علوم و تحقیقات بذر ایران
سال دهم/ شماره سوم/ ۱۴۰۲ (۷۹ - ۶۵)
مقاله پژوهشی
DOI: 10.22124/jms.2023.7675

اثر نیتروژن، تلقیح با کود ارگانیک ومحلول‌پاشی با هورمون سیتوکینین بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم رقم سرداری

اسمعیل نبی زاده*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۸/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۳

چکیده

جهت بررسی اثر سطوح مختلف قارچ مایکورت، کود نیتروژن و هورمون سیتوکینین بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم سرداری، آزمایشی در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. عامل اول کود ارگانیک مایکورت (۲، ۴ و ۶ کیلوگرم در ۱۰۰ کیلوگرم بذر)، عامل دوم کود نیتروژن (صفر، ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و عامل سوم محلول‌پاشی با هورمون سیتوکینین (صفر، محلول‌پاشی در زمان گلدهی و پرشدن دانه) بود. نتایج نشان داد که سطوح ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتارکود نیتروژنه تعداد دانه در سنبله را در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۴۴/۲۳ و ۳۲/۶۹ درصد افزایش داد. تلقیح بذر با ۲ و ۴ کیلوگرم قارچ مایکورت همراه با کاربرد ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن بالاترین طول سنبله و تعداد سنبله در متر مربع را به‌خود اختصاص داد. بالاترین تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد دانه به تیمار تلقیح بذر با ۴ کیلوگرم مایکورت و محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله دانه بستن اختصاص یافت، همچنین محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله دانه بستن همراه با کاربرد ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه توانست بالاترین تعداد سنبله در متر مربع، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را به خود اختصاص داد.

واژه‌های کلیدی: تعداد دانه، خشکی، قارچ همزیست، محلول‌پاشی سیتوکنین

دانشیار گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مهاباد، مهاباد، ایران.
*نویسنده مسئول: Nabizadeh.esmaeil@gmail.com

مقدمه

گندم یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی جهان است که در سال ۲۰۲۰ بیش‌ترین سطح زیر کشت با میزان ۲۲۱/۳۳ میلیون هکتار (با تولید کل ۷۶۶/۰۳ میلیون تن) را در سراسر جهان به‌خود اختصاص داد. در همین سال در ایران سطح زیر کشت گندم ۶/۷۰ میلیون هکتار و تولید آن ۱۶/۷۵ میلیون تن بود (USDA, 2020). برآورد شده است که درحدود ۲۰ درصد از کل کالری مورد نیاز جمعیت جهان از گندم تأمین می‌شود، گندم سالیانه در سطحی معادل ۱۴/۶ درصد از کل زمین‌های زراعی کشت می‌شود (USDA, 2019). از مهمترین عوامل محدودکننده تولید گندم در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کم‌آبی است. تنش خشکی شدید با تأثیر منفی بر خصوصیات رشدی، فیزیولوژی و تولید مثل گیاه باعث کاهش قابل توجه در عملکردگندم می‌شود. تنش خشکی علاوه بر اثر منفی بر عملکرد، باعث بروز یا تشدید سایر تنش‌ها مخصوصاً تنش کمبود عناصر غذایی برای گیاه می‌شود. در بین عناصر غذایی نیز نیتروژن نقش بسیار مهمی را در تولید گیاهان برعهده دارد و کمبود آن یکی از عوامل محدودکننده تولید گیاهان است. درشرایط کمبود آب در خاک جذب عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن کاهش یافته و این امر باعث می‌شود که تناسب مناسبی بین میزان فراهمی آب و مصرف کود برقرار نشود (Hamzehi and Babaie, 2016).

بسیاری از مسیرهای متابولیک، ساختار غشایی و جذب مواد معدنی تحت تأثیر تنش آبی و همچنین تغییر محتویات هورمون در گیاه قرار می‌گیرند. سیتوکینین‌ها دسته‌ای از هورمون‌های گیاهی هستندکه نقش غیرقابل انکاری در طول چرخه سلولی ایفا می‌کنند و برنامه‌های رشدی متعددی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. سیتوکینین‌ها در فرآیندهای رشدی مختلف نظیر توسعه کلروپلاست، رشد و انشعاب ریشه، کنترل تسلط انتهایی در ساقه و پیری برگ نقش دارند، در واکنش به تنش‌های محیطی، مانند خشکی، سیتوکینین‌ها با کاهش یا افزایش ژن‌های مرتبط با مقاومت به کم‌آبی، تحمل را در گیاهان تحت تنش، افزایش می‌دهند. برخی از محققین اظهار داشته‌اند افزایش محتوای سیتوکینین می‌تواند به گیاه کمک کند با افزایش فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدان سطح مقاومت گیاه به تنش خشکی را افزایش دهد. در مطالعه زارع و کریمی (Zarea and Karimi, 2023) محلول‌پاشی سیتوکنین اثر مثبتی بر بهبودی عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم تحت شرایط تنش کم‌آبی نشان داد.

برخی از میکروارگانسیم‌های خاک‌زی به سبب ایجاد رابطه هم‌زیستی با ریشه گیاهان، قادر به تسهیل جذب برخی از عناصر غذایی از جمله فسفر (P) نیتروژن (N) پتاسیم (K) گوگرد (S) مس (Cu) مولیبدن (Mo) و روی (Zn) در شرایط تنش و بدون تنش توسط ریشه می‌گردند. گزارش شده است استفاده توام از قارچ مایکوریزا و تلقیح با باکتری ازتوباکتر *Azotobacter chroococcum* سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد و درصد پروتئین در گندم می‌شود (Hassanpour and Zand, 2014 Bahrani, 2010). سیاح فر و همکاران (Sayyahfar, 2013) اظهار داشتند تنش کم‌آبی عملکرد و اجزای عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در گندم را کاهش داده اما تلقیح قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی متانول در شرایط تنش کم‌آبی ملایم و شدید موجب کاهش و تعدیل اثرات منفی تنش رطوبتی شدند. سبحانی و همکاران (Sobhani *et al*., 2022) نیز دریافتند تلقیح بذر گندم با قارچ مایکوریزا و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه منجر به‌حصول حداکثر عملکرد و اجزای عملکرد در این محصول شد.

با توجه به‌این‌که سهم عمده تولید گندم در استان آذربایجان غربی به‌صورت دیم است و این گیاه درجات مختلفی از تنش کم‌آبی را در طول دوره رشد خود به‌خصوص در مراحل انتهایی تجربه می‌کند، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر کود نیتروژنه، تلقیح بذر با قارچ مایکورت و محلول‌پاشی با هورمون سیتوکینین تحت شرایط دیم اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۸، در مزرعه تحقیقاتی سازمان جهاد کشاورزی شهرستان مهاباد واقع در مرکز خدمات روستایی دریاس در ۱۵ کیلومتری مهاباد (آذربایجان غربی با طول جغرافیایی ۴۵° و ′۴۳ و عرض جغرافیایی ۳۶° و ′۱ و ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا) اجرا گردید. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد، عامل اول شامل سه سطح کود ارگانیک مایکورت که حاوی قارچ مایکوریزا است (۲،۴ و۶ کیلوگرم در ۱۰۰ کیلوگرم بذر) و عامل دوم

