

بررسی اثر مصرف کلرمکوات کلراید، سولفات روی و نیتروکسین بر رشد ریشه و عملکرد دانه گندم تحت زراعت دیم و شرایط گلخانه

مصطفی احمدی^۱، محمد جواد زارع^{۲*} و یحیی امام^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۲۶)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کاربرد دو سطح غلظت کلرمکوات کلراید (صفر و ۲/۵ گرم در لیتر)، مصرف خاکی سولفات روی در سه میزان (صفر، ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و پیش تیمار نیتروکسین در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح با بذر) بر ویژگی‌های مورفو-فیزیولوژیک و عملکرد دانه گندم نان رقم کوهدشت، دو آزمایش مزرعه‌ای و گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. دو آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در دو مکان شامل مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام و ایستگاه تحقیقات کشاورزی کاکئی بوشهر بررسی شد. آزمایش دیگری در گلخانه برای مطالعه صفات ریشه گندم در دو مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک دانه تحت کاربرد تیمارهای مذکور، انجام شد. نتایج نشان داد که محلول پاشی کلرمکوات کلراید نسبت به شاهد، موجب افزایش تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۱۴/۱، ۱۳/۶ و ۲۸/۵ درصد شد. بالاترین عملکرد دانه (۱۷۱۰ کیلوگرم در هکتار) و میزان پروتئین دانه (۱۲/۸ درصد) از تیمار محلول پاشی کلرمکوات کلراید در غلظت ۲/۵ گرم در لیتر و کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و تلقیح بذر با نیتروکسین حاصل شد. نتایج نشان داد که تیمار محلول پاشی کلرمکوات کلراید در غلظت ۲/۵ گرم در لیتر و مصرف خاکی ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و پیش تیمار بذر با نیتروکسین در مقایسه با شاهد، باعث افزایش طول ریشه (۱۷/۷ درصد)، وزن تر (۲۱/۹ درصد) و خشک ریشه (۳۰/۳ درصد) و نسبت وزن خشک ریشه به شاخساره (۳۲/۸ درصد) در مرحله گرده‌افشانی شد. به طور کلی، بهترین عملکرد دانه گندم از تیمار محلول پاشی کلرمکوات کلراید در غلظت ۲/۵ گرم در لیتر، کاربرد خاکی ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و تیمار بذر با نیتروکسین به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: کود زیستی، تلقیح بذر، اجزای عملکرد، پروتئین

۱ و ۲. به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

۳. استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mj.zarea@mail.ilam.ac.ir

مقدمه

کلرمکوات کلراید یا سایکوسل با نام اختصاری CCC به فرم کریستال بوده و در آب قابل حل است و از آن به عنوان تنظیم کننده رشد گیاهی که از سنتز جیبرلیک اسید جلوگیری می کند، استفاده می شود (۳). تنظیم کننده های رشد گیاهان، ترکیبات آلی هستند که در مقادیر کم، یک فرایند فیزیولوژیکی را در گیاه تغییر می دهند. بنابراین نقش تنظیم کننده های رشد به عنوان عاملی مهم برای تغییرات رشد گیاه و فرایندهای فیزیولوژیک مؤثر در بهبود عملکرد کمی و کیفی دانه غلات از اهمیت ویژه ای برخوردار است (۱۶). کاربرد سایکوسل در غلات سبب افزایش رشد ریشه، کاهش ارتفاع ساقه، افزایش تعداد پنجه در هر بوته شده و مقاومت به سرما، شوری و یکنواختی درون بوته ای را افزایش می دهد (۱۴). شکوفا و امام دریافتند که کاربرد کلرمکوات کلراید سبب افزایش تعداد سنبله بارور، تعداد دانه در سنبله و تغییر در تسهیم مواد پرورده به سنبله ها شده و افزایش عملکرد دانه گندم را در پی داشت (۱۷). پاکار و همکاران اثرهای سودمند کلرمکوات کلراید را افزایش نمو ریشه، پایداری و تحمل گیاه در شرایط تنش خشکی و بهبود عملکرد دانه برشمردند (۱۳). توسعه سیستم ریشه ای گیاه و افزایش نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی در اثر تیمار با این ترکیب نیز گزارش شده است (۱۴). میرانزاده و همکاران دریافتند که در شرایط کمبود رطوبت با مصرف سایکوسل در گندم دیم، کارایی مصرف آب و عملکرد دانه، افزایش می یابد (۱۰). نور محمدی و همکاران بیان کردند که کلرمکوات کلراید در گندم مسمومیت ایجاد نمی کند و اثرهای زیانباری برای میکروارگانیسم های خاک ندارد، (۱۲) اما برخی گزارش ها حاکی است که کاربرد کلرمکوات کلراید با غلظت های مناسب، در بافت های گیاهی و میوه ها سمیت کمی ایجاد می کند (۱۱). این ترکیب، به آسانی جذب سطحی ذرات خاک شده و می تواند به خوبی به وسیله ریشه و اندام های هوایی جذب شود (۲). جوهرلر و همکاران با مطالعه لایه های سطحی خاک های شنی و رسی دریافتند که براساس نوع بافت خاک، ماندگاری کلرمکوات کلراید در خاک می تواند از ۲۱ تا ۶۱ روز متغیر باشد

که میزان ماندگاری آن در خاک های رسی بیشتر است (۶). روی از عناصر اصلی لازم برای رشد گندم است و به علت کمبود آن در خاک های زراعی ایران به لحاظ آهکی بودن خاک، افت عملکرد کمی و کیفی گندم مشهود است (۷). کاربرد خاکی عنصر روی در شرایط کمبود آن عنصر موجب افزایش جذب روی و در نتیجه افزایش غلظت روی در دانه می شود (۹). مصرف کودهای حاوی عناصر کم مصرف علاوه بر افزایش تولید و غنی سازی بذرها گندم به دلیل ذخیره سازی عناصر کم مصرف به ویژه روی، باعث تولید ریشه های بیشتر و قوی تر نیز می شود (۱). گندم از غلاتی است که در آن اختلاف در پاسخ ارقام نسبت به کمبود روی زیاد است (۱۸). این اختلاف ممکن است مربوط به تفاوت در رشد ریشه، افزایش رشد ریشه در مقایسه با رشد ساقه و جذب بیشتر روی در ارقام روی کارا (۱۸)، آزادسازی فیتوسیدروفورهای متحرک کننده روی از ریشه ها به محیط ریزوسفر در شرایط کمبود روی باشد (۲۰). یافته های پژوهشی حاکی است که در گیاهان مواجه با شرایط تنش خشکی، مصرف روی با توسعه رشد ریشه، موجب افزایش تحمل گیاه در شرایط تنش و بهبود عملکرد می شود (۱۶).

امروزه کاربرد کودهای زیستی و باکتری های خاکزی در تغذیه خاک و گیاهان زراعی در نظام های کشاورزی پایدار در سراسر جهان افزایش یافته است. این باکتری ها، فعالانه ریشه های گیاه را اشغال کرده و سبب افزایش رشد و عملکرد گیاهان می شوند (۵). نیتروکسین نوعی کود زیستی شامل باکتری های ازتوباکتر (*Azotobacter* sp.) و آزوسپیریوم (*Azospirillum* sp.) است. آزوسپیریوم و ازتوباکتر از میکروارگانیسم های تثبیت کننده نیتروژن مولکولی هستند که در همیاری با ریشه گیاهان، رشد آنها را تقویت می کنند (۸). ویسی دریافت که کودهای زیستی از طریق تولید هورمون های محرک رشد به ویژه اکسین، با تحریک سیستم ریشه زایی سبب افزایش جذب در واحد سطح شده و در حضور مقادیر مناسبی از کودهای شیمیایی، افزایش رشد محصول را به همراه دارد (۲۱). در گیاهان تلقیح شده با آزوسپیریوم معمولاً تعداد و طول

جدول ۱. برخی از ویژگی‌های فیزیکی خاک مناطقی محل آزمایش

محل نمونه برداری	عمق خاک (سانتی‌متر)	بافت خاک	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	پ‌هاش	ماده آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر (درصد)	پتاسیم (درصد)	روی (درصد)	آهن (درصد)
بوشهر	۰-۳۰	لوم شنی	۱/۳۲	۷/۸	۰/۵۵	۰/۰۷	۸	۱۶۱	۰/۶۵	۲/۶
ایلام	۰-۳۰	لوم رسی	۰/۶۲	۷/۳	۱/۱۴	۰/۰۹	۷/۸	۲۲۰	۰/۹۲	۴/۲

