شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/idaj.2022.355434.346

اثر گلایسین بتائین، عناصر بور و روی بر عملکرد و جذب عناصر غذایی دانه نخود تحت شرایط دیم

صابر الهی[۱]، اسمعیل نبی‌زاده[۱*]، عزیز مجیدی[۲]، محمود پوریوسف میاندوآب [۳]

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مهاباد، مهاباد، ایران

۲- *بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران*

۳- *گروه میکروبیولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ارومیه، ارومیه، ایران*

چکیده

به‌منظور بررسی اثر گلایسین بتائین و عناصر روی و بور بر عملکرد و جذب عناصر غذایی دانه نخود تحت شرایط دیم، آزمایشی طی سال زراعی ۱۳۹۸ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان مهاباد انجام شد. عوامل آزمایشی شامل: مصرف خاکی سولفات روی در دو سطح (مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار روی و عدم مصرف روی)، محلول‌پاشی اسید بوریک در سه سطح (عدم مصرف، مصرف سه کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب در دو مرحله قبل و بعد از گلدهی) و محلول‌پاشی گلایسین بتائین در سه سطح (عدم مصرف، مصرف ۱/۸۸ گرم در یک لیتر در دو مرحله قبل و بعد از گلدهی) بود. نتایج نشان داد مصرف عنصر بور و گلایسین بتائین در مرحله قبل و بعد از گلدهی اثر افزایشی بر وزن دانه در بوته، وزن صد دانه، قند محلول، نیتروژن دانه و پروتئین دانه داشت. بیشترین عملکرد دانه با ۱۴۸۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار عدم مصرف روی و کاربرد همزمان گلایسین بتائین و بور در مرحله بعد از گلدهی بود. بیشترین درصد جذب روی دانه (۵۴/۱۷ درصد) مربوط به مصرف گلایسین بتائین بعد از گلدهی و عدم مصرف روی و بور بود. در این پژوهش اثر بور بر افزایش قند محلول جهت تعدیل شرایط خشک دیم مؤثرتر از گلایسین بتائین بود. بر اساس نتایج کلی با کاربرد بهینه عنصر بور و در حالت ترکیبی با گلایسین بتائین می‌توان تا حدودی اثر تنش خشکی را در مرحله زایشی در مناطق دیم تعدیل نمود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، تغذیه، عملکرد، قند محلول، نخود دیم

* نگارنده مسئول: *nabizadeh.esmaeil@gmail.com* تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۷

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum*) از حبوباتی است که به‌دلیل داشتن ۳۳-۱۳ درصد پروتئین، ۵۵-۴۰ درصد کربوهیدارت، ویتامین‌های گروه B، فولات، β-کاروتن و عناصر معدنی کم مصرف منبعی با ارزش و مغذی برای جمعیت در حال افزایش جهان محسوب می‌شود (Muehlbauer and Sarker, 2017; Dragicevic *et al*., 2018). سطح زیر کشت نخود در سال ۲۰۱۹ در جهان ۱۲ میلیون و ۶۵۰ هزار هکتار با متوسط عملکرد ۹۵۶ در هکتار بود (Anonymous, 2019). سطح زیر کشت نخود دیم در ایران، برابر ۵۵۳۱۹۵ هکتار با متوسط عملکرد ۵۲۰ کیلوگرم در هکتار بود (بی نام، ۱۳۹۸). نخود به‌طور عمده به‌عنوان یک محصول دیم کشت می‌شود و تنش آبی اغلب بر پایداری و بهره‌وری عملکرد نخود تأثیر می‌گذارد، به‌طوری‌که خشکسالی عامل اصلی از دست دادن ۴۰ تا ۴۵ درصد عملکرد نخود در مناطق زیر کشت آن در دنیا است (Ahmed et al., 2005).

خشکسالی تهدیدی جدی و غیرقابل پیش بینی است که اثرات سوئی بر تولید محصولات زراعی در جهان دارد (Hussain *et al*., 2018). حساسیت گیاه به خشکسالی یک پدیده پیچیده‌ای است که به عوامل زیادی از جمله مرحله رشد گیاه، پتانسیل ژنتیکی، مدت و شدت تنش خشکی بستگی دارد (Zhu, 2002). حبوبات منبع تغذیه‌ای و کم هزینه‌ای از پروتئین هستند که به دلیل توانایی تثبیت نیتروژن موجود در جو در کشاورزی نقش حیاتی دارند (Rubiales and Mikic, 2015)، به‌طوری‌که این خصوصیت متمایز، قابلیت کشت آن‌ها را در محیط‌هایی که با کمبود نیتروژن مواجه هستند، گسترش می‌دهد (Graham and Vance, 2003). کشت حبوبات در مناطق دیم و امکان کمبود آب در هر مرحله رشد گیاه دور از انتظار نیست(Mittal *et al*., 2014). بطور کلی در تمامی مراحل رشد، تنش کمبود آب به دلیل کاهش جوانه‌زنی و فعالیت فتوسنتزی (Chowdhury *et al*., 2016)، کاهش جذب و تثبیت کربن (Zlatev and Lidon, 2012)، عقیم کردن دانه گرده (Sehgal *et al*., 2018)، کاهش تعداد غلاف و دانه و فعالیت مخزن (Andersen *et al*., 2002)، عملکرد را کاهش می‌دهد.

در شرایط تنش کمبود آب تداخل مکانیسم-های جذب و تخلیه همراه با کاهش میزان تعرق، باعث کاهش جذب عناصر غذایی می‌شود (Baligar and Fageria, 2001). مدیریت تغذیه بهینه یکی از عوامل مهم در کاهش اثرات زیان-بخش تنش خشکی و افزایش بهره‌وری نخود در شرایط دیم می‌باشد (Thiyagarajan *et al*., 2003). عناصر ریز مغذی نقش مهمی در افزایش عملکرد دانه حبوبات با بهبود فرایند تثبیت نیتروژن دارند (Rahman *et al*., 2014). تحت شرایط کمبود عناصر ریز مغذی فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت کاهش یافته و حساسیت گیاهان به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد (Cakmak, 2000).

عنصر روی یکی از عناصر ضروری دخیل در مجموعه مکانیزم‌های حفاظتی گیاه و یکی از مواد معدنی است که پس از آهن بیشترین فراوانی را در بافت‌های گیاهی دارد (Khan *et al*., 2008). روی

