارتفاع بوته گندم نیز تحت تأثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی و متانول افزایش یافت (*Aghaei et al.*, 2023) که با نتایج این بررسی مطابقت دارد.

تعداد سنبله در متر مربع

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر محلول پاشی کود کامل کلات و همچنین اثر متقابل محلول پاشی متانول و کود



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول پاشی متانول و کود کامل کلات بر ارتفاع بوته جو

Figure 1. Mean comparison for the interaction effect of foliar spraying of methanol and complete chelate on plant height of barley

محلول پاشی متانول M (شاهد M1، محلول پاشی متانول با غلظت های ۱۰ M2، ۲۰ M3 و ۳۰ M4 درصد حجمی) و محلول پاشی کود کامل کلات N

(شاهد N1، محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی N2 و محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله ۵۰٪ ساقه دهی بوته ها N3)

Methanol foliar spraying (M): control (M1), methanol foliar spraying at concentrations of 10% (M2), 20% (M3), control (N1), complete chelate foliar spraying at :and 30% (M4) by volume., complete chelate foliar spraying (N) the tillering stage (N2), and complete chelate foliar spraying at the 50% stem elongation stage of plants (N3)

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر اصلی سال و اثر متقابل محلول پاشی متانول و کود کامل کلات بر عملکرد و اجزای عملکرد جو

Table 4. Mean comparison for the main effect of year and interaction effect of foliar spraying of methanol and complete chelate fertilizer on yield and yield components of barley

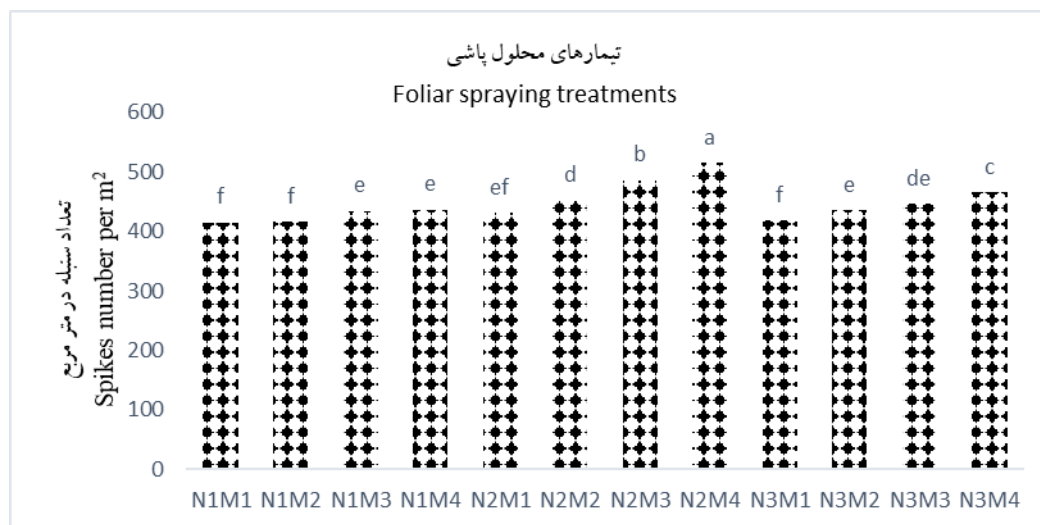
تیمار Treatment	سنبله در متر مربع Spikes number per m ²	دانه در سنبله Seeds number per spike	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000- seed weight (gr)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index (%)	پروتئین دانه Seed protein (%)
سال زراعی Cropping year (Y)							
سال زراعی اول First year (Y1)	425.91 ^a	50.59 ^a	44.04 ^a	2521.43 ^a	969.49 ^a	39.46 ^a	12.45 ^a
سال زراعی دوم Second year (Y2)	411.33 ^b	44.60 ^b	42.56 ^b	2413.50 ^b	927.54 ^b	36.13 ^b	11.86 ^b

بود (Rafiee *et al.*, 2022). دیگر پژوهشگران نیز گزارش کردند که محلول پاشی با کود کلات ریزمغذی در مقایسه با عدم کاربرد محلول پاشی منجر به افزایش تعداد سنبله در واحد سطح و در نتیجه عملکرد دانه جو شد (Dadash Zadeh & Seyed Sharifi, 2017). همچنین دیگر محققان در بررسی اثر محلول پاشی کود کامل ریزمغذی بر عملکرد و خصوصیات زراعی گندم گزارش کردند که بیشترین تعداد سنبله در متر مربع، تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله مربوط به تیمار محلول پاشی کود کامل ریزمغذی بود و کمترین تعداد آن مربوط به تیمار عدم محلول پاشی در مرحله رشد رویشی بود (Taleshi *et al.*, 2020)، که با نتایج این بررسی مطابقت دارد.

تعداد دانه در سنبله

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر محلول پاشی کود کامل کلات در سطح احتمال پنج درصد و اثر متقابل محلول پاشی متانول و کود کامل کلات در سطح احتمال یک درصد بر تعداد دانه در سنبله معنی دار گردید (جدول ۳). بیشترین تعداد دانه در

در تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی متانول و کود کامل کلات)، تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۱۰ درصد حجمی در عدم محلول پاشی کود کامل کلات و تیمار اثر متقابل عدم محلول پاشی متانول و محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله ۵۰ درصد ساقه دهی بوته ها، به ترتیب به میزان ۲۴/۲۴، ۲۳/۹۴ و ۲۳/۵۰ درصد برتری نشان داد (شکل ۲). محلول پاشی متانول و کود کامل کلات توانست از طریق افزایش تعداد پنجه در بوته، تعداد سنبله در متر مربع را به طور معنی داری نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد. محققان گزارش کردند که تعداد پنجه در متر مربع، تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله گندم تحت تأثیر محلول پاشی نانو کود و متانول نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) به طور معنی داری افزایش یافت، و بیشترین تعداد دانه در سنبله در تیمار محلول پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول نسبت به شاهد ۲۴ درصد