جدول ۲. پارامترهای بارندگی و دما در سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳

پارامتر	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	جمع
بارندگی (میلی‌متر) - بوشهر	۰	۱۳۲/۳	۴/۳	۱۷۱	۱۲/۸	۱۰/۹	۳/۹	۰	۰	۳۳۵/۲
بارندگی (میلی‌متر) - ایلام	۰	۱۶۳/۷	۱۰۳/۳	۸۹/۹	۱۵۱/۳	۹۳/۱	۳۲/۴	۲۷/۱	۰/۴	۶۶۱/۲
میانگین دمای ماهانه (سلسیوس) - بوشهر	۲۷/۸	۲۳/۶	۱۸/۸	۱۴/۷	۱۶/۲	۲۰/۷	۲۳/۸	۲۹/۳	۳۲/۲	-
میانگین دمای ماهانه (سلسیوس) - ایلام	۱۹	۱۲/۹	۷/۷	۴/۹	۵/۶	۱۰/۴	۱۳/۱	۱۸/۶	۲۳/۶	-

و ۲۰ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۶۰ متر) انجام شد. بذرها در عمق سه تا چهار سانتی‌متری و در کرت‌هایی به ابعاد ۳×۴ و با فواصل بین بوته‌ها سه سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر و تراکم تقریبی ۱۷۰ بوته در مترمربع منطبق با تاریخ کاشت معمول در مناطق محل آزمایش، در ایلام ۲۵ آبان ۱۳۹۲ و در بوشهر ۱۸ آبان ۱۳۹۲ به صورت دستی کشت شدند. نیتروکسین به عنوان یکی از انواع مایه تلقیح تجاری در ایران برای گندم معرفی شده و شامل مجموعه‌ای از باکتری‌های تثبیت کننده از جنس آزوسپیریولوم و ازتوباکتر و حل کننده فسفات از جنس سودوموناس است. مایه تلقیح دارای ۱۰^۸ سلول زنده از هریک از جنس‌های باکتری در هر میلی‌لیتر از کود زیستی بود. عنصر روی از منبع سولفات روی به صورت پیش‌کاشت و آمیخته با خاک و کود زیستی نیتروکسین به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار به صورت بذرمال (تلقیح بذر به صورت آغشتگی کامل) مورد استفاده قرار گرفت و بذرها پس از خشک شدن در سایه، کشت شدند. محلول کلرمکوات کلراید با آب مقطر تهیه و به میزان ۲/۵ گرم در لیتر در مرحله پنجه‌زنی (ZGS=22) (۳) با استفاده از یک دستگاه محلول‌پاش دقیق دستی با فشار ثابت سه بار اعمال شد. در تیمار شاهد نیز هم‌زمان با آب مقطر محلول‌پاشی انجام شد. به منظور افزایش کارایی جذب و

ریشه‌های فرعی و تارهای کشنده افزایش یافته و همچنین افزایش میزان جذب عناصر غذایی گزارش شده است (۲۲). هدف این آزمایش تعیین اثر کاربرد کلرمکوات کلراید، سولفات روی و کود زیستی نیتروکسین بر عملکرد دانه گندم و ویژگی‌های رشد ریشه بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرهای به تنهایی و نیز برهمکنش‌های کلرمکوات کلراید، سولفات روی و نیتروکسین بر عملکرد دانه گندم رقم کوه‌دشت، آزمایش‌هایی در دو شرایط اقلیمی متفاوت (جدول‌های ۱ و ۲) به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و شامل فاکتورهای کلرمکوات کلراید (C) (در دو سطح صفر و ۲/۵ گرم در لیتر)، سولفات روی (Zn) (در سه سطح صفر، ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و نیتروکسین (Nit) (در دو سطح تلقیح و عدم تلقیح با بذر) در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام (با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۱۱۷۴ متر) و ایستگاه تحقیقات کشاورزی کاکای بوشهر (با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه

هشت بوته تنک شد. در پایان با انجام دو بار نمونه برداری در مراحل گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک، گیاهان را از گلدهی پلاستیکی خارج کرده و به دو بخش ریشه و اندام‌های هوایی تقسیم شدند. تمامی ریشه‌ها به‌طور کامل و با رعایت کمترین آسیب دیدگی با استفاده از آب جاری شسته شدند. بدین منظور، خاک هر گلدهی درون تشتک آبی جداگانه خیسانده شد تا ذرات خاک چسبیده به ریشه‌ها از آنها جدا شدند. پس از آن ریشه‌ها روی الک ریز با استفاده از آب جاری شسته شده و تا زمان اندازه‌گیری صفات، درون لوله آزمایش حاوی الکل ۷۰ درصد در یخچال با دمای چهار درجه سلسیوس منتقل شدند. وزن تر ریشه و اندام‌های هوایی پس از توزین، به مدت ۴۸ ساعت در آونی با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند، سپس وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه با ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند. طول ریشه‌ها به روش پیشنهادی گراس نیکل (۴) برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد و ریشه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. نتایج به دست آمده از نمونه برداری‌ها در هر دو آزمایش مزرعه‌ای و گلخانه‌ای، پس از انجام آزمون یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی با آزمون بارتلت و اطمینان از تجانس واریانس‌ها، به وسیله نرم‌افزارهای SAS (ver. 6.1) و Mstat-c و برنامه Excel 2007 آنالیز و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) انجام شد.

نتایج و بحث

طول ریشه

نتایج تجزیه آماری نشان داد که طول ریشه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مصرف کلرمکوات کلراید، کاربرد سولفات روی، نیتروکسین، مرحله رشد و برهمکنش سه‌گانه تیمارهای آزمایش در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار محلول‌پاشی کلرمکوات کلراید در غلظت ۲/۵ گرم در لیتر و کاربرد پنج گرم در هر گلدهی

پیشگیری از تبخیر تنظیم‌کننده رشد، عمل محلول‌پاشی در ساعات اولیه صبح که تبخیر حداقل است و در هوای آرام، انجام شد. محلول‌پاشی به اندازه‌ای صورت گرفت که کل بوته‌ها از محلول مورد نظر خیس شدند. بر این اساس، حجم محلول‌پاشی حدود ۴۰۰ لیتر در هکتار بود. برداشت در بوشهر، ۱۸ اردیبهشت و در ایلام، ۱۶ خرداد انجام شد. صفات مورد اندازه‌گیری شده شامل تعداد سنبله در هر بوته، تعداد دانه در سنبله، عملکرد و میزان پروتئین دانه بودند. به دلیل محدودیت شرایط مزرعه‌ای برای مطالعه ویژگی‌های ریشه، آزمایشی به صورت کشت گلخانه‌ای در گلخانه برای مطالعه صفات ریشه گندم مانند طول ریشه، وزن تر، وزن خشک و نسبت وزن ساقه به وزن ریشه در دو مرحله گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک دانه انجام شد. آزمایش گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و شامل فاکتورهای کلرمکوات کلراید (در دو سطح صفر و ۲/۵ گرم در لیتر)، سولفات روی (Zn) (در سه سطح صفر، ۲/۵ و ۵ گرم در هر گلدهی) به عنوان تأمین‌کننده مقادیر در نظر گرفته شده کود روی و نیتروکسین (دو سطح تلقیح و عدم تلقیح با بذر) در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ به صورت کشت گلخانه‌ای، در گلخانه ایستگاه تحقیقات کشاورزی کاکي بوشهر انجام شد. دمای بیشینه و کمینه گلخانه به ترتیب ۳۲ و ۱۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی بین ۶۰ تا ۷۰ درصد متغیر بود، همچنین بوته‌های گندم روزانه در معرض ۱۴ ساعت روشنایی به صورت ترکیبی از لامپ‌های فلورسنت و مهتابی قرار داشتند. در آزمایش گلخانه‌ای، به تعداد ۷۲ گلدهی ۱۰ کیلوگرمی، از جنس پلاستیک (PVC)، با قطر دهانه ۳۵ سانتی‌متر به ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر، شامل ترکیبی از خاک مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی کاکي بوشهر دارای بافت لوم-سنی، ماسه بادی و خاک‌برگ با نسبت ۱:۱:۲ و دارای زهکش مناسب بودند. برای زهکشی و جلوگیری از تجمع زه‌آب در کف گلدهی‌ها، مقداری سنگریزه ریخته شد. در هر گلدهی ۱۶ عدد بذر گندم کاشته شدند و پس از جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه، تعداد بوته در هر گلدهی به

