تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد ششم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۳، ص ۵۲-۳۵

مقاله پژوهشی

اثر مصرف دیرهنگام منابع مختلف نیتروژن و محلول‌پاشی پتاسیم بر عملکرد و کیفیت دانه جو (*Hordeum vulgare* L.)

نوراحمد عرب[۱]، متین جامی معینی[۲*]، حمید مروی[۲]

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

* مسئول مکاتبه: mat_jami@iaus.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۰ **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.367597.1283**

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی دیرهنگام نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد و کیفیت دانه جو، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در سبزوار انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل محلول‌پاشی نیتروژن در پنج سطح: عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی با اوره، نیترات آمونیوم، سولفات آمونیوم و نیترات کلسیم به میزان ۳ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و همچنین محلول‌پاشی پتاسیم در دو سطح: محلول‌پاشی ۲/۵ کیلوگرم K_2O در هکتار از منبع سولفات پتاسیم و عدم محلول‌پاشی پتاسیم بودند. محلول‌پاشی منابع مختلف نیتروژن و پتاسیم در مرحله گرده‌افشانی گیاه جو انجام شد. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی نیتروژن باعث افزایش طول سنبله، تعداد سنبلچه بارور، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و محتوای نیتروژن و پروتئین دانه گردید. بالاترین محتوای نیتروژن (۲/۱ درصد) و پروتئین دانه (۱۲/۴ درصد) در شرایط محلول‌پاشی سولفات آمونیوم مشاهده شد. محلول‌پاشی نیتروژن، نشاسته دانه را در مقایسه با شرایط عدم محلول‌پاشی کاهش داد. محلول‌پاشی پتاسیم همراه با اوره و نیترات آمونیوم، باعث افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه در مقایسه با تیمارهای محلول‌پاشی این کودها به تنهایی گردید. بیشترین طول سنبله، تعداد سنبلچه بارور در سنبله، تعداد دانه، عملکرد دانه (۵۱۷۸ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۱۳۹۶۵ کیلوگرم در هکتار) در شرایط محلول‌پاشی توام اوره با سولفات پتاسیم مشاهده شد. با توجه به نتایج، محلول‌پاشی توأم سولفات پتاسیم و اوره در مرحله گرده‌افشانی جهت تولید عملکرد بهینه و افزایش محتوای پروتئین دانه گیاه جو قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، مالت‌سازی، نشاسته، نیترات آمونیوم، نیترات کلسیم

مقدمه

جو با نام علمی *Hordeum vulgare* L. جزو قدیمی‌ترین گیاهان زراعی محسوب می‌شود که اهلی شده است. این گیاه از نظر میزان تولید، رتبه‌ی پنجم را در میان غلات در دنیا دارد، ولی از نظر اهمیت، پس از گندم، ذرت و برنج چهارمین غله مهم دنیا به شمار می‌رود (Cozzolino *et al.*, 2015). از نظر علوفه‌ای به عنوان دومین گیاه در بین غلات در نظر گرفته می‌شود. جو با توجه به سازگاری بالا به شرایط اقلیمی مختلف و قابلیت رشد در خاک‌های فقیر و نامساعد، نیاز کم به رطوبت و مصارف مختلفی که دارد، مورد توجه خاص قرار دارد. دانه‌ی جو علاوه بر مصرف تغذیه‌ای انسان، در کشورهای فقیر مانند کشورهای شمال آفریقا، در صنعت داروسازی و کارخانجات نشاسته‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. دانه این گیاه به عنوان منبع اصلی انرژی، پروتئین و فیبر برای نشخوارکنندگان و تقویت تولید تخم در مرغان تخم‌گذار به کار می‌رود (Khodabande, 2013). دانه جو به عنوان منبع متعادلی از پروتئین، نشاسته (انرژی) و فیبر شناخته می‌شود. ارزش تغذیه‌ای آن تحت تأثیر عواملی چون نوع رقم، شرایط اقلیمی و حاصلخیزی خاک قرار می‌گیرد. بالا بودن مقدار پروتئین در ارقامی از جو که برای تغذیه دام بکار می‌روند از اهمیت بیشتری برخوردار است. بنابراین، بکارگیری روش‌هایی که ارزش غذایی و در راس آن مقدار پروتئین دانه جو را افزایش دهد، اهمیت شایانی در روش‌های مدیریتی تغذیه دام دارد (Hassani and Amiri, 2017).

در سال‌های اخیر، علاوه بر کیفیت علوفه‌ای، به کیفیت مالتینگ ارقام جو توجه خاص شده است (Shimelis and Mulatu, 2021). نتایج حاصل از بررسی ابعاد هندسی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی ارقام گندم و جو در خراسان رضوی

نشـــان داد که دانه‌ی جو رقم ریحان را می‌توان در صـــنایع مالت‌ســـازی و به ویژه در صـــنایع قنادی به عنوان ماده‌ی اولیه مناسب استفاده نمود (Razghandi *et al*., 2016). کربوهیدرات و پروتئین دو فاکتور شـیمیایی بسـیار مهم در مالت‌سـازی است که دارای اثر متقابل بر یکدیگر می‌باشند. در فرآیند مالت‌سازی، محتوای پروتئین بیش از حد بالا نامطلوب است، زیرا همبستگی معکوس قوی بین محتوای پروتئین و کربوهیدرات در دانه‌های جو وجود دارد و بنابراین، محتوای پروتئین بالا منجر به کاهش سطح عصاره مالت می‌شود (Fox *et al*., 2003).

تغذیه صحیح گیاهان یکی از عوامل مهم در بهبود کمی و کیفی محصـول به شـمار می‌رود. در فرآیند تغذیه گیاه باید هر عنصـر به اندازه کافی و به طور صـحیح در دسـترس گیاه قرار گیرد تا بهره‌وری عنصـر مصـرفی افزایش یلبد. بنابراین انجام مدیریت درسـت در کاربرد کودهای شـیمیایی اهمیت بسـزایی خواهد داشـت. از جمله عوامل مؤثر در افزایش عملکرد جو، همانند گندم، تأمین عناصـر غذایی به میزان مورد نیاز برای این محصـول بوده و در بین عناصـر غذایی، نیتروژن مهمترین عامل محدودکننده رشـد می‌باشـد. محتوای نیتروژن دانه فاکتوری تعیین‌کننده در کیفیت دانه جو اسـت. افزایش نیتروژن، عملکرد دانـه و میزان پروتئین جو را بـه صـورت خطی یـا درجـه دوم افزایش می‌دهد. بنابراین، برای تولید اقتصـادی جو در مناطق خشـک و نیمه‌خشـک، مدیریت نیتروژن از اولویت ویژه‌ای برخوردار است و استفاده مناسب از کودهای نیتروژنی به منظور افزایش کمیت و کیفیت دانه غلات از ضـروریات کشـت این محصول می‌باشد (Shimelis and Mulatu, 2021).

از آنجا که نیتروژن مورد استفاده در خاک می‌تواند از طریق آبشویی و یا تصعید از دسترس گیاه خارج شود و عرضه نیتروژن از خاک، ریشـه، گره ها یا سـاقه‌ها به خاطر تنش‌های محیطی یا پیری محدود می‌شـود، لذا محلول‌پاشـی نیتروژن بر روی شـاخ و برگ گیاه به ویژه در انتهای فصل رشد و مرحله زایشی می‌تواند عامل مؤثری در افزایش کیفیت و احتمالاً کمیت غلات دانه‌ای باشـد (Asadi *et al*., 2015). در محلول‌پاشـی، کارایی انتقال نیتروژن به دانه خیلی بالاسـت، زیرا که در این روش برگ ها مهمترین اندام جذب کننده نیتروژن محسـوب می‌شـوند و تنها مقدار کمی از نیتروژن جذب شـده به ریشـه انتقال می‌یلبد، همچنین قدرت ریشـه در اواخر رشـد در جذب مواد غذایی از خاک کم اسـت. از طرف دیگر، مصـرف نیتروژن به صـورت محلول‌پاشـی در طول دوره گلدهی، امکان جریان مسـتقیم مواد غذایی را به نقاطی که تقاضـای متابولیکی بیشـتری دارند، فراهم می‌سازد (Azizzadeh *et al*., 2018). در پژوهشی، اثر مصرف دیرهنگام نیتروژن به فرم نیترات آمونیوم به صورت خاک مصرف در مرحله خوشـه‌دهی یا محلول‌پاشـی در مرحله گلدهی بر گندم معمولی و دوروم بررسـی گردید. نتایج نشـان داد که مصـرف دیرهنگـام نیتروژن، کیفیـت گنـدم معمولی و دوروم را افزایش داد. در این آزمـایش، کـاربرد خـاکی نیتروژن بـاعـث افزایش محتوای پروتئین دانه در هر دو محصول گردید (Blandino *et al*., 2015).

منابع مختلفی از نیتروژن برای کاربرد در کشت مزرعه‌ای و هیـدروپونیـک وجود دارنـد. اوره، سـولفـات آمونیوم و نیترات آمونیوم کودهای نیتروژنی عمده برای مصـرف خاکی هسـتند، درحالی‌که نیترات کلسـیم و نیترات پتاسـیم منابع نیتروژنی هسـتند که معمولاً در سـیسـتم‌های هیدروپونیک اسـتفاده می‌شـوند (Marschner, 2011). به طور کلی، برای بیشـتر عناصـر غذایی، تفاوت کمی بین اثرات منابع مختلف وجود دارد. با این حال، در مورد نیتروژن، اثرات شـکل و منبع نیتروژن بر بسـیاری از ویژگی‌های رویشـی و زایشـی گیاهان متفاوت و معنی‌دار می‌باشـد. در بررسـی اثر محلول‌پاشـی منابع مختلف نیتروژن بر ویژگی‌های رشـدی و عملکرد ذرت، نتایج نشـان داد که محلول‌پاشی دیرهنگام نیتروژن به فرم اوره، سولفات آمونیوم و کلسـیم آمونیوم نیترات (Calcium ammonium nitrate)، توسـعه فنولوژیکی را به تأخیر انداخت و رشـد و عملکرد ذرت را بهبود بخشـید. گیاهان محلول‌پاشی شـده با سـولفات آمونیوم، از تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه بالاتری در مقایسـه با سـایر منابع نیتروژن برخوردار بودند (Amanullah *et al*., 2022).

