Optimizing rainfed barley production by using nitrogen fertilizer and growth regulators in Khorram Abad and Poldokhtar agro-ecosystems

ABSTRACT

The simultaneous application of nitrogen fertilizer and growth regulators in rainfed conditions improves plant growth and development parameters. For this reason, research was conducted in two regions in the crop years of 2022-2023 in Poldokhtar and Khorram Abad cities. The experiment was carried out as a factorial design in the form of a basic randomized complete block design with three replications. The first factor includes four levels of nitrogen chemical fertilizers, including 0, 50, 100 and 150 $kg.h^{-1}$ urea, and the second factor was foliar application of blank (spraying solution with distilled water), paclobutrazol (120 mg/liter), spermidine (1 mM), and chlormequat chloride (three grams per liter). The highest seed yield was observed in the treatment of 100 kg.h-1nitrogen fertilizer and paclobutrazol foliar spraying at the rate of 2686.4 kg/ha, and the lowest rate was obtained in the absence of nitrogen fertilizer and no foliar spraying at the rate of 1284.8 kg/ha. The highest protein yield was observed in the treatment of 100 $kg.h^{-1}$ nitrogen fertilizer and paclobutrazol foliar spraying at the rate of 313.25 $kg.h^{-1}$. The highest total chlorophyll was observed in the treatment of 100 $kg.h^{-1}$ nitrogen fertilizer and paclobutrazol foliar spraying at the rate of 10.38 mg/g of fresh weight. According to the results of this study, the use of nitrogen fertilizer and foliar application of growth regulators can significantly improve the growth, yield and photosynthetic pigments of barley in rainy conditions.

Key words: *Spermidine, paclobutrazol, roots, Chlormequat chloride, protein yiled*

بهینه‌سازی تولید جو دیم با کاربرد کود نیتروژن و تنظیم کننده‌های رشدی در اگرواکوسیستم‌های خرم آباد و پلدختر

چکیده

کاربرد همزمان کود نیتروژن و تنظیم‌کننده‌های رشد در شرایط دیم سبب بهبود پارامترهای رشد و نمو گیاه می‌شود. به همین دلیل پژوهشی در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در دو منطقه شهرستان پلدختر و خرم آباد انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل چهار سطح کود شیمیایی نیتروژن شامل (شاهد، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره) و فاکتور دوم تنظیم کننده‌های رشد شامل شاهد (محلول پاشی با آب مقطر)، پاکلوبوترازول (۱۲۰ میلی گرم در لیتر)، اسپرمیدین (۱ میلی مولار) و کلرمکوات کلراید (سه گرم در لیتر)) بود. بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و محلول پاشی پاکلوبوترازول به میزان ۲۶۸۶/۴ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد و کمترین میزان در عدم مصرف کود نیتروژن و عدم محلول پاشی به میزان ۱۲۸۴/۸ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. بیشترین عملکرد پروتئین در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و محلول‌پاشی پاکلوبوترازول به میزان ۳۱۳/۲۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. نتایج نشان داد بیشترین کلروفیل کل در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و محلول پاشی پاکلوبوترازول به میزان ۱۰/۳۸ میلی گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد. به طور کلی، استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و محلول پاشی پاکلوبوترازول می‌تواند بهبود قابل توجهی در رشد، عملکرد و رنگیزه‌های فتوسنتزی جو در شرایط دیم داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: اسپرمیدین، پاکلوبوترازول، ریشه، کلرمکوات کلراید، عملکرد پروتئین

مقدمه

کشاورزی در ۴۰ سال گذشته به دلیل تغییرات اقلیمی، تغذیه و امنیت غذایی جهانی را تهدید می‌کند (Hafeez *et al.*, 2023). به دلیل افزایش چشمگیر تقاضا برای جو و تغییر در رژیم غذایی مردم جهان، یکی از مهم ترین چالش‌هایی که در ۲۰ سال گذشته بخش کشاورزی با آن روبرو بوده، افزایش تولید جو بوده است (Giraldo *et al.*, 2019). پیش بینی شده است که جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به ۹/۸ و تا سال ۲۱۰۰ به ۱۱/۲میلیارد نفرخواهد رسید، برای تامین غذای این جمعیت روزافزون و دستیابی به امنیت غذایی، باید تولید غذا در جهان تا ۷۰درصد افزایش یابد با توجه به این افزایش جمعیت، رشد ۵ درصدی اراضی قابل کشت، جوابگوی نیاز غذایی این جمعیت نخواهد بود (Eryng *et al.*, 2014).

ویراستاری نشده

عملکرد گیاهان زراعی از جمله جو تحت تاثیر سه مولفه پتانسیل ژنتیکی، شرایط اقلیمی و مدیریت زراعی است. نیتروژن یکی از عناصر پرمصرف می‌باشد که نقش مهمی در رشد و فیزیولوژی گیاهان زراعی دارد. بنابراین حجم قابل توجهی از کودهای نیتروژنه برای تولید محصول به کار گرفته می‌شود (Ghadirnezhad Shiade *et al.*, 2024). مصرف متعادل کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژنه برای دستیابی به میزان بهینه محصول و در عین حال کاهش خطرات زیست محیطی ضروری به نظر می‌رسد (Eyni *et al.*, 2023). استفاده از کود نیتروژن با وجود آنکه سبب افزایش تولید محصول می‌شود ممکن است آثار زیان بار زیست محیطی داشته باشد (Martínez-Dalmau *et al.*, 2021). بنابراین مدیریت تغذیه به ویژه کود شیمیایی نیتروژن یکی از مهمترین فاکتورها برای رشد و تولید جو می‌باشد (Plaza-Bonilla *et al.*, 2021). نیتروژن جزو اولیه تشکیل دهنده ترکیبات آلی همانند اسیدهای آمینه، پروتئینها و اسید نوکلئیک به شمار می‌رود و کمبود آن نمو فنولوژیکی را در دو مرحله رویشی و زایشی به تأخیر می‌اندازد و از سرعت گسترش برگ و دوام سطح برگ در گیاهان می‌کاهد (Ghadirnezhad Shiade *et al.*, 2024). نیتروژن عنصر اصلی تشکیل دهنده کلروفیل در گیاه است. محتوی کلروفیل نقش مهمی در تعیین میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک دارد و کمبود نیتروژن باعث تحریک رقابت برای انتقال این عنصر در گیاه می‌شود (Ghadirnezhad Shiade *et al.*, 2024).

استفاده از تنظیم کننده‌های رشد از راهکارهای مدیریت زراعی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. تنظیم کننده‌های رشد مواد شیمیایی ساخته شده یا طبیعی هستند که به طور مستقیم با هدف تغییر برخی فرآیندهای ساختاری گیاه زراعی به‌کار می‌روند. این مواد تعادل هورمون‌ها و رشد را در گیاه بهبود بخشیده و منجر به افزایش عملکرد کمی یا کیفی در گیاه زراعی می‌شود(Janeeshma *et al.*, 2024; Shiade *et al.*, 2024). کلرمکوات کلراید (۲-کلرو اتیل تریمیتیل آمونیم کلرید) به عنوان یک کندکننده رشد ساخته شده از دهه ۱۹۶۰ میلادی برای کاربرد در مزارع گندم پیشنهاد شده است (Jung and Rademacher, 2018). کلرمکوات کلراید از راه متوقف کردن ساخت انت-کائرن در مسیر متابولیکی تولید جیبرلین از بیوسنتز جیبرلین جلوگیری می‌کند؛ این امر باعث کاهش مقدار جیبرلین فعال و در نتیجه کاهش رشد طولی ساقه می‌گردد (PirastehAnosheh *et al.*, 2016). به نظر می‌رسد هم اکنون با معرفی ارقام متعدد پاکوتاه و نیمه پاکوتاه در برخی غلات، کاربرد کلرمکوات کلراید با هدف کاهش ارتفاع ساقه از اهمیت کمتری برخوردارباشد. با این وجود، اگر تاثیر مثبت کلرمکوات کلراید بر عملکرد دانه قطعیت بیشتری یابد، استفاده از آن در مزارع غلات اجتناب ناپذیر خواهد بود؛ که این موضوع نیازمند انجام پژوهش‌های بیشتری است (PirastehAnosheh *et al.*, 2016).

از طرفی پلی آمین‌ها از جمله اسپرمیدین بازدارنده تولید اتیلن هستند (Gao *et al.*, 2022). نتایج محققان بیانگر تاثیر مطلوب محلول-پاشی اسپرمیدین بر خصوصیات گلدهی و رویشی سیکلامن بوده و محلول‌پاشی آن خصوصیات گلدهی همچون طول دوره گلدهی، عمر گل و تعداد گل تا سطح ۱۰ میلی مولار و خصوصیات رویشی همچون سطح و تعداد برگ تا سطح ۲۰ میلی مولار بهبود یافتند (Farjadi Shakib *et al.*, 2013). گزارش شده محلول‌پاشی با اسپرمیدین تحت شرایط تنش بر پارامترهای درصد جوانه زنی، طول ریشه چه و اندام هوایی، وزن تر و وزن خشک و میزان تنظیم کننده‌های اسمزی در دانه رست‌های گندم به طور چشمگیری کاهش یافت (Niakan *et al.*, 2011). یکی از مهمترین آثار فیزیولوژیکی کاربرد تنظیم کننده‌های رشد گیاهی افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی است (Desta and Amare, 2021). پاکلوبوترازول یک تنظیم کننده رشد گیاهی است که به گروه تریآزول‌ها تعلق دارد و از بیوسنتز استرول و جیبرلین جلوگیری می‌کند (Sara *et al.*, 2015). پاکلوبوترازول از فعالیت آنزیم انت-کائورین اکسیداز که در مسیر بیوسنتز جیبرلین، کاتالیز کننده اکسیداسیون انت-کائورین به انت-کائورینیک اسید است، ممانعت می‌کند. این ترکیب با تغییر سطح هورمونی در گیاه و تغییر سرعت فتوسنتز تاثیر قابل توجهی بر رشد و نمو گیاه دارد (Tesfahun, 2018). پاکلوبوترازول با اثر بر فعالیت آنزیمی برگ، کاهش تجزیه پروتئین‌ها، افزایش اسیدهای آمینه، افزایش ضخامت برگ‌ها، کاهش تعداد روزنه در واحد سطح برگ و کاهش از دست دادن آب و افزایش میزان کلروفیل، موجب مقاومت به شرایط سخت محیطی می‌گردد (Zhou *et al.*, 2004). اثرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پاکلوبوترازول شامل تغییرات در رشد و ریخت شناسی گیاه، افزایش فعالیت آنتی اکسیدانها، افزایش پرولین، تغییرات مقدار و نسبت تنظیم کننده‌های رشد، افزایش کوتیکول مومی، ایجاد کلروپلاست‌های بزرگتر و افزایش رشد ریشه است

ویراستاری نشده

(Tesfahun, 2018). با توجه به نقش کود نیتروژن و تنظیم کننده‌های رشد در ایجاد سازگاری‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مورفولوژیکی در گیاهان و بهبود عملکرد در شرایط دیم، بررسی استفاده از آن به عنوان راهکاری مدیریتی برای دستیابی به عملکردی با ثبات در گیاه جو با اهمیت است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در دو منطقه شهرستان خرم آباد با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۱۷۱ متر ازسطح دریا و شهرستان پلدختر با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۷۱۳ متر ازسطح دریا به اجرا درآمد. جهت تعیین خصوصیات خاک و در هر دو مکان آزمایش قبل از اجرا نمونه‌گیری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری انجام و نتایج آن در جدول ۱ و میانگین بارندگی ماهانه طی فصل رشد در جدول ۲ گزارش شده است.