جدول ۳. نتایج جدول تجزیه واریانس برخی ویژگی های ریشه گندم در شرایط گلخانه تحت کاربرد تنظیم کننده رشد کلرمکوات کلراید، روی و کود زیستی نیتروکسین

میانگین مربعات		گرده افشانی		وزن خشک ریشه به شاخصواره		وزن خشک ریشه		وزن خشک ریشه		طول ریشه		درجه آزادی		منابع تغییرات	
رسیدگی فیوریلوژیک		رسیدگی فیوریلوژیک		رسیدگی فیوریلوژیک		رسیدگی فیوریلوژیک		رسیدگی فیوریلوژیک		رسیدگی فیوریلوژیک		رسیدگی فیوریلوژیک		رسیدگی فیوریلوژیک	
شاخصواره	وزن خشک ریشه	وزن خشک ریشه	طول ریشه	به شاخصواره	وزن خشک ریشه	وزن خشک ریشه	طول ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	طول ریشه	درجه آزادی	تکرار	تکرار	تکرار	تکرار
۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۶۴/۴ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۳۰/۹ ^{ns}	۲۸/۸ ^{ns}	۲	۲۸۷ ^{ns}	۲۸۷ ^{ns}	۲	تکرار	تکرار	تکرار	تکرار
۱/۲۹ ^{**}	۱/۶۵ ^{**}	۱۵/۱ ^{**}	۲۷۵ ^{**}	۱/۶۹ ^{**}	۱/۸۰ ^{**}	۱۰۸ ^{**}	۴۱۵۵ ^{**}	۱	۴۱۵۵ ^{**}	۴۱۵۵ ^{**}	۱	کلرمکوات کلراید	کلرمکوات کلراید	کلرمکوات کلراید	کلرمکوات کلراید
۰/۰۷ [*]	۰/۷۸ ^{**}	۱۹۳ ^{**}	۵۶۵۶ ^{**}	۰/۱۹ ^{**}	۱/۴۳ ^{**}	۲۳۰ ^{**}	۳۲۲۸ ^{**}	۲	۳۲۲۸ ^{**}	۳۲۲۸ ^{**}	۲	سولفات روی	سولفات روی	سولفات روی	سولفات روی
۰/۵۴ ^{**}	۳/۸۵ ^{**}	۱۲۶ ^{**}	۴۳۹۹ ^{**}	۰/۳۱ ^{**}	۴/۵۵ ^{**}	۱۳۳ ^{**}	۹۸۹۲ ^{**}	۱	۹۸۹۲ ^{**}	۹۸۹۲ ^{**}	۱	نیتروکسین	نیتروکسین	نیتروکسین	نیتروکسین
۰/۰۵ [*]	۱۰/۳۳ ^{**}	۲۱۱ ^{**}	۳۳۲۴۱ ^{**}	۰/۰۷ [*]	۲۱/۳۳ ^{**}	۵۱۳ ^{**}	۶۵۷۲۱ ^{**}	۱	۶۵۷۲۱ ^{**}	۶۵۷۲۱ ^{**}	۱	مرحله رشد	مرحله رشد	مرحله رشد	مرحله رشد
۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	۹۴/۹ ^{**}	۰/۰۶ [*]	۱/۲۳ ^{**}	۱۴/۱ ^{ns}	۲۱۳ ^{ns}	۲	۲۱۳ ^{ns}	۲۱۳ ^{ns}	۲	کلرمکوات کلراید × سولفات روی	کلرمکوات کلراید × سولفات روی	کلرمکوات کلراید × سولفات روی	کلرمکوات کلراید × سولفات روی
۰/۰۷ [*]	۰/۳۰ ^{**}	۶/۵۸ [*]	۱۶۱۲ ^{**}	۰/۰۸ [*]	۰/۲۵ ^{ns}	۱۹/۶ [*]	۵۱۸۴ ^{**}	۱	۵۱۸۴ ^{**}	۵۱۸۴ ^{**}	۱	کلرمکوات کلراید × نیتروکسین	کلرمکوات کلراید × نیتروکسین	کلرمکوات کلراید × نیتروکسین	کلرمکوات کلراید × نیتروکسین
۰/۰۵ [*]	۰/۰۳ ^{ns}	۹/۴۷ [*]	۴۹۹ ^{**}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۱۸/۴ [*]	۵۷۴ ^{**}	۲	۵۷۴ ^{**}	۵۷۴ ^{**}	۲	سولفات روی × نیتروکسین	سولفات روی × نیتروکسین	سولفات روی × نیتروکسین	سولفات روی × نیتروکسین
۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۱/۸۸ ^{ns}	۱۱/۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۱۳/۸ ^{ns}	۱۵۹ ^{ns}	۱	۱۵۹ ^{ns}	۱۵۹ ^{ns}	۱	مرحله رشد × کلرمکوات کلراید	مرحله رشد × کلرمکوات کلراید	مرحله رشد × کلرمکوات کلراید	مرحله رشد × کلرمکوات کلراید
۰/۰۲ ^{ns}	۲/۵۷ ^{**}	۶/۱۶ [*]	۱۱/۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۵/۵۷ ^{**}	۳۱/۱ [*]	۲۷/۳ ^{ns}	۲	۲۷/۳ ^{ns}	۲۷/۳ ^{ns}	۲	مرحله رشد × سولفات روی	مرحله رشد × سولفات روی	مرحله رشد × سولفات روی	مرحله رشد × سولفات روی
۰/۰۱ ^{ns}	۲/۰۵ ^{**}	۱۲/۶ ^{ns}	۱۴/۱ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۵/۰۵ ^{**}	۳۵/۶ ^{**}	۵۹۵ ^{**}	۱	۵۹۵ ^{**}	۵۹۵ ^{**}	۱	مرحله رشد × نیتروکسین	مرحله رشد × نیتروکسین	مرحله رشد × نیتروکسین	مرحله رشد × نیتروکسین
۰/۰۹ [*]	۱/۴۴ [*]	۱/۵۴ [*]	۲۶۳ ^{**}	۰/۰۷ [*]	۱/۴۳ [*]	۲۰/۳ [*]	۳۲۸ ^{**}	۲	۳۲۸ ^{**}	۳۲۸ ^{**}	۲	کلرمکوات کلراید × سولفات روی × نیتروکسین	کلرمکوات کلراید × سولفات روی × نیتروکسین	کلرمکوات کلراید × سولفات روی × نیتروکسین	کلرمکوات کلراید × سولفات روی × نیتروکسین
۰/۰۱ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۴۵ ^{ns}	۶/۳ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۱/۱۷ ^{ns}	۱۲/۲ ^{ns}	۲	۱۲/۲ ^{ns}	۱۲/۲ ^{ns}	۲	مرحله رشد × کلرمکوات کلراید × سولفات روی	مرحله رشد × کلرمکوات کلراید × سولفات روی	مرحله رشد × کلرمکوات کلراید × سولفات روی	مرحله رشد × کلرمکوات کلراید × سولفات روی
۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۵۵ ^{ns}	۱۲/۱ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۵/۱۶ ^{ns}	۳۳/۵ ^{ns}	۱	۳۳/۵ ^{ns}	۳۳/۵ ^{ns}	۱	مرحله رشد × کلرمکوات کلراید × نیتروکسین	مرحله رشد × کلرمکوات کلراید × نیتروکسین	مرحله رشد × کلرمکوات کلراید × نیتروکسین	مرحله رشد × کلرمکوات کلراید × نیتروکسین
۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۵۶ ^{ns}	۱۰۶ ^{**}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۱/۶۴ ^{ns}	۶۰۶ ^{**}	۲	۶۰۶ ^{**}	۶۰۶ ^{**}	۲	مرحله رشد × سولفات روی × نیتروکسین	مرحله رشد × سولفات روی × نیتروکسین	مرحله رشد × سولفات روی × نیتروکسین	مرحله رشد × سولفات روی × نیتروکسین
۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۲۸ ^{ns}	۱۱/۲ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۱/۳ ^{ns}	۳۶/۲ ^{ns}	۲	۳۶/۲ ^{ns}	۳۶/۲ ^{ns}	۲	مرحله رشد × کلرمکوات کلراید × سولفات روی × نیتروکسین	مرحله رشد × کلرمکوات کلراید × سولفات روی × نیتروکسین	مرحله رشد × کلرمکوات کلراید × سولفات روی × نیتروکسین	مرحله رشد × کلرمکوات کلراید × سولفات روی × نیتروکسین
۰/۵۴	۱/۰۲	۳/۲۴	۱/۲۲	۰/۰۵	۱/۱۷	۲/۱۴	۱/۸	۴۸	۲/۱۴	۱/۸	۴۸	اشتباه آزمایشی	اشتباه آزمایشی	اشتباه آزمایشی	اشتباه آزمایشی
۷/۴	۸/۶	۹/۲	۷/۸	۱۲/۱	۹/۸	۱۰/۳	۱۱/۴	۱۰/۳	۱۰/۳	۱۱/۴	۱۰/۳	ضریب تغییرات (%)	ضریب تغییرات (%)	ضریب تغییرات (%)	ضریب تغییرات (%)

** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های برهمکنش سه‌گانه تنظیم‌کننده رشد کلرمکوات کلراید، روی و کود زیستی نیتروکسین بر برخی ویژگی‌های ریشه گندم

تیمارهای آزمایشی	مرحله ریشه			مرحله گرده افشانی			مرحله رسیدگی فیزیولوژیک
	طول ریشه (سانتی‌متر در گلدان)	وزن تر (گرم در گلدان)	نسبت وزن خشک (گرم در گلدان)	طول ریشه (سانتی‌متر در گلدان)	وزن تر (گرم در گلدان)	نسبت وزن خشک (گرم در گلدان)	
C ₀ Zn ₀ Nit ₀	۱۷۶۸ ⁱ	۳۴/۵ ⁱ	۲۱/۰۶ ⁱ	۱۱۸۶ ^j	۵۱/۴ ^g	۲۷/۱۱ ^h	۰/۱۰ ⁱ
C ₀ Zn ₁ Nit ₀	۱۸۴۴ ^h	۳۷/۵ ^h	۲۳/۶۶ ^h	۱۲۵۳ ^h	۵۳/۴ ^f	۲۸/۳۹ ^g	۰/۱۲ ^h
C ₀ Zn ₂ Nit ₀	۱۸۷۱ ^{fg}	۴۰/۳ ^g	۲۶/۰۸ ^e	۱۲۶۶ ^{fg}	۵۵/۷ ^e	۲۸/۶۸ ^g	۰/۱۴ ^g
C ₁ Zn ₀ Nit ₀	۱۸۵۱ ^h	۳۸/۵ ^h	۲۵/۷۹ ^g	۱۲۴۱ ⁱ	۵۴/۲ ^{ef}	۲۹/۳۷ ^f	۰/۱۲ ^h
C ₁ Zn ₁ Nit ₀	۱۸۷۶ ^f	۴۱/۷ ^{fg}	۲۸/۳۳ ^d	۱۲۶۳ ^{gh}	۵۶/۳ ^d	۳۰/۸۸ ^e	۰/۱۵ ^{fg}
C ₁ Zn ₂ Nit ₀	۱۸۹۳ ^d	۴۴/۲ ^{de}	۳۰/۶۵ ^c	۱۲۷۷ ^{ef}	۵۹/۳ ^{bc}	۳۱/۰۸ ^e	۰/۱۷ ^{de}
C ₀ Zn ₀ Nit ₁	۱۸۶۳ ^f	۴۲/۱ ^{ef}	۲۳/۴۱ ^h	۱۲۷۵ ^f	۵۶/۹ ^d	۲۸/۰۴ ^g	۰/۱۱ ^h
C ₀ Zn ₁ Nit ₁	۱۸۷۹ ^{ef}	۴۶/۵ ^c	۲۵/۹۳ ^f	۱۲۹۸ ^d	۵۸/۵ ^c	۲۹/۵۲ ^f	۰/۱۴ ^g
C ₀ Zn ₂ Nit ₁	۱۹۱۱ ^c	۴۹/۴ ^b	۲۶/۱۲ ^e	۱۳۳۹ ^c	۶۰/۱ ^b	۳۲/۷۲ ^d	۰/۱۶ ^{ef}
C ₁ Zn ₀ Nit ₁	۱۸۸۹ ^{de}	۴۰/۵ ^{cd}	۲۸/۴۸ ^d	۱۲۸۷ ^{de}	۵۷/۷ ^c	۳۴/۹۵ ^c	۰/۱۸ ^c
C ₁ Zn ₂ Nit ₁	۱۹۴۳ ^b	۵۱/۱ ^b	۳۱/۲۹ ^b	۱۳۵۳ ^b	۶۶/۵ ^b	۳۶/۲۱ ^b	۰/۲۰ ^b
C ₁ Zn ₂ Nit ₁	۲۰۳۴ ^a	۵۵/۶ ^a	۳۴/۵۴ ^a	۱۳۹۷ ^a	۷۱/۷ ^a	۳۸/۴۸ ^a	۰/۲۲ ^a

C₀ و C₁ به ترتیب کاربرد میران صفر و ۲/۵ گرم در لیتر کلرمکوات کلراید؛ Zn₀، Zn₁ و Zn₂ به ترتیب کاربرد میزان‌های صفر، ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار و Nit₀ و Nit₁ به ترتیب بدون تلقیح و تلقیح با نیتروکسین. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD ندارند.

خاک و جذب بهتر عناصر غذایی به‌ویژه در مراحل ابتدایی سبب گریز گندم از تنش خشکی آخر فصل و انتقال بیشتر ماده خشک از اندام‌های رویشی به زایشی می‌شود که منجر به افزایش تولید ماده خشک و عملکرد دانه می‌شود (۲۳).

وزن تر و خشک ریشه

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) محلول‌پاشی کلرمکوات کلراید، کاربرد خاکی سولفات روی، پیش‌تیمار بذر با کود زیستی و مرحله رشد گندم بر وزن تر و خشک ریشه تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۳). اثر برهمکنش سه‌گانه تیمارهای آزمایشی بر این صفات در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. بالاترین میانگین وزن تر و خشک ریشه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک از تیمار محلول‌پاشی کلرمکوات کلراید در غلظت ۲/۵ گرم در لیتر و مصرف خاکی پنج گرم در هر گلدان سولفات روی و پیش‌تیمار بذر با کود زیستی نیتروکسین حاصل شد (جدول ۴). کلرمکوات کلراید به سبب

سولفات روی و پیش‌تیمار بذر با نیتروکسین دارای بیشترین طول ریشه بود (جدول ۴). کاربرد تنظیم‌کننده‌های گیاهی به‌ویژه ضد جیبرلین‌ها روی غلات، باعث افزایش رشد ریشه می‌شود (۳). در این آزمایش نیز کاربرد کلرمکوات کلراید در مقایسه با شاهد از نظر طول ریشه تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۵). تغذیه با عنصر روی بر تنظیم روابط آب در گیاه و تعادل اسمزی مؤثر بوده و طول ریشه گیاه را برای پاسخ به شرایط تنش رطوبتی افزایش می‌دهد (۲۰). به نظر می‌رسد نیتروکسین با تولید هورمون‌های گیاهی باعث افزایش حجم ریشه، طول و تعداد ریشه‌های بذری و طوقه‌ای می‌شود. طول ریشه تعیین‌کننده وضعیت جذب آب و عناصر غذایی از لایه‌های زیرین نیم‌رخ خاک است که این ویژگی در زراعت دیم دارای اهمیت زیادی است (۱۹). جداول ۴ و ۵ نشان می‌دهند که طول ریشه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بیشتر از مرحله گرده‌افشانی بود. این موضوع حاکی از آن است که طول ریشه و سرعت رشد بیشتر آن در شرایط دیم به دلیل استفاده بهینه از رطوبت

جدول ۵. برخی ویژگی‌های ریشه گندم در شرایط گلخانه تحت تأثیر کاربرد تنظیم کننده رشد کلرمکوات کلراید، روی و کود زیستی نیتروکسین