سه سطح نیتروژن خالص(صفر به‌عنوان شاهد ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم از منبع کوداوره در هکتار) و عامل سوم محلول-پاشی با هورمون سیتوکنین در دو سطح (عدم محلول-پاشی و محلول‌پاشی در مرحله گلدهی زمانی که ۵۰ درصد گل‌ها از غلاف بیرون آمده بود (کد ۵۵ مرحله رشدی زادوکس) (Zadoks *et al*., 1974) و محلول‌پاشی در مرحله شروع پرشدن دانه) با ۳ میلی‌مولار سیتوکنین از منبع ماده ۶- بنزیل آمینوپورین بودند. رقم گندم مورد آزمایش سرداری بود، که از موسسه دیم کشور در مراغه دریافت شد. نتایج آزمایش خاک مزرعه نشان داد که بافت خاک رسی لومی وpH آن قلیایی ضعیف و در حد خنثی بود. میزان نیتروژن آن غیرقابل اندازه‌گیری (در حد صفر)، مقدار فسفر و پتاسیم آن برای کشت گندم کافی بود (جدول ۱). قبل از کاشت بذور ضدعفونی شده و بر اساس نوع تیمار، طبق دستور مندرج، با کود ارگانیک مایکورت حاوی قارچ میکوریزا تلقیح گردیدند (مایکورت حاوی میسیلیوم‌های (ریسه) قارچ مایکوریزاست). عمق کشت بذر ۵-۳ سانتی‌متر و تراکم ۳۰۰ بذر در مترمربع در نظر گرفته شد که بر اساس وزن هزاردانه و سطح واحدهای آزمایشی محاسبه و توزین شد. هر کرت شامل پنج ردیف با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و طول هر ردیف ۶ متر کشت گردید. فاصله بین کرت‌های آزمایشی نیز ۲ متر در نظر گرفته شد .پس از سبز شدن یکنواحت مزرعه، در هر سطح نیتروژن، یک سوم کود از نوع اوره به‌صورت پایه همراه با تهیه زمین و دو سوم دیگر به صورت سرک و به - طور مساوی در ابتدای مرحله ساقه رفتن و قبل از گل‌دهی

جدول ۱- نتایج تجزیه آزمون خاک محل آزمایش

Table1. Resalts of Soil Aalysis of experiment site

درصد رس ٪Clay	درصد لای Silt%	درصد شن %Sand	پتاسیم قابل جذب K (ppm)	فسفر(ppm) P	کربن آلی(O.C%)	اسیدیته گل اشباع (pH)	هدایت الکتریکی EC(ds/m)	درصد اشباع(SP%)	عمق(Deep)
35	32	33	280	5.73	0.07	7.81	0.66	42	0-30

جدول ۲- آمار هواشناسی سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ مهاباد

Table.2 Weather data of Mahabad Crop Year in 2019-2020

ماه Month	درجه حرارت Temprature ^{oC}			بارندگی Precipitation	رطوبت نسبی (درصد) Relative Hiumidaty		
	میانگین Mean	حداکثر Max	حداقل Min		میانگین Mean	حداکثر Max	حداقل Min
مهر Oct	17.2	32.6	1.8	5.9	55.5	93	19
آبان Nov	13.6	27.8	-0.6	62.1	54	95	13
آذر Dec	3.5	16.4	-9.4	65.2	57.5	100	15
دی Jan	-1.1	10.8	-13	50.6	58.5	97	20
بهمن Feb	-1.1	10.5	-13	42.8	58	99	17
اسفند Mar	5.7	19	-7.6	53	52.5	90	15
فروردین Apr	8.7	19.4	-2	89.6	57.5	97	18
اردیبهشت May	19	33.6	4.4	23.8	57	95	19
خرداد Jun	17	31.8	2.2	5	53.5	94	13
تیر Jul	25.5	39	12	2.2	43.5	81	6

به گیاهان داده شد. محلول ۳ میلی‌مولار سیتوکنین از منبع ماده ۶- بنزیل آمینو پورین تهیه و به روش محلول-پاشی و با استفاده از سمپاش دستی به مقدار یک و نیم لیتر محلول برای هر کرت آزمایشی اعمال گردید. جهت سهولت جذب محلول سیتوکنین، به همراه آن از یک مایع مویان بنامتوئین (Tween, 20) استفاده شد. در فاصله زمانی بین کاشت تا برداشت مراقبت‌های لازم شامل مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها برای همه

تیمارها یکسان و به صورت دستی و شیمیایی انجام شد. مجموع بارندگی در سال زراعی انجام آزمایش ۴۰۰/۲ میلی‌متر بود و بیش‌ترین مقدار بارش در فروردین ماه ثبت شد (جدول ۲). در زمان رسیدگی فیزیولوژیک گیاهان مربوط به هر کرت برداشت شد (سطح برداشت یک متر مربع از خطوط وسط کرت بود). در آزمایشگاه با توزین گیاهان برداشت شده، ماده خشک کل به‌دست آمد. برای تعیین عملکرد دانه، سنبله‌ها جداسازی و کوبیده شده و وزن دانه‌های به دست آمده به‌عنوان عملکرد دانه (با رطوبت ۱۴درصد) در نظرگرفته شد. عملکرد دانه، تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، بیوماس و عملکرد بیولوژیک برمبنای سطح برداشتی و اجزای عملکرد بر مبنای متوسط سنبله مورد محاسبه قرار گرفتند.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق نرم‌افزار آماری SAS 9.2 انجام شد و مقایسه میانگین‌ها به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

تعداد سنبله بارور در متر مربع

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود نیتروژن و اثر متقابل قارچ مایکورت× سیتوکینین در سطح احتمال یک درصد و اثر محلول‌پاشی سیتوکینین، اثر متقابل قارچ مایکورت× کود نیتروژنه و کود نیتروژن× سیتوکینین بر تعداد سنبله بارور در مترمربع در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بودند (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین برای تعداد سنبله بارور کاربرد ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن همراه با تلقیح بذرهمراه با ۲ کیلوگرم در ۱۰۰ کیلوگرم بذر با متوسط ۳۳۱/۴۴ سنبله باور بیشترین و تیمار عدم کاربرد نیتروژن و عدم تلقیح با قارچ با متوسط ۲۷۲/۴۴ سنبله کمترین تعداد سنبله بارور را به‌خود اختصاص دادند، نتایج تحقیق حاضر همچنین حاکی از آن بود که کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود حاوی نیتروژن در هر سه سطح تلقیح با کود مایکورت، تعداد سنبله بارور در واحد سطح را در مقایسه با شاهد افزایش داد (شکل ۱). با افزایش کودهای نیتروژنی، پنجه‌دهی تحریک می‌شود و درنتیجه تعداد سنبله‌ها در واحد سطح افزایش می‌یابد. وجود عناصر غذایی کافی در خاک باعث بهبود وضعیت تغذیه گیاه، افزایش راندمان فتوسنتزی و در نتیجه افزایش تعداد سنبله‌ها می‌شود (Zee *et al*., 2017).