علاوه بر نیتروژن، پتاسـیم نیز از عناصـر غذایی پرمصـرفی است که به مقدار نسبتاً زیادی توسط گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مناطق خشـک و نیمه خشـک، بیشـتر خاک‌ها با کمبود این دو عنصـر غذایی مواجه می‌باشـند. محلول‌پاشـی این عناصر، بهترین روش کوددهی برای کنترل تلفات آنها از خاک و در دسترس قرار دادن بیشتر و آسان‌تر برای گیاهان و در نتیجه افزایش عملکرد و کیفیت دانه غلاتی نظیر گندم گزارش شـده است (Gul *et al*., 2011).

مهم‌ترین نقش پتاسیم در گیاه را فعال کردن آنزیم‌های گیاهی می‌دانند. کاربرد پتاسیم در محیط رشد گیاه، جذب نیتروژن و درصد پروتئین دانه را افزایش می‌دهد. در صورت مصرف زیاد کودهای نیتروژنی، به دلیل رشد رویشی بیش از حد گیاه، مصرف کودهای پتاسیم برای برداشت محصول با کیفیت عالی، الزامی است. پتاسیم علاوه بر کمک در انجام فتوسنتز، در نقل و انتقال مواد فتوسنتزی مؤثر است. اضافه کردن پتاسیم کافی، سرعت انتقال نیتروژن از لندام‌های رویشی به دانه را افزایش می‌دهد (Gu *et al*., 2021). گزارش شده است که محلول‌پاشی پتاسیم در تبدیل ساکارز به نشاسته در فرآیند فتوسنتز کمک می‌کند و سرعت فتوسنتز افزایش می‌یابد. باید به این نکته توجه نمود که درجه کم دانه‌بندی و سطح ویژه زیاد ذرات خاک مانع پخشیدگی سریع پتاسیم در خاک به سمت ریشه می‌شود، به همین دلیل پتاسیم می‌تواند یکی از عوامل محدودکننده رشد در غلات به ویژه گندم و جو محسوب شود. از این جهت، محلول‌پاشی پتاسیم در غلات به ویژه در مرحله رشد زایشی و دانه‌بندی حائز اهمیت می‌باشد (Azizzadeh *et al*., 2018). در ارزیابی تأثیر کاربرد برگی نیتروژن و پتاسیم مکمل بر عملکرد و کیفیت شلتوک، تیمارهای محلول‌پاشی پیش از گلدهی نیتروژن و پتاسیم عملکرد شلتوک و عملکرد پروتئین شلتوک را افزایش داد. بیشترین مقدار پروتئین دانه مربوط به تیمار محلول‌پاشی نیتروژن در مرحله حداکثر پنجه زنی و آبستنی بود (Asadi *et al*., 2015).

با توجه به اهمیت و نقش پتاسیم در جذب و انتقال نیتروژن و همچنین مشارکت آن در فعالیت‌های آنزیمی و تأثیر بر کمیت و کیفیت محصولات زراعی، در پژوهش حاضر اثر مصرف دیرهنگام منابع مختلف نیتروژن و محلول‌پاشی پتاسیم بر عملکرد و کیفیت دانه و جذب و تخصیص نیتروژن در گیاه جو مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف بررسی اثر مصرف دیرهنگام منابع مختلف نیتروژن و محلول‌پاشی پتاسیم بر عملکرد و کیفیت دانه جو، در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۹۹۷ متر از سطح دریا انجام شد.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجراء گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل محلول‌پاشی نیتروژن در پنج سطح: عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی با کودهای اوره، نیترات آمونیوم، سولفات آمونیوم و نیترات کلسیم و همچنین محلول‌پاشی پتاسیم در دو سطح: محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی سولفات پتاسیم بودند. نیتروژن و پتاسیم به صورت مکمل و در مرحله گرده‌افشانی گیاه جو مورد استفاده قرار گرفتند. میزان مصرف نیتروژن و پتاسیم در تیمارهای محلول‌پاشی، ۳ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منابع مختلف کودی و ۲/۵ کیلوگرم در هکتار K_2O از منبع سولفات پتاسیم پودری بود (Barut, 2019; Limon-Ortega *et al*., 2020). بر این اساس، ۶/۵ کیلوگرم در هکتار اوره، ۸/۸ کیلوگرم در هکتار نیترات آمونیوم، ۱۴/۳ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم، ۱۸/۷ کیلوگرم در هکتار نیترات کلسیم و ۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم برای محلول‌پاشی مورد استفاده قرار گرفت. حجم آب مصرفی جهت محلول‌پاشی، ۵۰۰ لیتر در هکتار بود. از رقم جو ریحان در این آزمایش استفاده گردید. بذر جو ریحان از جهاد کشاورزی شهرستان سبزوار تهیه شد. جو ریحان رقمی پرمحصول و زودرس است که مناسب کشت در مناطق معتدل با زمستان ملایم می‌باشد. ارتفاع بوته آن متوسط بوده و نسبت به خوابیدگی نیمه‌مقاوم است. این رقم نسبت به ریزش دانه نیمه‌مقاوم بوده و رنگ دانه آن روشن می‌باشد.

قبل از اجرای آزمایش، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تعیین گردید. بدین منظور، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری شد و جهت تعیین خصوصیات به آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی ارسال گردید. بر اساس نتایج، خاک محل انجام آزمایش دارای بافت لوم شنی با محتوای کربن آلی پایین، شوری متوسط و قلیاییت بالا بود (جدول ۱).

به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه جو، ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل قبل از کاشت به خاک اضافه شده و با آن مخلوط گردید. کود نیتروژنی توصیه شده (۳۱۰ کیلوگرم اوره در هکتار) به نسبت مساوی در سه مرحله آب دوم، پنجه‌زنی و

ساقه‌دهی مورد استفاده قرار گرفت. عمل کاشت به صورت دستی و بر روی ردیف‌هایی با فاصله ۲۰ سانتی‌متر انجام شد. میزان بذر مصرفی برای کاشت، برابر با ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار بود. هر کرت آزمایشی متشکل از ۱۰ ردیف کاشت به طول ۴ متر بود. بلافاصله پس از کاشت، اقدام به آبیاری گردید. آبیاری مزرعه به روش غرقابی و با مدار ۱۰ روز انجام گرفت. در ابتدای مرحله ساقه‌دهی، اقدام به محلول‌پاشی کود کامل ریزمغذی آرمیتکس به میزان ۱/۵ کیلوگرم در هکتار در سطح کلیه کرت‌های آزمایشی گردید. در مرحله گرده‌افشانی گیاه جو، اقدام به محلول‌پاشی منابع مختلف نیتروژن و پتاسیم با توجه به نقشه آزمایش گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physicochemical properties of soil in experiment site

پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorus	نیتروژن Nitrogen	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	کربن آلی Organic carbon	T.N.V	EC	pH
($mg\ kg^{-1}$)					(%)			($dS\ m^{-1}$)	
148	5.4	0.033	14	30	56	0.35	14.5	4.04	8.2

به منظور بررسی ویژگی‌های رشدی، پس از حذف اثر حاشیه‌ای، ۱۰ بوته به صورت تصادفی از ردیف‌های وسط هر کرت انتخاب و صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، تعداد پنجه‌های بارور در بوته و طول سنبله اندازه‌گیری شد.

جهت تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، در مرحله رسیدگی محصول، دو مترمربع از ردیف‌های وسط هر کرت به طور کامل برداشت و پس از توزین، عملکرد بیولوژیک هر واحد آزمایشی محاسبه گردید. تعداد ۱۰ عدد سنبله به صورت تصادفی از سطح برداشت شده انتخاب و تعداد دانه در سنبله شمارش شد. پس از جداسازی دانه‌ها، اقدام به محاسبه عملکرد دانه گردید. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، سه تکرار ۲۰۰ تایی از بذرهای مربوط به هر کرت آزمایشی شمارش و توزین گردید. شاخص برداشت محصول نیز از طریق تقسیم عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری محتوای نیتروژن کل دانه، نمونه‌ها آسیاب و در لوله‌های مخصوص با استفاده از اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک، آب اکسیژنه و سلنیم هضم گردید. درصد نیتروژن به روش تیتراسیون بعد از تقطیر به وسیله دستگاه Kjeltec Auto 1030 Analyzer,Tecator اندازه‌گیری شد (Gholamhosseini *et al.*, 2008).

پروتئین کل طبق روش Bradford (1976) اندازه‌گیری شد. در مرحله اول، ۱/۵ میلی‌لیتر بافر استخراج (پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار، pH=7) به ۰/۰۳ گرم آرد دانه جو اضافه شده، ترکیب حاصله پس از تکان دادن به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ (۸۰۰۰ rpm، ۴ درجه سانتی‌گراد) گردید. در مرحله بعد، ۴۰ میکرولیتر از عصاره با ۱ میلی‌لیتر Bradford ۲۰ درصد (v/v) مخلوط شد. مخلوط حاصله به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق تکان داده شد. جذب در طول موج ۵۹۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و غلظت پروتئین با استفاده از منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های مشخص پروتئین (آلبومین سرم گاوی) تعیین گردید.

غلظت نشاسته بر اساس روش هیدرولیز اسیدی با کمی تغییرات اندازه‌گیری شد (AOAC, 1995). پس از جداسازی مایع رویی در اندازه‌گیری قند، ذرات باقیمانده در آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا خشک شوند. سپس ۴/۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۶ میلی‌لیتر پرکلریک اسید ۵۲٪ (v/v) به بقایا در داخل لوله آزمایش اضافه شد. لوله‌های آزمایش در طول شب در یک محیط خنک (۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری گردید. در روز بعد، نمونه‌ها با کاغذ واتمن در یک لوله آزمایش جدید صاف و در نهایت محلول با استفاده از آب مقطر به حجم ۳۰ میلی‌لیتر رسانده شد.