نقش مهمی درسنتز پروتئین، RNA، DNA، فتوسنتز، سنتز اکسین، تقسیم سلولی، گره‌زایی و تثبیت نیتروژن و لقاح دارد (Kobraee *et al*., 2011). پایین بودن قابلیت جذب روی در خاک می‌تواند از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تغذیه‌ای نخود درشرایط دیم باشد (Kumawat and Kuldeep, 2017). کمبود روی در خاک‌ها و گیاهان زراعی ایران به دلایل متعددی همچون آهکی بودن و pH بالای خاک‌ها، وفور بی‌کربنات در آب آبیاری، مواد آلی پایین خاک‌ها، مصرف زیاد کودهای فسفره و خشکسالی مکرر و غیره می‌باشد و بیش از ۶۰ درصد خاک‌های زراعی ایران به درجات مختلف کمبود روی دارند و بر روی تولید محصول اثر می‌گذارند (Malakouti, 2007). مصرف خاکی روی نقش مهمی در افزایش عملکرد نهایی اندام‌های هوایی ماش سیاه (*Vigna mungo*) دارد (Pandey *et al*., 2013). در بررسی دیگری گزارش شده است که مصرف روی باعث افزایش میزان پروتئین دانه نخود نسبت به عدم مصرف روی شد (Choudhary *et al*., 2016). بور یکی دیگر از عناصر ریز مغذی است که نقش عمده‌ای در تقسیم سلولی بافت‌های مریستمی، تشکیل جوانه‌های برگ و گل، تشکیل بذر، ترمیم بافت‌های آوندی، متابولیسم قند و کربوهیدرات‌ها و انتقال آن از منبع به مخزن، تنظیم مقدار آب و هدایت آن در سلول، انتقال کلسیم در گیاه و تنظیم نسبت کلسیم به پتاسیم در بافت‌های گیاهی، سنتز پروتئین و پکتین دیواره سلولی و نقل و انتقال مواد محلول در بین سلول‌ها دارد (Gang *et al*., 2005). بور از نظر غلظت در دانه و ساقه و همچنین مقدار کل بعد از روی، در رده سوم عناصر ریز مغذی قرار دارد (Shil *et al*., 2007). مشخص شده است که محلول‌پاشی بور منجر به افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه می‌شود (Jasim and Obaid, 2014). استفاده ترکیبی از عناصر روی و بور بر افزایش عملکرد دانه در نخود نسبت به کاربرد تنهای آن‌ها برتری دارد و بیشترین عملکرد دانه نخود به میزان ۲۲۲۲ کیلوگرم در هکتار به کاربرد ۳ کیلوگرم روی در هکتار به‌صورت خاک مصرف و ۰/۳ درصد بور به‌صورت محلول‌پاشی مربوط حاصل می‌شود (Tripath *et al*., 2020). صفری (۱۳۹۸) در یافته‌های خود نشان داد محلول‌پاشی با سولفات روی و اسید بوریک به تنهایی باعث افزایش عملکرد دانه و شاخص برداشت شد و کاربرد همزمان آن‌ها باعث افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و ارتفاع بوته در رقم بیله‌سوار عدس دیم (*Lens culinaris* ILL 6037) شد.

یک مکانیسم مؤثر در کاهش صدمات حاصل از تنش‌های محیطی تجمع سطوح بالایی از حفاظت‌کننده‌های اسمزی درون سلولی است. گلایسین بتائین [(CH3)3N+CH2COO-] اسمولیت آلی عمده با ترکیب آمونیومی چهارگانه در اغلب گونه‌های گیاهی است که در پاسخ به تنش رطوبتی سنتز می‌شود. گلایسین بتائین در سطح پایین از مولکول‌های مانند اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها و لیپیدها محافظت می‌کند و به‌عنوان مخازن منابع کربن و نیتروژن عمل می‌کند (Umezawa *et al*. 2006). در پژوهشی روی دو رقم نخود محققین نشان دادند که محلول‌پاشی

گلایسین بتائین باعث بهبود عملکرد و اجزای عملکرد نخود در شرایط دیم می‌شود (Salek and Hatami, 2020). در پژوهشی دیگر محققین نشان دادند با مصرف گلایسین بتائین، مقدار نیتروژن و روی در گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) افزایش داشت (Mohammadipour and Souri, 2019). نتایج یافته‌های پژوهشگران نشان داده است که محلول‌پاشی بوته‌های ذرت با ۱۵۰ پی‌پی‌ام گلایسین بتائین در مرحله قبل از گلدهی در شرایط تنش و بدون تنش خشکی، باعث افزایش مقدار کلروفیل a و b، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه می‌شود (میری و زمانی مقدم، ۱۳۹۳). با توجه به اینکه غالب سطح زیر کشت نخود در ایران در اقلیم خشک و نیمه خشک قرار دارد و بیش از ۹۰ درصد آن به‌صورت دیم کشت می‌شود، مدیریت اکولوژیک تغذیه‌ای گیاهان می‌تواند یکی از مهمترین راهکارهای بهبود عملکرد در مناطق دیم محسوب شود. به همین منظور آزمایشی با هدف بررسی اثرات عناصر غذایی روی و بور و همچنین گلایسین بتائین، بر ویژگی‌های کمی و کیفی نخود دیم انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات گلایسین بتائین، روی و بور بر عملکرد و وضعیت تغذیه‌ای نخود دیم رقم سفید، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۸ به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در اراضی زراعی تحت کشت دیم در شهرستان مهاباد با ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا ۱۳۲۷ متر با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی اجرا شد. میانگین متوسط درجه حرارت و میزان بارندگی سالانه در منطقه بر اساس آمار هواشناسی به ترتیب ۹/۱۳ درجه سانتی‌گراد و ۳۲۶ میلی‌متر می‌باشد. عوامل آزمایشی شامل: مصرف خاکی سولفات روی شرکت کنجاله‌ساز با فرمول $ZnSO_4.7H_2O$ در دو سطح (عدم مصرف روی و مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار روی)، محلول‌پاشی بور از منبع اسید بوریک مرک آلمان شرکت آزمیران با فرمول شیمیایی H_3BO_3 در سه سطح (عدم مصرف، قبل از گلدهی، بعد از گلدهی با سه کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب) و گلایسین بتائین [(CH3)3N+CH2COO-] Merk آلمان از شرکت دقیق تجهیز آریو، در سه سطح (عدم مصرف، قبل از گلدهی، بعد از گلدهی با غلظت ۱/۸۸ گرم در یک لیتر) بودند. نحوه اعمال تیمارها به این صورت بود که سولفات روی بصورت مصرف خاکی و اسید بوریک و گلایسین بتائین در دو مرحله قبل از گلدهی (۶۰ روز بعد از کاشت) و بعد از گلدهی (۹۰ روز بعد از کاشت) به‌صورت محلول‌پاشی انجام شد. به‌طور کلی در هر بلوک ۱۸ تیمار وجود داشت. وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی و برداشت محصول در اواسط تیرماه انجام شد. قبل از شروع آزمایش، به‌منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، از محل آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتیمتری، از چند نقطه زمین به‌صورت زیگزاگی نمونه‌برداری انجام شد. سپس نمونه مرکب، تهیه و به آزمایشگاه منتقل گردید. نتایج تجزیه خاک در جدول ۱ ارائه شده

است. بافت خاک محل آزمایش لومی رسی بود. عملیات آماده‌سازی زمین یک هفته قبل از کشت صورت گرفت. ابتدا زمین توسط گاوآهن برگردان‌دار شخم و به دنبال آن دیسک زده شد. سپس، توسط خیش زمین به‌صورت ردیفی درآمد. هر کرت آزمایشی شامل پنج ردیف کاشت با فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متر و طول چهار متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود و در ۲۰ فروردین ماه به‌صورت دستی کشت شدند. جهت تقویت و تأمین عناصر مورد نیاز کشت نخود بر اساس توصیه کودی، کود ازت از منبع دی آمونیوم فسفات ۵۰ کیلوگرم در هکتار و به همراه شخم به زمین افزوده شد.

اندازه‌گیری‌ها: صفات مورد ارزیابی شامل: صفات مورفولوژیکی، ارتفاع بوته، اجزای عملکرد (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه) و عملکرد دانه، قند محلول، عناصر غذایی دانه (نیتروژن، روی) و درصد پروتئین دانه بود. به‌منظور تعیین ارتفاع بوته، گیاهان در مرحله بلوغ فیزیولوژیکی (گلدهی کامل)، تعداد پنج بوته به‌طور تصادفی پس از حذف اثر حاشیه‌ای (حذف دو خط کشت کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای هر خط)، انتخاب و ارتفاع بوته آن از سطح خاک تا انتهای بوته بر حسب سانتیمتر اندازه‌گیری و میانگین‌آن‌ها به‌عنوان ارتفاع بوته در کرت یادداشت گردید.