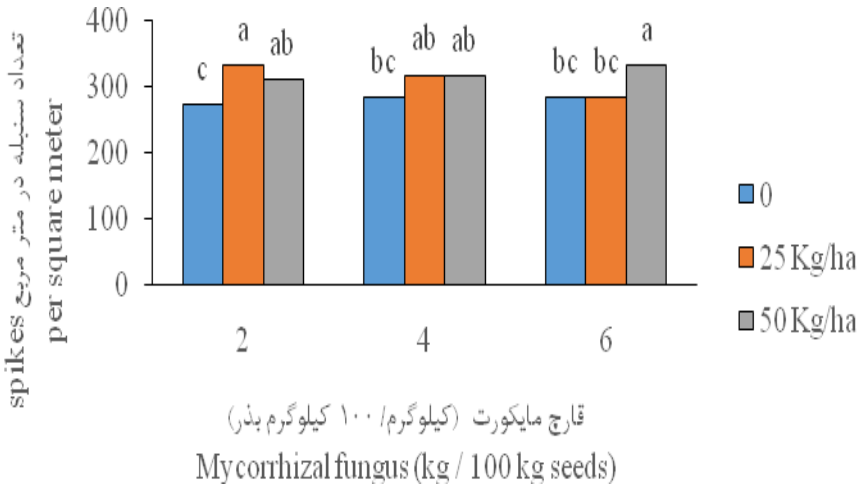
کودهای زیستی از طریق افزایش سیستم ریشه‌ای در غلات سبب افزایش سطح تماس ریشه با خاک و افزایش جذب عناصر غذایی، به‌خصوص عناصر فسفر و نیتروژن، و درنتیجه فزایش تولید مواد فتوسنتزی و اختصاص آن به اندام‌های زایشی می‌شود که نتیجه آن می‌تواند افزایش تعداد سنبله باشد (Ghulam *et al*., 2009; Geleto *et al*., 1995). در پژوهش حاضر نیز افزایش تعداد سنبله بارور در واحد سطح، در ترکیب تیماری کاربرد قارچ مایکورت و کود نیتروژن مشاهده شد. در مطالعه سبحانی و همکاران (Sobhani *et al*., 2022) بالاترین تعداد سنبله در متر مربع در گندم در تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنه همراه با تلقیح بذر با قارچ مایکوریزا ثبت شد.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد در بین تیمارهای محلول‌پاشی سیتوکنین و تلقیح با قارچ مایکورت تلقیح بذر با ۴ کیلوگرم قارچ مایکورت در ۱۰۰کیلوگرم بذر همراه با محلول‌پاشی سیتوکنین در مرحله دانه بستن با متوسط ۳۳۶/۶۷ سنبله بالاترین و تلقیح بذر با ۶ کیلوگرم قارچ مایکورت در هکتار با متوسط ۲۷۱/۷۸ سنبله کمترین تعداد سنبله در متر مربع را تولید کرد (جدول ۴). افزایش تعداد سنبله در گندم در مصرف کود نیتروژن (Khan *et al*., 2012) و نیز مصرف همزمان این کود همراه با محلول‌پاشی سیتوکنین (Qatei *et al*., 2013) توسط محقیقن دیگر نیز گزارش شده است.

طول سنبله

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر اصلی کود نیتروژن و اثر متقابل قارچ مایکورت × کود نیتروژن بر طول سنبله در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

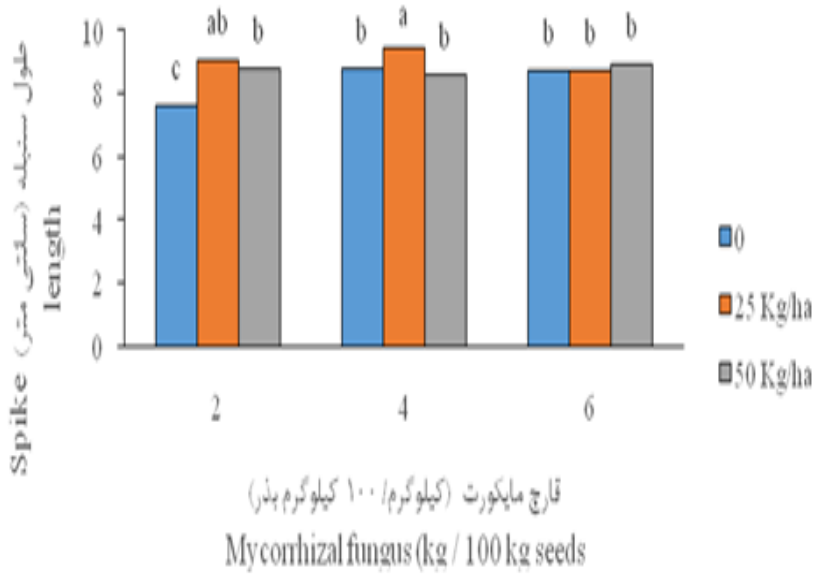
نتایج نشان داد تلقیح بذر با ۴ و ۲ کیلوگرم کود مایکورت همراه با ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌ترتیب با ۹/۳۹ و ۹/۰۲ سانتی‌متر بالاترین طول سنبله را در بین تیمارها به‌خود اختصاص دادند، کمترین طول سنبله مربوط به تیمار تلقیح با دو کیلوگرم در هکتار قارچ



شکل۱- نمودار مقایسه میانگین تعداد سنبله (در متر مربع) تحت تاثیر، اثر متقابل کود نیتروژن و قارچ مایکورت

Figure 1. Mean comparison number of spikes (per m2) under the influence of the interaction between nitrogen fertilizer and mycorot fungus

مایکورت و تیمار شاهد کود نیتروژنه بود، نتایج همچنین نشان داد کاربرد ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه همراه با سطوح ۲ و ۴ کیلوگرم در هکتار قارچ مایکورت، طول سنبله را به‌صورت معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش دادند در حالی‌که در تیمار تلقیح بذر با ۶ کیلوگرم در هکتار قارچ مایکورت اختلاف بین سطوح کود نیتروژن معنی‌دار نبود (شکل ۲). همسو با پژوهش حاضر، اثر مثبت قارچ مایکوریزا بر طول سنبله در مطالعه ظهیر و همکاران (Zaheer *et al*., 2019) نیز گزارش شده است.تلقیح با مایکوریزا از طریق بهبود سطوح هورمونی در گیاه (به‌خصوص سیتوکینین) و افزایش جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف می‌تواند اثر مثبتی بر خصوصیات رشدی گیاه داشته باشد (Vacheron *et al*., 2013)، در تحقیقی دیگر کنعانی الوار و همکاران (Kanaani Alvar *et al*., 2013) بالاترین طول سنبله در جو را در تیمار کود زیستی فسفاته بارور ۲ همراه با نصف دز توصیه شده کود نیتروژن ثبت کرد.



شکل ۲- نمودارمقایسه میانگین طول سنبله تحت تاثیر، اثر متقابل، کود نیتروژن و قارچ مایکورت

Figure 2. Mean comparison spike lenght under the influence of the interaction between nitrogen fertilizer and mycorot fungus

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در گندم

Table 3. Variance analysis of measured traits in bread wheat

منابع تغییر (S.O.V)	میانگین مربعات						
	درجه آزادی df	سنبله در مترمربع Spike /m^2	طول سنبله Spikelength (cm)	تعداد دانه در سنبله Grain per spike	وزن هزاردانه 1000Seed weight(gr)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg/ha)	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)
تکرار (Replication)	2	14892.4**	46.02^{ns}	3.16^{ns}	71.79^{ns}	45004**	953.28^{ns}
قارچ مایکورت (MF)	2	287.07^{ns}	19.31^{ns}	52.02**	206.69**	479555**	4612.56**
کود نیتروژن(N)	2	11854.4**	87.65*	23.68*	2.98^{ns}	35222**	2837.53*
محلول پاشی سیتوکینین (CYT)	2	5141.9*	28.33^{ns}	32.82*	97.26**	48894.4**	1965.09^{ns}
قارچ مایکورت× کود نیتروژن (MF×N)	4	3232.2*	61.79*	8.40^{ns}	19.85^{ns}	7193.8^{ns}	273.65^{ns}
قارچ مایکورت× سیتوکینین (MF×CYT)	4	5719.1**	14.66^{ns}	20.83*	44.26*	97618.52**	4146.53**
کود نیتروژن × سیتوکینین(N×CYT)	4	2846.2*	43.23^{ns}	3.40^{ns}	43.37*	113688.53**	2986.48*
قارچ مایکورت× کود نیتروژن × سیتوکینین (MF×N×CYT)	8	1852.94^{ns}	14.33^{ns}	9.13^{ns}	31.41^{ns}	11478.9 ^{ns}	817.93^{ns}
خطا Error	52	1324	29.84	8.39	18.09	7414.9	1016.42
ضریب تغییرات(٪) CV(%)	-	12.01	6.19	9.37	9.27	15.4	13.97

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, ** and *: no significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

تعداد دانه در سنبله

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها تعداد دانه در سنبله به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر قارچ مایکورت در سطح احتمال یک درصد و کود نیتروژن، محلول‌پاشی سیتوکینین و اثر متقابل قارچ مایکورت× سیتوکینین در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۴).