جدول ۱: نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

نام محل	pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	رس درصد	سیلت درصد	شن درصد	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون)	پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون)
خرم آباد	۷/۳	۱/۱	۳۵	۳۲	۳۳	۰/۱	۸/۸	۳۳۶
پلدختر	۷/۱	۱/۳	۳۶	۳۳	۳۱	۰/۹	۸/۹	۳۴۵

جدول ۲- میانگین بارندگی در ماه‌های سال زراعی ۱۴۰۲- ۱۴۰۱

ماه‌ها	میزان بارندگی		میانگین دمای حداقل		میانگین دمای حداکثر		میانگین رطوبت نسبی	
	پلدختر	خرم آباد	پلدختر	خرم آباد	پلدختر	خرم آباد	پلدختر	خرم آباد
مهر	۰	۰	۲۱	۱۲/۶	۳۷/۷	۳۳	۱۹/۲	۲۰/۳
آبان	۴۷/۱	۷۱/۱	۱۵	۸/۴	۳۳	۲۲	۴۷/۳	۵۲/۱
آذر	۳۰	۲۸/۸	۹/۱	۳/۷	۲۲/۹	۱۶/۱	۶۴/۴	۶۷/۳
دی	۹۰/۴	۵۵/۲	۹/۷	۰/۶۸	۱۵/۲	۱۱	۷۰/۸	۷۰/۹
بهمن	۵۵/۲	۹۲/۷	۳/۷	۰/۲	۱۶/۳	۱۱/۳	۶۵/۵	۶۶/۸
اسفند	۸۱/۸	۶۵/۸	۳/۹	۴	۱۹/۲	۱۹/۵	۵۸/۳	۵۹/۶
فروردین	۱۳۶/۸	۱۲۳/۹	۹/۲	۵/۶	۲۳/۹	۲۰	۶۰/۱	۶۵
اردیبهشت	۲۱/۴	۲۱/۶	۱۵/۲	۸/۳	۳۲/۷	۲۷/۵	۳۴/۲	۴۸/۴

آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل چهار سطح کود شیمیایی نیتروژن شامل شاهد، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و فاکتور دوم تنظیم کننده‌های رشد شامل: شاهد (محلول پاشی با آب مقطر)، پاکلوبوترازول (۱۲۰ میلی گرم در لیتر) (Bakhtiyarinejad *et al.*, 2023)، اسپرمیدین (۱ میلی مولار) (Shokri *et al.*, 2024) و کلرمکوات کلراید (سه گرم در لیتر) (Shirvanian *et al.*, 2023) بود. رقم مورد استفاده در هر دو منطقه آبیدر بود. تاریخ کاشت و برداشت در منطقه خرم آباد و پلدختر به ترتیب ۱۷ و ۲۶ آبان ماه و تاریخ برداشت ۲۴ و ۲۱ خرداد بود. در ابتدای مرحله ساقه رفتن و دانه‌بندی، سطوح تیماری تنظیم کننده‌های رشد روی اندام‌های هوایی گیاه محلول‌پاشی شد (Sadeghi et al., 2022) و سطح

تیماری عدم کاربرد با آب مقطر محلول‌پاشی گردید. عمل محلول پاشی توسط محلول‌پاش دقیق دستی با فشاری ثابت در سه روز متوالی انجام شد. جهت جلوگیری از تجزیه سریع هورمون‌ها، محلولپاشی بعد از غروب آفتاب صورت گرفت.
هر کرت آزمایش شامل ۱۲ خط کاشت به طول ۴ متر و با فاصله ۲۰ سانتی متر از یکدیگر و فاصله بین کرت‌ها نیم متر در نظر گرفته شد. تعداد کرت‌ها در هر بلوک ۱۶ و در هر آزمایش ۴۸ کرت بود و فاصله بین بلوک‌ها حدود یک متر تعیین شد. بر اساس نتایج آزمون خاک محل آزمایش و توصیه کودی قبل از کاشت فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار به زمین داده شد، همچنین نیازی به کود پتاسیم نبود. مصرف کود اوره در دو مرحله (زمان کاشت، اواسط پنجه‌زنی) بصورت سرک مصرف شد. عملیات آماده سازی زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح به نحو مطلوب، قبل از کاشت صورت گرفت. پس از ایجاد شیارها نقشه در زمین اجرا شد. عملیات آماده‌سازی زمین در آبان ماه انجام شد، بدین صورت که ابتدا پس از رسیدن میزان رطوبت خاک به حد مطلوب (گاورو شدن خاک) عملیات شخم با گاوآهن چیزل صورت گرفت، و سپس دو بار دیسک عمود برهم زده و تسطیح شد. برداشت نهایی پس از رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها انجام شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، کلیه بوته‌های موجود در مساحت یک متر مربع میانی از هر کرت با حذف اثر حاشیه برداشت شد.

برای اندازه‌گیری صفات ریشه (Kolahian Hamedanizad *et al.*, 2015) در زمان برداشت از هر کرت تعداد ده بوته انتخاب شدند. سپس پروفیل خاک ایجاد و با دقت زیاد تمام ریشه از خاک جدا و مقداری از خاک و گل باقی‌مانده بر سطوح ریشه با فشار آب از ریشه جدا گردید برای اندازه گیری حجم ریشه از یک استوانهٔ مدرج که تا حجم خاصی درون آن آب وجود داشت استفاده شد و تغییر حجم آب بعد از قرار گرفتن ریشهٔ گیاه درون استوانهٔ مدرج، حجم ریشه در نظر گرفته شد. برای محاسبه وزن خشک ریشه نمونه‌ها داخل آون به مدت ۴۸ ساعت و درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند سپس میانگین وزن خشک ریشه برحسب گرم اندازه‌گیری شد. طول ریشه از محل طوقه تا انتهای ریشه با خط‌کش محاسبه گردید. برای محاسبه ارتفاع بوته از سطح خاک تا نوک گل‌آذین در زمان رسیدگی فیزیولوژیک با خط‌کش نواری اندازه‌گیری شد. تعداد دانه در سنبله با اندازه گیری تعداد دانه در یک سنبله انجام شد. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، با جداکردن ۴ دسته دانه ۵۰۰ تایی شمارش و با ترازوی دیجیتالی AND (EK-600i) توزین شد و دو دسته که اختلاف بین آنها کمتر از ۵ درصد بود برای وزن هزار دانه محاسبه گردید(Bakhtiyarinejad *et al.*, 2023). برای اندازه‌گیری نیتروژن دانه ابتدا از نمونه‌های آسیاب شده عصاره هضم تهیه شد و سپس درصد نیتروژن مورد ارزیابی قرار گرفتند (Waling *et al.*, 1989). برای اندازه گیری میزان پروتئین دانه، ابتدا میزان نیتروژن از حاصل‌ضرب درصد نیتروژن در ضریب گیاهی ۶/۲۵ درصد پروتئین دانه به‌دست آمد. عملکرد پروتئین از ضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین بدست آمد (Nakhzari Moghaddam and Gholami, 2017).

نمونه‌گیری از برگ‌های جوان که به‌طور کامل گسترش پیدا کردند در اواخر مرحله گلدهی با انتخاب ۵ برگ از خطوط وسط هر کرت انجام شد. از روش آرنون به منظور اندازه گیری کلروفیل استفاده شد (Arnon, 1949). مقدار ۰/۱ گرم از بافت برگ را درهاون چینی ریخته، و با اضافه کردن ۵ میلی لیتر استن ۸۰٪ به نمونه آن را له کرده تا مخلوط یکنواخت و همگنی بدست آمد. سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شد. عصاره جدا شده فوقانی حاصل از سانتریفیوژ را به بالن شیشه‌ای منتقل کرده، مقداری از نمونه داخل بالن را در کوت اسپکتروفتومتر ریخته و سپس به طور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل a وb با اسپکتروفتومتر (SPEECORD 50 n ساخت آلمان) مقدار جذب ثبت شد. در نهایت با استفاده از فرمول‌های زیر میزان کلروفیل a، b و کل بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه به دست آمد.

معادله (۱)

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 * A663 - 0.86 * A645) \times V/W$$
$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 * A645 - 3.6 * A663) \times V/W$$
$$\text{Total Chlorophyll} = (17.76 * A645 + 7.34 * A663) \times V/W$$

ویرایشی نشده

در این معادلات A645 و A663 به‌ترتیب طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر، V حجم نهایی نمونه ۱۰ میلی‌لیتر و W وزن تر برگ ۰/۵ گرم است. در نهایت داده‌ها بر اساس میلی‌گرم بر گرم بافت تازه برگ ثبت شدند.