به‌منظور تعیین اجزای عملکرد و عملکرد دانه پس از رسیدگی کامل، بعد از حذف اثرات حاشیه‌ای از ردیف‌های وسط هر کرت به مساحت یک مترمربع بصورت کف‌بر برداشت شد. عملکرد زیستی (مجموع وزن کلش و دانه) در هر کرت اندازه‌گیری شد. سپس دانه‌های غلاف‌ها جدا و بعد از شمارش و توزین و تعیین میانگین به‌عنوان تعداد دانه در بوته و وزن دانه در بوته ثبت شد. همین دانه‌های جدا شده از یک متر مربع توزین و به‌عنوان عملکرد دانه در متر مربع ثبت گردید. برای وزن صد دانه ده نمونه صدتایی جدا و پس از توزین و میانگین‌گیری به‌عنوان وزن صد دانه تعیین شد.

جهت اندازه‌گیری قند محلول برگ در مرحله بعد از گلدهی نمونه‌برداری انجام و از روش فنل – سولفوریک اسید انجام شد. نمونه‌ها در طول موج ۴۸۵ نانومتر با استفاده از اسپکتوفتومتر (UV/VIS Lambda25) قرائت گردید (Hellubust and Caraigie, 1978).

درصد نیتروژن دانه به روش کجلدال به وسیله‌ی دستگاه کجلدال شیشه ای مدل K1100 اندازه-گیری شد (Jones *et al*., 1999)، به این صورت که نمونهٔ خشک و آسیاب شده پس از مراحل هضم در دمای ۳۸۰ سانتیگراد در دستگاه تقطیر با استفاده از سود و اسیدبوریک و معرف‌های رنگی تیتر شده و غلظت نیتروژن آنها اندازه‌گیری شد. جهت تعیین درصد پروتئین دانه نیز از ضریب تبدیل نیتروژن به پروتئین (۶/۲) استفاده شد (Jones *et al*., 1999).

جهت تعیین عنصر روی، ابتدا نمونه‌های گیاهی پس از آسیاب شدن و گذراندن مرحله هضم تر با استفاده از اسید نیتریک، اسیدکلریدریک و آب اکسیژنه عصاره‌گیری شدند (Westerma, 1990). سپس مقدار عنصر

روی با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Atomic Absorbtion) مدل Perkin-Elmer در طول موج 213.9 اندازه‌گیری شد (Ferran *et al*., 1988).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده نرم افزار SAS 9.2 انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار MS-EXCEL Ver. 11 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (سانتیمتر)	pH	Ec (دس زیمنس بر متر)	مواد شوینده خنثی (درصد)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل(درصد)	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۰-۳۰	۷/۹۶	۱/۲۲	۱۱	۱/۰۱	۰/۱۰	۳/۸۰	۳/۶۰

عمق خاک (سانتیمتر)	مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)
۰-۳۰	۰/۷۰	۰/۵۲	۳۸۳	۱۰/۵۰	۲۸	۳۴	۳۸

نتایج و بحث

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها، تعداد دانه در بوته به‌طور معنی‌داری تحت اثرات اصلی گلایسین بتائین، بور ($p<0.01$) و اثر متقابل دوگانه روی در گلایسین بتائین، روی در بور و اثر متقابل سه گانه روی در گلایسن بتائین در بور ($p<0.05$) قرار گرفت اما تغییر معنی‌داری نسبت به اثر اصلی روی و اثر متقابل گلایسین بتائین در بور نداشت (جدول ۲).

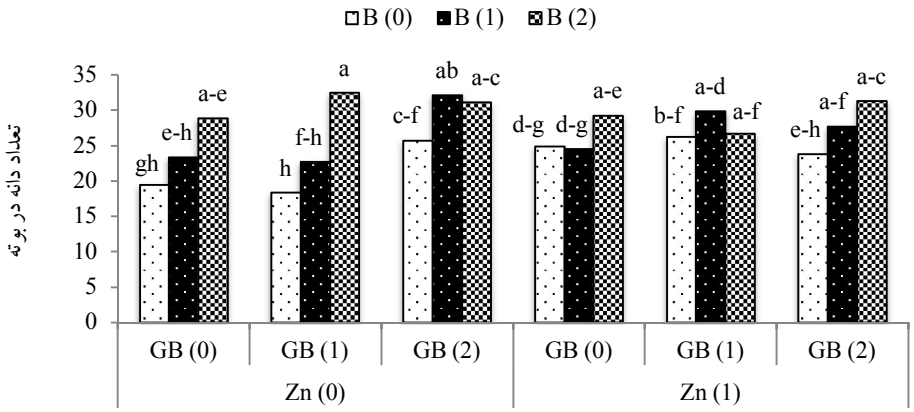
بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه، بیشترین تعداد دانه در بوته (۳۲/۴۴) مربوط به کاربرد همزمان گلایسین بتائین قبل از گلدهی و بور بعد از گلدهی در شرایط عدم مصرف روی بود. نتایج نشان داد در شرایط مصرف و عدم مصرف روی و در هر سطح از گلایسین بتائین با محلول‌پاشی عنصر بور به‌خصوص در مرحله بعد از گلدهی تعداد دانه در بوته افزایش داشت (شکل ۱). تعداد دانه در بوته بیشترین تأثیر مستقیم را بر عملکرد دانه دارد (Yucel *et al*., 2006). طبق بررسی‌های بابایی‌پور و همکاران (۱۴۰۰) تعداد دانه در بوته نخود تحت غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار گلایسین بتائین افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد نشان داد که با نتایج بررسی حاضر مبنی بر اثر مثبت گلایسین بر تعداد دانه در بوته مطابقت دارد. گزارش شده است که با کاربرد ۰/۲۵ درصد بور تعداد دانه در غلاف نخود افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد داشت (Menaka *et al*., 2018).

وزن دانه در بوته: طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، وزن دانه در بوته به‌طور معنی‌داری ($p<0.01$) تحت تأثیر گلایسین بتائین و بور قرار گرفت اما تغییر معنی‌داری نسبت به کاربرد روی و اثرات متقابل دوگانه و سه گانه نشان نداد (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر روی، گلایسین بتائین و بور بر اجزای عملکرد، عملکرد، قند محلول، درصد عناصر نیتروژن و روی و درصد پروتئین دانه نخود رقم سفید