تیمارهای آزمایشی	گرده افشانی			رسیدگی فیزیولوژیک			
	طول ریشه (سانتی‌متر در گلدان)	وزن تر ریشه (گرم در گلدان)	وزن خشک ریشه (گرم در گلدان)	نسبت وزن ریشه به شاخساره	طول ریشه (سانتی‌متر در گلدان)	وزن تر ریشه (گرم در گلدان)	وزن خشک ریشه (گرم در گلدان)
کلرمکوات کلراید (گرم در لیتر)	۱۵۶ ^{۰b}	۴۰/۲ ^b	۲۱/۷۹ ^b	۰/۱ ^{۰b}	۱۲۵۳ ^b	۵۳/۲ ^b	۲۷/۷۹ ^b
صفر	۱۸۷۲ ^a	۴۵/۹ ^a	۲۳/۲۴ ^a	۰/۲ ^{۰a}	۱۲۷۱ ^a	۶۱/۸ ^a	۳۳/۱۶ ^a
سولفات روی (گرم در هر گلدان)	۱۵۴۹ ^{۰c}	۳۸/۴ ^c	۲۲/۶۴ ^c	۰/۱۳ ^c	۱۲۴۷ ^c	۵۴/۴ ^c	۲۷/۶۶ ^c
صفر	۱۸۶۸ ^b	۴۲/۸ ^b	۲۳/۰۹ ^b	۰/۱۷ ^b	۱۲۶۵ ^b	۵۷/۸ ^b	۳۴/۹۹ ^b
۲/۵	۱۸۸۲ ^a	۴۶/۴ ^a	۲۵/۳۲ ^a	۰/۲۰ ^a	۱۲۷۸ ^a	۶۴/۴ ^a	۳۷/۲۸ ^a
۵	۱۵۵ ^{۰b}	۴۲/۱ ^b	۲۱/۶۶ ^b	۰/۱۱ ^b	۱۲۴۵ ^b	۵۲/۱ ^b	۲۸/۶۱ ^b
نیتروکسین	۱۸۷۸ ^a	۴۸/۱ ^a	۲۵/۸۲ ^a	۰/۱۹ ^a	۱۲۷۹ ^a	۶۶/۱ ^a	۳۸/۲۷ ^a
شاهد							
تلقیح بذر							

حروف یکسان در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی نشانه عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد براساس آزمون LSD است.

باکتری‌های موجود در کود زیستی نیتروکسین از طریق تثبیت زیستی نیتروژن و تحریک‌کنندگی رشد گیاه، عمدتاً به‌علت تغییرات فیزیولوژیک و مورفولوژیک ریشه‌های گیاهان تیمار شده و در نتیجه بهبود جذب آب و عناصر غذایی، باعث افزایش حجم و طول ریشه می‌شوند. می‌توان چنین استنباط کرد که پیش تیمار بذر با مایه تلقیح نیتروکسین، شامل باکتری‌های افزاینده رشد، باعث افزایش رشد ریشه و یا افزایش تشکیل ریشه‌های فرعی از طریق ترشح هورمون اکسین شده و به‌دنبال آن سطح مؤثر ریشه افزایش یافته و سرانجام جذب آب و عناصر غذایی به‌وسیله گیاه زراعی افزایش می‌یابد.

نسبت وزن ساقه به وزن ریشه در مراحل گرده افشانی و

رسیدگی فیزیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی محلول‌پاشی کلرمکوات کلراید، کاربرد سولفات روی، نیتروکسین، مرحله رشد و برهمکنش سه‌گانه تیمارهای آزمایش در سطح احتمال یک درصد بر نسبت وزن خشک ریشه به شاخساره معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین نسبت وزن خشک

تأثیر مثبت بر طول ریشه (جدول ۵) و افزایش ذخیره کربوهیدرات در ریشه می‌تواند باعث افزایش وزن ریشه شود (۱۷). اعتقاد بر این است که عنصر روی با بهبود فرایند فتوسنتز، توسعه بیشتر ریشه و قابلیت جذب بیشتر آب و عناصر غذایی باعث افزایش وزن ساختاری گیاهیچه شده است که در این پژوهش به شکل افزایش وزن تر و خشک ریشه خود را نشان داده است. نقش مثبت مایه تلقیح نیتروکسین در افزایش وزن ریشه (جدول ۴) را می‌توان به تأثیر تیمار بذر با باکتری‌های آزوسپیریوم و ازتوباکتر و نقش مثبت آنها در توسعه سیستم ریشه نسبت داد. باکتری‌های آزوسپیریوم و ازتوباکتر حاوی آنزیمی به‌نام ۱-آمینوسیکلو پروپان-۱-کربوکسیلات د-آمیناز مؤثر در کاهش اثرات زیانبار اتیلن هستند. این آنزیم می‌تواند ۱-آمینوسیکلو پروپان-۱-کربوکسیلات که پیش‌ماده مستقیم اتیلن در گیاهان است را به آمونیوم و آلفا کتوتیرات تبدیل کند و از این طریق موجب کاهش اتیلن ناشی از تنش شود (۲۱). در این فرایند آمونیوم به‌عنوان منبع نیتروژن، توسط باکتری مورد استفاده قرار می‌گیرد. بدین ترتیب باکتری‌های افزاینده رشد می‌توانند اثرات مثبتی را روی رشد رویشی گیاهان ایجاد کنند (۵). به‌نظر می‌رسد

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس مرکب ویژگی‌های آگرو- فیزیولوژیک گندم تحت کاربرد تنظیم کننده رشد کلرمکوات کلراید، عنصر کم مصرف روی و کود زیستی نیتروکسین در مناطق بوشهر و ایلام

میانگین مربعات					
تیمار	درجه آزادی	تعداد سنبله	تعداد دانه	عملکرد دانه	درصد پروتئین دانه
تکرار	۲	۱۷۵ ^{ns}	۳/۰۸ ^{ns}	۱۴۶ ^{ns}	۲/۳ ^{ns}
کلرمکوات کلراید	۱	۱۹۸۰۰ ^{**}	۱۲۵ ^{**}	۳۱۶۸۹ ^{**}	۹۹/۷ ^{**}
سولفات روی	۲	۵۰۱۷ ^{**}	۲۴/۵ ^{**}	۷۳۹۱ ^{**}	۱۳/۲ ^{**}
نیتروکسین	۱	۱۸۴۰ ^{**}	۲۰/۶ ^{**}	۴۴۷۶ ^{**}	۴۶/۸ ^{**}
کلرمکوات کلراید × سولفات روی	۲	۱۸۷ [*]	۰/۳۶ ^{ns}	۳۹۳ [*]	۰/۲۱ ^{ns}
کلرمکوات کلراید × نیتروکسین	۱	۱/۳۸ ^{ns}	۱/۰۷ ^{ns}	۱۹۳ [*]	۳/۷ ^{**}
سولفات روی × نیتروکسین	۲	۸۹۱ ^{**}	۴/۸۰ [*]	۱۴۱۴ ^{**}	۰/۲۱ ^{ns}
مکان × کلرمکوات کلراید	۱	۴۵/۱ ^{ns}	۷/۳۴ [*]	۱۵۷۴ ^{**}	۰/۲۵ ^{ns}
مکان × سولفات روی	۲	۲۲۹ ^{ns}	۰/۶۵ ^{ns}	۳۱۵ [*]	۰/۰۲ ^{ns}
مکان × نیتروکسین	۱	۱۰۲ ^{ns}	۱/۲۸ ^{ns}	۲۷۹ [*]	۰/۲۶ ^{ns}
کلرمکوات کلراید × سولفات روی × نیتروکسین	۲	۶۶۷ ^{**}	۴/۰۲ [*]	۱۲۰۳ ^{**}	۲/۹ [*]
مکان × کلرمکوات کلراید × سولفات روی	۲	۴/۵۴ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۳۷/۹ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}
مکان × کلرمکوات کلراید × نیتروکسین	۱	۳۲ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	۱۵۱ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}
مکان × سولفات روی × نیتروکسین	۲	۱۲۰ ^{ns}	۰/۴۱ ^{ns}	۱۴۸ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
مکان × کلرمکوات کلراید × سولفات روی × نیتروکسین	۲	۳۶/۲ ^{ns}	۰/۳۵ ^{ns}	۱۶۴ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}
اشتباه آزمایشی	۴۸	۲۰/۹	۱/۴۹	۱۴/۶	۲/۳
ضریب تغییرات (%)		۱۲/۳	۹/۸	۱۰/۳	۶/۸

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد و یک درصد

وی بیان کرد که هنگامی که گیاه با تنش‌های محیطی مواجه می‌شود، ریشه در بقای گیاه نقش مهمی دارد. اعتقاد بر این است که اندام هوایی بیش از ریشه تحت تأثیر تنش محیطی قرار می‌گیرد و در نتیجه نسبت اندام هوایی به ریشه از نظر وزن خشک، کاهش یافت.