در ادامه، محلول با ۵۰۰ میکرولیتر از محلول ۱۲۵۰ میکرولیتر اسید سولفوریک ۹۸٪ و ۲۵۰ میکرولیتر فنول ۵٪ (w/v) در یک لوله آزمایش جدید ترکیب شده و در دمای اتاق به مدت ۴۵ دقیقه قرار گرفت. در پایان، جذب آن در طول موج ۴۸۵ نانومتر قرائت شد.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۳) و مطابق با آزمون چند دامنه‌ای

دانکن انجام گرفت. جداول و نمودارها به کمک نرم‌افزارهای Word و Excel ترسیم گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی دیرهنگام منابع نیتروژن، پتاسیم و همچنین اثر متقابل آنها تأثیر معنی‌داری بر صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته و همچنین تعداد پنجه بارور در بوته نداشت (جدول ۲).

تکمیل رشد رویشی گیاه جو در مرحله گرده‌افشانی را می‌توان به عنوان دلیل عدم تأثیر معنی‌دار مصرف دیرهنگام عناصر نیتروژن و پتاسیم بر ارتفاع بوته، تعداد پنجه و تعداد پنجه بارور در بوته گیاه جو ذکر نمود. در گیاهان رشد محدود نظیر جو، با ورود گیاه به فاز زایشی، رشد رویشی و به تبع آن سرعت رشد محصول کاهش یافته یا متوقف می‌شود (Hokmalipour and Seyed Sharifi, 2015).

طول سنبله

اثر منبع نیتروژن و همچنین اثر متقابل منبع نیتروژن و محلول‌پاشی پتاسیم بر طول سنبله گیاه جو معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین طول سنبله در شرایط محلول‌پاشی توأم اوره با سولفات پتاسیم بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار محلول‌پاشی توأم نیترات آمونیوم و سولفات پتاسیم و همچنین محلول‌پاشی سولفات آمونیوم به تنهایی نداشت.

کمترین طول سنبله نیز در شرایط عدم محلول‌پاشی نیتروژن و پتاسیم مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای محلول‌پاشی سولفات پتاسیم به تنهایی، محلول‌پاشی توأم سولفات آمونیوم و سولفات پتاسیم و همچنین محلول‌پاشی توأم نیترات کلسیم و سولفات پتاسیم نداشت.

محلول‌پاشی توأم سولفات پتاسیم با اوره، باعث افزایش معنی‌دار طول سنبله در مقایسه با محلول‌پاشی اوره به تنهایی گردید، این در حالی است که محلول‌پاشی توأم سولفات پتاسیم با سولفات آمونیوم، طول سنبله را در مقایسه با تیمار محلول‌پاشی سولفات آمونیوم به تنهایی به طور معنی‌داری کاهش داد. در رابطه با سایر منابع نیتروژن و همچنین شرایط عدم مصرف نیتروژن، تفاوت معنی‌داری بین محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی سولفات پتاسیم در رابطه با طول سنبله وجود نداشت (شکل ۱).

مشابه با نتایج پژوهش حاضر، بررسی اثر تغذیه برگی اوره بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد دانه دو رقم گندم نشان داد که بیشترین طول سنبله مربوط به تیمار محلول‌پاشی اوره در مرحله ظهور برگ پرچم بود (Mohammadi *et al*., 2012).

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد، اجزاء عملکرد و ویژگی‌های کیفی دانه جو تحت تأثیر منابع نیتروژن و محلول‌پاشی پتاسیم

Table 2- Analysis of variance for yield, yield components and qualitative characteristics of barley grain affected by nitrogen source and potassium foliar application

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد پنجه No. of tiller	تعداد پنجه بارور No. of fertile tiller	طول سنبله Spike length	تعداد سنبلچه بارور No. of fertile spikelet	تعداد دانه در سنبله No. of grain per spike	وزن هزار دانه 1000 grain weight
تکرار Replication	2	118.02	1.12	0.46	0.04	0.17	11.12	2.38
منبع نیتروژن Nitrogen source	4	19.43^{ns}	0.03^{ns}	0.03^{ns}	0.94**	7.89**	68.67**	50.95**
محلول‌پاشی پتاسیم Potassium foliar	1	0.02^{ns}	0.08^{ns}	0.11^{ns}	0.01^{ns}	1.08^{ns}	11.53^{ns}	20.92*
منبع نیتروژن × محلول‌پاشی پتاسیم	4	3.66^{ns}	0.01^{ns}	0.06^{ns}	0.46**	1.46**	16.39*	1.42^{ns}
خطا Error	18	21.87	0.27	0.19	0.07	0.30	4.59	2.89
ضریب تغییرات CV (%)	-	8.41	15.90	16.84	7.37	6.33	8.02	6.02

^{ns}غیرمعنی‌دار، *معنی‌دار در سطح ۵ درصد، **معنی‌دار در سطح ۱ درصد

^{ns}Non-significant, *Significant at $P < 0.05$, **Significant at $P < 0.01$

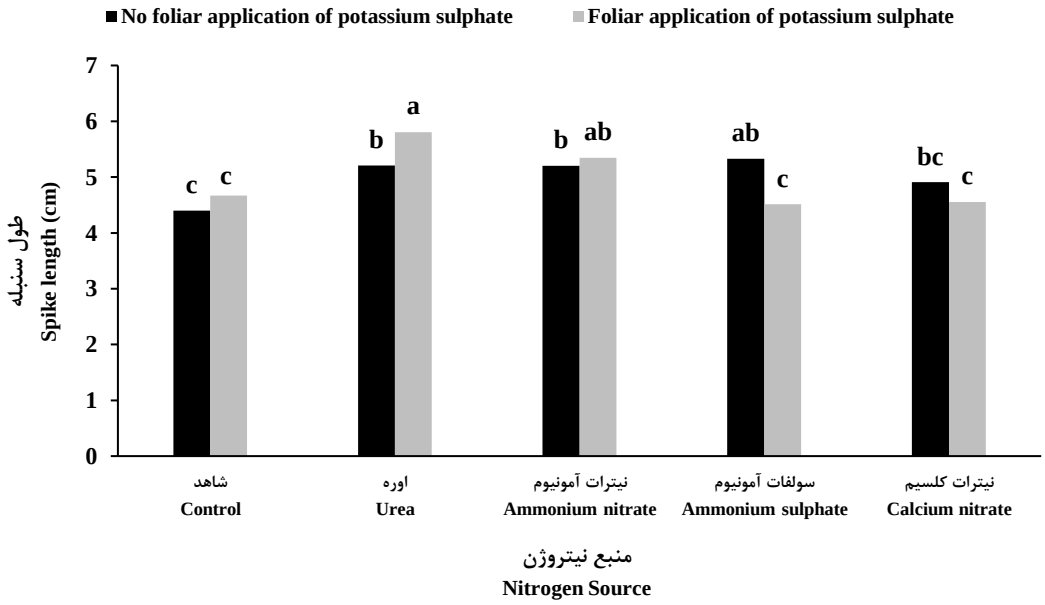
ادامه جدول ۲

Table 2 continued

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological	شاخص برداشت Harvest	نیتروژن دانه Grain N concentration	پروتئین دانه Grain Protein content	نشاسته دانه Grain starch content
تکرار Replication	2	711.95	150523.87	2.489	0.003	0.17	2.24
منبع نیتروژن Nitrogen source	4	2097841.69**	10940840.68**	5.07*	0.038**	1.99**	31.05**
محلول‌پاشی پتاسیم Potassium foliar	1	668834.14**	3442885.63**	1.30^{ns}	0.009^{ns}	0.14^{ns}	8.28^{ns}
منبع نیتروژن × محلول‌پاشی پتاسیم	4	186659.50*	1131908.09*	1.84^{ns}	0.015^{ns}	0.29^{ns}	12.69^{ns}
خطا Error	18	56042.21	358386.90	1.45	0.006	0.27	5.19
ضریب تغییرات CV (%)	-	8.83	8.31	7.84	6.14	5.46	5.71

^{ns}غیرمعنی‌دار، *معنی‌دار در سطح ۵ درصد، **معنی‌دار در سطح ۱ درصد

^{ns}Non-significant, *Significant at $P < 0.05$, **Significant at $P < 0.01$



شکل ۱- اثر متقابل منبع نیتروژن و محلول‌پاشی پتاسیم بر طول سنبله

Figure 1- Interaction effect between nitrogen source and potassium foliar application on spike length

نیتروژن عنصری مهم و حیاتی برای گیاه به شمار می‌رود که در ساختمان پروتئین، اسیدهای نوکلئیک و کلروفیل مشارکت می‌کند. این عنصر به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر رشد گیاه تأثیر دارد، با این وجود، رفتارهای فیزیولوژیک گیاهان نسبت به منابع نیتروژن کاملاً متفاوت بوده و به توانایی آنها در جذب و تثبیت آن بستگی دارد (Mosavi *et al.*, 2015). مولکول اوره به دلیل بدون بار بودن و حلالیت بالا، به سرعت و به شکل موثر جذب شاخ و برگ گیاهان می‌گردد.