		میانگین مربعات								
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد دانه در بوته	وزن دانه در بوته	وزن صد دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	قندهای محلول	نیتروژن دانه	روی دانه	درصد پروتئین دانه
تکرار (R)	۲	۳/۴۴ ^{ns}	۰/۳۳^{ns}	۴/۶۱^{ns}	۵۲۷۰۸/۴۰^{ns}	۱۳۴۵۹/۴۰^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۱۷ /۷۲^{ns}	۰/۵۷^{ns}
روی (Zn)	۱	۱۷/۴۱ ^{ns}	۲/۵۱^{ns}	۴/۴۰ ^{ns}	۳۲۷۴/۴۵^{ns}	۴۶۲۰۰/۳۷^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۲۲/۳۶^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}
گلایسین بتائین (GB)	۲	۶۰/۷۰**	۹/۹۴**	۴۹/۶۰**	۹۴۸۷۸/۲۳*	۱۰۴۳۴۲۵/۲۳**	۰/۰۲۴^{ns}	۰/۰۶**	۲۰/۸۲^{ns}	۳/۷۷**
Zn × GB	۲	۳۴/۶۵*	۲/۱۷ ^{ns}	۳/۷۳ ^{ns}	۱۸۱۴۶۹/۶۱**	۹۳۳۷/۸۷^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۹۶^{ns}	۰/۰۸^{ns}
بور (B)	۲	۲۱۳/۸۱**	۲۰/۴۸**	۲۴/۰۹*	۳۷۹۸۹۷/۳۶**	۳۱۷۲۵۷/۰۳**	۲/۹۵**	۰/۰۴۳*	۴/۵۶^{ns}	۲/۳۸**
Zn × B	۲	۳۴/۸۶*	۰/۶۰^{ns}	۱/۰۸^{ns}	۱۷۶۲۰۳/۱۹**	۵۱۸۶۱۲/۱۸**	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۱۴^{ns}	۲۴/۲۴^{ns}	۰/۳۱^{ns}
GB × B	۴	۶/۶۸ ^{ns}	۲/۷۶^{ns}	۴/۰۸^{ns}	۲۳۵۷۰/۵۸^{ns}	۳۴۰۱۶۷/۱۰**	۰/۳۳^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۶۵/۳۳**	۰/۳۳^{ns}
Zn × GB × B	۴	۳۶/۸۰*	۱/۵۱^{ns}	۴/۸۰^{ns}	۷۹۸۵۴/۹۵**	۵۲۵۶۳۱/۱۴**	۰/۰۴^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۵۵/۶۷**	۰/۲۵^{ns}
خطای آزمایشی کل	۳۴	۹/۵۰	۱/۲۸	۶/۶۰	۲۰۰۹۴/۴۶	۴۶۸۵۶/۵۳	۰/۲۲	۰/۰۱۱	۹/۸۱	۰/۳۷
ضریب تغییرات (٪)		۱۱/۶۰	۱۳/۷۰	۸/۰۵	۱۳/۷۶	۹/۳۰	۲۱/۹۹	۴/۱۰	۶/۶۱	۳/۷۵

^{ns}، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد



شکل ۱- مقایسه میانگین تغییرات تعداد دانه در بوته نخود تحت اثر متقابل روی × گلایسین بتائین × بور
(۰): عدم مصرف، (۱): مصرف قبل از گلدهی، (۲): مصرف بعد از گلدهی
حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ($p<0.05$)

نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد وزن دانه در غلاف تحت گلایسین بتائین در هر دو مرحله قبل و بعد از گلدهی به ترتیب افزایش ۸/۶۴ درصدی و غیرمعنی‌دار و ۱۶/۴۷ درصدی و معنی‌داری داشت (جدول ۳). با محلول‌پاشی بور نیز وزن دانه در غلاف قبل از گلدهی افزایش غیرمعنی‌دار و بعد از گلدهی افزایش ۲۲/۱۴ درصدی و معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد نشان داد (جدول ۳).

وزن صد دانه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان دهنده تغییر معنی‌دار وزن صد دانه نخود تحت اثرات اصلی گلایسین بتائین ($p<0.01$) و بور ($p<0.05$) بود اما واکنش معنی‌داری نسبت به اثر اصلی روی و اثرات متقابل دوگانه و سه گانه نشان نداد (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین تیمارها، وزن صد دانه تحت محلولپاشی قبل و بعد از گلدهی گلایسین بتائین به ترتیب افزایش ۶/۸۴ و ۹/۷۵ درصدی و معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف) داشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد با محلول‌پاشی بور نیز در قبل و بعد از گلدهی وزن صد دانه نخود به ترتیب افزایش ۴/۰۹ و ۶/۹۷ درصدی و معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد نشان داد (جدول ۳).

با محلول‌پاشی بوته‌های نخود توسط بور وزن صد دانه افزایش ۱۲/۶۰ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت (Menaka *et al*., 2018). افزایش وزن دانه تحت ریز مغذی بور می‌تواند به دلیل نقش بور در فعالیت آنزیم، یکپارچگی غشا، تشکیل کلروفیل، تعادل روزنه‌ای و استفاده از کربوهیدرات‌ها در مراحل اولیه باشد که باعث افزایش تجمع جذب کربوهیدرات در دانه‌ها شده که نتیجه آن تولید دانه‌های سنگین‌تر بود (Ahlawat *et al*., 2007). در پژوهشی دیگر محلول‌پاشی بور باعث افزایش ۳/۶۳ درصدی وزن هزار دانه نخود نسبت به تیمار شاهد شد (Montenegro *et al*., 2011). یافته‌های روزخ (۱۳۹۹) نشان داد، وزن هزار دانه گندم تحت غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار گلایسین بتائین افزایش

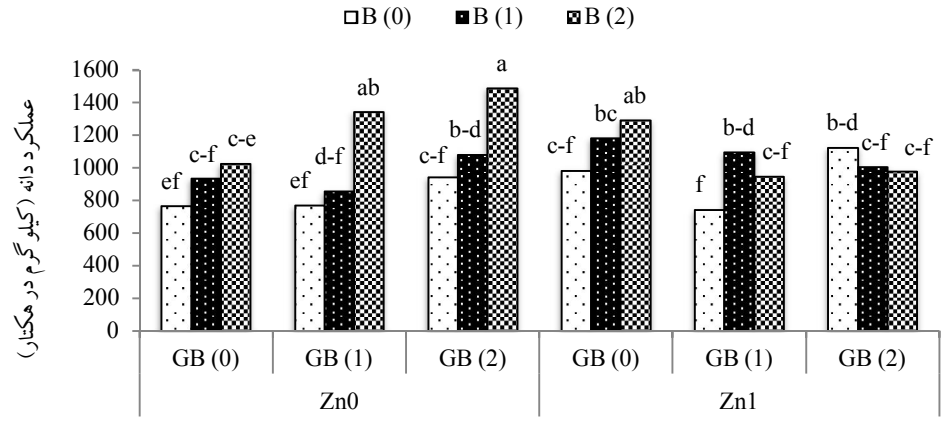
معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. در بررسی دیگری نیز با محلولپاشی بوته‌های ذرت توسط گلایسین بتائین وزن صد دانه نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت (Shemi *et al*., 2021). وزن صد دانه نخود در بررسی‌های دیگر محققین نیز تحت محلول‌پاشی غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ میلی-مولار گلایسین بتائین افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت که با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت دارد.

عملکرد دانه: با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها عملکرد دانه نخود رقم سفید، به-طور معنی‌داری ($p<0.01$) تحت اثرات اصلی گلایسین بتائین، بور و اثرات متقابل دوگانه (به جز گلایسین بتائین در بور) و سه گانه روی در بور در گلایسین بتائین قرار گرفت، اما تغییر معنی‌داری نسبت به کاربرد روی به تنهایی نداشت (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه تیمارها، بیشترین عملکرد دانه با ۱۴۸۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به عدم مصرف روی و کاربرد همزمان گلایسین بتائین و بور در مرحله بعد از گلدهی بود که تفاوت معنی‌داری با مصرف گلایسین بتائین قبل از گلدهی نداشت. نتایج نشان می‌دهد عملکرد دانه تحت کاربرد همزمان گلایسین بتائین و بور در مرحله بعد از گلدهی با کاربرد روی، کاهش معنی‌داری نسبت به عدم مصرف روی نشان داد (شکل ۲).