قبل از انجام تجزیه آماری داده‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون‌های شاپیرو–والک و کولموگراف– اسمیرنوف و سپس یکنواختی خطاهای آزمایش با استفاده از روش بارتلت با نرم‌افزار SAS بررسی شد. سپس تجزیه مرکب داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۳ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج نشان می‌دهد اثر اصلی نیتروژن بر ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و دیگر اثرات اصلی محلول پاشی و اثرات متقابل دوگانه بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین ارتفاع بوته در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به میزان ۱۰۲/۹ سانتیمتر مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۴۰/۹ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). همچنین بین دیگر سطوح نیتروژن اختلاف معنی‌داری مشاهد شد. نیتروژن نقش مهمی در افزایش رشد دارد. در همین راستا گزارش شده است که افزایش ارتفاع با افزایش سطح نیتروژن عمدتاً به دلیل نقش نیتروژن در تحریک فعالیت‌های متابولیکی بود (Taheri *et al*., 2021) که نتایج این مطالعه با نتایج پژوهش ما مطابقت داشت. به نظر می‌رسد ارتفاع بوته شدیدا تحت تأثیر عناصر غذایی به ویژه نیتروژن و آب قرار می‌گیرد و با دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی، از طریق تأثیر بر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها در افزایش ارتفاع بوته بسیار مؤثر می‌باشد. با این حال در شرایط دیم به دلیل محدودیت رطوبت نیتروژن کافی در اختیار گیاه قرار نمی‌گیرد یا صرفا با افزایش میزان مصرف به دلیل شرط رطوبت کافی نمی تواند تاثیر مثبتی بر ارتفاع بوته بگذارد (Esmaeil and Patwardhan, 2006). همچنین نتایج این تحقیق نشان می‌دهد رقم آبیدر در هر دو منطقه نسبت به کنترل کننده‌های رشد واکنش مثبت یا منفی نسبت به شاهد از خود نشان نداده است. احتمالا این واکنش به پتانسیل ژنتیکی این رقم بستگی دارد.

تعداد پنجه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد و محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد بر تعداد پنجه معنی‌دار بود، ولی اثرات متقابل دوگانه بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر ساده نیتروژن نشان داد بیشترین تعداد پنجه در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به میزان ۴/۰۳ مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۱۲/۵۶ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). همچنین بین دیگر سطوح نیتروژن اختلاف معنی‌داری مشاهد شد. کارایی انتقال مجدد نیتروژن در گندم همبستگی قوی و منفی با تعداد پنجه دارد، زیرا انتقال نیتروژن از پنجه‌ها به دانه بسیار دیرهنگام و در مراحل انتهایی پر شدن دانه انجام می‌شود، لذا کاربرد زیاد کود نیتروژن قبل از گلدهی باعث کاهش کارایی انتقال مجدد آن می‌شود که این امر به تاخیر در شروع انتقال مجدد نیتروژن از اندام‌های رویشی به زایشی نسبت داده شده است (Huggins and Pan, 2003). نتایج مقایسه میانگین نشان داد محلول پاشی با اسپرمیدین سبب افزایش ۳/۹۷ تعداد پنجه شد که نسبت به عدم محلول پاشی ۷/۵ درصد افزایش نشان داد. بین دیگر تیمارهای محلول پاشی نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد(جدول ۴). محققان دریافتند که محلولپاشی اسپرمیدین در ذرت باعث افزایش قابل توجهی در ویژگی‌های رشدی و شاخص سطح برگ و افزایش توان فتوسنتزی می‌شود(Dong *et al*., 2022). در واقع پلی آمین‌ها به عنوان منبع نیتروژنی، در تقسیم و بزرگ شدن سلولها نقش داشته و باعث تحریک رشد گیاه می‌شوند (Dong *et al*., 2022).

ویرایش اولیه نشده

جدول ۳: نتایج تجزیه مرکب اثر نیتروژن و محلول پاشی بر صفات جو دیم

منبع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد پنجه	وزن خشک ریشه	حجم ریشه	طول ریشه	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در متر مربع	وزن هزار دانه
مکان	۱	۴۱/۶۷	۰/۰۲۹	۰/۱۶	۰/۰۰۲	۶/۹۸	۴/۱۳	۸/۱۷	۱/۴۶
تکرار (مکان)	۴	۱۱۲/۵۲	۰/۵۲۷	۰/۴۳	۰/۰۰۲	۹/۱۹	۵/۴۴	۵/۲۶	۰/۵۶
نیتروژن	۳	۱۲۰۹/۳۱*	۱/۰۲*	۱۰/۵۶**	۱/۱۵**	۱۱۳۶/۰۴**	۶۷۲/۲۱**	۱۴۷۴۳**	۲۰۷/۳۳**
مکان × نیتروژن	۳	۱۱۳/۷۵	۰/۱۳۴	۰/۱۷	۰/۰۱۹	۰/۶۵	۰/۳۸	۶/۶۲	۰/۵۲
خطا نیتروژن	۱۲	۳۷۵/۹۷	۱/۰۴۷	۱/۳۴	۰/۰۴۷	۱۴/۸۷	۳۶۶/۳۴	۵/۱۸	۰/۹۳
محلول پاشی	۳	۲۶۵/۴۸	۰/۳۹۴**	۷/۱۲**	۰/۶۱**	۶۱۹/۱۱**	۲/۸۴**	۱۶۶۰۴/۷**	۱۱۸/۶۸**
مکان × محلول پاشی	۳	۹۱/۱۸	۰/۰۰۳	۰/۱۱	۰/۰۰۶	۴/۸	۶/۰۸	۴/۸۸	۲/۹۵*
نیتروژن × محلول پاشی	۹	۲۷/۷	۰/۰۳۵	۲/۱**	۰/۰۱۷	۱۰/۲۷	۳/۴۲	۱۸۹/۷۵**	۰/۹۲
مکان × نیتروژن × محلول پاشی	۹	۹۷/۲۴	۰/۰۷۱	۰/۲۹	۰/۰۱۳	۵/۷۷	۵/۲۵	۶/۵۸	۰/۳۳
خطا	۴۸	۱۹۲/۴۷	۰/۳۰۲	۰/۳۲	۰/۰۲۴	۷/۳۶	۴/۱۳	۹/۳۷	۰/۹
ضریب تغییرات(٪)	-	۲۰/۴	۱۴/۱	۸/۹	۲/۷	۵	۵/۵	۱/۵	۴/۳

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر ساده نیتروژن و محلول پاشی بر صفات جو دیم

		ارتفاع بوته (سانتیمتر)	تعداد پنجه	حجم ریشه (سانتیمترمکعب)	طول ریشه (سانتیمتر)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	نیتروژن دانه (درصد)
	شاهد	۸۵/۸c	۳/۵۸c	۱/۷۵c	۴۵/۶۷c	۳۵/۱۳d	۱۷/۶۵c	۰/۹۷c
کود نیتروژن	۵۰ کیلوگرم در هکتار	۹۶/۰۵b	۴/۰۳a	۲/۱۹a	۵۷/۱۴ab	۴۳/۹۵b	۲۱/۷۷b	۱/۰۴b
	۱۰۰ کیلوگرم در هکتار	۱۰۲/۹۹a	۴/۰۱a	۲/۱۸a	۶۱/۶۵a	۴۷/۴۳a	۲۴/۳۷a	۱/۱۲a
	۱۵۰ کیلوگرم در هکتار	۹۳/۵۱bc	۳/۹b	۱/۸۹b	۵۱/۹۲b	۳۹/۹۴c	۲۳/۲۳ab	۱/۱۳a
محلول پاشی	اسپرمیدین	۹۳/۸۷a	۳/۹۷a	۲b	۵۴/۷۱b	۴۲/۰۹b	۲۱/۶۶b	۱/۰۸ab
	پاکلوبوترازول	۹۸/۰۴a	۳/۹۴ab	۲/۱۵a	۵۹/۲۷a	۴۵/۵۹a	۲۴/۴۲a	۱/۱a
	کلرمکوات کلراید	۹۶/۱۴a	۳/۹۲b	۲/۰۸ab	۵۵/۲۹ab	۴۲/۵۳b	۲۱/۹۶b	۱/۰۸ab
	شاهد	۹۰/۳a	۳/۶۹c	۱/۷۸c	۴۷/۱۱c	۳۶/۲۴c	۱۸/۹۸c	۱b

-میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون آماری LSD در سطح ۵ درصد می‌باشند.

وزن خشک ریشه

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که اثر اصلی نیتروژن و محلول پاشی و اثرات متقابل این دو عامل در سطح احتمال یک درصد بر وزن خشک ریشه معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و محلول پاشی کلرمکوات کلراید به میزان ۷/۲۵ گرم در متر مربع مشاهده شد و کمترین میزان در عدم مصرف کود نیتروژن و عدم محلول پاشی به میزان ۴/۴۵ گرم در متر مربع بدست آمد (جدول ۴). توسعه ریشه‌های جو علاوه بر اینکه یک صفت

ویرایشی نشده

ژنتیکی می‌باشد، به وضعیت محیطی که در آن رشد می‌کند نیز وابسته است. از این رو در شرایط دیم، با اختلال در جذب آب و مواد غذایی به ویژه نیتروژن در گیاه سبب کاهش وزن خشک ریشه می‌شود. محققان اظهار داشتند کمبود نیتروژن می‌تواند منجر به فعالیت کم ریشه و مصرف آب شده و تولید گونه‌های فعال اکسیژن در ریشه‌ها را کاهش دهد و در نتیجه تجمع زیست توده ریشه کم شود. همچنین نیتروژن اضافی نیز رشد اندام‌های هوایی را افزایش و رشد ریشه را کاهش می‌دهد (Chen *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2017).