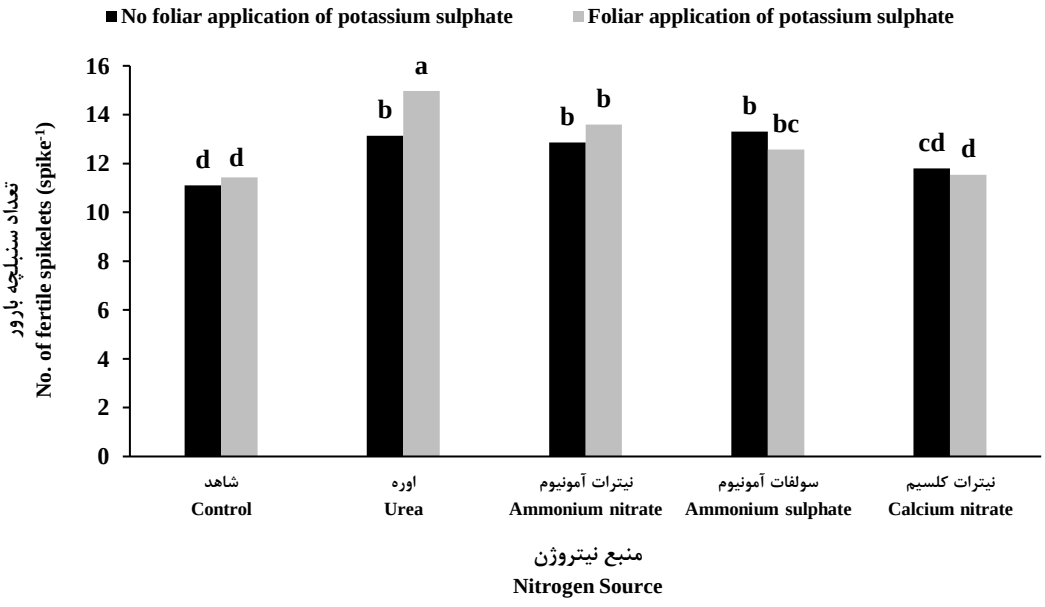
پتاسیم یک عنصر پرمصرف ضروری برای گیاهان بوده و فراوان‌ترین کاتیون در بافت‌های گیاهی می‌باشد. پتاسیم نقش‌های متنوعی در رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کند که از آن جمله می‌توان به تحریک طویل شدن سلولی، تنظیم اسمزی، مشارکت در حرکات روزنه‌ای، فتوسنتز، سنتز کربوهیدرات‌های محلول، پروتئین و ترکیبات محلول حاوی نیتروژن اشاره نمود. کاربرد پتاسیم در محیط رشد گیاه، جذب نیتروژن را افزایش می‌دهد (Ahmad *et al.*, 2016). کاهش معنی‌دار طول سنبله

در واکنش به محلول‌پاشی توأم سولفات پتاسیم و سولفات آمونیوم در پژوهش حاضر را می‌توان به اثر متقابل بین پتاسیم و آمونیوم، یا غلظت بالای یون سولفات در تیمار مذکور نسبت داد (شکل ۱). در پژوهشی که به منظور بررسی اثر متقابل آمونیوم و پتاسیم در گیاه فلفل انجام شد، جذب پتاسیم در غلظت‌های بالای یون آمونیوم کاهش یافت (Xu *et al*., 2002).

کلسیم کاتیون دوظرفیتی و عنصری ضروری برای گیاهان است که نقش مهمی در ساختار و نفوذپذیری غشاءهای سلولی، تقسیم و طویل شدن سلولی، نقل و انتقال کربوهیدرات و متابولیسم نیتروژن ایفا می‌کند. کلسیم همچنین می‌تواند نقش تنظیم‌کنندگی در متابولیسم سلول‌های گیاهی، انتقال پیام و جذب عناصر غذایی از طریق غشاءهای سلولی داشته باشد (Ahmad *et al*., 2016). اثر متقابل پتاسیم و کلسیم بر جذب یکدیگر، از جمله دلایل کاهش طول سنبله گیاهان در شرایط محلول‌پاشی توأم سولفات پتاسیم و نیترات کلسیم در این پژوهش می‌باشد. گزارش شده است که غلظت‌های بالای کلسیم و منیزیم از جذب پتاسیم توسط گیاه نیشکر جلوگیری می‌نمایند (Rhodes *et al*., 2018).

تعداد سنبلچه بارور در سنبله

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر منبع نیتروژن و اثر متقابل منبع نیتروژن و محلول‌پاشی پتاسیم بر تعداد سنبلچه بارور در سنبله معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین تعداد سنبلچه بارور در سنبله در شرایط محلول‌پاشی توأم اوره با سولفات پتاسیم مشاهده شد که به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارهای آزمایشی بود. تیمار عدم محلول‌پاشی نیتروژن و پتاسیم نیز کمترین تعداد سنبلچه بارور در سنبله را دارا بود که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و نیترات کلسیم به تنهایی و همچنین نیترات کلسیم توأم با سولفات پتاسیم نداشت. محلول‌پاشی توأم سولفات پتاسیم با اوره باعث افزایش قابل توجه تعداد سنبلچه بارور در بوته در مقایسه با تیمار محلول‌پاشی اوره به تنهایی گردید. این در حالی است که در شرایط محلول‌پاشی سایر کودهای نیتروژنی (نیترات آمونیوم، سولفات آمونیوم و نیترات کلسیم)، استفاده از سولفات پتاسیم تغییر معنی‌داری در تعداد سنبلچه بارور در سنبله ایجاد نکرد (شکل ۲).



شکل ۲- اثر متقابل منبع نیتروژن و محلول‌پاشی پتاسیم بر تعداد سنبلچه بارور

Figure 2- Interaction effect between nitrogen source and potassium foliar application on number of fertile spikelets per spike

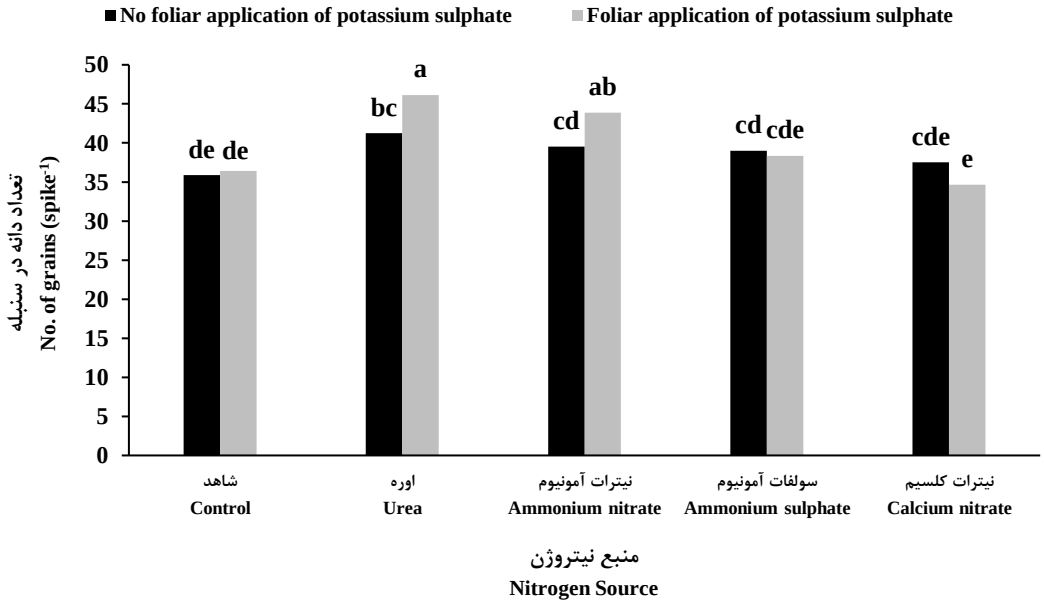
محلول‌پاشی منابع مختلف نیتروژن، به ویژه اوره، در مرحله گرده‌افشانی گیاه جو، در کنار جلوگیری از خوابیدگی بوته‌ها، سبب تأمین نیاز نیتروژنی گیاه در مراحل تکوین سنبلچه می‌شود. در نتیجه، افزایش درصد باروری سنبلچه را به دنبال

دارد. مشاهده شده است که نیتروژن از طریق تأثیرگذاری بر تعداد خوشه‌چه، اثر مثبتی بر عملکرد شلتوک برنج دارد و با افزایش میزان نیتروژن در برگ، میزان پوکی دانه‌ها به طور خطی کاهش پیدا می‌کند (Asadi *et al*., 2015).

تعداد دانه در سنبله

مشابه با صفات طول سنبله و تعداد سنبلچه بارور در سنبله، محلول‌پاشی پتاسیم اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله نداشت، اما اثر منبع نیتروژن و اثر متقابل منبع نیتروژن و محلول‌پاشی پتاسیم بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار شد (جدول ۲).

بیشترین تعداد دانه در سنبله، در شرایط محلول‌پاشی توأم اوره با سولفات پتاسیم تولید گردید که تفاوت معنی‌داری با تیمار محلول‌پاشی توأم نیترات آمونیوم و سولفات پتاسیم نداشت. کمترین تعداد دانه در سنبله نیز در شرایط عدم محلول‌پاشی نیتروژن و پتاسیم ثبت گردید که تفاوت آن با تیمارهای محلول‌پاشی سولفات پتاسیم، نیترات آمونیوم، سولفات آمونیوم و نیترات کلسیم به تنهایی و همچنین سولفات آمونیوم و نیترات کلسیم توأم با سولفات پتاسیم معنی‌دار نبود. در شرایط محلول‌پاشی سولفات آمونیوم و نیترات کلسیم، استفاده از سولفات پتاسیم بر تعداد دانه در سنبله اثر معنی‌داری نداشت، حال آن که در شرایط محلول‌پاشی اوره و نیترات آمونیوم باعث افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله گردید (شکل ۳).