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول پاشی متانول و کود کامل کلات بر تعداد سنبله در متر مربع جو

Figure 2. Mean comparison for the interaction effect of foliar spraying of methanol and complete chelate fertilizer on spikes number per m² of barley

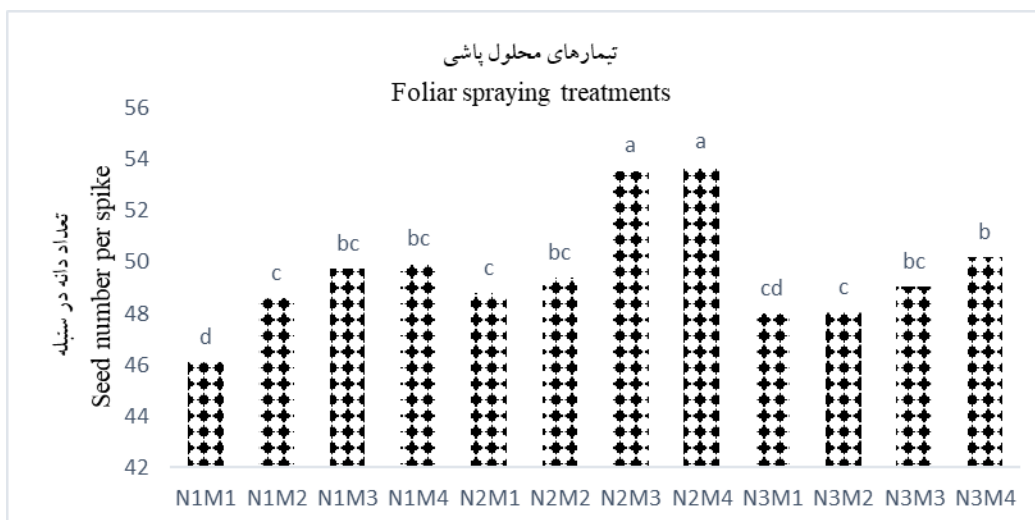
Methanol foliar spraying (M): control (M1), methanol foliar spraying at concentrations of 10% (M2), 20% (M3), 30% (M4) by volume., complete chelate foliar spraying (N) at the tillering stage (N2), and complete chelate foliar spraying at the 50% stem elongation stage of plants (N3)

(شاهد N1، محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی N2 و محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله ۵۰٪ ساقه دهی بوته ها N3)

Methanol foliar spraying (M): control (M1), methanol foliar spraying at concentrations of 10% (M2), 20% (M3), 30% (M4) by volume., complete chelate foliar spraying (N) at the tillering stage (N2), and complete chelate foliar spraying at the 50% stem elongation stage of plants (N3)

با محلول پاشی متانول می تواند به دلیل افزایش فعالیت فتوسنتزی و رشد رویشی و افزایش تعداد سنبله و تعداد سنبلچه در سنبله باشد که در نتیجه می تواند باعث افزایش تعداد دانه در سنبله گندم گردد (Aghaei *et al.*, 2023). این محققین همچنین در بررسی محلول پاشی متانول با غلظت ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی بیش از سایر تیمارهای محلول پاشی متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد مؤثر بود و موجب افزایش تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و طول پدانکل گندم شد گزارش کردند که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. در مطالعه دیگری محققان بیشترین تعداد دانه در سنبله گندم را در تیمار محلول پاشی ریز مغذی های کلاته به ویژه آهن و روی گزارش کردند (Shiri *et al.*, 2019) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

سنبله به ترتیب در تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی بوته ها با میانگین (۵۳/۷۱) دانه در سنبله و تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۲۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی بوته ها با میانگین (۵۳/۵۶) دانه در سنبله هر دو در یک گروه آماری؛ و کمترین آن در تیمار شاهد (عدم محلول پاشی متانول و کود کامل کلات) با میانگین (۴۶/۱) دانه در سنبله به دست آمد (شکل ۳). تعداد دانه در سنبله در تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی متانول و کود کامل کلات)، به میزان ۱۶/۵۰ درصد برتری نشان داد (شکل ۳). افزایش تعداد دانه در سنبله



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول پاشی متانول و کود کامل کلات بر تعداد دانه در سنبله جو

Figure 3. Mean comparison for the interaction effect of foliar spraying of methanol and complete chelate fertilizer on seed number per spike of barley

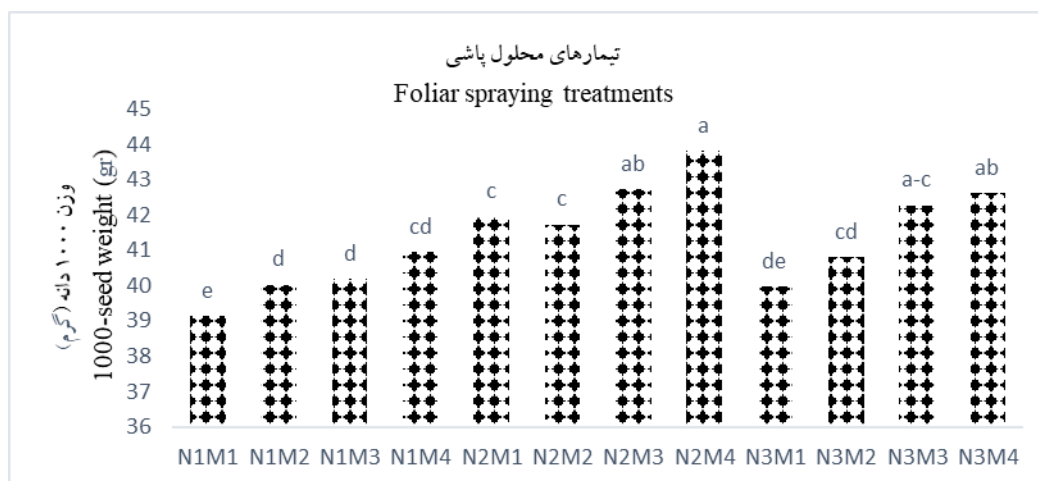
محلول پاشی متانول M (شاهد M1، محلول پاشی متانول با غلظت های ۱۰ M2، ۲۰ M3 و ۳۰ M4 درصد حجمی) و محلول پاشی کود کامل کلات N (شاهد N1، محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی N2 و محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله ۵۰٪ ساقه دهی بوته ها N3)