حجم ریشه

نتایج این پژوهش نشان داد اثر اصلی نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد بر حجم ریشه معنی‌دار بود، ولی اثرات متقابل این دو عامل بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین حجم ریشه در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به میزان ۲/۱۹ سانتیمترمکعب مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۱۵/۸درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). همچنین بین دیگر سطوح نیتروژن اختلاف معنی‌داری مشاهد شد. به نظر می‌رسد حجم ریشه گیاه به میزان آب دسترس بستگی دارد. از طرفی نیتروژن با میزان آب رابطه مستقیمی دارد، بنابراین گیاه جو تحت شرایط دیم که با کمبود آب مواجه می‌باشد کمتر می‌تواند تحت تاثیر نیتروژن قرار گیرد. سایر محققان نیز بیان کردند که مقادیر بالاتر کود نیتروژن به علت پسابیدگی ریشه‌ها موجب تخریب بیشتر و در نهایت کاهش حجم ریشه‌ها می‌شود (Afshoon *et al.*, 2022). در مطالعه ای بر روی پنبه نشان داده شد که بیشترین میزان حجم ریشه از اعمال تیمار کود نیتروژن نسبت به عدم کاربرد آن بدست آمد (Chen *et al.*, 2020). نتایج مقایسه میانگین نشان داد محلول پاشی با پاکلوبوترازول سبب افزایش ۲/۱۵ سانتیمتر مکعب حجم ریشه نسبت به تیمار شاهد شد و کمترین مقدار از تیمار عدم محلول پاشی به میزان ۱/۷۸ سانتیمتر مکعب بدست آمد. بین دیگر تیمارهای محلول پاشی نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد استفاده از پاکلوبوترازول می‌تواند به گیاه جو کمک کند تا بهتر با شرایط کم آبی سازگار شود. این ماده می‌تواند موجب کاهش تبخیر آب از سطح برگ‌ها شود و در نتیجه، آب بیشتری برای ریشه‌ها در دسترس باشد که این امر ممکن است باعث افزایش حجم ریشه‌ها شود. از طرفی پاکلوبوترازول سبب تغییر در نسبت هورمون‌های اکسین و سیتوکنین می‌شود که این تغییرات سبب افزایش در حجم ریشه می‌شود. همچنین پاکلوبوترازول می‌تواند بر روی ساختار ریشه تأثیر بگذارد و موجب ایجاد ریشه‌های قوی‌تر و متراکم‌تر شود. این امر می‌تواند منجر به افزایش حجم ریشه‌ها و بهبود توانایی گیاه در جذب آب و مواد مغذی شود. محققان گزارش کردند تنظیم کننده‌های رشد اثرات قابل توجهی بر طول ریشه و متوسط قطر ریشه می‌گذارند (Cao *et al.*, 2022). پژوهشگران اظهار داشتند حجم ریشه به طور قابل توجهی تحت تأثیر تعامل بین تنظیم کننده‌های رشد و واریته‌ها قرار می‌گیرند. سایر محققان نیز به این نتیجه رسیدند که پاکلوبوترازول عامل کمک کننده در افزایش رشد ریشه بود (Cao *et al.*, 2022).

دوره آموزشی ترویجی

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و محلول پاشی بر صفات جو دیم

کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد سنبله در متر مربع	وزن خشک ریشه (گرم در بوته)	محلول پاشی	نیتروژن
۶/۷۸e	۱/۰۶l	۵/۷۲fgh	۱۵۴/۰۸gh	۱۶۸۸/۲۲h	۱۷۳/۹۲i	۵/۷۴fg	اسپرمیدین	شاهد
۷/۴۸d	۱/۳۳fg	۶/۱۵ef	۱۷۷/۶۵f	۱۹۰۲/۹۸fg	۱۹۷/۳۹f	۵/۷۵fg	پاکلوبوترازول	
۶/۲۲f	۱/۱۱k	۵/۱۱ij	۱۴۵/۲h	۱۶۰۸/۳۹h	۱۷۲/۶۹i	۵/۸۳efg	کلرمکوات	
۵/۸۸f	۱/۰۵l	۴/۸۴j	۱۰۲/۵۳i	۱۲۸۴/۸۳i	۱۴۷/۶k	۴/۴۵h	کلراید	
۷/۸۶cd	۱/۲۸h	۶/۵۹de	۲۰۵/۱۱e	۲۰۵۷/۵۸ef	۱۹۱/۸۲g	۷/۰۸ab	شاهد	
۸/۷۴b	۱/۶۳b	۷/۱۲cd	۲۴۹/۷۶d	۲۴۰۱/۵۱bc	۲۲۱/۴۳d	۶/۹۳abc	اسپرمیدین	۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن
۷/۴۵d	۱/۳۶f	۶/۰۹efg	۲۴۵/۳۸d	۲۳۱۶/۸۶c	۲۰۲/۶۵e	۷/۱۱ab	پاکلوبوترازول	
۶/۸e	۱/۳۱gh	۵/۴۹hi	۱۶۰/۵۴fgh	۱۸۵۹/۸۹g	۱۵۵/۷۵j	۶efg	کلرمکوات	
۹/۰۶b	۱/۴۱e	۷/۶۶b	۲۷۴/۲۱c	۲۳۷۲/۸۸bc	۲۳۱/۴c	۶/۹۹abc	کلراید	
۱۰/۳۸a	۱/۸۲a	۸/۵۶a	۳۱۳/۲۵a	۲۶۸۶/۴۹a	۲۶۷/۲۱a	۷/۱۵a	شاهد	
۸/۸b	۱/۵۷c	۷/۲۳bc	۲۹۳/۴۳b	۲۴۷۸/۳۹b	۲۳۶/۵۵b	۷/۲۵a	اسپرمیدین	۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن
۸/۰۹c	۱/۴۸d	۶/۶de	۲۰۷/۴۲e	۲۱۰۹/۰۵de	۱۹۰/۱۱gh	۶/۲۱def	پاکلوبوترازول	
۸/۰۷c	۱/۱۸ij	۶/۹۴cd	۲۱۹/۵۳e	۲۳۶۰/۸۹bc	۱۸۷/۶۹h	۶/۳۹cdef	کلرمکوات	
۸/۸b	۱/۴۳e	۷/۳۷bc	۲۵۹/۶۶cd	۲۶۵۵/۱۶a	۲۲۱/۰۲d	۶/۶۹abcd	کلراید	
۷/۸۵cd	۱/۲۱i	۶/۶de	۲۱۲/۱۹e	۲۲۴۷/۵۲cd	۱۸۸/۹۵gh	۶/۴۶bcde	شاهد	۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن
۶/۷۹e	۱/۱۶j	۵/۶ghi	۱۶۵/۱۲fg	۲۰۰۵/۷۲ef	۱۵۷/۱۳j	۵/۴۵g		

-میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون آماری LSD در سطح ۵ درصد می‌باشند.

ویراستاری نشده

طول ریشه

بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی نیتروژن و محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد بر طول ریشه معنی‌دار بود، ولی اثرات متقابل این دو عامل بر طول ریشه معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌های طول ریشه نشان داد بیشترین طول ریشه در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به میزان ۶۱/۶۵ سانتیمتر مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۳۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). همچنین بین دیگر سطوح نیتروژن اختلاف معنی‌داری مشاهد شد. به نظر می‌رسد در شرایط دیم گیاه توانسته است از نیتروژن به میزان بهینه استفاده کند و افزایش بیشتر نیتروژن نتوانسته است بر طول ریشه اثر مثبت بگذارد. همچنین طول ریشه به شدت به میزان نیتروژن و رطوبت وابسته است. محققان نیز اظهار داشتند به دلیل اثر متقابل شدیدی که بین نیتروژن و آب مورد نیاز گیاه وجود دارد، درصورتیکه آب به اندازه کافی در اختیار گیاه نباشد مقادیر بالاتر کود نیتروژن تأثیر چندانی بر طول ریشه نخواهد داشت (Afshoon *et al.*, 2022). آب به عنوان یک حلال عمل می‌کند و برای جذب نیتروژن (به شکل نیترات یا آمونیوم) توسط ریشه‌ها ضروری است. در شرایط کمبود آب، گیاهان نمی‌توانند به خوبی نیتروژن را از خاک جذب کنند. بنابراین، حتی اگر مقدار زیادی کود نیتروژن در دسترس باشد، عدم وجود آب مانع از جذب مؤثر آن می‌شود. از طرفی در شرایط کم آبی، ممکن است تولید اکسین کاهش یابد، که این امر به نوبه خود بر رشد ریشه تأثیر منفی می‌گذارد. بنابراین، حتی با وجود نیتروژن کافی، کاهش هورمون‌های رشد می‌تواند مانع از افزایش طول ریشه شود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد محلول پاشی با پاکلوبوترازول سبب افزایش ۵۹/۲۷ سانتیمتر طول ریشه شد و کمترین در تیمار عدم محلول پاشی به میزان ۴۷/۱۱ سانتیمتر بدست آمد. بین دیگر تیمارهای محلول پاشی نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد محلول پاشی پاکلوبوترازول بر روی دیگر هورمون‌هایی (اکسین، اتیلن، جیبرلین، سیتوکینین، آبسیزیک اسید) که مرتبط با رشد ریشه هستند نیز تاثیر می‌گذارد. پاکلوبوترازول تعادل هورمون‌های گیاهی به ویژه سیتوکینین و اکسین را تغییر می‌دهد که به افزایش طول ریشه کمک می‌کند. نتایج دیگر محققان نیز موید این مطلب می‌باشد (Desta and Amare, 2021). محققان اظهار داشتند کاربرد بهینه پاکلوبوترازول (۱۰ میلی گرم در کیلوگرم) می‌تواند به طور منطقی رشد ریشه، بیوسنتز فیتوهورمون‌ها و لیگنین را تنظیم کند، سپس تعداد ریشه ذخیره سازی و عملکرد سیب زمینی شیرین را افزایش دهد (Si *et al.*, 2023). به نظر می‌رسد پاکلوبوترازول می‌تواند با تغییر در توزیع هورمون‌ها در ناحیه ریشه، منطقه رشد ریشه را تنظیم کند. این ماده می‌تواند به افزایش فعالیت اکسین‌ها، که از هورمون‌های اصلی در توسعه ریشه هستند، کمک کند. اکسین‌ها باعث تحریک تقسیم سلولی و افزایش طول ریشه می‌شوند. از طرف دیگر، پاکلوبوترازول می‌تواند تولید سیتوکینین‌ها را کاهش دهد، که این امر می‌تواند به تعادل بهتر بین رشد ریشه و ساقه منجر شود. پاکلوبوترازول می‌تواند با کاهش تولید اتیلن، که معمولاً باعث تسریع در پیری و کاهش رشد ریشه می‌شود، به رشد فعال ریشه‌ها کمک کند. همچنین، با تنظیم سطوح سیتوکینین‌ها و اکسین‌ها، پاکلوبوترازول می‌تواند به بهبود فرآیندهای رشد و توسعه ریشه‌ها کمک کند. تأثیر پاکلوبوترازول بر روی منطقه رشد ریشه، بیوسنتز فیتوهورمون‌ها و لیگنین نشان‌دهنده تعامل پیچیده‌ای است که بین این عوامل وجود دارد. افزایش تولید لیگنین ممکن است به عنوان یک پاسخ به تغییرات در سطوح هورمونی باشد که توسط پاکلوبوترازول ایجاد شده است. این تعاملات می‌توانند به گیاه کمک کنند تا در شرایط نامساعد محیطی بهتر عمل کند. نتایج دیگر محققان نیز موید این مطلب می‌باشد (Peng et al., 2014).