شکل ۳- اثر متقابل منبع نیتروژن و محلول‌پاشی پتاسیم بر تعداد سنبلچه بارور

Figure 3- Interaction effect between nitrogen source and potassium foliar application on number of grains per spike

گزارش شده است که محلول‌پاشی اوره در اواخر دوره رشد سبب افزایش تعداد دانه در سنبله گندم می‌شود. این گونه به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی در طول دوره گل‌دهی امکان جریان مستقیم مواد غذایی به نقاطی که تقاضای متابولیکی بیشتری دارند (مثل دانه) را فراهم می‌سازد و بنابراین تعداد دانه بیشتری تشکیل می‌شود (Rajabi *et al*., 2020). با محلول‌پاشی اوره در مرحله زایشی، میزان نیتروژن مورد نیاز گیاه تأمین شده، فتوسنتز آن افزایش یافته و تعداد دانه بیشتری تشکیل می‌شود (Rajabi *et al*., 2020). در پژوهشی که به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی پتاسیم و نیتروژن بر کمیت و کیفیت گندم دیم انجام شد، محلول‌پاشی توأم کلرور پتاسیم و اوره در مرحله دو لبه شدن سنبله + شیری شدن دانه، بیشترین اثر مثبت را بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و درصد پروتئین دانه داشت (Abdi, 2015).

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشـــان داد که منبع نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانـه گیـاه جو داشـــت (جـدول ۲). محلول‌پاشـــی نیتروژن از منابع مختلف باعث افزایش قابل توجه وزن هزار دانه در مقایسـه با شـرایط عدم محلول‌پاشـی نیتروژن گردیـد. بیشـــترین وزن هزار دانـه (۴۴/۵۱ گرم) در شـــرایط محلول‌پاشی اوره به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای محلول‌پاشـــی نیترات آمونیوم و ســـولفات آمونیوم نداشـــت. در شـــرایط محلول‌پاشـــی با نیترات کلسـیم، وزن هزار دانه به طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای محلول‌پاشی اوره و نیترات آمونیوم بود، اما با تیمار محلول‌پاشـی سـولفات آمونیوم تفاوت معنی‌داری نداشت. میزان افزایش وزن هزار دانه نسبت به شاهد، در شرایط محلول‌پاشـــی اوره، نیترات آمونیوم، ســـولفات آمونیوم و نیترات کلسـیم به ترتیب برابر ۱۸/۷۶، ۱۸/۵۲، ۱۵/۶۱ و ۱۱/۵۰ درصد بود (جدول ۳).

جدول ۳- اثر منبع نیتروژن بر عملکرد، اجزاء عملکرد و ویژگی‌های کیفی دانه جو

Table 3- Effect of nitrogen source on yield, yield components and qualitative characteristics of barley grain

منبع نیتروژن Nitrogen source	وزن هزار دانه 1000 grain weight	شاخص برداشت Harvest index (%)	نیتروژن دانه Grain N concentration (%)	پروتئین دانه Grain Protein content (%)	نشاسته دانه Grain starch content (%)
شاهد Control	37.48 c	34.83 c	1.93 c	10.86 c	64.14 a
اوره Urea	44.51 a	37.08 a	1.95 b	11.96 ab	60.68 b
نیترات آمونیوم Ammonium nitrate	44.42 a	36.64 ab	1.90 bc	11.64 b	62.10 ab
سولفات آمونیوم Ammonium sulphate	43.33 ab	35.80 abc	2.05 a	12.45 a	57.91 c
نیترات کلسیم Calcium nitrate	41.79 b	35.37 bc	1.92 bc	11.73 b	61.70 ab

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن (P≤۰/۰۵) تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means within columns followed by the same letter are not significantly different at P < 0.05, according to Duncan's multiple range test

جدول ۴- اثر محلول‌پاشی پتاسیم بر عملکرد، اجزاء عملکرد و ویژگی‌های کیفی دانه جو

Table 4- Effect of potassium foliar application on yield, yield components and qualitative characteristics of barley grain

محلول‌پاشی پتاسیم Potassium foliar application	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	شاخص برداشت Harvest index (%)	نیتروژن دانه Grain N concentration (%)	پروتئین دانه Grain Protein content (%)	نشاسته دانه Grain starch content (%)
عدم محلول‌پاشی No foliar application	41.47 b	35.74 a	1.91 a	11.66 a	61.83 a
محلول‌پاشی سولفات پتاسیم Potassium sulphate foliar application	43.14 a	36.15 a	1.95 a	11.80 a	60.78 a

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن (P≤۰/۰۵) تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means within columns followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$, according to Duncan's multiple range test

برتری وزن هزار دانـه در تیمـارهـای محلول‌پـاشـــی منـابع مختلف نیتروژن نسبت به تیمار شاهد را می‌توان به افزایش دوام سـطح برگ و ظرفیت فتوسـنتزی گیاهان نسـبت داد. در بررسـی اثر تغـذیـه برگی اوره بر ویژگی‌هـای کمی و کیفی گنـدم دیم، بیشـترین وزن هزار دانه ارقام مختلف گندم با محلول‌پاشـی اوره در مرحله ظهور برگ پرچم به دســت آمد (Mohammadi *et al.*, 2012).

اثر محلول‌پاشی پتاسیم بر وزن هزار دانه در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). محلول‌پاشی سولفات پتاسیم در مرحله گرده‌افشانی گیاه جو باعث افزایش ۴/۰۲ درصدی وزن هزار دانه

نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی گردید (جدول ۴).

پتاسیم برای انتقال و تجمع مواد فتوسنتزی در گیاهان زراعی مفید بوده و از این طریق باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. پتاسیم نقش حیاتی در فتوسنتز، سنتز پروتئین، فعال‌سازی آنزیم‌ها، تنظیم اسمزی، انتقال انرژی، باز و بسته شدن روزنه‌ها، تعادل کاتیون و آنیون و مقاومت در برابر تنش دارد (Gu *et al*., 2021).

عملکرد دانه

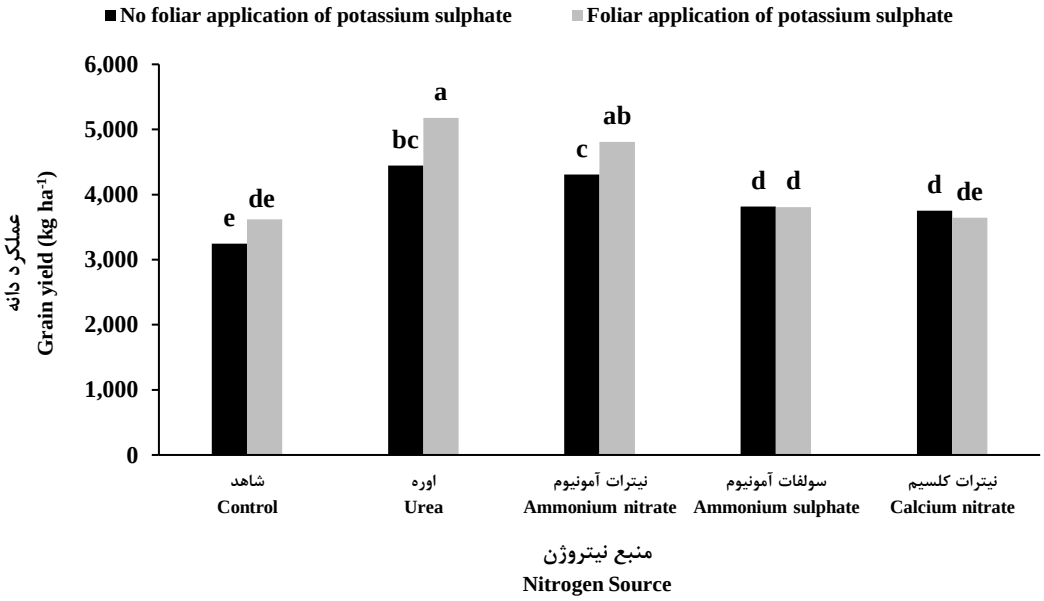
اثر منبع نیتروژن، محلول‌پاشی پتاسیم و همچنین اثر متقابل منبع نیتروژن و محلول‌پاشی پتاسیم بر عملکرد دانه جو معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه جو با ۵۱۷۸/۴ کیلوگرم در هکتار، در شرایط محلول‌پاشی توام اوره با سولفات پتاسیم تولید گردید که تفاوت معنی‌داری با عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی توأم نیترات آمونیوم با سولفات پتاسیم نداشت، اما به طور قابل توجهی بیشتر از سایر تیمارهای آزمایشی بود. تیمار عدم محلول‌پاشی نیتروژن و پتاسیم با ۳۲۴۳/۷ کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد دانه جو را به خود اختصاص داد که با تیمارهای محلول‌پاشی سولفات پتاسیم به تنهایی و همچنین محلول‌پاشی توأم نیترات کلسیم با سولفات پتاسیم تفاوت معنی‌داری نداشت. محلول‌پاشی سولفات پتاسیم همراه با اوره و نیترات آمونیوم، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در مقایسه با تیمارهای محلول‌پاشی این کودها به تنهایی گردید. این در حالی است که محلول‌پاشی توأم سولفات پتاسیم با سولفات آمونیوم و نیترات کلسیم، تغییر معنی‌داری در عملکرد دانه در مقایسه با تیمارهای محلول‌پاشی این کودها به تنهایی ایجاد نکرد (شکل ۴).