عملکرد و اجزای عملکرد دانه

تعداد سنبله در واحد سطح

نتایج تجزیه آماری نشان داد که تعداد سنبله به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول‌پاشی کلرمکوات کلراید، کاربرد سولفات روی، نیتروکسین، مکان و برهمکنش سه‌گانه کلرمکوات کلراید × سولفات روی × نیتروکسین در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین تعداد سنبله در مترمربع مربوط به تیمار

ریشه به شاخساره از محلول‌پاشی کلرمکوات کلراید با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر و کاربرد سطح سوم سولفات روی و پیش‌تیمار بذر با مایه تلقیح نیتروکسین به‌دست آمد (جدول ۴). کلرمکوات کلراید به سبب تأثیر مثبت بر طول و وزن ریشه (جدول ۵) و انتقال بیشتر ماده خشک به سمت ریشه نسبت به ساقه، می‌تواند باعث افزایش نسبت وزن خشک ریشه به شاخساره شود. از سوی دیگر در هنگام تنش خشکی، اندام هوایی گیاه از ریشه آسیب بیشتری می‌بیند، بنابراین کاهش بیشتری نشان می‌دهد. به‌نظر می‌رسد نیتروژن بتواند رشد اندام‌های هوایی را بیش از ریشه تحت تأثیر قرار دهد. متناسب کردن توزیع ماده خشک در بین ریشه و بخش هوایی گیاه برای بهبود توانایی سازگاری به خشکی مفید است. گراس‌نیکل دریافت که در گندم تحت تنش خشکی، وزن خشک زیاد ریشه در مراحل ابتدای رشد می‌تواند به‌عنوان یک معیار گزینش مقاومت به خشکی استفاده شود (۴).

جدول ۷. مقایسه میانگین‌های برهمکنش سه گانه تنظیم کننده رشد کلرمکوات کلراید، عنصر کم مصرف روی و کود زیستی نیتروکسین بر برخی ویژگی‌های زراعی گندم

میانگین صفات				تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	میزان پروتئین دانه (%)	تیمارهای آزمایشی
۸/۴ ^h	۸۵۱ ^h	۱۴/۵ ^h	۲۳۶ ^h	C ₀ Zn ₀ Nit ₀				
۹/۲ ^g	۱۰۱۱ ^g	۱۶/۵ ^g	۲۶۱ ^{fg}	C ₀ Zn ₁ Nit ₀				
۹/۶ ^g	۱۰۴۰ ^g	۱۶/۸ ^g	۲۶۵ ^{fg}	C ₀ Zn ₂ Nit ₀				
۱۰/۴ ^f	۹۸۷ ^g	۱۵/۸ ^g	۲۵۸ ^g	C ₁ Zn ₀ Nit ₀				
۱۱/۱ ^e	۱۰۹۰ ^f	۱۸ ^f	۲۷۷ ^f	C ₁ Zn ₁ Nit ₀				
۱۱/۸ ^d	۱۲۰۱ ^e	۱۸/۲ ^f	۳۱۸ ^d	C ₁ Zn ₂ Nit ₀				
۱۰/۸ ^{ef}	۱۱۸۰ ^e	۱۹/۳ ^e	۲۹۷ ^e	C ₀ Zn ₀ Nit ₁				
۱۲ ^{cd}	۱۳۱۰ ^d	۱۹/۶ ^{de}	۲۹۱ ^e	C ₀ Zn ₁ Nit ₁				
۱۲/۵ ^{bc}	۱۴۱۱ ^c	۲۱/۲ ^c	۳۴۶ ^c	C ₀ Zn ₂ Nit ₁				
۱۲/۱ ^c	۱۲۱۱ ^e	۱۸/۱ ^f	۳۲۳ ^d	C ₁ Zn ₀ Nit ₁				
۱۲/۸ ^b	۱۵۲۰ ^b	۲۲/۸ ^b	۳۶۵ ^b	C ₁ Zn ₂ Nit ₁				
۱۳/۴ ^a	۱۷۱۰ ^a	۲۴/۶ ^a	۳۷۷ ^a	C ₁ Zn ₂ Nit ₁				

C₀ و C₁ به ترتیب بدون و با کاربرد ۲/۵ گرم در لیتر کلرمکوات کلراید؛ Zn₀، Zn₁ و Zn₂ به ترتیب کاربرد میزان‌های صفر، ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار و Nit₀ و Nit₁ به ترتیب بدون و با تلقیح با مایه تلقیح نیتروکسین. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD ندارند.

گرفت که کفایت این عنصر در خاک از مرگ احتمالی پنجه‌ها در گیاه جلوگیری و تعداد سنبله در بوته را افزایش می‌دهد. در برخی پژوهش‌ها مشخص شده که ایندول استیک اسید در کنار سایتوکینین که توسط ازتوباکتر (باکتری موجود در مایه تلقیح نیتروکسین) تولید می‌شود، از طریق رشد ریشه‌های جانبی و افزایش وزن برگ و ریشه سبب افزایش مواد پرورده شده که به نوبه خود باعث افزایش رشد رویشی و افزایش سهم اندام‌های زایشی از جمله تعداد سنبله می‌شود (۸).

تعداد دانه در سنبله

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۶) محلول‌پاشی کلرمکوات کلراید، کاربرد خاکی سولفات روی، پیش‌تیمار بذر با کود زیستی و مکان آزمایش بر تعداد دانه در سنبله تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۶). اثر

محلول‌پاشی تنظیم کننده رشد در غلظت ۲/۵ گرم در لیتر و کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و پیش‌تیمار بذر با نیتروکسین بود (جدول ۷). علت افزایش تعداد سنبله در واحد سطح در اثر مصرف کلرمکوات کلراید می‌تواند نتیجه القای پنجه‌زنی (جدول ۵) و ایجاد سنبله‌های بارور بیشتر در بوته باشد. به نظر می‌رسد مصرف خاکی سولفات روی و فراهم شدن شرایط تغذیه‌ای مناسب‌تر برای گیاه در طول دوره پنجه‌زنی، می‌تواند با افزایش تعداد پنجه‌های بارور در هر بوته باعث افزایش تعداد سنبله در بوته شود (جدول ۸) که با نتایج کاکمک و همکاران مطابقت داشت (۱). عقیده بر این است که بیش از ۷۵ درصد کل عنصر روی مورد نیاز گیاه در مراحل اولیه و حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد بقیه در مراحل بعدی رشد جذب می‌شود (۱۸). در این آزمایش سولفات روی به صورت خاکی و هم‌زمان با کاشت بذر مصرف شد و بنابراین می‌توان نتیجه

جدول ۸. صفات مختلف آگرو- فیزیولوژیک گندم تحت تأثیر کاربرد تنظیم کننده رشد کلرمکوات کلراید، عنصر کم مصرف روی و کود زیستی نیتروکسین در مناطق بوشهر و ایلام

ویژگی‌ها				
تیمارهای آزمایشی	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	میزان پروتئین دانه (درصد)
کلرمکوات کلراید (گرم در لیتر)				
صفر	۲۶۴ ^b	۱۷/۳ ^b	۱۰۴۰ ^b	۱۰/۱ ^b
۲/۵	۳۰۹ ^a	۱۹/۹ ^a	۱۴۶۰ ^a	۱۲/۵ ^a
سولفات روی (کیلوگرم در هکتار)				
صفر	۲۶۷ ^c	۱۷/۴ ^c	۱۰۶۰ ^c	۱۰/۵ ^c
۲۵	۲۸۴ ^b	۱۸/۸ ^b	۱۳۵۰ ^b	۱۱/۴ ^b
۵۰	۳۱۳ ^a	۱۹/۴ ^a	۱۴۸۰ ^a	۱۲/۷ ^a
نیتروکسین				
شاهد	۲۷۸ ^b	۱۸/۱ ^b	۱۱۸۰ ^b	۱۰/۵ ^b
تلقیح بذر	۳۱۷ ^a	۱۹/۱ ^a	۱۳۳۰ ^a	۱۲/۳ ^a

حروف یکسان در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی نشانه عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک درصد براساس آزمون LSD است.