تعداد دانه در سنبله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی نیتروژن و محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود، ولی اثرات متقابل این دو عامل بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین تعداد دانه در سنبله در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به میزان ۴۷/۴۳ مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۱۸/۷ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). به نظر می‌رسد میزان بهینه نیتروژن در گیاه باعث افزایش انتقال آسیمیلات‌های ساخته شده به سمت اندام‌های زایشی می‌شود. در همین رابطه محققان اظهار داشتند نیتروژن سبب تاثیر معنی‌داری بر روی تعداد دانه در سنبله در گیاه جو گردید

(Behdarvandan *et al.*, 2022) که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد محلول پاشی با پاکلوبوترازول سبب افزایش تعداد دانه در سنبله شد (۴۵/۵۹) که نسبت به حالت عدم محلول پاشی ۲۵/۸ درصد افزایش نشان داد. بین دیگر تیمارهای محلول پاشی نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد(جدول ۴). به نظر می‌رسد که مصرف تنظیم‌کننده رشد پاکلوبوترازول از طریق افزایش طول عمر برگ‌ها و متعاقب آن افزایش دوام سطح فتوسنتز کننده جهت ساخت مواد فتوسنتزی لازم، عملکرد اقتصادی را افزایش داده و از این طریق وزن و تعداد دانه در سنبله را افزایش داده که با نتایج دیگر محققان نیز مطابقت دارد (Nouriyani, 2017; Bakhtiyarinejad *et al.*, 2023).

تعداد سنبله در متر مربع

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که اثر اصلی نیتروژن و محلول پاشی و اثرات متقابل دوگانه آنها در سطح احتمال یک درصد بر تعداد سنبله در متر مربع معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین تعداد سنبله در متر مربع در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و محلول پاشی پاکلوبوترازول به میزان ۲۶۷/۲۱ مشاهده شد و کمترین میزان در عدم مصرف کود نیتروژن و عدم محلول پاشی به میزان ۱۴۷/۶ بدست آمد (جدول ۵). گزارش شده است که با افزایش نیتروژن مصرفی در جو تعداد سنبله در واحد سطح افزایش یافت. با این حال، بین تیمار شاهد و کاربرد ۴۰ کیلوگرم نیتروژن و نیز بین تیمار کاربرد ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن، اختلاف معنی‌داری از این نظر وجود نداشت (Shafagh-Kolvanagh *et al.*, 2018). همچنین گزارش شده است کاربرد پاکلوبوترازول در کاملینا سبب افزایش تعداد خورجین و عملکرد دانه شده است. این محققان اظهار داشتند پاکلوبوترازول موجب افزایش تبادلات گازی و میزان کلروفیل سبب ایجاد برگ‌های تیره تر و با دوام‌تر و در نهایت باعث افزایش فتوسنتز و فتواسیمیلات می‌شود (Kumar *et al.*, 2012). محققان اظهار داشتند مصرف ۱۴۰ میکرومولار پاکلوبوترازول باعث افزایش تعداد سنبله در واحد سطح برای گیاه گندم میشود (Karami and Saba, 2016).

وزن هزار دانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد اثر اصلی نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود، ولی اثرات متقابل این دو عامل بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین این آزمایش نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به میزان ۲۴/۳۷ گرم بدست آمد و کمترین در تیمار عدم مصرف کود یا شاهد به میزان ۱۷/۶۵ گرم بدست آمد همچنین بین دیگر سطوح نیتروژن اختلاف معنی‌داری مشاهد شد (جدول ۴). وزن هزاردانه از اجزای مهم و مؤثر بر عملکرد دانه گیاه جو می‌باشد. به دلیل کاهش تولید ترکیب‌های نورساختی و انتقال آن به اندام‌های زایشی در شرایط بدون کاربرد کود نیتروژن، دورهٔ مؤثر پر شدن دانه نیز کوتاه شده و به افت وزن هزاردانه منجر می‌شود. عملکرد نهایی دانه را دو فرایند فیزیولوژیک، یعنی نورساخت جاری و انتقال دوبارهٔ مادهٔ انباشته شده پیش از گلدهی تشکیل می‌دهند (Dordas and Sioulas, 2009; Shafagh-Kolvanagh *et al.*, 2018). کاربرد نیتروژن موجب افزایش توسعه و دوام سطح برگ و در نتیجه افزایش مواد نورساختی می‌شود، در نتیجه میزان مواد نورساختی اختصاص یافته به هر دانه افزایش یافته و باعث بهبود نسبی وزن هزاردانه در گیاه جو می‌شود (Shafagh-Kolvanagh *et al.*, 2018). نتایج مقایسه میانگین نشان داد محلول پاشی با پاکلوبوترازول سبب افزایش ۲۴/۴۲ گرم وزن هزار دانه شد و کمترین در تیمار عدم محلول پاشی به میزان ۱۸/۹۸ گرم بدست آمد. بین دیگر تیمارهای محلول پاشی نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد(جدول ۴). سرعت انباشت و دوره پر شدن دانه، وزن هزار دانه را مشخص می‌کند بنابراین پاکلوبوترازول با تاثیری که بر برگ‌ها و افزایش فتوسنتز داشت سبب افزایش وزن هزار دانه شد (Bakhtiyarinejad *et al.*, 2023). در همین رابطه محققان اظهار داشتند با مصرف پاکلوبوترازول بر میزان وزن هزار دانه گندم افزوده شد و اختلاف معنی‌داری با عدم مصرف آن داشت (Karami and Saba, 2016).

ویراستاری نشده

عملکرد دانه

نتایج نشان می‌دهد اثر اصلی نیتروژن و محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل آنها در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و محلول پاشی پاکلوبوترازول به میزان ۲۶۸۶/۴ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد و کمترین میزان در عدم مصرف کود نیتروژن و عدم محلول پاشی به میزان ۱۲۸۴/۸ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۵). نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی است که نقش مهمی در رشد و نمو و تولید دارد. احتمالا در دسترس قرار گرفتن مواد غذایی برای رشد جو از طریق کود نیتروژن و محلول پاشی پاکلوبوترازول قدرت رشد و نمو گیاه جو را در طی فصل رشد افزایش داده که در نهایت سبب افزایش عملکرد دانه شده است. زمانی که نیتروژن کافی در اختیار گیاه باشد سرعت فتوسنتز افزایش می‌یابد و گیاه را قادر می‌سازد که سریعتر رشد نماید و زیست توده بیشتری تولید می‌کند که در افزایش تولید اثر گذار است (Ghadirnezhad Shiade *et al.*, 2024). محققان با بررسی سطوح مختلف پاکلوبوترازول در عملکرد دانه گندم اظهار داشتند که استفاده از پاکلوبوترازول با غلظت ۱۰۰ پی پی ام میزان عملکرد بیشتری را با ۹/۷۲ تن در هکتار بدست آمد اما سطوح شاهد و ۵۰ پی پی ام پاکلوبوترازول به ترتیب با ۷/۴۸ و ۸/۳۵ تن در هکتار عملکرد دانه کم تری داشتند و از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند (Rahimi *et al.*, 2023). محققان دیگر نیز اظهار داشتند که پاکلوبوترازول و نیتروژن سبب افزایش غلظت کلروفیل و کارتنوید می‌شود که در نهایت مواد پرورده بیشتری به سمت دانه ارسال می‌شود و از این طریق عملکرد دانه را افزایش می‌دهد (Karami and Saba, 2016).

جدول ۶: نتایج تجزیه مرکب اثر نیتروژن و محلول پاشی بر صفات جو دیم

منبع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	نیتروژن دانه	عملکرد پروتئین	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
مکان	۱	۱۲۶۰۰/۸۱	۰/۰۰۵	۳۳/۶۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۹	۰/۰۰۸
تکرار (مکان)	۴	۴۵۹۸۵/۲۵	۰/۰۰۱	۱۸۴۰/۶۴	۰/۱۸	۰/۰۰۲	۰/۲۳
نیتروژن	۳	۲۹۹۳۸۵۸/۰۷**	۰/۱۴۱**	۶۵۰۴۰/۸۱**	۱۷/۲۹**	۰/۸۵۵**	۲۴/۹۴**
مکان × نیتروژن	۳	۲۷۰۶۵/۰۲	۰/۰۰۲	۸۵۵/۳۵	۰/۲۰	۰/۰۰۲*	۰/۱۷۶
خطا نیتروژن	۱۲	۴۹۰۲۶/۹	۰/۰۰۱	۷۵۷/۲۳	۰/۳۹	۰/۰۰۱	۰/۳۸۱
محلول پاشی	۳	۱۴۳۷۲۱/۵**	۰/۰۵۲**	۳۵۳۲۶/۹۷**	۱۱/۹۸**	۰/۵۲۸**	۱۶**
مکان × محلول پاشی	۳	۳۲۳۰۱/۹۴	۰/۰۰۱	۳۵۷/۸۲	۰/۱۱	۰/۰۰۱	۰/۱۲
نیتروژن × محلول پاشی	۹	۳۵۲۵۸/۶۱*	۰/۰۰۳	۸۸۶/۴*	۲/۱۶**	۰/۰۰۶*	۳/۱۸**
مکان × نیتروژن × محلول پاشی	۹	۹۶۱۵/۰۸	۰/۰۰۱	۱۹۱/۰۸	۰/۱۱	۰/۰۰۱	۰/۱۲
خطا	۴۸	۱۹۲۴۶/۴۴	۰/۰۰۱	۲۴۱/۳۳	۰/۲۱	۰/۰۰۱	۰/۲۱
ضریب تغییرات(٪)	-	۱۰/۴	۲/۷	۷/۳	۹/۶	۲/۳	۵/۸

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ویراستاری نشده

نیتروژن دانه

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که اثر اصلی نیتروژن و محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد بر نیتروژن دانه معنی‌دار بود، ولی اثرات متقابل این دو عامل بر نیتروژن دانه معنی‌دار نبود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین نیتروژن دانه در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به میزان ۱/۱۳ درصد مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۱۷/۷ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). همچنین بین دیگر سطوح نیتروژن اختلاف معنی‌داری مشاهد شد. محققان گزارش کردند نیتروژن بر اندازه سلول و سطح برگ و فعالیت فتوسنتزی اثر گذار بوده و باعث دوام سطح برگ می‌شود، از طرفی در مرحله گل‌دهی در طی مدتی که دانه‌ها در حال پر شدن هستند اهمیت زیادی دارد زیرا سبب می‌شود تعداد گل‌های عقیم شده به حداقل رسیده و ذخیره غذایی برای دانه افزایش و در نهایت سبب جذب مواد معدنی بیشتری در دانه می‌شود (Zamani *et al.*, 2023). نتایج مقایسه میانگین حاصل از این آزمایش نشان داد که محلول پاشی با پاکلوبوترازول سبب افزایش ۱/۱ درصد نیتروژن دانه شده و کمترین میزان آن در تیمار عدم محلول پاشی به میزان ۱ درصد بدست آمد (جدول ۴). به نظر می‌رسد پاکلوبوترازول بیشتر از دیگر تیمارهای مورد بررسی بر نیتروژن دانه اثر گذار باشد. احتمالا به دلیل تاثیری که پاکلوبوترازول بر مقاومت گیاه به شرایط محیطی ایجاد می‌کند میزان نیتروژن در دانه افزایش پیدا کرده است. در همین راستا گزارش شده است که پاکلوبوترازول باعث افزایش محتوای نیتروژن، کلسیم و آهن غده‌های سیب زمینی شد در حالی که میزان فسفر، پتاسیم و منیزیم غده‌ها را کاهش داد (Tsegaw, 2007).