تولید بالاترین تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه، از جمله دلایل برتری عملکرد دانه گیاه جو در شرایط محلول‌پاشی توأم اوره و سولفات پتاسیم نسبت به سایر تیمارهای مورد بررسی می‌باشد (شکل ۳، جداول ۳ و ۴). محلول‌پاشی در کنار مصرف خاکی اثرات بسیار مطلوبی بر عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی دارد. نیتروژن یکی از مهمترین عناصر پرمصرف است که می‌تواند به شکل نیترات (NO_3^-) یا آمونیوم (NH_4^+) به گیاهان عرضه شود. عواملی نظیر مقدار مصرف، شکل مصرف و زمان مصرف نیتروژن رشد و نمو گیاهان را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد (Marschner, 2011). پتاسیم (K) یکی از عناصر غذایی ضروری برای گیاهان است که در فتوسنتز، تشکیل کربوهیدرات و پروتئین، انتقال آب و عناصر غذایی و بکارگیری نیتروژن در گیاهان مشارکت دارد. بنابراین تأثیر قابل توجهی بر عملکرد و کیفیت محصولات زراعی دارد. پتاسیم علاوه بر کمک در انجام فتوسنتز، در نقل و انتقال مواد فتوسنتزی مؤثر است. مصرف پتاسیم کافی، سرعت انتقال نیتروژن از اندام‌های رویشی به دانه را افزایش می‌دهد. کمبود پتاسیم در اواخر فصل زراعی به دلیل تقاضای بالای مربوط به ارقام پرمحصول می‌تواند منجر به کاهش محصول و سودآوری شود. پاسخ گیاه به کودهای نیتروژنی زمانی که پتاسیم کمتر از سطح مطلوب باشد، کاهش می‌یابد (Gu *et al*., 2021). در بررسی واکنش گیاه جو به کاربرد نیتروژن و محلول‌پاشی پتاسیم، بالاترین عملکرد دانه و عملکرد کاه و کلش با دو مرحله محلول‌پاشی پتاسیم در مرحله ظهور سنبله و ۵۰ درصد گلدهی به دست آمد که به طور قابل توجهی بیشتر از شرایط عدم محلول‌پاشی و یک مرحله محلول‌پاشی در مراحل ظهور سنبله و ۵۰ درصد گلدهی بود (Kaur *et al*., 2020).

عملکرد بیولوژیک

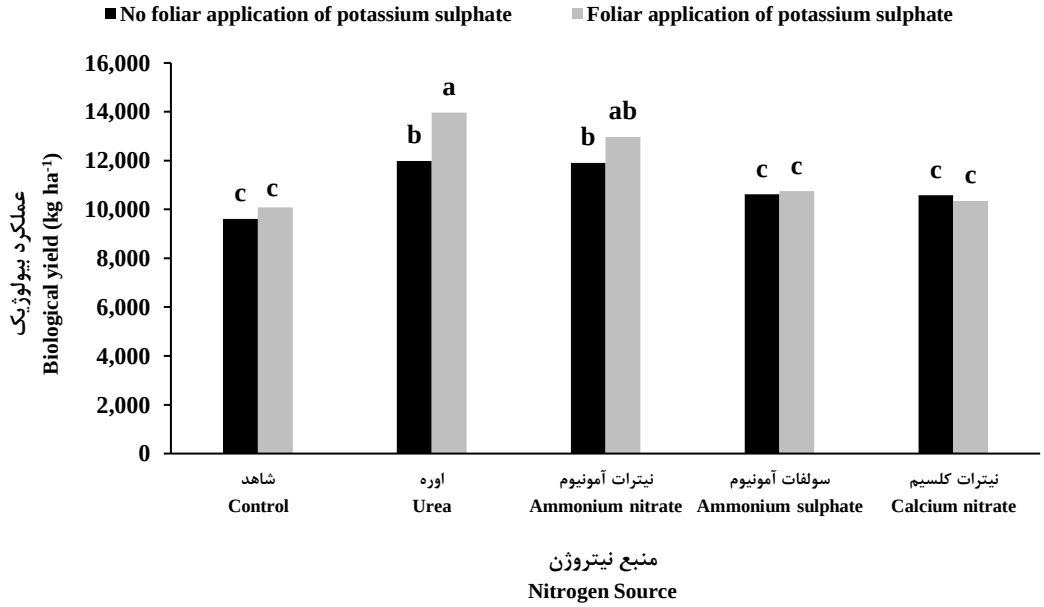
با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر منبع نیتروژن، محلول‌پاشی پتاسیم و همچنین اثر متقابل منبع نیتروژن و محلول‌پاشی پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک جو معنی‌دار شد (جدول ۲). تیمار محلول‌پاشی توام اوره با سولفات پتاسیم، بیشترین عملکرد بیولوژیک گیاه جو (۱۳۹۶۵/۱ کیلوگرم در هکتار) را تولید نمود که تفاوت معنی‌داری با تیمار محلول‌پاشی توأم نیترات آمونیوم با سولفات پتاسیم نداشت. کمترین عملکرد بیولوژیک با ۹۶۱۷/۱ کیلوگرم در هکتار در تیمار عدم محلول‌پاشی نیتروژن و پتاسیم تولید گردید که با تیمارهای محلول‌پاشی سولفات پتاسیم، سولفات آمونیوم و نیترات کلسیم به تنهایی و همچنین محلول‌پاشی توأم سولفات آمونیوم و نیترات کلسیم با سولفات پتاسیم تفاوت معنی‌داری نداشت. در شرایط استفاده از کود اوره به عنوان منبع نیتروژن، محلول‌پاشی سولفات پتاسیم، عملکرد بیولوژیک جو را در مقایسه با تیمار محلول‌پاشی اوره به تنهایی به طور معنی‌داری افزایش داد. این در حالی است که در شرایط استفاده از کودهای نیترات آمونیوم،

سولفات آمونیوم و نیترات کلسیم، محلول‌پاشی سولفات پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک نداشت (شکل ۵).



شکل ۴- اثر متقابل منبع نیتروژن و محلول‌پاشی پتاسیم بر عملکرد دانه

Figure 4- Interaction effect between nitrogen source and potassium foliar application on grain yield



شکل ۵- اثر متقابل منبع نیتروژن و محلول‌پاشی پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک

Figure 5- Interaction effect between nitrogen source and potassium foliar application on biological yield

شاخص برداشت

منبع نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت داشت، اما اثر محلول‌پاشی پتاسیم و اثر متقابل منبع نیتروژن و محلول‌پاشی پتاسیم بر شاخص برداشت معنی‌دار نشد (جدول ۲). کمترین شاخص برداشت گیاه جو (۳۴/۸۳ درصد)، در شرایط عدم محلول‌پاشی نیتروژن به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای محلول‌پاشی نیترات کلسیم و سولفات آمونیوم نداشت. بیشترین شاخص برداشت (۳۷/۰۸ درصد) نیز

در شـــرایط محلول‌پاشـــی کود اوره ثبت گردید که تفاوت آن با تیمارهای محلول‌پاشـــی نیترات آمونیوم و ســـولفات آمونیوم معنی‌دار نبود (جدول ۳).

نیتروژن دانه

نتایج تجزیه واریانس نشـــان داد که اثر منبع نیتروژن بر محتوای نیتروژن دانه در سـطح ۱ درصـد معنی‌دار شـد (جدول ۲). محلول‌پاشـــی منابع مختلف نیتروژن، باعث افزایش محتوای نیتروژن دانه گیاه جو در مقایسـه با شـرایط عدم محلول‌پاشـی نیتروژن گردید که این افزایش در شـرایط اسـتفاده از کودهای اوره و سولفات آمونیوم معنی‌دار بود. بیشـترین محتوای نیتروژن دانه با ۲/۰۵ درصـد، در شـرایط اسـتفاده از سـولفات آمونیوم به دسـت آمد که به طور معنی‌داری بیشـتر از سـایر منابع نیتروژن بود. پس از سولفات آمونیوم، تیمارهای محلول‌پاشی اوره، نیترات کلسیم و نیترات آمونیوم به ترتیب با ۱/۹۵، ۱/۹۲ و ۱/۹۰ درصد در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. تفاوت معنی‌داری بین منابع نیتروژنی اوره، نیترات کلســـیم و نیترات آمونیوم در رابطـه بـا محتوای نیتروژن دانه وجود نداشت (جدول ۳).

محلول‌پاشـــی نیتروژن بـه عنوان مکمل مصـــرف خاکی، می‌تولند با کاهش تلفات نیتروژن از طریق دنیتریفیکاســـیون و آبشویی و جذب سریع‌تر و آسان‌تر نیتروژن، باعث افزایش میزان نیتروژن دانه شـود. یافته‌های حاصـل از بررسـی اثر محلول‌پاشـی نیتروژن و پتاسیم مکمل بر گیاه برنج نشان داد که محلول‌پاشی در مراحـل مختلف رشـــد اثر معنی‌داری بر مقـدار نیتروژن و پتاسـیم کاه و کلش برنج داشـته اسـت. بیشـترین مقدار نیتروژن کاه و کلش در تیمار محلول‌پاشی نیتروژن در مرحله غلاف رفتن برنج به دست آمد (Asadi *et al*., 2015).

همانگونه که در شـکل ۴ قابل مشـاهده اسـت، محلول‌پاشـی ســـولفات آمونیوم باعث کاهش قابل توجه عملکرد دانه گیاه جو در مقایســـه با تیمارهای محلول‌پاشـــی اوره و نیترات آمونیوم گردید که می‌تواند دلیل افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن دانه در شرایط محلول‌پاشی این کود نیتروژنی باشد.

اثر محلول‌پاشـــی پتاســـیم و همچنین اثر متقابل منبع نیتروژن و محلول‌پاشی پتاسیم بر محتوای نیتروژن دانه معنی‌دار نشد (جدول ۲).

پتاسـیم در ارتباط تنگاتنگ با فرآیندهایی اسـت که در گیاه منجر به تولید پروتئین می‌شـود. پتاسـیم تضـمین‌کننده حرکت نیتروژن در گیاه اسـت و به عنوان پمپ نیتروژن عمل می‌کند و از این طریق بهره‌برداری نیتروژن به وســـیله گیاه و برداشـــت نیـتروژن از خـاک را افزایش می‌دهـد. عـدم تـأثیر معنی‌دار محلول‌پاشـــی پتاســـیم بر غلظت نیتروژن دانه در این پژوهش، می‌تواند نـاشـــی از افزایش قابل توجه وزن هزار دانه و افزایش عملکرد دانه در پاسـخ به محلول‌پاشـی سـولفات پتاسـیم باشـد (Mohammadi *et al*., 2019).