از توباکتر و نقش آنها در کمک به ترشح هورمون‌های رشد نسبت داد. زیرا استفاده از کودهای زیستی می‌تواند مقادیر سیتوکینین و کلروفیل را در گیاه افزایش دهد و سرانجام موجب افزایش رشد گیاه و عملکرد در واحد سطح شود. بالا بودن میزان کلروفیل و افزایش دوام سطح برگ پس از مرحله زایشی بسیار مهم و حیاتی بوده و ارتباط مستقیمی با افزایش عملکرد دانه دارد. آزوسپیریوم تولید مواد هیدروکربنه را افزایش داده و به تبع آن سرعت رشد و تقسیم سلولی و اندازه سلول افزایش می‌یابد و در این شرایط گیاهچه‌های تولید شده از توان رویشی بیشتری برخوردار هستند (۵). به نظر می‌رسد تولید هورمون سیتوکینین و ایندول استیک اسید به وسیله باکتری‌های موجود در مایه تلقیح نیتروکسین، از طریق رشد ریشه‌های جانبی و افزایش وزن برگ و ریشه سبب افزایش مواد پرورده شده که به نوبه خود باعث بهبود رشد رویشی گیاه و افزایش سهم اندام‌های زایشی از جمله تعداد دانه در سنبله می‌شود.

برهمکنش سه گانه تیمارهای آزمایش بر این صفت معنی دار بود. بالاترین میانگین تعداد دانه در سنبله از تیمار محلول پاشی کلرمکوات کلراید در غلظت ۲/۵ گرم در لیتر و کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و پیش تیمار بذر با کود زیستی نیتروکسین حاصل شد (جدول ۷). برخی پژوهشگران افزایش تعداد دانه در سنبله را به افزایش قدرت مقصد فیزیولوژیکی قبل از گل دهی نسبت می‌دهند (۱۷). عنصر روی نیز می‌تواند با بهبود باروری گلچه‌ها و افزایش ظرفیت مخزن، باعث افزایش تعداد دانه در سنبله شود. نتایج ارائه شده در جدول ۸ مبنی بر افزایش تعداد دانه نیز این موضوع را تأیید می‌کند. اعتقاد بر این است که تأثیر عنصر روی بر افزایش تعداد دانه در سنبله و افزایش عملکرد دانه به احتمال زیاد به تأثیر این عنصر بر سنتز تریپتوفان که یک پیش‌نیاز برای تشکیل ایندول استیک اسید است، مرتبط است (۱۶). نقش مثبت مایه تلقیح نیتروکسین در افزایش تعداد دانه در سنبله را می‌توان به تأثیر تیمار بذر با باکتری‌های آزوسپیریوم و

جدول ۹. مقایسه میانگین برخی صفات اگرو- فیزیولوژیک گندم تحت اقلیم ایلام و بوشهر

مکان	ویژگی	
	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
ایلام	۳۲۱ ^a	۱۹/۶ ^a
بوشهر	۲۹۱۵ ^b	۱۶/۸ ^b

حروف یکسان در هر ستون نشانه عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال آماری یک درصد در آزمون LSD است.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج نشان داد که اثرهای اصلی محلول پاشی کلرمکوات کلراید، کاربرد سولفات روی، نیتروکسین، مکان و برهمکنش سه گانه آنها در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. بالاترین عملکرد دانه از محلول پاشی کلرمکوات کلراید با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر و کاربرد سطح سوم سولفات روی و پیش تیمار بذر با مایه تلقیح نیتروکسین به دست آمد (جدول ۷). اصولاً عملکرد دانه ناشی از تغییرات به وجود آمده در تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع و وزن هزار دانه است. بنابراین با توجه به اینکه در این آزمایش، عوامل فوق تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار گرفتند، عملکرد دانه نیز که حاصل برآیند این عوامل می باشد، تحت تأثیر قرار گرفته است، افزایش عملکرد در اثر کاربرد کلرمکوات کلراید می تواند به دلیل اثر مثبت و افزایش آن بر اجزای عملکرد دانه باشد. در این آزمایش تنظیم کننده رشد تأثیر مثبت بر تعداد سنبله و تعداد دانه در سنبله داشت (جدول ۸). به نظر می رسد افزایش عملکرد در این مطالعه، بیشتر ناشی از ازدیاد تعداد سنبله و تعداد دانه در سنبله نسبت به وزن دانه است. عنصر روی از طریق تأثیری که بر تولید آغازه های بخش های زایشی دارد و نیز اثری که این عنصر بر واکنش های متابولیکی درون گیاه و افزایش میزان فتوسنتز داشته است (۱۶) موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه شده است. در این آزمایش کاربرد سطوح دوم و سوم عنصر روی از منبع سولفات روی عملکرد دانه نسبت به شاهد را به ترتیب ۲۱/۴ درصد و ۲۸/۳ درصد افزایش داد (جدول ۸). افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد بیانگر آن است که مصرف مناسب عنصر

روی موجب افزایش تحمل گیاه به شرایط تنش و بهبود عملکرد دانه شده است. نیتروکسین حاوی باکتری های تثبیت کننده نیتروژن و نیز القا کننده رشد ازتوباکتر و آزوسپیریوم است. این میکروارگانیسم ها، از طریق تثبیت نیتروژن و یا از طریق تولید هورمون های رشد گیاهی، زمینه رشد مطلوب تر گیاه را فراهم می کنند. با توجه به نتایج آزمایش و مقایسه صفات می توان گفت که عملکرد دانه گندم بیشترین پاسخ را به تیمارهای آزمایش نشان داد.

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثر معنی دار مکان بر تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۶). جدول های ۱ و ۲ شرایط فیزیکی شیمیایی خاک و پارامترهای دما و بارندگی را برای دو محل آزمایش نشان می دهد. به نظر می رسد شرایط جوی و اقلیمی دو مکان، بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کاملاً مؤثر بوده است (جدول ۹). همان طور که جدول ۲ نشان می دهد، در شرایط شهرستان ایلام، اولین بارندگی مؤثر زودتر واقع شد و مجموع بارندگی آبان ماه نسبت به شرایط بوشهر ۱۹/۱ درصد بیشتر بود. کل بارندگی سالانه در ایلام و بوشهر به ترتیب ۶۶۱/۲ و ۳۳۵/۲ میلی متر و الگوی پراکنش بارندگی نیز در بین دو محل آزمایش متفاوت بود، به طوری که در شرایط بوشهر در ماه های بهمن و اسفند که مصادف با دوره پر شدن و رسیدگی دانه است، میزان بارندگی به ترتیب ۱۲/۸ و ۱۰/۹ میلی متر بوده است، در حالی که در شرایط ایلام در ماه های فروردین و اردیبهشت میزان بارندگی به ترتیب ۳۲/۴ و ۲۷/۱ میلی متر بود که تا حدودی از تنش در مرحله پر شدن دانه کاسته است. به نظر می رسد هنگامی که میزان و زمان پراکنش باران مناسب است، در شرایط

انسان مؤثر واقع شود (۷). عقیده بر این است که با فراهم شدن روی مورد نیاز گیاه، فعالیت آنزیم RNA پلیمراز و انتقال اسیدهای آمینه به دانه افزایش، فعالیت آنزیم RNA آاز کاهش و در نتیجه سنتز پروتئین افزایش می‌یابد (۱۸). با توجه به اینکه باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم موجود در مایه تلقیح از باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن هستند، یکی از دلایل افزایش درصد پروتئین با این موضوع مرتبط است. تأثیر مثبت نیتروژن تا حد معینی بر عملکرد پروتئین دانه در بسیاری از پژوهش‌ها مشاهده شده است (۳ و ۱۷). میزان پروتئین دانه اگرچه تابع پتانسیل ژنتیکی است ولی به شدت به وسیله محیط تحت تأثیر قرار می‌گیرد. بنابراین به نظر می‌رسد که پتانسیل ژنتیکی یک رقم برای ذخیره‌سازی پروتئین وقتی بروز می‌کند که محیط کاملاً مساعد بوده و عنصر نیتروژن به صورت قابل جذب در اختیار گیاه است (۱۶).

نتیجه گیری

به‌طور کلی نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که محلول‌پاشی ۲/۵ گرم در لیتر کلرمکوات کلراید، کاربرد خاکی ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و تلقیح بذر با نیتروکسین در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه، تأثیر مثبت داشته‌اند. آزمایش گلخانه‌ای نشان داد که تیمارهای یاد شده باعث بهبود صفات مورد مطالعه ریشه گندم شدند.