Methanol foliar spraying (M): control (M1), methanol foliar spraying at concentrations of 10% (M2), 20% (M3), control (N1), complete chelate foliar spraying at :and 30% (M4) by volume., complete chelate foliar spraying (N) the tillering stage (N2), and complete chelate foliar spraying at the 50% stem elongation stage of plants (N3)

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر محلول پاشی متانول در سطح احتمال یک درصد، اثر محلول پاشی کود کامل کلات و همچنین اثر متقابل محلول پاشی متانول و کود کامل کلات در سطح احتمال پنج درصد بر وزن هزار دانه معنی دار شد (جدول ۴). بیشترین وزن هزار دانه در تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی بوته ها با میانگین (۴۳/۸۱ گرم) و کمترین آن در تیمار شاهد (عدم محلول پاشی متانول و کود کامل کلات) با میانگین (۳۹/۱۳ گرم) به دست آمد (شکل ۴). وزن هزار دانه در تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در

مرحله پنجه زنی نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی متانول و کود کامل کلات)، به میزان ۱۱/۹۶ درصد برتری نشان داد (شکل ۴). پژوهشگران گزارش کردند که با افزایش محلول پاشی متانول تا سطح ۲۱ درصد حجمی وزن هزار دانه گندم افزایش یافت، که این امر می تواند به دلیل افزایش فعالیت فتوسنتز در اثر مصرف متانول و افزایش انتقال هیدرات های کربن به دانه شود (Esazadeh Panjali Kharabasi *et al.*, 2017). همچنین دیگر محققان گزارش کردند که محلول پاشی نانو کود ریزمغذی و متانول با غلظت های ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی موجب افزایش معنی دار ارتفاع بوته، تعداد پنجه در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد زیست توده و عملکرد دانه گندم نسبت به سطح شاهد شد (Rafiee *et al.*, 2022) که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. دیگر محققان نیز



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول پاشی متانول و کود کامل کلات بر وزن هزار دانه جو

Figure 4. Mean comparison of the interaction effect of foliar spraying of methanol and complete chelate fertilizer on 1000-seed weight of barley

محلول پاشی متانول (M) (شاهد M1، محلول پاشی متانول با غلظت های ۱۰ M2، ۲۰ M3 و ۳۰ M4 درصد حجمی) و محلول پاشی کود کامل کلات N (شاهد N1، محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی N2 و محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله ۵۰٪ ساقه دهی بوته ها N3)

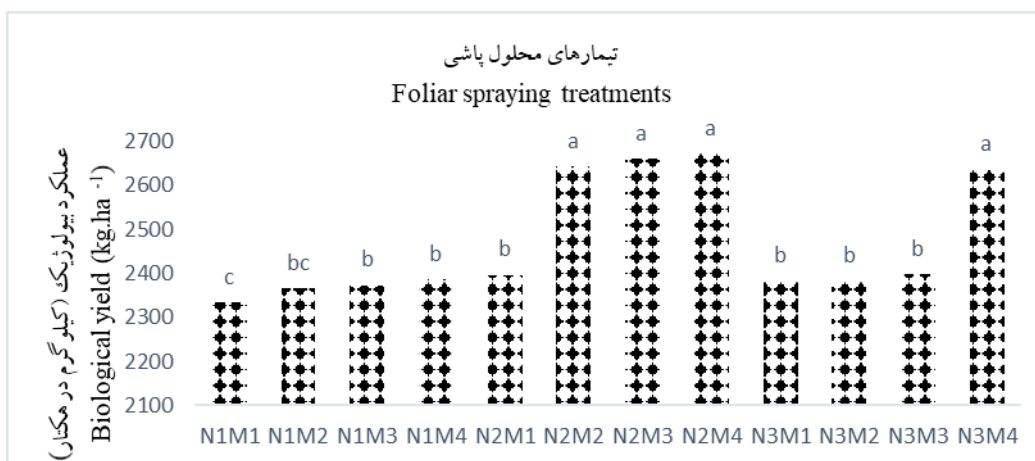
Methanol foliar spraying (M): control (M1), methanol foliar spraying at concentrations of 10% (M2), 20% (M3), control (N1), complete chelate foliar spraying at : and 30% (M4) by volume., complete chelate foliar spraying (N) the tillering stage (N2), and complete chelate foliar spraying at the 50% stem elongation stage of plants (N3)

۲۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی بوته ها با میانگین (۲۶۶۰/۵۲) کیلوگرم در هکتار، در تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۱۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی بوته ها با میانگین (۲۶۴۱/۸۵) کیلوگرم در هکتار) و تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله ۵۰ درصد ساقه دهی بوته ها با میانگین (۲۶۳۶/۴۵) کیلوگرم در هکتار، همگی در یک گروه آماری مشاهده شد؛ و کمترین آن در تیمار شاهد (عدم محلول پاشی متانول و کود کامل کلات) با میانگین (۲۳۳۳/۷۹) کیلوگرم در هکتار، به دست آمد (شکل ۵). عملکرد بیولوژیک در تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل

گزارش کردند که محلول پاشی کود کلات ریزمغذی با غلظت ۲ در هزار در مرحله پنجه زنی بوته ها اثر مثبت و معنی داری بر وزن هزار دانه گندم نشان داد (Shiri *et al.*, 2019) که با نتایج این بررسی مطابقت دارد.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر محلول پاشی متانول و اثر محلول پاشی کود کامل کلات و همچنین اثر متقابل محلول پاشی متانول و کود کامل کلات در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی دار شد (جدول ۳). بیشترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب در تیمارهای اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی بوته ها با میانگین (۲۶۷۱/۵۹) کیلوگرم در هکتار، در تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول پاشی متانول و کود کامل کلات بر عملکرد بیولوژیک جو