پروتئین دانه

اثر منبع نیتروژن بر محتوای پروتئین دانـه در ســـطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). کمترین محتوای پروتئین دانه با ۱۰/۸۶ درصد، در شرایط عدم محلول‌پاشی نیتروژن ثبت شد و محلول‌پـاشـــی منـابع مختلف نیتروژن بـاعث افزایش معنی‌دار درصـد پروتیئن دانه گردید. تیمار محلول‌پاشـی سـولفات آمونیوم با ۱۲/۴۵ درصـد، بیشـترین محتوای پروتئین دانه را دارا بود که تفاوت معنی‌داری با محتوای پروتئین در تیمار محلول‌پاشی اوره (۱۱/۹۶ درصد) نداشت. تیمارهای محلول‌پاشی نیترات کلسیم و نیترات آمونیوم به ترتیب با ۱۱/۷۳ و ۱۱/۶۴ درصد در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول ۳).

تولید بالاترین درصـد پروتئین دانه در شـرایط محلول‌پاشـی ســـولفات آمونیوم را می‌توان به وجود یون ســـولفات در این کود نسـبت داد. گوگرد در بین عناصـر غذایی، پس از نیتروژن، فسـفر و پتاسیم، به عنوان چهارمین عنصر غذایی اصلی معرفی و نقش آن در تولید محصولات کشاورزی به خوبی شـناخته شده و تأثیر آن در شکل‌گیری اسیدهای آمینه‌ی متیونین و سیستئین، سنتز پروتئین، کلروفیل و محتوای دانه‌های روغنی به اثبات رســـیده اسـت (Fathi Rezaei *et al*., 2020). گزارش شـده اسـت که مصـــرف گوگرد، علاوه بر افزایش عملکرد دانه، از طریق افزایش محتوای پروتئین دانه باعث بهبود کیفیت گندم می‌شود (Jalili *et al*., 2013). در آزمایشـی، اثر مصـرف دیرهنگام نیتروژن بر کیفیت گندم معمولی و دوروم مورد ارزیابی قرار گرفت. نیتروژن بـه فرم نیترات آمونیوم بـه صـــورت خاک مصـــرف در مرحله خوشـه‌دهی یا محلول‌پاشی در مرحله گلدهی مورد اسـتفاده قرار گرفت. نتایج نشـــان داد که کاربرد دیرهنگام نیتروژن محتوای پروتئین و کیفیـت دانـه هر دو گونـه گنـدم را افزایش داد

(Blandino *et al*., 2015).

محتوای پروتئین دانه تحت تأثیر محلول‌پاشی پتاسیم و اثر متقابل منبع نیتروژن و محلول‌پاشی پتاسیم قرار نگرفت (جدول ۲).

پتاسیم از طریق افزایش جذب و انتقال NO_3^- و تبدیل اسیدهای آمینه به پروتئین، می‌تواند باعث افزایش محتوای پروتئین دانه در گیاهان گردد (Gu *et al*., 2021). عدم تأثیر معنی‌دار محلول‌پاشی سولفات پتاسیم بر محتوای پروتئین دانه گیاه جو در پژوهش حاضر را می‌توان به افزایش وزن هزار دانه و در نتیجه افزایش عملکرد دانه در شرایط محلول‌پاشی دیرهنگام پتاسیم نسبت داد (جدول ۴). گزارش شده است که محلول‌پاشی پتاسیم در مراحل چکمه‌ای شدن، گلدهی و ۱۰ روز پس از گلدهی گندم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و محتوای پروتئین دانه نداشته است (Gu *et al*., 2021). ثابت شده است که افزایش در عملکرد، منجر به کاهش درصد پروتئین شلتوک شده است. این مسئله می‌تواند به دلیل همبستگی منفی بین عملکرد شلتوک و غلظت پروتئین دانه و یا کاهش مقدار پروتئین‌ها در نتیجه افزایش کربوهیدرات‌ها باشد که در نتیجه، بهبود همزمان این دو صفت را مشکل می‌سازد (Asadi *et al*., 2015).

نشاسته دانه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، منبع نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر محتوای نشاسته دانه داشت (جدول ۲). بالاترین محتوای نشاسته دانه با ۶۴/۱۴ درصد، در شرایط عدم محلول‌پاشی نیتروژن تولید گردید که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای محلول‌پاشی نیترات آمونیوم (۶۲/۱۰ درصد) و نیترات کلسیم (۶۱/۷۰ درصد) نداشت. محلول‌پاشی اوره و سولفات آمونیوم باعث کاهش معنی‌دار محتوای نشاسته دانه در مقایسه با شرایط عدم محلول‌پاشی نیتروژن شد. تیمار محلول‌پاشی سولفات آمونیوم با ۵۷/۹۱ درصد، کمترین محتوای نشاسته دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۳).

مشابه با نتایج پژوهش حاضر، گزارش شده است که مصرف کود نیتروژنی باعث کاهش محتوای نشاسته دانه گندم در مقایسه با شرایط عدم مصرف نیتروژن می‌گردد و بین محتوای نشاسته و پروتئین دانه همبستگی منفی وجود دارد (Kindred *et al*., 2008). در بررسی اثر محلول‌پاشی فرم‌های مختلف نیتروژن بر تجمع نشاسته و پرشدن دانه در گندم، محلول‌پاشی نیتروژن آمونیومی به طور قابل توجهی باعث طولانی شدن دوره پرشدن دانه شد. در مقابل، محلول‌پاشی اوره و نیتروژن نیتراتی، سرعت پرشدن دلنه را افزایش داد و باعث تنظیم سطوح آبسیزیک اسید و اتیلن در دانه‌ها گردید (Xiaokang *et al*., 2021). بررسی بیان ژن نشان داد که اوره و نیتروژن نیتراتی از طریق تنظیم فعالیت ژن‌های دخیل در مسیر تبدیل ساکارز به نشاسته، باعث انتقال مجدد کربوهیدرات‌ها و سنتز نشاسته در دانه‌ها می‌شوند (Xiaokang *et al*., 2021).

محلول‌پاشی پتاسیم و اثر متقابل منبع نیتروژن و محلول‌پاشی پتاسیم، محتوای نشاسته دانه گیاه جو را تحت تأثیر قرار نداد (جدول ۲).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی منابع مختلف نیتروژن در مرحله گرده‌افشانی، از طریق افزایش طول سنبله، تعداد سنبلچه بارور، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، باعث افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گیاه جو گردید. افزایش محتوای نیتروژن و پروتئین دانه در واکنش به محلول‌پاشی نیتروژن، کیفیت تغذیه‌ای دلنه جو را افزایش داد. در مقابل، کیفیت مالت‌سازی دانه جو به دلیل کاهش محتوای نشاسته دانه در شرایط محلول‌پاشی نیتروژن، کاهش یافت. محلول‌پاشی توأم سولفات پتاسیم با کودهای نیتروژنی اوره و نیترات آمونیوم، واکنش عملکرد و اجزاء عملکرد دانه جو به محلول‌پاشی دیرهنگام این کودها را بهبود بخشید. با توجه به نتایج، محلول‌پاشی توأم سولفات پتاسیم و اوره در مرحله گرده‌افشانی، به منظور تولید عملکرد بالای دانه و افزایش محتوای پروتئین دانه گیاه جو قابل توصیه می‌باشد. محلول‌پاشی نیترات آمونیوم در مرحله گرده‌افشانی نیز علاوه بر تولید عملکرد بهینه دانه، محتوای بالای نشاسته در دانه‌ها را به دنبال خواهد شد.

تعارض منافع

نویسندگان اظهار می‌نمایند که هیچ‌گونه تعارض منافعی در رابطه با نشر این مقاله وجود ندارد.

References

Abdi, M., 2015. Influence of KCl and urea spraying on quality and quantity of wheat cv. Sardari under rainfed conditions. *Agroecology Journal*, *10*(4), pp.27-34. [In Persian].

Ahmad, P., Abdel Latef, A.A., Abd-Allah, E.F., Hashem, A., Sarwat, M., Anjum, N.A. and Gucel, S., 2016. Calcium and potassium supplementation enhanced growth, osmolyte secondary metabolite production, and enzymatic antioxidant machinery in cadmium-exposed chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Frontiers in Plant Science*, *7*, 513. **doi: 10.3389/fpls.2016.00513**

Amanullah, J., Khan, A.Z., Khan, H., Jan, A., Shah, Z., Ahmad, B., Khalil, Sh., Ali, A., Ullah, H., Ahmad, F. and Nawaz, A., 2013. Foliar application of nitrogen at different growth stages influences the phenology, growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Soil and Environment*, *32*(2), pp.135-140. **doi: 10.13140/RG.2.2.25680.30723**

AOAC., 1995. Official methods of analysis of AOSC international. 16th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Arlington, USA, 425pp.

Asadi, S., Zavareh, M., Shokri, H. and Shahinrokhsar, P., 2015. Influence of supplemental foliar application of nitrogen and potassium on the grain yield, concentration and efficiency of nitrogen in rice (*Oryza sativa* L.). *Applied Field Crops Research*, *28*(108), pp.127-136. [In Persian].

Azizzadeh, E., Movahedi Naeini, S.A.R., Zeinali, E. and Roshani, G.A., 2018. Effects of foliar application of leonardite, nitrogen, and potassium on root growth, nutrient uptake and yield of wheat. *Iranian Journal of Soil Research*, *32*(1), pp.1-11. [In Persian].

Barut, H., 2019. Effects of foliar urea, potassium and zinc sulphate treatments before and after flowering on grain yield, technological quality and nutrient concentrations of wheat. *Applied Ecology and Environmental Research*, *17*(2), pp.4325-4342. **doi: 10.15666/aeer/1702_43254342**

Blandino, M., Vaccino, P. and Reyneri, A., 2015. Late-Season nitrogen increases improver common and durum wheat quality. *Agronomy Journal*, *107*(2), pp.680-690. **doi: 10.2134/agronj14.0405**

Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, *72*, pp.248-254.