عملکرد پروتئین

نتایج نشان می‌دهد اثر اصلی نیتروژن و محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل آنها در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد پروتئین معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین عملکرد پروتئین در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و محلول پاشی پاکلوبوترازول به میزان ۳۱۳/۲۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد و کمترین میزان در عدم مصرف کود نیتروژن و عدم محلول پاشی به میزان ۱۰۲/۵۳ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۵). به نظر می‌رسد افزایش عملکرد پروتئین دانه در اثر کاربرد کود نیتروژن به دلیل افزایش پیش نیازهای پروتئینی نیتروژن‌دار بوده است، از آنجایی که پیش‌ساز پروتئین به شدت به نیتروژن وابسته است با فراهمی نیتروژن مورد نیاز، پروتئین دانه نیز افزایش پیدا می‌کند (Eyni *et al.*, 2023). گزارش شده است که فراهمی نیتروژن رابطه مستقیمی با درصد پروتئین دارد. نیتروژن پس از جذب و فراوری در داخل گیاه به پروتئین تبدیل می‌شود، بنابراین میزان نیتروژن گیاه، روی مقدار پروتئین و پروتوپلاسم تشکیل شده اثرگذار است و در نهایت عملکرد پروتئین را افزایش می‌دهد (Eyni *et al.*, 2023). با تحت تاثیر قرار گرفتن اندام‌های هوایی و ریشه، پاکلوبوترازول باعث تغییر در جذب مواد معدنی می‌شود، هرچند تاثیرات آن به خوبی شناخته نشده است (Desta and Amare, 2021). محققان اظهار داشتند کاربرد پاکلوبوترازول سبب جذب بیشتر عناصر از جمله نیتروژن، کلسیم، بور و آهن در گیاه می‌شوند در حالی که تاثیری بر روی غلظت آهن، سلیسیوم و سرب نداشت(Desta and Amare, 2021: Ijaz and Honermeier, 2012).

کلروفیل a

تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد اثر اصلی نیتروژن و محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل دوگانه آنها در سطح احتمال یک درصد بر کلروفیل a معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین کلروفیل a در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و محلول پاشی پاکلوبوترازول به میزان ۸/۵۶ میلی گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد و کمترین میزان در عدم مصرف کود نیتروژن و عدم محلول پاشی به میزان ۴/۸۴ میلی گرم بر گرم وزن تر بدست آمد (جدول ۵). نیتروژن عنصر اصلی تشکیل دهنده کلروفیل است. محتوی کلروفیل نقش مهمی در تعیین میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک دارد (Effah *et al.*, 2023). کمبود نیتروژن باعث تحریک رقابت برای انتقال این عنصر در گیاه می‌شود(Eyni *et al.*, 2023). محققان گزارش کردند مصرف ۱۳۵ کیلوگرم در

ویراستاری نشده

هکتار کود نیتروژن بیشترین تاثیر معنی‌دار بر کلروفیل a وb ذرت داشت (Imani *et al.*, 2022). به نظر می‌رسد نیتروژن باعث تداوم بقای سطح برگ می‌شود، همچنین با افزایش دوام سطح برگ، مدت و میزان فتوسنتز برگ نیز افزایش و در نتیجه گیاه می‌تواند ماده خشک بیشتری تولید کند.

کلروفیل b

نتایج نشان می‌دهد اثر اصلی نیتروژن و محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل آنها در سطح احتمال پنج درصد بر کلروفیل b معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین کلروفیل b در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و محلول پاشی پاکلوبوترازول به میزان ۱/۸۶ میلی گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد و کمترین میزان در عدم مصرف کود نیتروژن و عدم محلول پاشی به میزان ۱/۰۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۵). به نظر می‌رسد فراهمی کود نیتروژن تا حدی می‌تواند بر روی میزان کلروفیل تاثیر گذار باشد. در این رابطه محققان اظهار داشتند کاربرد نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل b در مراحل مختلف رشد ذرت شد (Muhammad *et al.*, 2022). همچنین نتایج انها نشان می‌دهد که محتوای کلروفیل a و b با افزایش محتوای نیتروژن تا تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد، اما محتوای بالاتر نیتروژن (۳۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) باعث کاهش محتوای کلروفیل b می‌شود. همچنین حداقل مقدار کلروفیل b در تمام مراحل رشد در تیمار بدون مصرف کود نیتروژن بدست آمد (Muhammad *et al.*, 2022). پژوهشگران بیان کردند محتوای کلروفیل ارتباط نزدیکی با محتوای نیتروژن برگ دارد با این حال افزایش میزان نیتروژن بیش از مورد نیاز گیاه سبب کاهش کلروفیل می‌شود. آنها دلیل این امر را به رشد بیش از حد برگ‌ها و طوقه‌ها در چغندر نسبت دادند که سایه اندازی برگ‌ها را زیاد می‌کند و از طرفی رشد ریشه و در نهایت جذب مواد غذایی به ویژه نیتروژن و رطوبت را برای فتوسنتز کاهش می‌دهد (Elsayed *et al.*, 2023). محققان اظهار داشتند پاکلوبوترازول پایداری غشا را افزایش داده و از سیستم فتوسنتزی گیاه در برابر پراکسیداسیون لیپیدی تحت شرایط تنش محافظت می‌کند (Fathi *et al.*, 2024).

کلروفیل کل

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که اثر اصلی نیتروژن و محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر کلروفیل کل معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین کلروفیل کل در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و محلول پاشی پاکلوبوترازول به میزان ۱۰/۳۸ میلی گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد و کمترین میزان در عدم مصرف کود نیتروژن و عدم محلول پاشی به میزان ۵/۸۸ میلی گرم بر گرم وزن تر بدست آمد (جدول ۵). کاهش محتوای کلروفیل و سطح برگ در هر بوته ارتباط نزدیکی با پیری برگ دارد و تخریب کلروفیل کارایی فتوسنتز را کاهش می‌دهد (Yong-chao *et al.*, 2015). برای جمعیت گیاهان با تراکم بالا، کاهش پیری سریع برگ و محافظت از دستگاه فتوسنتزی بسیار مهم است (Ahmad *et al.*, 2021). کاربرد نیتروژن باعث افزایش سطح برگ در بوته و محتوای کلروفیل a و b شد که نشان می‌دهد نیتروژن اثر مهمی در افزایش سطح برگ، رشد گیاه و کارایی فتوسنتزی دارد (Muhammad *et al.*, 2022).

نتیجه گیری

با توجه به نتایج این مطالعه، استفاده از کود نیتروژن و محلول پاشی تنظیم کننده‌های رشد می‌تواند بهبود قابل توجهی در عملکرد کمی و کیفی جو در شرایط دیم داشته باشد. کود نیتروژن باعث افزایش رشد و عملکرد و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه جو می‌شود. به نظر می‌رسد در شرایط دیم گیاه توانسته است از نیتروژن به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده کند احتمالا در شرایط دیم که میزان بارندگی به شدت به شرایط اقلیمی و جوی مرتبط می‌باشد در طی کاشت رطوبت کم بوده است و از آنجایی‌که نیتروژن همبستگی زیادی با آب در دسترس دارد کمتر توانسته است در اختیار گیاه قرار گیرد. به طور کلی استفاده از کود نیتروژن به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و محلول‌پاشی با پاکلوبوترازول می‌تواند بهبود قابل توجهی در تولید جو در شرایط دیم در دو منطقه پلدختر و خرم آباد ایجاد کند.

ویراستاری نشده

تعارض منافع

" هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد ".

منابع

افشون، اسماعیل.، مقدم، حسین.، جهانسوز، محمدرضا.، اویسی، مصطفی.، ربیعیان، احسان. (۱۴۰۱). ارزیابی صفات ریشه‌ای ذرت علوفه‌ای (Zea mays L) در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی، تنش خشکی و کود نیتروژن. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*. ۱۵(۳)۶۱۳-۶۲۴.

بهداروندان، آروین.، سلیمانی، یحیی.، علوی فاضل، مجتبی. (۱۴۰۰). اثر مقادیر کودهای نیتروژن و سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد جو(Hordeum Vulgare L.). *فناوری های تولید پایدار*. ۴(۱)۶۴-۷۶.

زمانی، زینب.، زیدعلی، احسان.، علیزاده، حمزه علی.، فتحی، امین. (۱۴۰۲). تأثیر تنش خشکی و کود شیمیایی نیتروژن بر ویژگی‌های ریشه و عملکرد دو رقم کینوا (*Chenopodium quinoa* Wild). *تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک*. ۵ (۲)۴۸۷-۵۰۰.

شفق کلوانق، جلیل.، زهتاب سلماسی، سعید.، نصراله زاده، صفر.، هاشمی عمیدی، نسرین.، دست برهان، سهیلا. (۱۳۹۴). ارزیابی عملکرد و پروتئین دانه جو در واکنش به نیتروژن و تداخل علف‌های هرز. *دانش کشاورزی وتولید پایدار*. ۲۵(۴)۱۱۹-۱۳۴.