Figure 5. Mean comparison of the interaction effect of foliar spraying of methanol and complete chelate fertilizer on biological yield of barley

محلول پاشی متانول M (شاهد M1، محلول پاشی متانول با غلظت های ۱۰ M2، ۲۰ M3 و ۳۰ M4 درصد حجمی) و محلول پاشی کود کامل کلات N

(شاهد N1، محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی N2 و محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله ۵۰٪ ساقه دهی بوته ها N3)

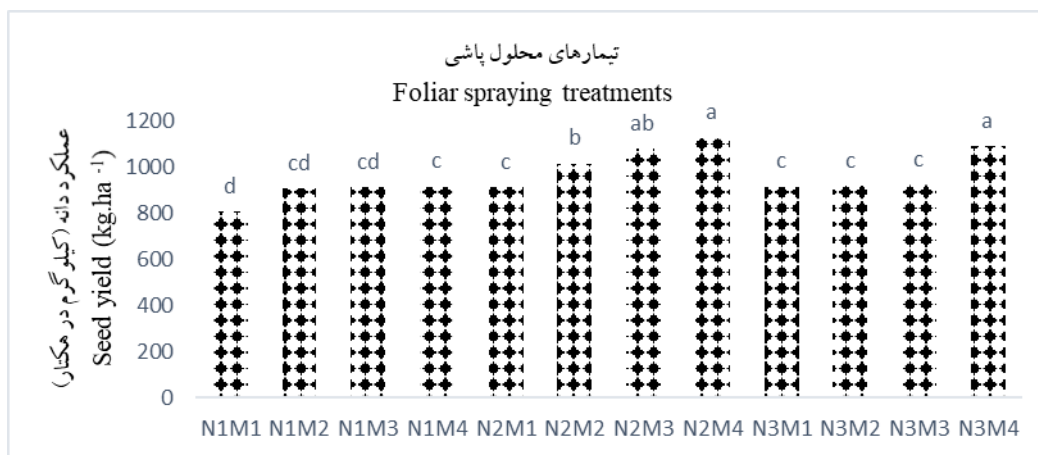
Methanol foliar spraying (M): control (M1), methanol foliar spraying at concentrations of 10% (M2), 20% (M3), control (N1), complete chelate foliar spraying at :and 30% (M4) by volume., complete chelate foliar spraying (N) the tillering stage (N2), and complete chelate foliar spraying at the 50% stem elongation stage of plants (N3)

مطابقت دارد.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر محلول پاشی متانول و اثر محلول پاشی کود کامل کلات و همچنین اثر متقابل محلول پاشی متانول و کود کامل کلات در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه معنی دار گردید (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه به ترتیب در تیمارهای اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی بوته ها با میانگین (۱۱۲۷/۵۳ کیلوگرم در هکتار)، در تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله ۵۰ درصد ساقه دهی بوته ها با میانگین (۱۰۹۰/۳۶ کیلوگرم در هکتار)، هر دو در یک گروه آماری مشاهده شد (شکل

کلات در مرحله پنجه زنی نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی متانول و کود کامل کلات)، به میزان ۱۴/۴۸ درصد برتری نشان داد (شکل ۵). در این خصوص محققان بیان داشتند که محلول پاشی متانول با غلظت های ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی موجب افزایش معنی دار عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گندم نسبت به سطح شاهد (عدم محلول پاشی) شد (Rafiee et al., 2022; Aghaei et al., 2023) که با نتایج این بررسی مطابقت دارد. دیگر محققان گزارش کردند که محلول پاشی عناصر ریزمغذی کلاته در مرحله پنجه زنی بوته ها ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک گندم را نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) به طور معنی داری افزایش داد (Shiri et al., 2019) که با نتایج این آزمایش



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول پاشی متانول و کود کامل کلات بر عملکرد دانه جو

Figure 6. Mean comparison of the interaction effect of foliar spraying of methanol and complete chelate fertilizer on seed yield of barley

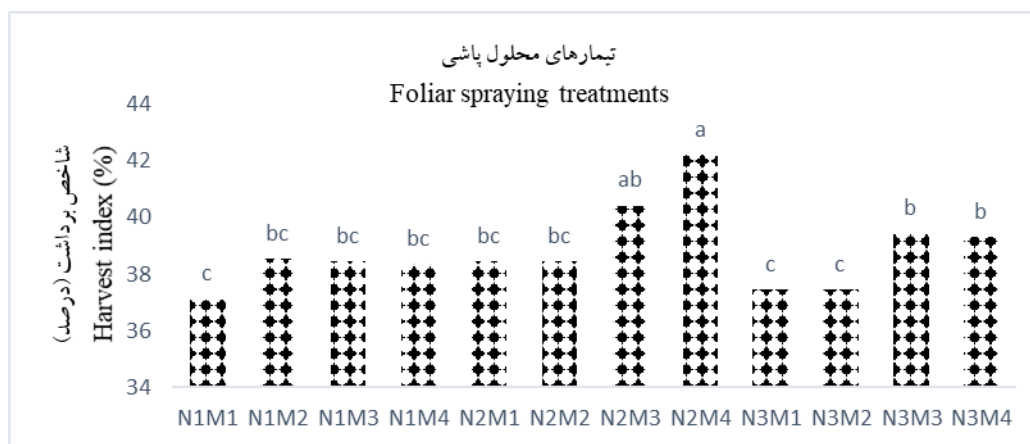
محلول پاشی متانول M (شاهد M1، محلول پاشی متانول با غلظت های ۱۰ M2، ۲۰ M3 و ۳۰ M4 درصد حجمی) و محلول پاشی کود کامل کلات N