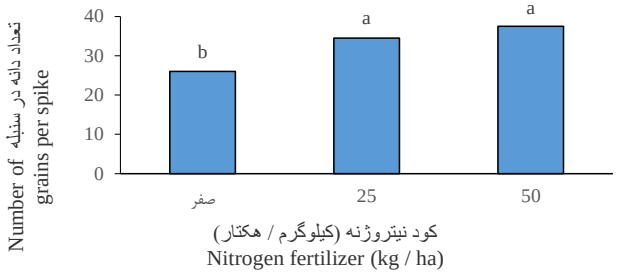
در این آزمایش بالاترین تعداد دانه در سنبله با متوسط ۳۷/۵ دانه، در تیمار مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن مشاهده شد که بین تیمار مذکور و تیمار مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود حاوی نیتروژن، اختلاف معنی‌دار نبود و در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۳).

به‌نظر می‌رسد افزایش نیتروژن منجر به تغذیه مناسب گیاه و افزایش سطح فتوسنتزی گیاه می‌شود و گیاه با سنتز بیشتر مواد جذبی، جوانه‌های مولد سنبلچه‌ها را تقویت می‌کند و به‌این ترتیب تعداد دانه‌های بیشتری در گیاه تشکیل می‌شود (Mardukhi*et al*., 2015). افزایش تعداد دانه در گندم تحت شرایط دیم در تیمارهای کود نیتروژن در مطالعات قبلی نیز گزارش شده است (Hamzei *et al*., 2017; Zee *et al*., 2017).

در پژوهش حاضر، تلقیح بذر با ۴ کیلوگرم در هکتار کود مایکورت همراه با محلول‌پاشی سیتوکینین در مراحل دانه بستن و پرشدن دانه‌ها به‌ترتیب با متوسط ۳۳/۹۶ و ۳۳/۷۰ بالاترین تعداد دانه در سنبله را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۴)، اختلاف بین دو تیمار مذکور با تیمارهای تلقیح بذر با ۶ کیلوگرم در هکتار و محلول‌پاشی سیتوکینین در مراحل دانه بستن و پر شدن دانه‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار نبود، کمترین تعداد دانه در سنبله نیز با متوسط ۲۷/۱۸ دانه به تیمار تلقیح بذر با ۲ کیلوگرم در هکتار قارچ مایکورت و عدم محلول‌پاشی سیتوکنین اختصاص یافت.

به‌نظر می‌رسد به‌واسطه جذب بهتر آب و موادغذایی از خاک در نتیجه ی همزیستی ریشه با قارچ مایکورت و بر افزایش دوام سبزینگی سنبله، تعداد دانه در سنبله افزایش یافته باشد. تحقیقات نشان داده است استفاده از کودهای بیولوژیک در طول مرحله زایشی به‌خصوص مرحله ظهور سنبله و گلدهی موجب فعالیت آنزیم نیتروژناز در ریشه گیاهان تلقیح می‌شود و در نتیجه فراهمی نیتروژن برای گیاه افزایش یافته و از این طریق تعداد دانه افزایش نشان داده است (Okan and Kapulnik, 1986). سیاح فر و همکاران (Sayyahfar *et al*., 2013) بیان کردند که تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش کم‌آبی تلقیح بذر با مایکوریزا، تعداد دانه در سنبله گندم را افزایش می‌دهد. همچنین در مطالعه سبحانی و همکاران (Sobhani *et al*., 2022) بالاترین تعداد دانه در سنبله در تیمار تلقیح بذر گندم با قارچ مایکوریزا ثبت شد.

اثر مثبت محلول‌پاشی سیتوکینین بر بهبود تعداد دانه در سنبله گندم در مطالعات دیگری نیز به اثبات رسیده است (Zarea and Karimi, 2023). سیتوکنین تقسیم سلولی، وزن دانه و تعداد سلول‌های آندوسپرم را افزایش می‌دهد، گزارش شده است که بین تعداد سلول‌های آندوسپرم با پر شدن دانه و وزن‌دانه همبستگی مثبت وجود دارد (Panda *et al*., 2018)، یانگ و همکاران (Yang *et al*., 2016) اظهار داشتند کاربرد خارجی سیتوکینین تعداد دانه در سنبله گندم را افزایش داد.



شکل۳- مقایسه میانگین تعداد دانه در سنبله تحت تاثیر، اثر تیمارهای کود نیتروژن

Figure 3. Mean comparison of the number of grains per spike under the influence of the nitrogen fertilizer treatments

جدول ۴-مقایسه میانگین صفات مورد بررسی تحت تاثیر اثر سطوح مایکورت و محلول‌پاشی سیتوکینین بر گندم نان

Table 4. Mean comparison of the studied traits under the effect of mycorot fungus and Cytokinin foliar spraying treatments in bread wheat

قارچ مایکورت (کیلوگرم بر ۱۰۰ کیلو بذر) MF	زمان مصرف سیتوکینین CYT.time		تعداد سنبله بارور Spike per square(m^2)	تعداد دانه در سنبله Number of grain per Spike	وزن هزاردانه 1000Seed Weight(gr)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (Kg/ha)	عملکرد دانه Grain yeald (Kg/ha)
2	Control	شاهد	310ab	27.18c	40.29d	5482.37bc	2083.3c
	Graining	دانه بستن	299.78bc	30.74bc	44.86cd	5622.44b	2144.4bc
	Grain filling	پر شدن	303.67abc	30.18bc	44.92cd	5298.19b	2366.7abc
4	Control	شاهد	293.89bc	29.85bc	45.22bc	5060.71c	2117.4c
	Graining	دانه بستن	336.67a	33.96a	49.67a	5421.22bc	2422.2ab
	Grain filling	پر شدن	286.44bc	33.70a	50.87a	5025.23c	2151.1bc
6	Control	شاهد	334.89a	30.55bc	43.48cd	5691.23b	2355.6abc
	Graining	دانه بستن	288.67bc	31.47ab	45.24bc	6855.75a	24667a
	Grain filling	پر شدن	271.78c	49.06ab	50.8a	5773.07b	2477.8a

در هر ستون مقادیری که حروف مشترکی با هم ندارند بر اساس LSR در سطح احتمال ۰/۰۵با هم تفاوت معنی داری دارند.

Means in each column, following the same letter(s) are not significantly different at the 5% level of probability (by Dancan test).

وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر قارچ مایکورت و محلول‌پاشی سیتوکینین در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل قارچ مایکورت × محلول‌پاشی سیتوکینین و کود نیتروژن × محلول‌پاشی سیتوکینین در سطح احتمال پنج درصد بر وزن هزاردانه معنی‌دار بود (جدول ۴).