شکری، غفار.، امیری، جعفر.، چین، محسن. (۱۴۰۱). تاثیر محلول‌پاشی برگی با اسپرمیدین بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی انگور تحت تنش شوری. *پژوهش های میوه کاری*. ۸(۲).

شیروانیان، مریم.، مجدم، مانی.، لک، شهرام.، علوی فاضل، مجتبی.، مرعشی، سید کیوان. (۱۴۰۲). اثر مقادیر اسیدهیومیک و سایکوسل بر عملکرد، اجزای عملکرد و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت شرایط تنش خشکی انتهای فصل. *فیزیولوژی محیطی گیاهی*. ۷۱(۱۸) ۳۲-۴۷.

صادقی، فریده.، سهرابی، یوسف.، سی و سه مرده، عادل. (۱۴۰۱). اثر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر ترکیبوهیدرات‌های محلول، رنگیزه‌های فتوسنتزی و فلورسانس کلروفیل ارقام گندم سیروان و هما در شرایط دیم و آبیاری. *نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی*. ۱۲(۳) -۱۰۰ ۸۱.

طاهری، فرشاد.، ملکی، عباس.، فتحی، امین. (۱۴۰۰). مطالعه سطوح مختلف کود نیتروژن و آبیاری بر ویژگی‌های کمی و کیفی عملکرد دانه کینوا. *مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی*. ۱۳ (۵۰) ۱۴۹-۱۳۵.

عینی، هاشم.، میرزائی حیدری، محمد.، فتحی، امین. (۱۴۰۱). بررسی کاربرد کود اوره، میکوریزا و محلول‌پاشی اسید هیومیک بر ویژگی‌های کمی و کیفی کلزا. *تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک*. ۴ (۲)، ۴۰۵-۴۲۰.

فرجادی شکیب، محمد.، نادری، روح انگیز.، مشهدی اکبربوجار، مسعود. (۱۳۹۲). تاثیر محلول پاشی اسپرمیدین بر خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سیکلامن ایرانی (*Cyclamen persicum* Miller). *مجله علمی- پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی*. ۵(۱۳)۹۶-۱۱۳.

کلاهیان همدانی زاد، الهام.، رامشینی، حسینعلی.، قادری، محمد قادر.، فاضل نجف آبادی، مهدی. (۱۳۹۴). بررسی رابطه صفات ریشه با عملکرد دانه گندم در شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*. ۸ (۱)۱-۱۱.

نخزری مقدم، علی.، غلامی، احمد. (۱۳۹۵). تأثیر تلقیح با قارچ میکوریزا و مدیریت آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی نخود (*Cicer arietinum* L.). *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*. ۹(۴)۳۵۳-۳۶۲.

نوریانی، حسن. (۱۳۹۵). اثر سطوح پاکلوبوترازول بر روند رشد دانه و عملکرد سه رقم گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط تنش گرمای پس از گرده‌افشانی. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*. ۹ (۴) ۴۰۷-۴۱۵.

ویراستاری نشده

نیاکان، مریم.، صادقی، سحر.، قربانلی، مه لقا. (۱۳۹۰). اثر اسپرمیدین، تنش شوری بر درصد جوانه زنی، پارامترهای رشد، تنظیم کننده های اسمزی، میزان سدیم و کلر دانه رست گندم. *فیزیولوژی محیطی گیاهی*. ۶(۱) ۷۸-۸۹.

REFERENCES

1. Afshoon, E., Moghadam, H., Jahansooz, M. R., Oveisi, M., & Rabieian, E. (2022). Study of root traits of forage maize (*Zea mays* L.) in different tillage systems, drought stress, and nitrogen fertilizer. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *15*(3), 613-624. (In Persian).
2. Ahmad, I., Ahmad, S., Kamran, M., Yang, X. N., Hou, F. J., Yang, B. P., ... & Han, Q. F. (2021). Uniconazole and nitrogen fertilization trigger photosynthesis and chlorophyll fluorescence, and delay leaf senescence in maize at a high population density. *Photosynthetica*, 59(1), 192-202.
3. Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in Beta vulgaris. *Plant physiology*, 24(1): 1-15.
4. Bakhtiyarinejad, N., Mombeini, M., Bahrani, A., & Mojtabaie Zamani, M. (2023). Paclobutrazol Application Improves Growth and Physiological Traits of Wheat Cultivars Under Heat Stress Imposed by Late Planting Date. *Gesunde Pflanzen*, 75(6), 2491-2503.
5. Behdarvandan, A., Soleymani, Y., & Alavifazel, M. (2022). Effect of Nitrogen and Zinc Sulfate Fertilizers on Yield and Yield Components of Barley (*Hordeum Vulgare* L.). *Sustainable Agricultural Research*, *1*(4), 64-76. (In Persian).
6. Cao, Z., Wang, X., & Gao, Y. (2022). Effect of Plant Growth Regulators on Cotton Seedling Root Growth Parameters and Enzyme Activity. *Plants*, *11*(21), 2964.
7. Chen, J., Liu, L., Wang, Z., Zhang, Y., Sun, H., Song, S., ... & Li, C. (2020). Nitrogen fertilization increases root growth and coordinates the root–shoot relationship in cotton. *Frontiers in Plant Science*, *11*, 880.
8. Chen, Z., Tao, X., Khan, A., Tan, D. K., & Luo, H. (2018). Biomass accumulation, photosynthetic traits and root development of cotton as affected by irrigation and nitrogen-fertilization. *Frontiers in plant science*, *9*, 173.
9. Desta, B., & Amare, G. (2021). Paclobutrazol as a plant growth regulator. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, *8*, 1-15.
10. Dong, L., Li, L., Meng, Y., Liu, H., Li, J., Yu, Y., ... & Gu, W. (2022). Exogenous spermidine optimizes nitrogen metabolism and improves maize yield under drought stress conditions. *Agriculture*, *12*(8), 1270.
11. Dordas, C. A., & Sioulas, C. (2009). Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and retranslocation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as affected by nitrogen fertilization. *Field Crops Research*, *110*(1), 35-43.
12. Effah, Z., Li, L., Xie, J., Liu, C., Xu, A., Karikari, B., ... & Zeng, M. (2023). Regulation of nitrogen metabolism, photosynthetic activity, and yield attributes of spring wheat by nitrogen fertilizer in the semi-arid loess plateau region. *Journal of Plant Growth Regulation*, 42(2), 1120-1133.
13. Elsayed, S., El-Hendawy, S., Elsherbiny, O., Okasha, A. M., Elmetwalli, A. H., Elwakeel, A. E., ... & Ibrahim, H. H. (2023). Estimating Chlorophyll Content, Production, and Quality of Sugar Beet under Various Nitrogen Levels Using Machine Learning Models and Novel Spectral Indices. *Agronomy*, 13(11), 2743.
14. Eryng, D., Conway, D., Ramankutty, N., Price, J ., Warren, R. (2014). Global Crop Yield Response to Extreme Heat Sstress under Multiple Climate Change Futures. *Environmental Research Letters*, 9, 1-13.
15. Esmaeil, Y., & Patwardhan, A. M. (2006). Physiological analysis of the growth and development of canola (*Brassica nupus* L.) under different chemical fertilizer application. *Asian Journal of Plant Science*, *5*(5), 745-752.

16. Eyni, H., M. Mirzaei Heydari, and A. Fathi. (2023). Investigation of the application of urea fertilizer, mycorrhiza, and foliar application of humic acid on quantitative and qualitative properties of canola. *Crop Science Research in Arid Regions*. 4(2), 405-420. (In Persian).
17. Farjadi Shakib, M., Naderi, R., & Mashhadi Akbar Boujar, M. (2013). Effects of spermidine spray on morphological, physiological and biochemical characteristics of *Cyclamen persicum* Miller. *Journal of Plant Ecophysiology*, 5(13), 96-113. (In Persian).
18. Fathi, A., Shiade, S. R. G., Kianersi, F., Altaf, M. A., Amiri, E., & Nabati, E. (2024). Photosynthesis in Cereals under Drought Stress. In Handbook of Photosynthesis (4th ed.). Taylor & Francis, Boca Raton, USA. pp 826.
19. Gao, H., Wu, X., Yang, X., Sun, M., Liang, J., Xiao, Y., & Peng, F. (2022). Silicon inhibits gummosis by promoting polyamine synthesis and repressing ethylene biosynthesis in peach. *Frontiers in Plant Science*, 13, 986688.
20. Ghadirnezhad Shiade, S. R., Fathi, A., Kardoni, F., Pandey, R., & Pessarakli, M. (2024). Nitrogen contribution in plants: recent agronomic approaches to improve nitrogen use efficiency. *Journal of Plant Nutrition*, *47*(2), 314-331.
21. Huggins, D. R., & Pan, W. L. (2003). Key indicators for assessing nitrogen use efficiency in cereal-based agroecosystems. *Journal of crop production*, *8*(1-2), 157-185.
22. Ijaz, M., & Honermeier, B. (2012). Effect of triazole and strobilurin fungicides on seed yield formation and grain quality of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). *Field Crops Research*, *130*, 80-86.
23. Imani, R., Samdeliri, M., & Mirkalaei, A. M. (2022). The Effect of Different Tillage Methods and Nitrogen Chemical Fertilizer on Quantitative and Qualitative Characteristics of Corn. *International Journal of Analytical Chemistry*, 1-11.
24. Karami, S., & Saba, J. (2016). Variations in yield and yield components by seed priming with three antigibberellin regulators on wheat, cv. Azar 2. *Cereal Research*, *6*(3), 339-351.
25. Kolahian Hamedanizad, E., Ramshini, H., Ghaderi, M. G., & Fazel Najafabadi, M. (2015). Studying the relationship between root traits and seed yield in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under normal and terminal drought stress conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 8(1), 1-11. (In Persian).
26. Kumar, S., Ghatty, S., Satyanarayana, J., Guha, A., Chaitanya, B. S. K., & Reddy, A. R. (2012). Paclobutrazol treatment as a potential strategy for higher seed and oil yield in field-grown Camelina sativa L. Crantz. *BMC Research Notes*, *5*, 1-14.
27. Kuyper, T. W., Wang, X., & Muchane, M. N. (2021). The interplay between roots and arbuscular mycorrhizal fungi influencing water and nutrient acquisition and use efficiency. *The Root Systems in Sustainable Agricultural Intensification*, 193-220.
28. Martínez-Dalmau, J., Berbel, J., & Ordóñez-Fernández, R. (2021). Nitrogen fertilization. A review of the risks associated with the inefficiency of its use and policy responses. *Sustainability*, 13(10), 5625.
29. Muhammad, I., Yang, L., Ahmad, S., Farooq, S., Al-Ghamdi, A. A., Khan, A., ... & Zhou, X. B. (2022). Nitrogen fertilizer modulates plant growth, chlorophyll pigments and enzymatic activities under different irrigation regimes. *Agronomy*, 12(4), 845.
30. Nakhzari Moghaddam, A., & Gholami, A. (2017). Effect of inoculation with mycorrhiza fungi and irrigation management on quantity and quality characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *9*(4), 353-362. (In Persian).
31. Niakan, M., Sadeghi, S., & Gorbanli, M. (2011). Effect of spermidine, salinity stress on germination percentage, growth parameters, osmotic regulators, sodium and chlorine content of wheat straw. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 21(1), 89-78. (In Persian).
32. Nouriyani, H. (2017). Effect of paclobutrazol levels on grain growth process and yield of three cultivars of wheat (Triticum aestivum L.) under post-anthesis heat stress conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *9*(4), 407-415. (In Persian).