دمایی مناسب، نه تنها میزان فتوسنتز بلکه دوام دوره پر شدن دانه و عملکرد غلات دانه‌ای، افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، روند نسبتاً سریع‌تر افزایش دما در طول دوره پر شدن دانه و زودرسی نسبی و کوتاه‌تر شدن دوره رشد گیاه در اقلیم بوشهر، در کاهش عملکرد دانه نقش مؤثری داشته است. وضعیت اقلیمی مطلوب منطقه ایلام در زمان تشکیل دانه و گرده‌افشانی در مقایسه با شرایط بوشهر نقش مهمی را در افزایش عملکرد دانه داشته است.

پروتئین دانه

نتایج تجزیه آماری نشان داد که میزان پروتئین دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مصرف کلرمکوات کلراید، کاربرد سولفات روی، نیتروکسین در سطح پنج درصد و برهمکنش سه‌گانه آنها در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۶). بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین میزان پروتئین دانه مربوط به تیمار محلول‌پاشی کلرمکوات کلراید در غلظت ۲/۵ گرم در لیتر و کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و پیش‌تیمار بذر با نیتروکسین بود (جدول ۷). بالاترین میزان پروتئین دانه از تیمار سطح سوم سولفات روی به‌دست آمد (جدول ۸). نقش روی در افزایش میزان پروتئین دانه به‌وسیله سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (۹). افزایش روی در خاک، علاوه بر افزایش عملکرد گیاه، با بالا بردن پروتئین و غلظت روی در دانه می‌تواند در برطرف نمودن کمبود روی در

منابع مورد استفاده

1. Cakmak, I., W. H. Pfeiffer and B. Clafferty. 2010. Biofortification of durum wheat with zinc and iron. *Cereal Chemistry* 87(1): 10- 20.
2. Cycon, M., A. Lewandowska and Z. Piotrowska- Seget. 2012. Mineralization dynamics of Chlormeduat Chloride in soils of different textures. *Poland Journal of Environmental Studies* 21(3): 595-602.
3. Emam, Y. 2011. Cereal Production. 4th Ed. Shiraz University Press, Shiraz. (In Farsi).
4. Grossnicle, S. C. 2005. Importance of root growth in overcoming planting stress. *New Forests* 10: 1017-1029.
5. Haji Nia, S. M., J. Zarea, F. Rejala and A. Varma. 2012. Yield and yield components of wheat as affected by salinity and inoculation with *Azospirillum strains* for saline or non-saline soil. *Journal of Saudi Society of Agricultural Sciences* 11: 113-121.
6. Juhler, R. K., T. Henriksen, A. Rosenbom and J. Kjaer. 2010. Fate and transport in subsurface environment. *Environmental Science and Pollution Researches* 17: 1245-1252.
7. Karimian, N. 1995. Effect of nitrogen and phosphorus on zinc nutrition of corn in a calcareous soil. *Journal of Plant*

- Nutrition* 18: 2261- 2271.
8. Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat inoculated with *Azotobacter Chroococum* strains. *Journal of Ecological Engineering* 33: 150-156.
 9. Kheirizadeh Arough, Y., R. Seyed sharifi, M. Sedghi and M. Barmaki. 2016. Effect of Zinc and biofertilizers on antioxidant enzymes activity, chlorophyll content, soluble sugars and proline in Triticale under salinity condition. *Notulate Botanicae Horti Agrobotanici Culj-Napoca* 44(1): 116-124.
 10. Miranzadeh, H., Y. Emam, P. Pilesjo and H. Seyyedi. 2010. Water use efficiency of four dry land wheat cultivars under different levels of nitrogen fertilization. *Journal of Agricultural Science and Technology* 13: 843-854.
 11. Mohsenzadeh, S., S. Ashtiani, M. A. Malboobi and F. Ghanati. 2002. Effects of drought stress and chlorocholine chloride on seedling growth on photosynthesis of two cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crop Researches* 60: 56-64. (In Farsi).
 12. Nour –Mohammadi, G., A. Siadat and A. Kashani. 2005. Cereal Production. 6th Ed. Chamran University Press, Ahvaz. (In Farsi).
 13. Pakar, N., H. Pirasteh-Anosheh, Y. Emam and M. Pessarakli. 2016. Barley growth, yield, antioxidant enzymes and ions accumulation affected by PGRs under salinity stress. *Journal of Plant Nutrition* 39: 1372-1379.
 14. Pirasteh-Anosheh, H., Y. Emam and M. Ashraf. 2014. Impact of Cycocel on seed germination and growth in some commercial crops under osmotic stress conditions. *Archives of Agronomy and Soil Science* 60(9): 1277-1289.
 15. Pirasteh- Anosheh, H., Y. Emam, and A. Khaliq. 2016. Response of cereals to Cycocel application. *Iran Agricultural Research* 35(1): 1-12.
 16. Rashid, A. and J. Ryan. 2004. Micro nutrient constrains to crop production in soils with Mediterranean type characteristics. *Journal of Plant Nutrition* 27: 958-975.
 17. Shekoofa, A. and Y. Emam. 2008. Effects of nitrogen fertilization and plant growth regulators (PGRs) on yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Shiraz. *Journal of Agricultural Science and Technology* 10: 101-108.
 18. Singh, K. K. 2014. Response of zinc fertilization to wheat on yield, quality, nutrients uptake and soil fertility grown in a zinc deficient soil. *European Journal of Academic Essays* 1(1): 22-26.
 19. Garnett, T., V. Conn and B. N. Kaiser. 2009. Root based approaches to improving nitrogen use efficiency in plants. *Plant, Cell and Environment* 32: 1272-1283.
 20. Khoshgoftar manesh, H., H. Shariatmadari, N. Karimian, M. Kalbasi and M. Khajeh pour. 2005. Zinc efficiency of wheat cultivars grown on a saline calcareous. *Journal of Plant Nutrition* 27(11): 1953-1962.
 21. Vessy, K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil* 255: 571-586.
 22. Wu, S. C., Z. H. Cao, Z. G. Li and K. C. Cheung. 2005. Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: A green house trial. *Geoderma* 125: 155-166.
 23. Wu, Y. and D. He. 2011. Advances in root hairs in Gramineae and *Triticum aestivum*. *African Journal of Agricultural Research* 6(5): 11: 43-48.

The Effect of CCC, Zinc Sulfate and Nitoxin on Root Growth and Grain Yield of Wheat under Dry Land Farming and Greenhouse Conditions

M. Ahmadi¹, M. J. Zarea^{2*} and Y. Emam³

(Received: December 19-2015; Accepted: December 17-2017)

Abstract

Two experiments were conducted under field and greenhouse conditions, to investigate the effect of herbal spraying chlormequat chloride (CCC) (0 and 2.5 g. L⁻¹), soil incorporation of Zinc sulfate (Zn) at the three rates of 0, 25 and 50 kg ha⁻¹, and pre-treatment of seeds with bio-fertilizer Nitroxin (Nit) in a randomized complete block design with a factorial arrangement and three replications. Field experiments during 2013-14 growing season were conducted under two locations, at Experimental Farm of the College of Agriculture, Ilam University at Ilam, West of Iran and Agricultural Research Station of Bushehr, South of Iran. Root properties were studied in response to above mentioned treatments at two growth stages, anthesis and seed maturity under greenhouse condition. Results showed that spraying CCC increased spike number plant⁻¹, grain number spike⁻¹, grain yield and seed protein content by about 14.1%, 13.6% and 28.5%, respectively. Spraying CCC at 2.5 g L⁻¹, application of 50 kg of Zn and inoculating seeds with Nit treatment had the greatest grain yield (1710 kg per hectare) and protein content (12.8%). Spraying 2.5 g.L⁻¹ solution of CCC, Soil incorporation with 50 kg Zn and seeds pre-treatment with Nit at anthesis stage increased root length, root fresh weight, and root dry weight as well as ratio of root to shoot dry weight by 17.7%, 21.9%, 30.3% and 32.8% in comparison to control treatment. Overall, the greatest grain yield of wheat cultivar *Kohdasht* was obtained from spraying 2.5 g.L⁻¹ of CCC, applying 50 kg of Zn as soil incorporation and pre-treatment of seeds with bio-fertilizer Nit.

Keywords: Bio- fertilizer, Seed inoculation, Yield components, Protein

1, 2. PhD. Student and Associate Professor, Respectively, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.

3. Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

*. Corresponding Author, Email: mj.zarea@mail.ilam.ac.ir