مقایسات میانگین صفات نشان داد کاربرد ۴ کیلوگرم قارچ مایکورت همراه با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله دانه بستن و پرشدن دانه و کاربرد ۶ کیلوگرم قارچ مایکورت همراه با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله پرشدن دانه به‌ترتیب با متوسط ۴۹/۶۷، ۵۰/۸۷ و ۵۰/۸ گرم بالاترین وزن هزاردانه را به‌خود اختصاص داند، در بین این دسته از تیمارها کمترین وزن هزاردانه با متوسط ۴۰/۲۹ گرم به تیمار کاربرد ۲ کیلوگرم قارچ مایکورت همراه با تیمار شاهد سیتوکینین اختصاص یافت، نتایج همچنین حاکی از آن بود که در هر سه تیمار تلقیح با قارچ بالاترین وزن هزاردانه به محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله پر شده دانه اختصاص داشت. محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله پرشدن دانه و تلقیح بذر با ۴ و ۶ کیلوگرم در ۱۰۰ کیلوگرم بذر اثر هم‌افزایی در افزایش وزن هزاردانه داشت(جدول ۴). اثر مثبت محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله پر شدن دانه می‌تواند به‌این دلیل باشد که در مرحله پس از گرده‌افشانی، دانه‌ها نیاز بیشتری به موادغذایی دارند و سیتوکینین‌ها نقش مهمی را در تنظیم جهت‌دهی و انتقال عناصر غذایی به‌سمت گل آذین گیاه برعهده دارند و به‌این طریق می‌توانند بر وزن دانه تأثیر بگذارند. به‌بیان دیگر، سیتوکینین با افزایش تقسیم سلولی در سطح مخزن فیزیولوژیک، باعث افزایش تعداد سلول‌های اندوسپرم و اندازه مخزن فیزیولوژیک شده و با افزایش ظرفیت فتوسنتزی و میزان کلروفیل، تأخیر در پیری برگ و افزایش دوره فعال پرشدن دانه، وزن هزاردانه را افزایش می‌دهد (Xie *et al*., 2004). افزایش وزن هزاردانه گندم با کاربرد سیتوکینین در پژوهش‌های مختلفی گزارش شده است (Jalali Honarmand *et al*., 2016; Ghatei *et al*., 2015)، همچنین استفاده از قارچ‌های میکوریزا به‌دلیل نقش مثبت این میکروارگانیسم‌ها در جذب آب و عناصر غذایی به‌ویژه فسفر و انتقال آن به سلول‌های گیاه میزبان باعث بهبود رشد گیاه، افزایش فتوسنتز و تولید مواد جذبی شده است. در نتیجه در مرحله پر شدن دانه، مواد جذب‌شده به اندازه کافی به هسته منتقل و دانه‌های درشت تولید شد. بهبود وزن هزاردانه در تیمارهای تلقیح بذر با قارچ مایکوریزا در مطالعه مردوخی و همکاران (Mardukhi *et al*., 2015)

و سبحانی و همکاران (Sobhani *et al*., 2022) نیز به اثبات رسیده است.

در بین ترکیبات تیماری کود نیتروژنه و محلول‌پاشی سیتوکینین بالاترین وزن هزاردانه به تیمار کاربرد ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود ازته همراه با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله پرشدن دانه با متوسط ۴۹/۳۷ گرم اختصاص داشت، لازم به‌ذکر است که بین تیمار مذکور و تیمارهای شاهد کود نیتروژنه همراه با تیمارهای شاهد و محلول‌پاشی در مرحله دانه بستن و پر شدن دانه، کاربرد کود نیتروژنه همراه با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله دانه بستن و کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه همراه با تیمار شاهد و محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله پرشدن دانه اختلاف معنی‌دار دیده نشد. کمترین وزن هزاردانه نیز با متوسط ۴۱/۷۳ گرم با تیمار کاربرد ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه همراه با تیمار شاهد سیتوکینین اختصاص داشت (جدول ۵). تحت شرایط مذکور نیز در هر سه تیمار کاربرد کود نیتروژن بالاترین وزن هزاردانه در تیمارهای محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله پرشدن دانه ثبت شد. به‌نظر می‌رسد کاربرد تلقیح بذر با قارچ مایکورت، کود نیتروژنه و محلول‌پاشی سیتوکنین با فرآهمی آب و عناصر غذایی و همچنین افزایش طول دوره رشد گیاه زمینه را برای انتقال و ذخیره مواد فتوسنتزی به دانه‌ها را فراهم ساخته و به‌این طریق وزن هزاردانه را افزایش داده اند. قاطعی و همکاران (Qatei *et al*., 2013) دریافتند محلول‌پاشی کود نیتروژن و سیتوکنین وزن هزاردانه را در گندم افزایش داد. افزایش وزن هزاردانه ناشی از افزایش تعداد سلول‌های ذخیره‌کننده نشاسته وگنجایش آن‌ها می‌باشد که این مهم وابسته به‌مقدار تولید سیتوکنین در گیاه می‌باشد(Yang *et al*., 2002).

عملکرد بیولوژیک

نتایج نشان داد عملکرد بیولوژیک به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر تلقیح اثر قارچ مایکورت، کود نیتروژن، محلول-پاشی سیتوکینین و اثر متقابل قارچ مایکورت × سیتوکینین و کود نیتروژن × سیتوکینین در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول۴).

در بین تیمارهای برهمکنش قارچ مایکورت و سیتوکینین بالاترین عملکرد بیولوژیک با متوسط ۶۸۵۵/۷۵ کیلوگرم در هکتار به تیمار تلقیح با ۶ کیلوگرم درهکتار کود مایکورت همراه با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله دانه بستن اختصاص داشت، کمترین مقدار صفت مذکور نیز با متوسط ۵۰۶۰/۷۱ و ۵۰۲۲/۲۳ کیلوگرم در هکتار به تیمار تلقح بذر با ۴ کیلوگرم در هکتار قارچ مایکورت همراه با تیمار شاهد و تیمار محلول-پاشی در مرحله پرشدن اختصاص یافت. نتایج همچنین نشان داد تیمار محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله دانه-بندی در هر سه تیمار محلول‌پاشی بالاترین عملکرد بیولوژیک را تولید کرد، بین تیمار شاهد و محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله پرشدن دانه‌ها اختلاف معنی‌داری دیده نشد (جدول ۴).

قارچ‌های میکوریزا می‌توانند سرعت و میزان فتوسنتز را در گیاه همزیست افزایش دهند. این افزایش احتمالاً به علت جذب بیشتر عناصرغذایی و آب در گیاه میزبان و در نتیجه بهبود شرایط رشدی گیاه مربوط می‌باشد (Wang *et al*., 2016). گزارش شده است در تیمارهای تلقیح با قارچ مایکوریزا موجب القای تولید فیتو هورمون‌های مختلف (مانند اسید آبسیزیک، اتیلن، سیتوکینین‌ها و اکسین‌ها) و ایندول-۳-استیکاسید (IAA) در محیط ریزوسفر ریشه گیاهان می‌شود (Lin *et al*., 2018; Raheem *et al*., 2018). این فیتوهورمون‌ها به‌طور مستقیم رشد و عملکرد گیاه را افزایش می‌دهند. در مطالعاتی جداگانه بر روی گندم گزارش شد تلقی بذر با میکوریزا عملکرد بیولوژیک در این محصول را افزایش داد (Mardukhi *et al*., 2015; Sobhani *et al*., 2022).

تقسیم سلولی یکی از مهمترین نقش‌های سیتوکینین بوده و به‌نظر می‌رسد که محلول‌پاشی سیتوکینین از طریق افزایش تقسیم سلولی اندام‌های رویشی، افزایش فتوسنتز، افزایش دوام شاخص سطح برگ و وزن دانه، سبب افزایش وزن زیست‌توده شده است. افزایش وزن زیست‌توده با کاربرد سیتوکینین در گندم (Zaheer *et al*., 2019; Jalali Honarmand *et al*., 2016) و ذرت (Ali *et al*., 2011.) نیز بیان شده است. در مطالعه‌ای بر روی گندم تلقیح بذور با ریزوباکتر و همچنین محلول‌پاشی هورمون سیتوکینین هم به‌صورت مجزا و هم به‌صورت ترکیب با یکدیگر عملکرد بیولوژیک گندم را در مقایسه با تیمار شاهد به‌صورت معنی‌داری افزایش داد (Zaheer *et al*., 2019).