(شاهد N1، محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی N2 و محلولپاشی کود کامل کلات در مرحله ۵۰٪ ساقه دهی بوته ها N3)

Methanol foliar spraying (M): control (M1), methanol foliar spraying at concentrations of 10% (M2), 20% (M3), control (N1), complete chelate foliar spraying at :and 30% (M4) by volume., complete chelate foliar spraying (N) the tillering stage (N2), and complete chelate foliar spraying at the 50% stem elongation stage of plants (N3)

محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی و پایین ترین آن در کرت های عدم محلول پاشی متانول به دست آمد، عملکرد دانه در تیمار محلول پاشی متانول نسبت به تیمار شاهد ۴۶/۹۸ درصد افزایش نشان داد (Aghaei *et al.*, 2023) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. محققان گزارش کردند که محلول پاشی عناصر ریزمغذی به صورت کلات های گلايسين آهن و روی به طور معنی داری بر عملکرد دانه برنج و اجزای عملکرد آن مؤثر بوده است، به طوری که حداکثر عملکرد در تیمار محلول پاشی با عناصر ریزمغذی کلاته به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) به میزان ۲۹ درصد افزایش داشت (MahmoudSoltani *et al.*, 2022). همچنین محققین در بررسی اثر محلول پاشی کلات و اکسید روی طی دو سال زراعی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام جو

۶؛ و کمترین آن به ترتیب در تیمار شاهد (عدم محلول پاشی متانول و کود کامل کلات) با میانگین (۸۰۷/۶۱ کیلوگرم در هکتار)، و تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۱۰ درصد حجمی در عدم محلول پاشی کود کامل کلات با میانگین (۹۰۹/۶۹ کیلوگرم در هکتار)، هر دو در یک گروه آماری، به دست آمد (شکل ۶). عملکرد دانه در تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی متانول و کود کامل کلات)، به میزان ۳۹/۶۱ درصد برتری نشان داد (شکل ۶). محلول پاشی متانول و کود کامل کلات توانست از طریق بهبود شاخص های رشد گیاه جو، عملکرد دانه را به طور معنی داری افزایش دهد. پژوهشگران گزارش کردند که بالاترین میزان عملکرد دانه در گندم رقم کاسکوژن در تیمار



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول پاشی متانول و کود کامل کلات بر شاخص برداشت جو

Figure 7. Mean comparison of the interaction effect of foliar spraying of methanol and complete chelate fertilizer on harvest index of barley

محلول پاشی متانول (M) شاهد (M1)، محلول پاشی متانول با غلظت های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد حجمی) و محلول پاشی کود کامل کلات (N) شاهد (N1)، محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی (N2) و محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله ۵۰٪ ساقه دهی بوته ها (N3)

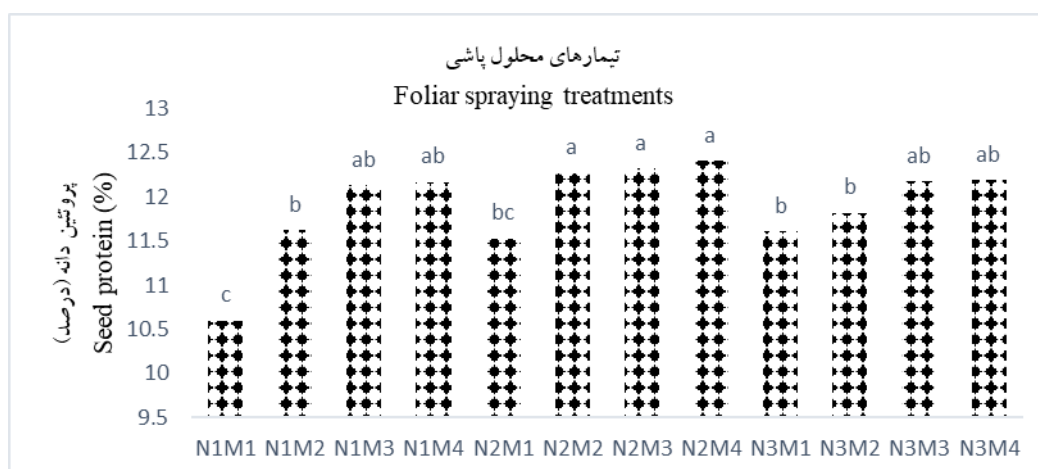
Methanol foliar spraying (M): control (M1), methanol foliar spraying at concentrations of 10% (M2), 20% (M3), 30% (M4) by volume., complete chelate foliar spraying (N) control (N1), complete chelate foliar spraying at :and 30% (M4) by volume., complete chelate foliar spraying (N) the tillering stage (N2), and complete chelate foliar spraying at the 50% stem elongation stage of plants (N3)

ترتیب در تیمار شاهد (عدم محلول پاشی متانول و کود کامل کلات) با میانگین (۳۷/۱۱ درصد)، تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۱۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله ۵۰ درصد ساقه دهی بوته ها با میانگین (۳۷/۴۶ درصد)، و تیمار اثر متقابل عدم محلول پاشی متانول در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله ۵۰ درصد ساقه دهی بوته ها با میانگین (۳۷/۱۶ درصد) همگی در یک گروه آماری، به دست آمد (شکل ۷). شاخص برداشت در تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی متانول و کود کامل کلات)، به میزان ۱۳/۶۸ درصد برتری نشان داد (شکل ۷). محلول پاشی نانو کود و متانول توانست شاخص برداشت جو را به طور معنی

گزارش کردند که محلول پاشی کلات روی، تعداد سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه را افزایش داد، این محقق کاربرد کلات روی به صورت محلول پاشی را بهترین توصیه برای داشتن عملکرد مناسب دانه در این آزمایش توصیه کردند (Mahlooji, 2022)، که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر سال زراعی، اثر محلول پاشی متانول و اثر محلول پاشی کود کامل کلات و همچنین اثر متقابل محلول پاشی متانول و کود کامل کلات در سطح احتمال یک درصد بر شاخص برداشت معنی دار شد (جدول ۳). بیشترین شاخص برداشت در تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی بوته ها با میانگین (۴۲/۱۹ درصد)، و کمترین آن به