Cozzolino, D., Roumeliotis, S. and Eglinton, J., 2015. Relationships between fatty acid contents of barley grain, malt, and wort with malt quality measurements. *Cereal Chemistry*, *92*, pp.93-97. **doi: 10.1094/cchem-04-14-0071-r**

Fathi Rezaei, P., Mohammadnezhad, M. and Aghaee A., 2020. Evaluation of the effect of iron sulfate on growth and some biochemical parameters of garlic plantlets under in vitro culture condition. *Journal of Plant Research* (*Iranian Journal of Biology*), *32*(4), pp.898-909. [In Persian].

Fox, G.P., Panozzo, J.F., Li, C.D., Lance, R.C.M., Inkerman, P.A. and Henry, R.J., 2003. Molecular basis of barley quality. *Australian Journal of Agricultural Research*, *54*, pp.1081-1101. **doi: 10.1071/ar02237**

Gholamhosseini, M., Aghaalikhani, M. and Malakouti, M.J., 2008. Effect of natural zeolite and nitrogen rates on canola forage quality and quantity. *Journal of Crop Production and Processing*, *12*(45), pp.537-548. [In

Persian].

Gu, X., Liu, Y., Li, N., Liu, Y., Zhao, D.,Wei, B. and Wen, X., 2021. Effects of the foliar application of potassium fertilizer on the grain protein and dough quality of wheat. *Agronomy*, *11*, 1749. **doi: 10.3390/agronomy11091749.**

Gul, H., Said, A., Saeed, B., Mohammad, F. and Ahmad, I., 2011. Effect of foliar application of nitrogen, potassium and zinc on wheat growth. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, *6*(4), pp.56-58.

Hassani, A. and Amiri, M.R., 2017. Effect of foliar application of amino acids on nitrogen use efficiency, grain yield and quality of barley. *Applied Field Crops Research*, *29*(112), pp.76-86. [In Persian].

Hokmalipour, S. and Seyed Sharifi, R., 2015. Effect of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) affected by different levels of nitrogen and phosphorus fertilizers on the yield and some physiological parameters of barley (*Hordeum vulgar* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, *12*(4), pp.822-833. [In Persian].

Jalili, F., Nasrolah Zadeh Asl, A. and Valiloo, R., 2013. The Effects of sulfur and manure fertilizer on yield and protein of wheat (Var. Zarin). *Journal of Research in Crop Sciences*, *5*(19), pp.71-84. [In Persian].

Kaur, M., Sharma, R. and Randhawa, J.S., 2020. Response of malt barley (*Hordeum distichon* L.) to nitrogen and foliar application of potassium. *Research Journal of Agricultural Sciences*, *11*(4), pp.911-913.

Khodabande, N., 2013. Cereals. Tehran University Press. pp.538. [In Persian].

Kindred, D.R., Verhoeven, T.M.O., Weightmana, R.M., Swanston, J.S., Agu, R.C., Brosnan, J.M. and Sylvester-Bradley, R., 2008. Effects of variety and fertilizer nitrogen on alcohol yield, grain yield, starch and protein content, and protein composition of winter wheat. *Journal of Cereal Science*, *48*(1), pp.46-57. **doi: 10.1016/j.jcs.2007.07.010**

Limon-Ortega, A., Munguia-Lopez, J.P. and Espitia-Rangel, E., 2020. Foliar K application to rainfed wheat in a soil testing high K as an option to improve K use efficiency, grain yield and yield components, *Journal of Plant Nutrition*. **doi: 10.1080/01904167.2020.1724301**

Marschner, H., 2011. Mineral nutrition of higher plants. 3rd Edition, Academic Press, London, UK, pp.676.

Mohammadi, S., Barzegar, T. and Ghahremani, Z., 2019. Effect of different nitrogen and potassium levels on nitrogen efficiency and some nutrient contents of sweet fennel. *Agroecology Journal*, *15*(1), pp.57-69. [In Persian].

Mohammadi, S., Peyghambarnejad, S. and Arefi, S., 2012. Effects of foliar urea spray at different plant development stages on grain yield and protein percentage of tow dryland wheat varieties. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *10*(1), pp.207-213. [In Persian]. **doi: 10.22067/gsc.v10i1.14507**

Mosavi, M., Sadeghi Bakhtavari, A.R., Pasban Eslam, B., Sameh Andabjadid, S., Kardan, J. and Mohammadi, H., 2015. Effects of foliar applications of sulfur, nitrogen and phosphorus on castor bean (*Ricinus cmmunis* L.) seed yield and its components under water deficit conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*, *9*(2), pp.323-336. [In Persian].

Rajabi, R., Eslami, S.V., Jami Al- Ahmadi, M., Mohammadi, R. and Saeidi, M., 2020. Effect of foliar application

and top dressing fertilizer on yield and yield components of bread wheat cultivars in dryland and supplemental irrigation condition in Kermanshah region. *Iranian Journal of Dryland Agriculture*, *9*(1), pp.21-38. [In Persian].

Razghandi, E., Elhamirad, A.H., Ghods Vali, A.R. and Stiri, H., 2016. Investigating the geometrical dimensions and physicochemical characteristics of cereal grains (wheat, wheat/barley and hull less barley) of Razavi Khorasan province. *Innovation in Food Science and Technology* (*Journal of Food Science and Technology*), *7*(4), pp.63-70. [In Persian].

Rhodes, R., Miles, N. and Hughes, J.C., 2018. Interactions between potassium, calcium and magnesium in sugarcane grown on two contrasting soils in South Africa. *Field Crops Research*, *223*, pp.1-11. **doi: 10.1016/j.fcr.2018.01.001.**

Shimelis, F. and Mulatu, Z., 2021. Effect of nitrogen fertilizer rate on grain yield and malt quality of three malt barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties at Arsi zone, Ethiopia. *Journal of Plant Sciences*, *9*(4), pp.170-174. **doi: 10.11648/j.be.20240801.11**

Xiaokang, L., Yunpeng, D., Mei, L., Wenxin, L., Xiaoyan, G., Yang, L. and Xiaoxia, W., 2021. Effect of foliar application of various nitrogen forms on starch accumulation and grain filling of wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought stress. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 645379. **doi: 10.3389/fpls.2021.645379**

Xu, G., Wolf, S. and Kafkafi, U., 2002. Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. *Journal of Plant Nutrition*, *25*(4), pp.719-734. **doi: 10.1081/pln-120002954**

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 6, Issue 3, Autumn 2024, P. 35-52

Effect of late season application of different nitrogen sources and foliar application of potassium on the grain yield and quality in barley (*Hordeum vulgare* L.)

Noor Ahmad Arab[1], Matin Jami Moeini[2*], Hamid Marvi[2]

[1] Ph.D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran
[2] Department of Agronomy and Plant Breeding, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran
[*]Corresponding Author: mat_jami@iaus.ac.ir

Received: 28 October 2022 Accepted: 10 January 2023 **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.367597.1283**

Abstract

Introduction: Barley (*Hordeum vulgare* L.), is one of the oldest domesticated crops. In terms of importance, it is considered the fourth most important grain in the world after wheat, corn and rice. Proper nutrition of plants is one of the important factors in improving the quantity and quality the crops. Among the nutrients, nitrogen is the most important growth limiting factor. Nitrogen foliar application, especially at the end of the growing season and reproductive stage, can be an effective factor in increasing the quality and possibly the quantity of grains. There are different sources of nitrogen for agricultural purposes. In general, for most nutrients, there is little difference between the effects of different sources. However, in the case of nitrogen, the effects of the form and source of nitrogen on many vegetative and reproductive characteristics of plants are different and significant.
Materials and Methods: To investigate the effect of late season foliar application of nitrogen and potassium on the yield and quality of barley, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications in Sabzevar during the cropping year of 2018-2019. The factors studied were nitrogen foliar application at five levels (no foliar application and foliar application with urea, ammonium nitrate, ammonium sulfate and calcium nitrate at the rate of 3 kg N ha^{-1}) and potassium foliar application at two levels (foliar application of 2.5 kg K_2O ha^{-1} in the form of potassium sulfate and non-foliar application of potassium). The application rate of nitrogen and potassium in foliar application treatments were 3 kg N ha^{-1} from different sources and 2.5 kg K_2O ha^{-1} in the form of potassium sulfate, respectively. Reyhan barley cultivar was used in this experiment.
Results and Discussion: The results showed that nitrogen foliar application at anthesis stage had no significant effect on the plant height, number of tillers and number of fertile tillers per plant, but it caused a significant increase in the spike length, number of fertile spikelets per spike, number of grains per spike, 1000 grains weight, grain yield, biological yield, harvest index, and grain nitrogen and protein content. The lowest harvest index of barley was obtained in the control treatment, which had no significant difference with calcium nitrate and ammonium sulfate foliar application treatments. The highest harvest index was also recorded in the conditions of foliar application of urea fertilizer, which was not significantly different from the ammonium nitrate and ammonium sulfate foliar application treatments. The highest grain nitrogen (2.1%) and protein (12.4%) contents were observed under ammonium sulfate foliar application conditions. Nitrogen foliar application reduced the grain starch content compared to non-foliar application conditions. Ammonium sulfate foliar application treatment had the lowest content of grain starch with 57.91%. Late season foliar application of potassium caused a significant increase in 1000 grain weight, grain yield and biological yield of barley compared to the non-foliar application conditions, but it had no significant effect on the other studied traits. Foliar application of potassium sulfate along with urea and ammonium nitrate, significantly increased the number of grains per spike and grain yield compared to the foliar application treatments of these fertilizers alone. The highest spike length (5.8 cm), number of fertile spikelet per spike (15), number of grain per spike (46.1), grain yield (5178 kg ha^{-1}) and biological yield (13965 kg ha^{-1}) of

barley plants were observed under the combined foliar application of urea and potassium sulfate conditions.
Conclusion: According to the results, combined foliar application of potassium sulfate and urea in the anthesis stage is recommended to produce high yield and increase the protein content of barley grains. Ammonium nitrate foliar application in the anthesis stage of barley will also lead to high starch content in grains in addition to producing optimal seed yield.

Keywords: Ammonium nitrate, Calcium nitrate, Malting, Protein, Starch