در این بررسی محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله دانه‌بندی همراه با کاربرد ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌ترتیب با متوسط ۶۵۳۵/۸۹ و ۶۰۵۸/۶۲ کیلوگرم در هکتار بالاترین و تیمار شاهد کود نیتروژن و شاهد محلول‌پاشی سیتوکینین با متوسط ۴۷۶۵/۰۵ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد بیولوژیک را تولید کرد، تحت شرایط مذکور نیز بالاترین عملکرد بیولوژیک در هر سه تیمار کود نیتروژن به محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله‌دانه‌بندی اختصاص داشت و اختلاف بین تیمار شاهد و محلول‌پاشی در مرحله پرشدن دانه و تیمار شاهد محلول پاشی معنی‌دار نبود. به‌نظر می‌رسد تحت شرایط دانه‌بندی عملکرد بیولوژیک کاملاً شکل گرفته و محلول-پاشی سیتوکنین نتوانسته است موجب افزایش عملکرد بیولوژیک شود. نیتروژن یکی از کودهای مهم و ضروری برای گیاه می‌باشد که با تاثیرگذاری روی رشد گیاهان و طولانی‌کردن طول دوره رشد رویشی گیاه می‌تواند رشد و عملکرد اندام هوایی و در نتیجه عملکرد کاه را در گیاه افزایش دهد، در مطالعه کنعانی و الوار همکاران (Kanaani Alvar *et al.*, 2013) بر روی جو بالاترین عملکرد بیولوژیک در شرایط دیم به کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود همراه با تلقیح بذر با کود زیستی فسفاته بارور ۲ اختصاص داشت. قاطعی و همکاران (Qatei *et al.*, 2013) گزارش دادند که کاربرد کود نیتروژن و محلول-پاشی با تنظیم‌کننده سیتوکنین سبب افزایش عملکرد بیولوژیک در گندم شد، که همسو با نتایج مطالعه حاضر است.

جدول۵- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده تحت تاثیر، اثر سطوح کود مایکورت و محلول‌پاشی سیتوکنین

Table 5. Mean comparison of Cytokini N × treatments on measured traits in bread wheat

نیتروژن (kg/ha) N	زمان مصرف سیتوکنین CYT.time		تعداد سنبله در متر مربع Spike per Square mete	وزن هزاردانه (گرم) 1000Seed weight(gr)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (Kg/ha)	عملکرددانه (کیلوگرم در هکتار) Grain Yield (kg/ha)
0	Control	شاهد	287.56bcd	46.27ab	4765.05d	1938.9d
	Graining	دانه بستن	270.67d	45.48abc	5234.24bc	2216.7bcd
	Grain filling	پر شدن	279.22d	46.86ab	5762.63b	2350.1abc
25	Control	شاهد	314.44abc	41.73c	5777.83bc	2144.4cd
	Graining	دانه بستن	336.44a	45.53abc	6535.89a	2522.2a
	Grain filling	پر شدن	280.78cd	49.37a	5053.97c	2273.0abc
50	Control	شاهد	338.78a	44.99abc	5690.29b	2344.4abc
	Graining	دانه بستن	316ab	44.76bc	6058.62a	2294.4abc
	Grain filling	پر شدن	301.89bcd	47.72ab	5305.24bc	2461.1ab

در هر ستون میانگین هایی که حروف مشترکی با هم ندارند بر اساس LSR در سطح احتمال ۰/۰۵با هم تفاوت معنی داری دارند.

Means in each column, following the same letter(s) are not significantly different at the 5% level of probability (by LSR test).

عملکرد دانه

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس اثر قارچ مایکورت و اثر متقابل قارچ مایکورت × محلول‌پاشی سیتوکینین در سطح احتمال یک درصد و اثر کود نیتروژن و اثر متقابل کود نیتروژن × محلول‌پاشی سیتوکینین در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۴).

نتایج نشان داد که تلقیح بذر با ۶ کیلوگرم قارچ مایکورت همراه با محلول‌پاشی سیتوکینین در مراحل دانه‌بستن و پرشدن دانه به‌ترتیب با متوسط ۲۴۶۶/۷و ۲۴۷۷/۸ کیلوگرم در هکتار بالاترین و تلقیح بذر با ۲ کیلوگرم قارچ در ۱۰۰ کیلوگرم بذر و تیمار شاهد محلول-پاشی با متوسط ۲۰۸۳/۳ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را تولید کرد، نتایج همچنین نشان داد تحت تیمار تلقیح با ۲ و۶ کیلوگرم قارچ مایکورت بین تیمار شاهد و محلول‌پاشی سیتوکینین اختلاف معنی‌داری دیده نشد، درحالی‌که تحت تیمار تلقیح با ۴ کیلوگرم، محلول-پاشی سیتوکینین در مرحله تشکیل دانه عملکرد را در مقایسه با شاهد به‌صورت معنی‌دار افزایش داد (جدول ۴).به‌نظر می‌رسد قارچ های میکوریزا از ابتدای رشد تا انتهای دوره‌ی رشد با تامین رطوبت در اطراف ریشه و جذب عناصر غذایی مانند فسفر و نیتروژن، پتاسیم، روی، مس،گوگرد و با کاهش اثرات تنش‌های محیطی موجب

افزایش عملکرد در گیاهان می‌شوند (Fahramand *et al.*, 2014). در آزمایشی تلقیح بذر گندم با مایکوریزا عملکرد دانه در گندم را ۱۲ درصد درمقایسه با تیمار شاهد (عدم تلقیح) در شرایط تنش خشکی افزایش داد (Hassanpour and Zand, 2014). سبحانی و همکاران (Sobhani *et al.*, 2022) گزارش کردند تلقیح بذر گندم با قارچ مایکوریزا و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن، بالاترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص داد.

نتایج مقایسات میانگین صفات اندازه گیری‌شده تحت تاثیر، اثر کود نیتروژن و محلول‌پاشی سیتوکینین نشان داد (جدول ۵) اگرچه استفاده از ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود همراه با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله دانه‌بستن با متوسط ۲۵۲۲/۲ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص داد اما اختلاف بین تیمار مذکور با تیمارهای شاهد کود نیتروژن همراه با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله پرشدن دانه، کاربرد ۲۵ کیلوگرم در هکتار و محلول‌پاشی سیتوکینین در مراحل دانه‌بستن و پرشدن دانه و همچنین کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار همراه با هر سه تیمار شاهد، و محلول‌پاشی سیتوکینین در مراحل دانه‌بستن و پر شدن دانه معنی‌دار نبود، کمترین عملکرد دانه در بین این دسته از تیمارها با متوسط ۱۹۳۸/۹ کیلوگرم در هکتار به شاهد هر دو تیمار اختصاص یافت.

کود نیتروژن سبب افزایش سطح سبزینه‌ی گیاه و افزایش فعالیت فتوسنتزی و افزایش طول دوره پرشدن دانه می‌شود. از نهاده‌های اصلی در افزایش عملکرد دانه در مراحل بعد از کاشت استفاده از کود نیتروژن است، این عنصر اثر مثبتی بر تقسیم و بزرگ شدن سلول، افزایش سطح و دوام برگ و افزایش تعداد پنجه بارور و بقای آن می‌گردد و تنها عنصری است که کمبود آن به‌صورت چشم گیری موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود (Hoseini, 2018; Fealegari, 2017). در بررسی حاضر کاربرد کود نیتروژن همراه با تلقیح بذر اثر مثبتی بر بهبودی اجزای عملکرد نظیر تعداد سنبله در واحد سطح و وزن هزاردانه داشت که از اجزای عملکرد دانه هستند، بنابراین تیمارهای کود نیتروژن و تلقیح با بذر توانستند از طریق افزایش اجزای مذکور عملکرد دانه را بهبود دهند. اثر مثبت کاربرد کود نیتروژن در بهبود تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در تحقیقات دیگری نیز گزارش شده است (Nehe *et al.*, 2018; Si *et al.* 2020; Liu *et al.*, 2020).

بر اساس نتایج جدول (۵) کاربرد ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن همراه با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله تشکیل دانه با متوسط ۲۵۲۲/۲ کیلوگرم بالاترین عملکرد دانه را تولید کرد، کمترین عملکرد دانه نیز با متوسط ۱۹۳۸/۹ کیلوگرم در هکتار برای تیمار شاهد کود نیتروژن و محلول‌پاشی سیتوکینین ثبت شد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد بین کاربرد ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن همراه با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله تشکیل دانه با کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه و شاهد محلول‌پاشی (کاربرد مجزا کود نیتروژن) و همچنین محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله پرشدن دانه همراه با شاهد کود نیتروژنه (محلول‌پاشی مجزا سیتوکینین) اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد، بنابراین تلفیق دو تیمار نتوانست به‌صورت معنی‌داری عملکرد دانه را افزایش دهد.