33. Peng, D., Chen, X., Yin, Y., Lu, K., Yang, W., Tang, Y., & Wang, Z. (2014). Lodging resistance of winter wheat (*Triticum aestivum* L.): Lignin accumulation and its related enzymes activities due to the application of paclobutrazol or gibberellin acid. *Field Crops Research*, *157*, 1-7.
34. PirastehAnosheh, H., Maghsoudi, K., & Khaliq, A. (2016). Response of cereals to cycocel application. *Iran Agricultural Research*, 35(1), 1-12.
35. Plaza-Bonilla, D., Lampurlanés, J., Fernández, F. G., & Cantero-Martínez, C. (2021). Nitrogen fertilization strategies for improved Mediterranean rainfed wheat and barley performance and water and nitrogen use efficiency. *European Journal of Agronomy*, 124, 126238.
36. Rahimi, R., Paknejad, F., Sadeghishoae, M., Ilkaee, M. N., & Rezaei, M. (2023). Combined effects of paclobutrazol application and plant growth-promoting rhizobacteria (PGPRs) inoculation on physiological parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought stress. *Cereal Research Communications*, 1-15.
37. Sara, R.T., Deborah, G.M., Bert, M.C. (2015). Effects of Paclobutrazol and Fertilizer on the Physiology, Growth and Biomass Allocation of Three Fraxinus Species. *Urban Forestry and Urban Greening*, 14: 590-598.
38. Shafagh-Kolvanagh, J., Zehtab-Salmasi, S., Nasrollahzadeh, S., Dastborhan, S., & Hashemi-Amidi, N. (2018). Chenges in grain yield and yield components of winter barley in response to nitrogen supply and weed interference. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *48*(4), 985-996. (In Persian).
39. Shirvanian, M., Mojdam, M., Lek, S., Fazel, M. A., & Marashi, S. 2023. The effect of humic acidic and cycocel on yield, yield components, and photosynthetic material remobilization of wheat (*Triticum aestivum* L.) under end-of-the-season drought stress conditions. *Journal of Plant Environmental Physiology*.71(18): 32-47. (In Persian).
40. Shokri, G., Amiri, J., & Barin, M. (2024). The effect of foliar spraying with spermidine on some morphophysiological and biochemical characteristics of grapes under salinity stress. *Research in Pomology*, 8(2). (In Persian).
41. Si, C. C., Li, Y. J., Liu, H. J., Zhang, H. Y., Meng, Y. Y., Wang, N., & Shi, C. Y. (2023). Impact of paclobutrazol on storage root number and yield of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Field Crops Research*, *300*, 109011.
42. Sadeghi, F., Sohrabi, Y., & Sio-Se Mardeh, A. (2022). Effect of Plant Growth Regulators on Soluble Carbohydrates, Photosynthetic Pigments and Chlorophyll Fluorescence of Sirvan and Homa Wheat Cultivars in Rainfed and Irrigation Conditions. *Isfahan University of Technology-Journal of Crop Production and Processing*, 12(3), 81-100. (In Persian).
43. Taheri, F., Maleki, A. and Fathi, A. (2021). Study of different levels of nitrogen fertilizer and irrigation on quantitative and qualitative characteristics of quinoa grain yield. *Crop Physiology Journal*, 13(50): 135-149. (In Persian).
44. Tesfahun, W. (2018). A review on: Response of crops to paclobutrazol application. *Cogent Food & Agriculture*, *4*(1), 1525169.
45. Tsegaw, T. 2007. Response of potato to paclobutrazol and manipulation of reproductive growth under tropical conditions. Thesis of doctora degree. University of Pretoria etd. 203p.
46. Waling, I., Van Vark, W., Houba, V. J. G., and Van der Lee, J. J. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi: Part 7. *Plant Analysis ProceduresWageningen Agriculture University*.
47. Yong-chao, W., Wan-rong, G., Le-fu, Y., Yang, S., Li-jie, L., He, Z., ... & Shi, W. (2015). Physiological mechanisms of delaying leaf senescence in maize treated with compound mixtures of DCPTA and CCC. *Journal of Northeast Agricultural University* (English Edition), 22(3), 1-15.
48. Zamani, Z., Zeidali, E., Alizadeh, H. A., & Fathi, A. (2023). Effect of drought stress and nitrogen chemical fertilizer on root properties and yield in three quinoa cultivars (Chenopodium quinoa Willd). *Crop Science Research in Arid Regions*, *5*(2), 487-500. (In Persian).

49. Zhang, H., Khan, A., Tan, D. K., & Luo, H. (2017). Rational water and nitrogen management improves root growth, increases yield and maintains water use efficiency of cotton under mulch drip irrigation. *Frontiers in Plant Science*, *8*, 243606.
50. Zhou, L., Van Peppel, A., Li, X., Welander, M. (2004). Changes of Leaf Water Potential and Endogenous Cytokinins in Young Apple Trees Treated with or without Paclobutrazol under Drought Conditions. *Horticultural Science*., 99: 133-141.

ویراستاری نشده

Optimizing rainfed barley production by using nitrogen fertilizer and growth regulators in Khorram Abad and Poldokhtar agro-ecosystems

EXTENDED ABSTRACT

Abstract

The projected growth of the world's population over the next few decades requires attention to the supply of food products to ensure the fulfillment of global demand. Due to the significant increase in the demand for barley and changes in the world's diet, one of the most important challenges faced by the agricultural sector in the last 20 years has been increasing the production of barley. Nitrogen is one of the widely used elements that plays an important role in the growth and physiology of agricultural plants. Therefore, a significant number of nitrogenous fertilizers is used to produce the product. Balanced consumption of chemical fertilizers, especially nitrogen fertilizers, seems necessary to achieve the optimal amount of the product and at the same time reduce the environmental risks. The use of growth regulators as one of the agricultural management solutions has been the focus of researchers. Growth regulators are made or natural chemical substances that are used directly with the aim of changing some structural processes of the crop plant. These substances improve the balance of hormones and growth in the plant and lead to an increase in quantitative or qualitative yield in the crop plant.

Materials and Methods

Research was conducted in two regions in the crop year of 2022-2023 in Poldokhtar and Khorram Abad cities. The experiment was carried out as a factorial design in the form of a basic randomized complete block design with three replications. The first factor includes four levels of nitrogen chemical fertilizers, including 0, 50, 100 and 150 $kg.h^{-1}$ urea, and the second factor was foliar application of blank (spraying solution with distilled water), paclobutrazol (120 mg/liter), spermidine (1 mM), and chlormequat chloride (three grams per liter). Each test plot included 12 planting lines 4 meters long and with a distance of 20 cm from each other and the distance between the plots was considered to be half a meter. The number of plots in each block was 16 and in each experiment 38 plots, and the distance between the blocks was determined to be about one meter.

Results and Discussion

The average comparison results showed that the highest root dry weight was observed in the treatment of 100 $kg.h^{-1}$ nitrogen fertilizer and chlormequat chloride foliar spraying at the rate of 7.25 grams per square meter, and the lowest amount in the absence of nitrogen fertilizer and foliar spraying at the rate of 4.45 grams. It was obtained in square meters. The highest seed yield was observed in the treatment of 100 $kg.h^{-1}$ nitrogen fertilizer and paclobutrazol foliar spraying at the rate of 2686.4 kg/ha, and the lowest rate was obtained in the absence of nitrogen fertilizer and no foliar spraying at the rate of 1284.8 kg/ha. The highest protein yield was observed in the treatment of 100 $kg.h^{-1}$ nitrogen fertilizer and paclobutrazol foliar spraying at the rate of 313.25 kg per hectare, and the lowest amount was obtained in the absence of nitrogen fertilizer and foliar spraying at the rate of 102.53 kg per hectare. The average comparison results showed that the highest total chlorophyll was observed in the treatment of 100 $kg.h^{-1}$ nitrogen fertilizer and paclobutrazol foliar

spraying at the rate of 10.38 mg/g of fresh weight, and the lowest amount was observed in the absence of nitrogen fertilizer and no foliar spraying at the rate of 5.88 mg/g fresh weight was obtained.

Conclusion

According to the results of this study, the use of nitrogen fertilizer and foliar application of growth regulators can significantly improve the quantitative and qualitative performance of barley in rainy conditions. Nitrogen fertilizer has increased the growth and yield and photosynthetic pigments of the barley plant. It seems that in rainy conditions, the plant was able to use nitrogen at the rate of 100 kg per hectare, probably in rainy conditions, where the amount of rainfall is strongly related to climatic and atmospheric conditions, the humidity was low during planting, and nitrogen, because it has a high correlation with available water, less has been able to be provided to the plant. In general, the use of nitrogen fertilizer at the rate of 100 kg per hectare and paclobutrazol can significantly improve barley production in rainy conditions in the two regions of Poldokhtar and Khorram Abad.

Key words: *Spermidine, paclobutrazol, roots, Chlormequat chloride, protein yiled*

ویراستاری نشده