طبق نتایج بررسی حاظر، بیشترین مقدار عملکرد دانه تحت کابرد همزمان بور و گلایسین بتائین بدست آمد. به نظر می‌رسد گلایسین بتائین با بهبود جذب عناصری همچون نیتروژن (شکل ۸ الف) و روی (شکل ۹) نقش مهمی در افزایش وزن دانه و به تبع آن عملکرد دانه داشته است. طبق بررسی کاربرد ۱۰۰ میلی‌مولار گلایسین بتائین بر گندم باعث افزایش ۸/۴۹ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد و این محققین محلول‌پاشی گلایسین بتائین را به‌عنوان روشی موثر برای بهبود تولید گندم در شرایط دیم دانستند (Majidi *et al*., 2022). در پژوهشی دیگر نیز با محلولپاشی ۲۰ میلی‌مولار گلایسین بتائین، عملکرد دانه نخود افزایش ۴۳/۶۲ درصدی نسبت به شاهد نشان داد (Dawood *et al*., 2021) که با نتایج حاصل از این بررسی مبنی بر اثر افزایشی مثبت گلایسین بتائین بر عملکرد دانه مطابقت دارد.

استفاده از ریزمغذی‌ها باعث افزایش بهروه‌وری فیزیولوژیکی گیاه می‌شود که نتیجه در افزایش رشد برای دستیابی به حداکثر عملکرد محصول در شرایط دیم دارد (Ali *et al*., 2002). طی بررسی محلول‌پاشی عنصر بور باعث افزایش ۲۴/۷۰ درصدی عملکرد دانه نست به عدم مصرف آن شد (Menaka *et al*., 2018) که با نتایج حاصل از این بررسی مبنی بر اثر افزایشی بور بر عملکرد دانه مطابقت دارد. گزارش شده است که محلول‌پاشی توسط بور به دلیل بهبود کلروفیل و افزایش اجزای عملکرد باعث بهبود ماده خشک و عملکرد دانه شد (Wasaya *et al*., 2017). در پژوهشی دیگر عملکرد دانه با کاربرد مقادیر مختلف بور افزایش داشت و بیشترین عملکرد دانه (۱/۷۰ تن در هکتار) تحت مصرف سه کیلوگرم در هکتار بور بدست آمد (Alam *et al*., 2017). عنصر بور می‌تواند

نقش مهمی در جریان طبیعی هورمون‌های گیاهی داشته باشد که نتیجه در جوانه‌زنی لوله گرده و استقبال کلاله از جذب لوله گرده دارد (Tanaka and Fujiwar, 2008)، که این خود عاملی بر عدم ریزش گل و تشکیل غلاف و دانه در غلاف و افزایش عملکرد در نخود می‌باشد.



شکل ۲- مقایسه میانگین تغییرات عملکرد دانه نخود تحت اثر متقابل روی × گلایسین بتائین × بور

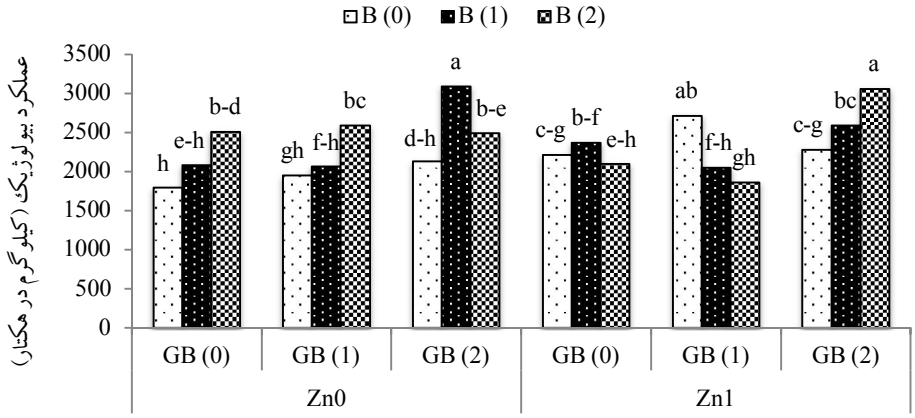
(۰): عدم مصرف، (۱): مصرف قبل از گلدهی، (۲): مصرف بعد از گلدهی

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ($p<0.05$)

عملکرد بیولوژیکی: طبق نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها، عملکرد بیولوژیکی نخود به‌طور معنی‌داری تحت اثرات اصلی گلایسین بتائین، بور و اثرات متقابل دوگانه (به جز روی در گلایسین بتائین) و سه گانه قرار گرفت، اما واکنش معنی-داری نسبت به اثر اصلی روی نشان نداد (شکل ۳). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان می‌دهد بیشترین عملکرد بیولوژیک (۳۰۹۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط عدم مصرف روی مربوط به کاربرد همزمان گلایسین بتائین بعد از گلدهی و بور قبل از گلدهی و در شرایط مصرف روی مربوط به کاربرد همزمان گلایسین بتائین و بور بعد از گلدهی بود (شکل ۳). مطالعات متعددی نشان داده‌اند که کاربرد خارجی گلایسین بتائین، افزایش عملکرد بیولوژیک را در پی داشته است (Hadiarto and Tran, 2011; Cha-um *et al*., 2013). طبق بررسی روی ذرت کاربرد گلایسین بتائین در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و کم آبیاری باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد گردید (Shemi *et al*., 2021). همچنین مشخص شده است که محلول‌پاشی بور اثر افزایشی بر عملکرد بیولوژیک دارد (Khan *et al*., 2016).

قندهای محلول: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر تغییر معنی‌دار قند محلول برگ نسبت به اثر اصلی بور بود ($p<0.01$) اما واکنش معنی‌داری نسبت به اثرات اصلی روی، گلایسین بتائین و اثرات متقابل دوگانه و سه گانه نشان نداد (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین تیمارها، قند

محلول برگ تحت محلول‌پاشی قبل از گلدهی بور افزایش ۳۱/۳۶ درصدی و معنی‌داری نسبت به عدم مصرف بور داشت و با محلول‌پاشی بعد از گلدهی مقدار قند محلول افزایش غیرمعنی‌داری نسبت به عدم مصرف نشان داد (جدول ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین تغییرات عملکرد بیولوژیک نخود تحت اثر متقابل روی × گلایسین بتائین × بور

(۰): عدم مصرف، (۱): مصرف قبل از گلدهی، (۲): مصرف بعد از گلدهی

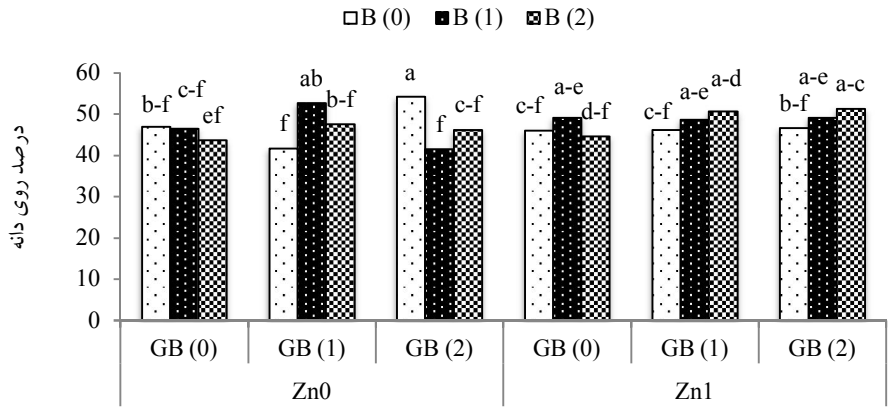
حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ($p<0.05$)

در بررسی‌های مولایی‌لرد و همکاران (۱۳۹۹) مقدار قند محلول برگ کاهو تحت غلظت‌های مختلف (۰/۰۵، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) بور افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد داشت و بیشترین مقدار آن مربوط به غلظت ۱ میلی‌مولار بود که با این نتایج حاصل از این پژوهش مبنی بر اثر مثبت بور بر افزایش قند محلول برگ مطابقت دارد. طبق یافته‌های دیگر محققین نیز محلول‌پاشی بور اثر افزایشی بر مقدار قند محلول برگ ذرت داشت (Naeem *et al*., 2018).