گزارش شده است محلول‌پاشی سیتوکینین در مراحه اولیه رشد دانه میزان غلظت این هورمون را در دانه غلات افزایش می‌دهد (Yang *et al.*, 2001)، افزایش سطح هورمون مذکور در دانه‌ها موجب افزایش تقسیم سلولی در دانه‌های در حال‌رشد شده و از طریق افزایش اندازه دانه‌ها موجبات افزایش عملکرد دانه را فراهم خواهد آورد، از دیگر اثرات هورمون سایتوکینین می‌توان به نقش این هورمون در به‌تأخیر انداختن پیری در گیاه و افزایش طول دوره رشد گیاه و همچنین افزایش طول دوره پر شدن دانه‌ها باشد(Yang *et al.*, 2000)، در تحقیقی بر روی گندم سعیدی و همکاران (Saeedi *et al.*, 2006) اظهار داشتند محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله گرده افشانی عملکرد دانه را به‌صورت معنی‌دار افزایش داد. در بررسی اثر محلول‌پاشی سیتوکینین بر عملکرد دانه در گندم قاطعی و همکاران (Qatei *et al.*, 2013) اظهار داشتند کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن همراه با محلول-پاشی ۱۰۰ میکرومولار سیتوکینین بالاترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص داد.سعیدی و همکاران (Saidi *et al.*, 2006) گزارش نمودند محلول‌پاشی هورمون سیتوکنین به‌صورت معنی‌داری عملکرد دانه گندم را افزایش داد.

نتیجه‌گیری

عملکرد دانه مهم‌ترین صفت و برآیند اجزای عملکرد دانه است. در این مطالعه مشاهده شد، تلقیح با قارچ مایکورت محلول‌پاشی سیتوکینین و کود نیتروژن به‌صورت جداگانه و ترکیب با یکدیگر اثر مثبتی بر افزایش عملکرد دانه تحت شرایط دیم داشتند که منتج به‌افزایش عملکرد دانه شد، نتایج تحقیق حاضر همچنین نشان داد اگرچه تلقیح با قارچ مایکورت و محلول‌پاشی سیتوکینین توانست به‌صورت معنی‌داری بر عملکرد دانه تحت شرایط دیم بیافزاید اما بین زمان‌های کاربرد آن یعنی دانه‌بستن و مرحله پرشدن دانه اختلافی از نظر عملکرد دانه دیده نشد، همچنین در بین سطوح کود نیتروژن نیز بین زمان‌های کاربرد کود نیتروژن از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار دیده نشد بنابراین می‌توان اظهار داشت عملکرد دانه تحت تأثیر زمان مصرف سیتوکینین قرارنگرفت. همچنین در سطوح بالای تلقیح با مایکورت و کود نیتروژن (۵۰ کیلوگرم در هکتار) بین تیمار مصرف و عدم‌مصرف سیتوکینین اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت مصرف مقادیر بهینه قارچ مایکورت(هر دو سطح) و کود نیتروژن (به‌خصوص ۲۵ کیلوگرم در هکتار) و مصرف سیتوکینین در هر دو مراحل پرشدن و دانه‌بستن می‌تواند راه‌کار مناسبی جهت بهبود عملکرد دانه در شرایط دیم باشد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از سازمان جهاد کشاورزی شهرستان مهاباد برای پشتیبانی مالی از این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Ali, Z., Maqsood, S.H., Basra, A., Munir, H., Mahmood, A. and Yousaf, S. 2011. Mitigation of drought stress in maize by natural and synthetic growth promoters. Journal of Agriculture, Forestry and the Social Sciences, 7(2): 56-62. **(Journal)**

Bahrani, A., Pourreza, J. and Hagh Joo, M. 2010. Response of winter wheat to co-inoculation withantioxidant defence system of sweet sorghum (*Sorghum bicolor*) under salinity and temperature stresses. Crop and Pasture Science, 66: 145–157. **(Journal).**

Fahramand, M., Adibian, M., Sobhkhizi, M., Noori, M., Moradi, A. and Rigi, K. 2014. Effect of arbuscular mycorrhiza fungi in agronomy. Journal of Novel Applied Sciences, 3(4): 400-404. **(Journal)**

Fealegari, H., Ghobadi, M., Mohammadi, G. and Jalali-Honarmand, S. 2017. Investigation of physiological traits of wheat cultivars under different levels of nitrogen and irrigation. Plant Technology Production, 16: 97-109. (In Persian)**(Journal)**

Geleto, T., Tanner, D.G., Mamo, T. and Gebeyehu, G. 1995. Response of rain fed bread and durum wheat to source level and timing of nitrogen fertilizer on two Ethiopian vertisoles. I. yeild components. Soil Science and Plant Analysis, 26: 1773-1794. **(Journal)**

Ghatei, A., Bakhshandeh, A., Abdali Mashhadi, A., Siadat, S.A., Alami saeid, K. and Gharineh, M. 2015. Effect of different nitrogen levels and cytokinin foliar application on yield and yield components of wheat at terminal heat stress conditions in Ahwaz. Journal of Crop Production and Processing, 5(16): 97-107. (In Persian)**(Journal)**

Ghulam, A., Khan, M.Q., Jamil, M., Tahir, M. and Hussain, F. 2009. Nutrient uptake, growth and yield of wheat (*Triticum aestivum*) as affected by zinc application rates. International Journal of Agriculture and Biology, 11(4): 389-395. **(Journal)**

Hamzehi, J. and Babaie, M. 2016. Reaction of morphological traits, yield components and yield of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) to integrated management of irrigation and nitrogen fertilizer. Irnanian Crop production publication, 9(4): 17-35. (In Persian)**(Journal)**

Hamzei, J., Seyedi, M., Azadbakht, A. and Fesahat, A. 2017. Effect of nitrogen fertilizer levels and plant density on seeds quantity and quality of wheat. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 13(4): 97-108. **(Journal)**

Hassanpour, J. and Zand, V.B. 2014. Evaluating the role of wheat seed inoculation with bio-fertilizers in reducing the damage caused by drought. Iranian Journal of Seeds Science and Research. 1(2): 1-12. (In Persian)**(Journal)**

Hoseini, M., Fathi, G.A., Kohestani, M. and Bihamta, M.R. 2018. Effect of CO_2 concentration and soil nitrogen availability on physiological and growth indices of wheat. Iranian Journal of Soil and Water Research, 49: 767-779. (In Persian)**(Journal)**

Jalali Honarmand, S., Rasaei, A., Saeidi, M., Ghobadi, M. and Khanizadeh, S. 2016. Impact of foliar application of growth hormones at stages of yield components formation of two wheat cultivars under dry-land conditions. Crop Physiology Journal, 8(29): 43-57. (In Persian)**(Journal)**

Kanaani Alvar, A., Raei, Y., Zehtab Salmasi, S. and Nasrollahzadeh, S. 2013. Study the effects of biological and nitrogen fertilizers on yield and some morphological traits of two spring barley (*Hordeum volgare.L*.) varieties under rainfed conditions. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 23(1): 19-30. **(Journal)**

Khan, M., Qasim khan, M., Rehman, S., Niamatullah, M., Uz-Zaman, K.H. and Sadiq, M. 2012. Effect of differentrates of NPK on the yield contributing traits and economics of wheat in Rod Kohi area of Dera Ismail KhanDivision. Sarhad Journal of Agricultural, 28(2): 159-164. **(Journal)**