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول پاشی متانول و کود کامل کلات بر پروتئین دانه جو

Figure 8. Mean comparison for the interaction effect of foliar spraying of methanol and complete chelate fertilizer on seed protein of barley

محلول پاشی متانول M (شاهد M1، محلول پاشی متانول با غلظت های ۱۰ M2، ۲۰ M3 و ۳۰ M4 درصد حجمی) و محلول پاشی کود کامل کلات N

(شاهد N1، محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی N2 و محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله ۵۰٪ ساقه دهی بوته ها N3)

Methanol foliar spraying (M): control (M1), methanol foliar spraying at concentrations of 10% (M2), 20% (M3), control (N1), complete chelate foliar spraying at :and 30% (M4) by volume., complete chelate foliar spraying (N) the tillering stage (N2), and complete chelate foliar spraying at the 50% stem elongation stage of plants (N3)

داری افزایش دهد، در این خصوص محققان بیان داشتند که محلول پاشی نانو کود و متانول شاخص برداشت و ویژگی های کمی و کیفی دانه گندم را تحت تأثیر قرار داد. به طوری که محلول پاشی ۲۰ درصد حجمی متانول بیشترین تأثیر را بر عملکرد، اجزای عملکرد، عناصر غذایی دانه و شاخص برداشت گندم داشت (Rafiee *et al.*, 2022)، که با نتایج این بررسی مطابقت دارد. سایر محققان نیز بیان کردند که شاخص برداشت جو تحت تأثیر محلول پاشی کلات عناصر ریزمغذی به طور معنی داری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت، همچنین این محققان گزارش کردند که کودهای کلات ممکن است به عنوان یک عامل جایگزین مناسب برای استفاده به عنوان کودهای اقتصادی برای کودهای سنتی در نظر گرفته شوند (Josko

et al., 2023)، که با نتایج این بررسی مطابقت دارد.

درصد پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر سال زراعی و اثر محلول پاشی متانول در سطح احتمال پنج درصد، اثر محلول پاشی کود کامل کلات و همچنین اثر متقابل محلول پاشی متانول و کود کامل کلات در سطح احتمال یک درصد بر پروتئین دانه معنی دار شد (جدول ۳). بیشترین درصد پروتئین دانه به ترتیب در تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی بوته ها با میانگین (۱۲/۴۱ درصد)، در تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۲۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله

مرحله پنجه زنی بوته به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۲۳/۵۴ درصد افزایش نشان داد (Firoozi *et al.*, 2018)، که با نتایج این بررسی مطابقت دارد.

نتیجه گیری

محلول پاشی متانول و کود کامل کلات ریزمغذی، عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه جو را به طور معنی داری افزایش داد. که با توجه به نتایج این آزمایش، بهترین و مناسب ترین تیمار محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی × محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی بود که نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی متانول و کود کامل کلات)، به میزان ۳۹/۶۱ درصد افزایش عملکرد اقتصادی را نشان داد. بنابراین، به نظر می رسد که محلول پاشی متانول و کودهای کامل کلات می تواند در بهبود رشد و عملکرد جو مؤثر باشد و عملکرد دانه این گیاه را به طور معنی داری افزایش دهد.

هیچ گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد

پنجه زنی بوته ها با میانگین (۱۲/۳۲ درصد)، در تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۱۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی بوته ها با میانگین (۱۲/۲۷ درصد)، همگی در یک گروه آماری، به دست آمد (شکل ۸)، و کمترین آن در تیمار شاهد (عدم محلول پاشی متانول و کود کامل کلات) با میانگین (۱۰/۶ درصد)، مشاهده شد (شکل ۸). درصد پروتئین دانه در تیمار اثر متقابل محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی در محلول پاشی کود کامل کلات در مرحله پنجه زنی نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی متانول و کود کامل کلات)، به میزان ۱۷/۰۷ درصد برتری نشان داد (شکل ۸). محققان گزارش کردند که محلول پاشی نانو کود و متانول موجب افزایش معنی دار پروتئین دانه گندم در سطح احتمال یک درصد نسبت به تیمار عدم محلول پاشی شد، به طوری که درصد پروتئین دانه در تیمار محلول پاشی توأم نانو کود و متانول به میزان ۱۳/۳ درصد نسبت به تیمار عدم محلول پاشی افزایش نشان داد (Rafiee *et al.*, 2022) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. محققان گزارش کردند که محلول پاشی کود کامل کلات ریزمغذی با غلظت ۲ در هزار در مرحله پنجه زنی بوته ها اثر مثبت و معنی داری بر غلظت روی دانه، آهن دانه و درصد پروتئین دانه گندم نشان داد که با تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) تفاوت معنی داری نشان داد (Shiri *et al.*, 2019) همچنین دیگر محققان گزارش کردند که بیشترین درصد پروتئین دانه در گندم در تیمار محلول پاشی کود کلات ریزمغذی در