درصد نیتروژن دانه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد درصد نیتروژن دانه به‌طور معنی‌داری تحت اثرات اصلی گلایسین بتائین ($p<0.01$) و بور ($p<0.05$) قرار گرفت، اما تغییر معنی‌داری نسبت به اثر اصلی روی و اثرات متقابل دوگانه و سه گانه نشان نداد (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین تیمارها، درصد نیتروژن دانه تحت محلول‌پاشی گلایسین بتائین در مرحله قبل و بعد از گلدهی افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف) داشت اما بین دو مرحله تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۳). با محلول‌پاشی بوته‌های نخود توسط بور در هر دو مرحله قبل و بعد از گلدهی درصد نیتروژن دانه افزایش معنی‌داری نشان داد ولی بین دو مرحله تفاوت معنی‌داری بر درصد نیتروژن دانه وجود نداشت (جدول ۳). افزایش درصد نیتروژن دانه تحت کاربرد بور در بررسی‌های سایر محققین نیز گزارش شده است (Rana *et al*., 2017). این افزایش می‌تواند به دلیل نقش بور در جذب

نیتروژن باشد (Das, 2011).

درصد روی دانه: با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، درصد روی دانه تحت هیچ یک از اثرات اصلی روی، گلایسین بتائین، بور و اثرات متقابل دوگانه روی در گلایسین بتائین و روی در بور تغییر معنی‌داری نداشت اما نسبت به اثر متقابل دو گانه بور در گلایسین بتائین و سه گانه روی در بور در گلایسین بتائین تغییر معنی‌داری ($p<0.01$) نشان داد (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه تیمارها، بیشترین درصد جذب روی دانه (۵۴/۱۷ درصد) مربوط به عدم مصرف روی و بور و مصرف گلایسین بتائین بعد از گلدهی بود (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین تغییرات روی دانه نخود تحت اثر متقابل روی × گلایسین بتائین × بور

(۰): عدم مصرف، (۱): مصرف قبل از گلدهی، (۲): مصرف بعد از گلدهی

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ($p<0.05$)

در مطالعه‌ای مصرف گلایسین بتائین باعث افزایش مقدار نیتروژن و روی در گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) شد (Mohammadipour and Souri, 2019) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. در بررسی‌دیگری مصرف یک کیلوگرم در هکتار بور، مقدار جذب روی در دانه گندم افزایش معنی‌داری نسبت به عدم مصرف بور نشان داد (Kapoor *et al*., 2016).

درصد پروتئین دانه : نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد درصد پروتئین دانه تحت اثرات اصلی گلایسین بتائین و بور تغییر معنی‌داری داشت ($p<0.01$)، اما نسبت به اثر اصلی روی و اثرات متقابل دوگانه و سه گانه واکنش معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین تیمارها، درصد پروتئین دانه تحت محلول‌پاشی گلایسین بتائین در مرحله قبل و بعد از گلدهی به ترتیب افزایش ۴ و ۵/۲۰ درصدی و معنی‌داری نسبت به عدم مصرف داشت (جدول ۳). طی بررسی کاربرد ۱۰۰ میلی‌مولار گلایسین بتائین بر گندم باعث افزایش ۴/۵۴ درصدی پروتئین دانه نسبت به تیمار شاهد شد (Majidi *et al*., 2022) که با نتایج حاصل از این بررسی همخوانی دارد. در بررسی‌های سالک معراجی و حاتمی (۱۳۹۹) نیز

درصد پروتئین دانه با کاربرد و افزایش غلظت گلایسین بتائین افزایش معنی‌داری نسبت به غلظت صفر (شاهد) نشان داد.

نتایج پژوهش حاضر همچنین نشان داد با محلول-پاشی بوته‌های نخود توسط بور بعد از گلدهی درصد پروتئین دانه افزایش ۴/۳۰ درصدی و معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد داشت (جدول ۳). مشابه این نتایج در تحقیقی دیگر مبنی بر اثر افزایشی محلول‌پاشی بور بر درصد پروتئین دانه سویا اثبات شده است (Bellaloui *et al*., 2010).

جدول ۳- مقایسه میانگین تغییرات وزن دانه در غلاف، وزن صد دانه، قند محلول، درصد نیتروژن و پروتئین دانه نخود تحت اثرات اصلی گلایسین بتائین و بور

	زمان مصرف	وزن دانه در غلاف (g)	وزن صد دانه (g)	قندهای محلول (mg/g Fw)	نیتروژن دانه (%)	پروتئین دانه (%)
گلایسین بتائین (GB)	(۰)	۷/۵۳ b	۳۰/۰۸ c	۲/۰۷ a	۲/۵۳ b	۱۵/۸۴ b
	(۱)	۸/۳۵ ab	۳۲/۲۹ b	۲/۱۳ a	۲/۶۳ a	۱۶/۵۱ a
	(۲)	۹/۰۲ a	۳۳/۳۳ a	۲/۱۴ a	۲/۶۳ a	۱۶/۷۱ a
بور (B)	(۰)	۷/۳۵ b	۳۰/۷۰ c	۱/۷۵ b	۲/۵۴ b	۱۶/۰۲ b
	(۱)	۸/۰۲ ab	۳۲/۰۱ b	۲/۵۵ a	۲/۶۱ a	۱۶/۲ ab
	(۲)	۹/۴۳ a	۳۳/۰۰ a	۲/۰۵ ab	۲/۶۳ a	۱۶/۷۴ a

(۰): عدم مصرف، (۱): مصرف قبل از گلدهی، (۲): مصرف بعد از گلدهی

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ($p<0.05$)

در بررسی دیگری محققین نشان دادند با محلول-پاشی بوته‌های عدس توسط روی و بور به دلیل افزایش جذب عناصر غذایی عملکرد و درصد پروتئین دانه افزایش داشت (Hossain *et al*., 2020). نیتروژن به‌عنوان یکی از اجزای اصلی مولکول‌های اسیدهای آمینه، نقش مهمی در افزایش پروتئین دانه دارد به‌طوری‌که در این پژوهش با کاربرد گلایسین بتائین و بور در مراحل قبل و بعد از گلدهی با افزایش نیتروژن دانه (جدول ۳) مقدار پروتئین دانه نیز به تبع آن افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. نیتروژن جذب شده در گیاه پس از واکنش‌های زیاد نیازمند انرژی، به اسیدهای آمینه سازنده پروتئین تبدیل می‌شود (Rains and Bledsoe, 2007).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج کلی از این پژوهش عنصر روی به‌صورت خاک مصرف اثر معنی‌داری بر هیچ کدام از صفات مورد بررسی نداشت. محلول‌پاشی توسط گلایسین بتائین و بور در هر دو مرحله قبل و بعد از گلدهی اثر افزایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد، جذب عنصر نیتروژن و درصد پروتئین دانه داشت. نتایج نشان داد کاربرد همزمان گلایسین بتائین و بور در بعد از گلدهی به علت دسترسی بیشتر گیاه به عناصر غذایی نیتروژن و روی و جذب و انتقال آن به قسمت‌های زایشی

باعث افزایش اجزای عملکرد و در پی آن عملکرد دانه در نخود رقم سفید شدند. نتایج نشان داد در این پژوهش در شرایط دیم اثر بور بر افزایش قند محلول جهت تعدیل شرایط خشک دیم مؤثرتر از گلایسین بتائین بود.