Liu, M., Wu, X., Li, C., Li, M., Xiong, T. and Tang, Y. 2020. Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and translocation in synthetic-derived wheat cultivars under nitrogen deficiency at the post-jointing stage. Field Crops Research, 248: 107720. **(Journal)**

Mardukhi, B., Rejali, F., Daei, G., Ardakani, M.R., Malakouti, M.J. and Miran-sari, M. 2015. Mineral uptake of mycorrhizal wheat (*Triticum aestivum*) under salinity stress. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 46: 343-57. **(Journal)**

Nehe, A.S., Misra, S., Murchie, E.H., Chinnathambi, K. and Foulkes, M.J. 2018. Genetic variation in N-use efficiency and associated traits in Indian wheat cultivars. Field Crops Research, 225: 152-162. **(Journal)**

Okan, Y. and Kapulnik, Y. 1986. Development and function of Azos-prillum –inoculation roots. Plant Soil, 90: 3-16. **(Journal)**

Panda, B.B., Sekhar, S., Dash, S.K., Behera, L. and Shaw, B.P. 2018. Biochemical and molecular characterization of exogenous cytokinin application on grain filling in rice. BMC Plant Biology, 18: 89-99. **(Journal)**

Qatei, A., Bakhshandeh, A., Abdali Mashhadi, A., Siadat, S., Alami, A., Khalil, S. and Qarineh, M.H. 2013. The effect of different levels of nitrogen and cytokinin foliar application on yield and yield components of wheat under end season heat stress conditions in Ahvaz. Processing of Agricultural and Horticultural crops, 5(16): 97-106. **(Journal)**

Raheem, A., Shaposhnikov, A., Belimov, A.A., Dodd, I.C. and Ali, B. 2018. Auxin production by rhizobacteria was associated with improved yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought stress. Archives of Agronomy and Soil Science, 4: 574–87. **(Journal)**

Saeedi, M., Moradi, F., Ahmadi, A., Poustini, K. and Najafia, G. 2006. The effect of foliar application of abscisic acid and cytokinin at different growth stages of seed on some physiological aspects of relations between source and sink in two wheat cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences, 3: 268-282. (In Persian)**(Journal)**

Sayyahfar, M., Mirshekari, B., Yarnia, M., Farahvash, F. and Esmaeilzadeh moghadam, M. 2016. The effect of mycorrhiza and methanol foliar application on yield and yield components of wheat cultivars under water deficit stress conditions. Journal of plant ecophosiology, 9(31): 56-63. **(Journal)**

Si, Z., Zain, M., Mehmood, F., Wang, G., Gao, Y. and Duan, A. 2020. Effects of nitrogen application rate and irrigation regime on growth, yield, and water-nitrogen use efficiency of drip-irrigated winter wheat in the North China Plain. Agricultural Water Management, 231: 106002. **(Journal)**

Sobhani, S.M.A., Alavifazel, M., Ardakani, M.R., Modhej, A. and Lak, S. 2022. Influence of mycorrhizal fungi and biochar on nitrogen use efficiency correlated with yield and yield components of wheat. Plant Science Today, 9(3): 509–517. **(Journal)**

United states Department of Agriculture, world agricultural production. 2020. Www. Apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.

USDA. 2019. World agricultural production. Department of agriculture foreign agricultural service office of global analysis. pp 30 (**Book**).

Vacheron, J., Desbrosses, G., Bouffaud, M.L., Touraine, B., Moënne-Loccoz, Y., Muller, D., Legendre. L., WisniewskiDyé, F. and Prigent-Combaret, C. 2013. Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. Frontiers in Plant Science, 4: 356-361. **(Journal)**

Wang, H.Y., Wen, S.L., Chen, P., Zhang, L., Cen, K. and Sun, G.X. 2016. Mitigation of cadmium and arsenic in rice grain by applying different silicon fertilizers in contaminated fields. Environment Science and Pollution Research, 23: 3781-3788. **(Journal).**

Xie, Z., Jiang, D., Dai, T., Jing, Q. and Cao, W. 2004. Effect of exogenous ABA and cytokinin on leaf photosynthesis and grain protein accumulation in wheat ears cultured in vitro. Plant Growth Regulation, 44: 25-32. **(Journal).**

Yang, D.Q., Li, Y., Shi, Y. and Cui, Z. 2016. Exogenous cytokinins increase grain yield of winter wheat cultivars by improving stay-green characteristics under heat stress. PloS One 11(5), e0155437. **(Journal)**

Yang, J., Zhang, J., Wang, Z. and Zhu, Q. 2003. Hormones in the grains in relation to sink strength and postanthesis development of spikelets in rice. Plant Growth Regulation, 41:185–195. **(Journal)**

Yang, J., Zhang, J., Wang, Z., Zhu, Q. and Wang, W. 2001. Hormonal changes in the grains of rice subjected to waterstress during grain filling. Plant Physiology, 127: 315–323. **(Journal)**

Zadoks, J.C., Chang, T.T. and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research, 14(6): 415-421. **(Journal)**

Zaheer, M.S., Raza, M.A.S., Saleem, M.F., Erinle, K.O., Iqbal, R. and Ahmad, S. 2019. Effect of rhizobacteria and cytokinins application on wheat growth and yield under normal vs drought conditions. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 50(20): 2521-2533. **(Journal)**

Zarea, M.J. and Karimi, N. 2023. Grain yield and quality of wheat are improved through post-flowering foliar application of zinc and 6- benzylaminopurine under water deficit condition. Frontiers in Plant Science, 13: 1068649. **(Journal)**

Zee, T.E., Nelson, N.O. and Newdigger, G. 2017. Biochar and nitrogen effects on winter Wheat growth, Kansas agricultural experiment station research reports. Agronomy Crop Sciences Commons, 3: 1–8. **(Journal)**

Effect of nitrogen fertilizer, inoculation with mycort fungus and foliar spraying of cytokinin on yield and yields component of wheat sardari cultivar under rainfed conditions

Esmaeil Nabizadeh*

Received: November 12, 2023 Accepted: January 23, 2024

Abstract

To investigate the effect of different levels of Mycort fungus, nitrogen fertilizer and cytokinin hormone on yield and yield components of wheat, an experiment was conducted in 2018-19 crop year. The experimental design was a factorial based on randomized complete block with three replications. The first factor was organic fertilizer of mycorrhizal fungus (2, 4 and 6 kg/100 kg seeds), the second factor was nitrogen fertilizer (zero, 25 and 50 kg/ha) and the third factor was cytokinin foliar application (control, foliar application at flowering and grain filling). The results of mean comparisons showed that levels of 25 and 50 kg/ha of nitrogen fertilizer increased the number of grains compared to the control treatment by 44.23 and 32.69%, respectively.resultsshowed that inoculation with 2 and 4 kg/100 kg of seeds along with the application of 25 kg / ha of nitrogen had the highest spike length and number of fertile spikes. The highest number of fertile spikes, number of grains per spike, 1000-kernal weight, grain yield and harvest index were assigned to seed inoculation treatment with 4 kg of mycorta and cytokinin foliar application at grainclosure stage. Also, foliar application of cytokinin in the graining stage along with the application of 25 kg / ha of nitrogenfertilizer had the highest number of spikes, 1000-kernal weight, biological yield and grain yield.

Keywords: Cytokinin foliar application; Drought; Fungi coexist; Grain filling; Number of grain

How to cite this article
Nabizadeh, E. 2023. Effect of nitrogen fertilizer, inoculation with Mycort fungus and foliar spraying of cytokinin on yield and yields component of wheat sardari cultivar under rainfed conditions. Iranian Journal of Seed Science and Research, 10(3): 65-79. (In Persian)(**Journal)**
DOI: 10.22124/jms.2023.7675

COPYRIGHTS
Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research
The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. Associate Professor, Department of Agro-technology, Faculty of Agricultural Sciences, Islamic Azad University, Mahabad Branch, Mahabad, Iran.
*Corresponding author: Nabizadeh.esmaeil@gmail.com