References

- Aghaei, F., Seyed sharifi, R., and Narimani, H. 2023. Effect of methanol on yield, dry matter remobilization and grain filling process of wheat (*Triticum aestivum* L.) under irrigation withholding. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 16(1), 83-100. (In Persian with English Summary).
- Agricultural statistics of crops. 2022. Ministry of Agriculture Jihad. 1-103.
- Bagues, M., Zaghdoud, C., Hafsi, C., Boussora, F., and Nagaz, K. 2021. Combined effect of deficit irrigation with saline water affects gas exchange, phytochemical profiles, antioxidant activities and grain yield of barley landraces “Ardhaoui” at heading stage. *Official Journal of the Societa Botanica Italiana*, 155(3), 436-446.
- Beiranvand, E., Khorgami, A., Rafiee, M., Mir Derikvand, R., and Vafaiee, S.H. 2022. Effect of foliar application of nano fertilizer and methanol on morphophysiological properties of rainfed wheat in terms of supplementary irrigation. *Journal of Plant Process and Function Iranian Society of Plant Physiology*, 11(51), 225-239. (In Persian with English Summary).
- Bekele, S., Yoseph, T., and Ayalew, T. 2020. Growth, protein content, yield and yield component of malt barley (*Hordeum vulgar* L.) varieties in response to seeding rate at sinana district, southeast Ethiopia. *International Journal of Applied Agricultural Sciences*, 6(4), 61-71.
- Dadash Zadeh, S., and Seyed Sharifi, R. 2017. Interactions of irrigation cut, bio fertilizers and foliar application of iron on yield and some morph physiological traits of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Crop Physiology Journal*, 9(36), 5-25. (In Persian with English Summary).
- Ebohon, O., Irabor, F., and Sheena Omoregie, E. 2020. Sub-acute toxicity study of methanol extract of Tetrorchidium didymostemon leaves using biochemical analyses and gene expression in Wistar rats. *Heliyon*, 6(6), 31-43. doi: 10.1016/j.heliyon. 2020.e04313.
- Esazadeh Panjali Kharabasi, J., Galavi, M., and Ramroudi, M. 2017. Effects of methanol spraying on qualitative traits, yield and yield components of soybean (*Glycine max* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 15(3), 511-521. (In Persian with English Summary).
- Firoozi, Y., Feizi, H., Mehraban, A., and Alipanah, M. 2018. Effects of foliar application time of nano-micronutrients on quantity and qualitative traits in rainfed durum wheat genotypes in Moghan. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 16(1), 97-112. (In Persian with English Summary).

- Javadi, H., Seghatoleslami, M. J., Moosavi, S.G.H., and Moosavi, A. 2022. Effect of foliar application of nano and conventional zinc oxide and silica fertilizers on yield and yield components of millet in deficit irrigation conditions. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 53(5), DOI: 1009-1021. 10.22059/IJSWR.2022.341546.669244. (In Persian with English Summary).
- Josko, I., Kusiak, M., Różyło, K., Baranowska-Wójcik, E., Sierocka, M., Sheteiwy, M., Szwajgier, D., and Świeca, M. 2023. The life cycle study revealed distinct impact of foliar-applied nano-Cu on antioxidant traits of barley grain comparing with conventional agents. *Food Research International*, 164(1), 112303.
- Kumara, O., Singh, S.K., Latareb, A.M., and Yadava, S.N. 2018. Foliar fertilization of nickel affects growth, yield component and micronutrient status of barley (*Hordeum vulgare* L.) grown on low nickel soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(10), 1407-1418. <https://doi.org/10.1080/03650340.2018.1438600>.
- Lyu, X., Liu, Y., Li, N., Ku, L., Hou, Y., and Wen, X. 2022. Foliar applications of various nitrogen (N) forms to winter wheat affect grain protein accumulation and quality via N metabolism and remobilization. *The Crop Journal*, 10(4), 1165-1177. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2021.10.009>.
- Mahmoud Soltani, Sh., Hossieni Chaleshtori, M., Tajaddodi Talab Rashti, K., Shokri Vahed, H., and Shakouri Katigari, M. 2022. Effect of glycine amino acid chelated zinc and iron on yield, and macro and micronutrient contents of rice aerial tissues. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 53(4), 763-776. (In Persian with English Summary).
- Mahlooji, M. 2022. Effects of saline water and fliar application of chelate and nano zinc oxide on yield and yield component in barley cultivars. *Applied Research in Field Crops*, 34(4), 57-73. (In Persian with English Summary).
- Mgolozeli, S., Tesfamariam, E.H., and Beletse, Y. 2022. Yield, mineral content and root growth response of jute mallow (*Corchorus olitorius* L.) to planting density and water availability. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10(2), 100384. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100384>.
- Moghadas, S.M., Sani, B., and Moaveni, P. 2013. Study of foliar application of methanol on drought stress resistance in barley (*Hordeum Vulgare* L.). *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 2(S2), 1307-1310. (In Persian with English Summary).

- Moradi, M., Siadat, S.A., Khavazi, K., Naseri, R., Maleki, A., and Mirzaei, A. 2011. Effect of application of biological and chemical fertilizers of phosphorus on quantitative and qualitative traits of spring wheat. *Journal of Crop Ecophysiology*, 5(18), 51-66. (In Persian with English Summary).
- Mousavi, S.M., Akbarpour, V., Moradi, H., and Sadeghi, H. 2021. Effect of methanol and ethanol foliar application on some growth characteristics and some of secondary metabolite's thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Journal of Plant Production*, 28(1), 213-229. (In Persian with English Summary).
- Shiri, M., Kamrani, M., and Mehraban, A. 2019. Effect of Fe and Zn spraying on yield and nutrients bioavailability of bread wheat cultivars. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 17(2), 317-326. (In Persian with English Summary).
- Taleshi, K., Osoli, N., and Khavari, H. 2020. Effect of humic acid and complete micronutrient fertilizer on growth and economic yield of different bread wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 52(5), 1351-1364. DOI: 10.22059/ijswr.2021.311854.668766. (In Persian with English Summary).
- Wng, H., Wang, X., BI, L., Wang, Y., Fan, J., Zhang, F., Hou, X., Cheng, M., Hu, W., Wu, L., and Xang, Y. 2022. Multi-objective optimization of water and fertilizer management for potato production in sandy areas of northern China based on TOPSIS. *Field Crops Research*, 240(1), 55-68. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.06.005>.
- Yao, X., Yao, Y., An, L., Li, X., Bai, Y., Cui, Y., and Wu, K. 2022. Accumulation and regulation of anthocyanins in white and purple Tibetan Hulless Barley (*Hordeum vulgare* L. var. nudum Hook. f.) revealed by combined de novo transcriptomics and metabolomics. *BMC Plant Biology*, 22(1), 391-407. <https://doi.org/10.1186/s12870-022-03699-2>.
- Yirgu, M., Kebede, M., Feyissa, T., Lakew, B., and Woldeyohannes, A.B. 2022. Morphological variations of qualitative traits of barley (*Hordeum vulgare* L.) accessions in Ethiopia. *Heliyon*, 8(10), e10949. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10949>.
- Yousefipor, M., Lack, S.H., and Payandeh, K.H. 2018. Evaluation effect of combine application of biological and chemical phosphorus fertilizers and micronutrients on seed yield and morpho-physiological traits of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Bi-Quarterly Journal of Plant Production*, 8(2), 107-119. (In Persian with English Summary).
- Zahedi, H., and Alipour, A. 2018. Effect of spraying of iron and manganese nano chelated on yield

and yield component of barley (*Hordeum vulgare* L.) under water deficit stress at different growth stages. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11(4), 847-861. (In Persian with English Summary).