منابع

بابایی‌پور رسول، عزیزی خسرو، عیسوند حمیدرضا، دانشور ماشاله، اکبرپور امیدعلی. ۱۴۰۰. اثر هیدروپرایمینگ بذر و محلول‌پاشی نیتروژن و گلایسین بتائین بر عملکرد کمی و کیفی رقم عادل نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط دیم لرستان. نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۵(۲(۵۸)): ۱۵۳-۱۷۰.

بی‌نام، آمارنامه کشاورزی ۱۳۹۸. سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶. جلد اول محصولات زراعی. ۹۵ صفحه.

روزرخ مهدی. ۱۳۹۹. تأثیر کاربرد خارجی گلایسین بتائین بر عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی ارقام گندم دیم در کرمانشاه. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی. ۱۲(۴۱): ۷۸-۸۵.

سالک معراجی هادی، حاتمی اکرم. ۱۳۹۹. تأثیر محلول‌پاشی گلایسین بتائین و سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد رو رقم نخود دیم (*Cicer arietinum* L.). نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۴(۱(۵۳)): ۱-۲۰.

صفری داریوش. ۱۳۹۸. اثر محلول‌پاشی روی و بور بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم عدس بهاره دیم در شرایط اقلیمی کرمانشاه. فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی. ۱۵(۱): ۲۵-۳۳.

مولایی‌راد ابراهیم، آذرمی رسول، اسماعیل‌پور بهروز. ۱۳۹۹. تأثیر بور و اسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات رویشی و بیوشیمیایی کاهو (*Lactuca sativa* L.) در سیستم هیدروپونیک. دوفصلنامه علمی – پژوهشی علوم سبزی‌ها. ۴(۷): ۱۳-۲۴.

میری حمیدرضا، ضمانی مقدم علی. ۱۳۹۳. کاربرد خارجی گلایسین بتائین به‌منظور کاهش اثرات تنش خشکی در ذرت (*Zea mays* L.). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۲(۴): ۷۰۴-۷۱۷.

Ahmad F, Gaur P, Croser J. 2005. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). In 'Genetic resources, chromosome engineering and crop improvement–grain legumes'.(Eds R Singh, P Jauhar) pp. 185–214.

Alam MS, Ali KJ, Hoque A. 2017. Yield and yield component of chickpea as affected by boron application. Journal of Experimental Agriculture International. 15(2): 1-9.

Ali Y, Krishnamurthy L, Saxena NP, Rupela OP, Kumar J, Johansen C. 2002. Scope for genetic manipulation of mineral acquisition in chickpea. In Food security in nutrient-stressed environments: exploiting plants' genetic capabilities Springer, Dordrecht. pp. 165-176.

Andersen MN, Asch F, Wu Y, Jensen CR, Næsted H, Mogensen VO. Koch KE. 2002. Soluble invertase expression is an early target of drought stress during the critical,

abortion-sensitive phase of young ovary development in maize. Plant physioogy. 130(2):591-604.

Anonymous. 2019. FAOSTAT. http:// FAOSTAT, FAO.org.

Baligar VC, Fageria NK, He ZL. 2001. Nutrient use efficiency in plants. Communications in soil science and plant analysis. 32(7-8): 921-950.

Bellaloui N, Bruns HA, Gillen AM, Abbas HK, Zablotowicz RM, Paris RL. 2010. Soybean seed protein, oil, fatty acids, and mineral composition as influenced by soybean-corn rotation. Agricultural Sciences. 1(3): 102-109.

Cakmak I. 2000. Tansley Review No. 111: possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. New Phytologist. 146(2): 185-205.

Cha-um S, Samphumphuang T, Kirdmanee C. 2013. Glycinebetaine alleviates water deficit stress in indica rice using proline accumulation, photosynthetic efficiencies, growth performances and yield attributes. Australian Journal of Crop Science. 7(2), 213-218.

Choudhary GL, Rana KS, Bana RS, Prajapat K. 2016. Moisture conservation and zinc fertilization impacts on quality, profitability and moisture use indices of chickpea (*Cicer Arietinum* L.) under limited moisture conditions. Legume Research: An International Journal. 39(5): 734-740.

Das DK. 2011. Introductory Soil Science. Kalyani Publishers, New Delhi, India.

Dawood MG, Khater MA, El-Awadi ME. 2021. Physiological role of osmoregulators proline and glycinebetaine in increasing salinity tolerance of chickpea. Egyptian Journal of Chemistry. 64(12): 7537-7548.

Dragicevic V, Kratovalieva S, Dimov Z, Babic V, Kresovic B, Kravic N. 2018. Potential bioavailability of calcium, magnesium, iron, manganese and zinc from seeds of different chickpea and peanut landraces. Journal of Elementology. 23(1): 273-285.

Ferran J, Bonvalet A, Casassas E. 1988. New masking agents in the azomethine-H method for boron determination in plant tissues. Agrochimica. 32(2-3): 171-181.

Gang C, Fuzhao N, Fangsen X, Yunhua W. 2005. Effect of boron and molybdenum on yield and quality of two rapeseed cultivars. Plant Nutrition and Fertilizer Science. 11(2): 243-247.

Graham PH, Vance CP. 2003. Legumes: importance and constraints to greater use. Plant physiology. 131(3): 872-877.

Hadiarto T, Tran LSP. 2011. Progress studies of drought-responsive genes in rice. Plant cell reports. 30(3): 297-310.

Hellubust JA, Caraigie JS. 1978. Handbook of physiological methods, Physiological and biochemical methods, Cambridge University Press.

Hossain A, Quddus A, Alam K, Naser HM, Anwar B, Khatun F, Siddiky A. 2020. Application of zinc, boron, and molybdenum in soil increases lentil productivity, nutrient uptake, and apparent balance. Canadian Journal of Soil Science. 1-12.

Hussain M, Farooq S, Hasan W, Ul-Allah S, Tanveer M, Farooq M, Nawaz A. 2018. Drought stress in sunflower: Physiological effects and its management through breeding and agronomic alternatives. Agricultural water management. 201: 152-166.

Jasim AH, Obaid AS. 2014. Effect of foliar fertilizers spray, boron and their interaction on broad bean (*Vicia faba* L.) yield. Scientific Papers B Horticulture. 58: 271-27.

Jones JB, Wolf B, Mills HA, 1999. Plant analysis Handbook, Micro-Macro publishing, Inc, Athens, GA, pp: 110.

Kapoor S, Sharma SK, Rana SS, Shankhyan N. 2016. Effect of the Application of Nitrogen, Zinc and Boron on micronutrients concentration and uptake in grain and straw of wheat in a silty clay loam soil of mid hills. International Journal of Advanved Agricultural Science and Technology. 3(6): 25-39.

Khan A, Hayat Z, Khan AA, Ahmad J, Abbas MW, Nawaz H, Ahmad K. 2016. Effect of foliar application of Zinc and Boron on growth and yield components of wheat. B. Sc (Hons) Thesis Bacha Khan University Charsadda, Pakistan.

Khan MA, Fuller MP, Baloch FS. 2008. Effect of soil applied zinc sulphate on wheat (*Triticum aestivum* L.) grown on a Calcareous soil in Pakistan. Cereal Research Communications. 36(4): 571–582.

Kobraee S, Shamsi K, Rasekhi B. 2011. Effect of micronutrients application on yield and yield components of soybean. Annals of Biological research. 2(2): 476-482.

Kumawat PD, Mahendra C. 2017. Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to iron and zinc nutrition on protein and chlorophyll content. Environment and Ecology. 35(3A): 1894-1897.

Majidi A, Khalilzadeh G, Rejali F. 2022. Grain Yield and Some Agronomic Traits of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Influenced by Glycinebetaine and Humic Acid Application under dryland farming condition. Journal Of Agricultural Science And Sustainable Production. (Abstract)

Malakouti MJ, 2007. Zinc is a neglected element in the life cycle of plants. Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology. 1(1): 1-12.

Menaka P, Ashoka Rani Y, Narasimha Rao KL, Hareesh Babu P, La Ahamed M. 2018. Response of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) to Foliar Application of Ethrel, Kinetin and Boron. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 7(11): 1653-1660.

Mittal N, Mishra A, Singh R, Kumar P. 2014. Assessing future changes in seasonal climatic extremes in the Ganges river basin using an ensemble of regional climate models. Climatic change. 123(2): 273-286.

Mohammadipour N, Souri MK. 2019. Effects of different levels of glycine in the nutrient solution on the growth, nutrient composition, and antioxidant activity of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Acta Agrobotanica. 72(1): 1-9.

Montenegro JBV, Gabella VM, Frade MM. 2011. Effect of different times and techniques of molybdenum applicationon chickpea (*Cicer arietinum*) growth and yield. Spanish journal of agricultural research. (4): 1271-1278.

Muehlbauer FJ, Sarker A. 2017. Economic importance of chickpea: production, value, and world trade. In The chickpea genome. Springer, Chamestry. 5-12

Naeem M, Naeem MS, Ahmad R, Ahmad R, Ashraf MY, Ihsan MZ, Nawaz F, Athar HR, Ashraf M, Abbas HT, Abdullah M. 2018. Improving drought tolerance in maize by foliar application of boron: water status, antioxidative defense and photosynthetic capacity. Archives of Agronomy and Soil Science. 64(5), 626-639.

Pandey N, Gupta B, Pathak GC. 2013. Foliar application of Zn at flowering stage improves plant's performance, yield and yield attributes of black gram. Indian Journal of

Experimental Biology. 51:548-555.

Rahman MS, Islam MN, Shaheb MR, Arafat MA, Sarker PC, Sarker MH. 2014. Effect of seed treatment with boron and molybdenum on the yield and seed quality of chickpea. International Journal of Experimental Agricultural. 4(3): 1-6.

Rains KC, Bledsoe CS. 2007. Rapid uptake of 15N-ammonium and glycine-13C, 15N by arbuscular and ericoid mycorrhizal plants native to a Northern California coastal pygmy forest. Soil Biology and Biochemistry. 39(5): 1078-1086.

Rana SS, Sharma SK, Kapoor S. 2017. Effect of nitrogen, zinc and boron on nutrient concentration at maximum tillering of wheat. Biomed. Journal of Scientific and Technology Research. 1(7), 1-5.

Rubiales D, Mikić A. 2015. Introduction: legumes in sustainable agriculture. CRC Critical Reviews in Plant Sciences. 34: 2–3.

Salek MH, Hatami A. 2020. Effects of Glycine Betaine and Salicylic Acid Foliar Application on Yield and Yield Components of two Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars under Rainfed Conditions. Journal of Crop Ecoohysiology (Agriculture Science). 14(1(53)): 1-20.

Sehgal A, Sita K, Siddique KH, Kumar R, Bhogireddy S, Varshney RK, Nayyar H. 2018. Drought or/and heat-stress effects on seed filling in food crops: impacts on functional biochemistry, seed yields, and nutritional quality. Frontiers in Plant Science. 9: 1705.

Shemi R, Wang R, Gheith ESM, Hussain HA, Hussain S, Irfan M, Cholidah L. Zhang k, Zhang S, Wang L. 2021.Effects of salicylic acid, zinc and glycine betaine on morpho-physiological growth and yield of maize under drought stress. Scientific Reports. 11(1): 1-14.

Shil NC, Noor S, Hossain MA, 2007. Effects of boron and molybdenum on the yield of chickpea. Journal of Agriculture and Rural Development. 17-24.

Tanaka M, Fujiwara T. 2008. Physiological roles and transport mechanisms of boron: perspectives from plants. Pflügers Archiv-European Journal of Physiology. 456(4): 671-677.

Thiyagarajan TM, Backiyavathy MR, Savithri P. 2003. Nutrient management for pulses–a review. Agricultural Reviews. 24(1): 40-48.

Tripath DK, Kumar S, Zaidi SFA. 2020. Effect of Phosphorus, Sulphur and Micronutrients (Zinc and Boron) Levels on Performance of Chickpea (*Cicer arietinum* L.). National Academy Science Letters. 43(1): 9-11.

Umezawa T, Fujita M, Fujita Y, Yamaguchi-Shinozaki K, Shinozaki K. 2006. Engineering drought tolerance in plants: discovering and tailoring genes to unlock the future. Current opinion in biotechnology. 17(2):113-122.

Wasaya A, Shahzad Shabir M, Hussain M, Ansar M, Aziz A, Hassan W, Ahmad I, 2017. Foliar application of zinc and boron improved the productivity and net returns of maize grown under rainfed conditions of Pothwar plateau. Journal of soil science and plant nutrition. 17(1): 33-45.

Westerma REL. 1990. Soil testing and plant analysis. SSSA. Madison Wisconsin, USA.

Yücel DÖ, Anlarsal AE, Yücel C. 2006. Genetic variability, correlation and path analysis of yield, and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 30(3): 183-188.

Zhu JK. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. Annual review of plant biology. 53(1): 247-273.

Zlatev Z, Lidon FC. 2012. An overview on drought induced changes in plant growth, water relationsand photosynthesis. Emirates Journal of Food and Agriculture. 24: 57-72.

DOI: 10.22092/idaj.2022.355434.346

Effect of glycine betaine, boron and zinc on yield and nutrient uptake of chickpea under rainfed conditions

Saber Elahi[1], Esmail Nabizade[*1], Aziz Majidi [2], Mahmoud Poryousef Miandoab[3]

1- *Department of Agriculture and Plant Breeding, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran*
2- *Soil and Water Research Department, West Azerbaijan Agricultural Research and Training Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran*
3- *Department of Microbiology, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran*

Abstract

In order to investigate the effect of glycine betaine and zinc and boron elements on yield and nutrient uptake of chickpea grains under dryland conditions, a factorial experiment based on a randomized complete block design was conducted during growing season 2019 with three replications in Mahabad, Iran. Experimental treatments include: soil application of zinc sulfate at two levels (non-use of zinc and use 40 kg per hectare of zinc), boric acid spraying at three levels (Non-consumption, consumption of 3 kg per 1000 liters of water in two stages before and after flowering) and foliar application of glycine betaine were at three levels (Non-consumption, consumption of 1.88 g per liter in two stages before and after flowering). The results showed that boron and glycine betaine in the pre-and post-flowering stage had an increasing effect on grain weight in a pod, 100- grain weight, soluble sugar, grain nitrogen and grain protein. The highest grain yield with 1489 kg/ha was related to the non-consumption of zinc and simultaneous application of glycine betaine and boron in the post-flowering stage. The highest zinc uptake with 54.17% was related to glycine betaine consumption after flowering and no consumption of zinc and boron. In this study, the effect of boron on increasing soluble sugar to modulate dry rainfed conditions was more effective than glycine betaine. Based on the general results, with the optimal use of boron and in combination with glycine betaine, the effect of dehydration in the reproductive stage in rainfed areas can be moderated.

Keywords: Nutrition, Rainfed chickpea, Grain protein, Soluble sugar, Yield

* *Corresponding author: nabizadeh.esmaeil@gmail.com* *Submit date:2021/08/03 Accept date:2022/03/18*