Effect of methanol and complete chelated fertilizer foliar application on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.) in the Alashtar region

Sajad Hasanvand¹, Ali Khourgami^{1*}, Seyyed Hossein Vafaei², Kazem Taleshi¹

1. Department of agrotechnology, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran. .
(Corresponding author)
2. Department of Plant Protection, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran.

Received: July 2023 Accepted: May 2025 - DOI: 10.22092/aj.2025.362808.1653

Extended Abstract

Hasanvand, S., Khourgami, A., Vafaei, S. H., Taleshi, K., Effect of methanol and complete chelated fertilizer foliar application on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.) in the Alashtar region
Applied Research in Field Crops Vol 37, No.1, 2024, 4-6: 25-46(in Persian)

Introduction:

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is one of the most important cereal crops, widely cultivated across the globe. As a cold-season crop, it ranks fourth in production after wheat (*Triticum aestivum* L.), corn (*Zea mays* L.) and rice (*Oryza sativa* L.). Barely holds a significant role in providing feed for animals and poultry, as well as in producing food and industrial products for humans (Bekele *et al.*, 2020). Nowadays, fertilizers are extensively used to maximize production per hectare. In addition to increasing yield, chemical fertilizers should enhance the quality of agricultural products while being free from environmental hazards, such as groundwater pollution and the accumulation of pollutants like nitrates in the crop tissues (Mgolozeli *et al.*, 2022).

However, the use of chemical fertilizers in agricultural is often unbalanced and does not meet the actual needs of plants. The continued excessive and unbalanced use of chemical fertilizers not only degrades soil quality but also reduces the

Email address of the corresponding author: Ali_khorgamy@yahoo.com

diversity of soil microorganisms. Therefore, determining the optimal amount of fertilizer and modifying its application method can increase yield and reduce environmental pollution (Wng *et al.*, 2022).

Materials & Methods:

In order to investigate the effect of foliar spraying with methanol and nano-chelate on the yield and yield components of barley, a factorial experiment was conducted using a randomized complete block design with three replications in the Alashatar region (Lorestan province) over two cropping years 2016-17 and 2017-18. The experimental treatments included methanol foliar spraying at four levels (control, methanol foliar spraying at concentrations of 10%, 20% and 30% by volume) and nano-chelate foliar spraying at three levels (control, nano-chelate foliar spraying at the tillering stage and at 50% stemming stage of plants).

Results & Discussion:

The results showed that the interaction effect of methanol and nano-chelate foliar spraying was significant for the number of spikes per/m², number of seeds per/spike, biological yield, seed yield, harvest index and seed protein at the 1% probability level. It was also significant for the plant height and 1000-seed weight at the 5% probability level. The highest grain yield was observed in the interaction treatment of methanol foliar spraying at a concentration of 30% by volume combined with nano chelate foliar spraying at the tillering stage (1127.53 kg/ha⁻¹), and at the 50% stem elongation stage (1090.36 kg/ha⁻¹), both of which were in the same statistical group. The lowest grain yield was found in the control treatment (no foliar spraying of methanol and nano-chelate) with an average of (807.61 kg/ha⁻¹), and in the interaction treatment of methanol foliar spraying at a concentration of 10 by volume percent combined with no foliar application of nano chelate (909.69 kg/ha⁻¹), both of which were in the same statistical group. The grain yield in the interaction treatment of methanol foliar application at a concentration of 30% combined with nano chelate application at the tillering stage showed a 39.61% increase compared to the control treatment (no foliar application

of methanol and nano chelate).

Conclusion:

Foliar spraying of methanol and complete micronutrient chelate fertilizer significantly increased the grain yield and yield components of barley. According to the results of this experiment, the most effective treatment was methanol foliar spraying at a concentration of 30% by volume combined with complete chelate fertilizer foliar application at the tillering stage. This treatment showed a 39.61% increase in economic yield compared to the control treatment (no methanol foliar application and complete fertilizer chelate). Therefore, methanol spraying and complete chelate fertilizers appear to be effective in improving the growth and yield of barley, significantly increasing the seed yield of this plant. Overall, the foliar application of methanol and chelate-fertilizer significantly increased grain yield by enhancing barley plant growth indicators.

Keywords: Biological yield, Foliar nutrition, Grain yield, Harvest index, Nutritional management.

References

- Bekele, S., Yoseph, T., and Ayalew, T. 2020. Growth, protein content, yield and yield component of malt barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties in response to seeding rate at sinana district, southeast Ethiopia. *International Journal of Applied Agricultural Sciences*, 6(4), 61-71.
- Mgolozeli, S., Tesfamariam, E.H., and Beletse, Y. 2022. Yield, mineral content and root growth response of jute mallow (*Corchorus olitorius* L.) to planting density and water availability. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10(2), 100384. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100384>.
- Wng, H., Wang, X., BI, L., Wang, Y., Fan, J., Zhang, F., Hou, X., Cheng, M., Hu, W., Wu, L., and Xang, Y. 2022. Multi-objective optimization of water and fertilizer management for potato production in sandy areas of northern China based on TOPSIS. *Field Crops Research*, 240(1), 55-68. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.06.005>.