نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال سیزدهم، شماره ۴۹، بهار ۱۳۹۷ / صفحات: ۸۴-۷۲

اثر ماده کندکننده رشد کلرمکوات کلراید و سطوح کود نیتروژن بر برخی صفات فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و عملکرد جو رقم ماکویی (*Hordeum vulgare* L.)

احمد افکاری[1*]، میترا عباسی[2]

[1]گروه فیزیولوژی گیاهی، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.

[2]گروه زیست شناسی، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱٤ تاریخ پذیرش:۹۷/۳/۱۰

چکیده

به‌منظور بررسی اثر غلظت‌های مختلف کلرمکوات کلراید و سطوح مختلف کود نیتروژن بر برخی صفات فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و عملکرد جو رقم ماکویی آزمایشی در بهار سال زراعی ۱۳۹٤ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ٤ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل غلظت‌های کلرمکوات کلراید (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار) و نیتروژن در ۳ سطح (۵۰ ، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج تحقیق نشان داد که اثر برهم‌کنش کلرمکوات کلراید و کود نیتروژنه بر میزان کلروفیل، محتوی رطوبت نسبی، عملکرد و درصد پروتئین، فعالیت آنزم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز در سطح احتمال خطای یک درصد و روی تعداد دانه در هر سنبله، وزن هزار دانه و فعالیت آنزم گلوتاتیون پراکسیداز در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی‌داری است. افزایش مصرف میزان کود نیتروژنه سبب کاهش محتوی نسبی آب برگ به دلیل کاهش پتانسیل آب برگ گردید. کلرمکوات کلراید با انتقال مواد فتوسنتزی کافی به دانه‌ها در پر شدن آن‌ها و افزایش وزن دانه‌ها نقش به سزایی دارد. افزایش مصرف میزان غلظت کلرمکوات کلراید و فراهمی نیتروژن موجب کاهش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز شد. به‌طور کلی، در این پژوهش بیشترین میزان کلروفیل، محتوای رطوبت نسبی، اجزای عملکرد، عملکرد و درصد پروتئین از کاربرد تیمار ۱۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار کلرمکوات کلراید و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، سایکوسل، پروتئین، کلروفیل، محتوای نسبی آب

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) از جمله مهمترین محصولات زراعی به شمار می‌رود و از دیرباز در تأمین معاش و ادامه حیات انسان نقش مهمی را برعهده داشته است. عملکرد بالا، سهولت نگهداری و حمل و نقل، کم توقع بودن در مقایسه با سایر گیاهان زراعی، دارا بودن ارقام مختلف با انعطاف پذیری‌های فنوتیپی و ژنوتیپی موجب شده است که تقریباً در بیشتر مناطق کشت گردد (Espidkar et al., 2016). استفاده از تنظیم کننده‌های رشد در مدیریت غلات برای کوتاه کردن ساقه و در نتیجه کاهش ورس کاربرد زیادی پیدا کرده است. در ابتدا تصور می‌شد که هدف استفاده از تنظیم کننده‌های رشد به علت کاهش طول ساقه است اما بعدها منابع زیادی به این موضوع اشاره کردند که تنظیم کننده‌های رشد همچنین قابلیت تغییر نقشه رشد غلات را نیز داشته باشند (Sayed Sharifi

*نویسنده مسئول: afkariahmad@yahoo.com

et al., 2016). کلرمکوات کلراید با اختلال در مسیر چرخه بیوسنتز جیبرلیک اسید مانع از فعالیت آنزیم اِنت کائورن سنتتاز (Ent- kaurene enzyme synthase) شده و ارتفاع گیاهان را کاهش می‌دهد (Khalilzadeh et al., 2016). سایکوسل، یک کندکنندهٔ رشد مصنوعی است و یکی از مشتقات شناخته شدهٔ کولین به شمار می‌آید که بدون اینکه اثری بر میزان تنفس داشته باشد موجب افزایش مقاومت گیاهان مختلف نسبت به تنش خشکی می‌شود (Akbari et al., 2015). استفاده از سایکوسل در غلات منجر به افزایش طول و وزن ریشه یا نسبت بیشتر ریشه به ساقه می‌شود و به عنوان یک استراتژی برای جلوگیری از اثر مخرب تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی و شوری محسوب می‌شود (Burton et al., 2008). یکی از مصارف عمده سایکوسل در کشاورزی کنترل خوابیدگی در غلات دانه‌ای مانند گندم، برنج، چاودار و جو می‌باشد. با استفاده از سایکوسل ورس کاهش می‌یابد و بدین ترتیب، برداشت آسان‌تر شده و از افت عملکرد کاسته می‌شود (Mojadam et al., 2016). سایکوسل همچنین می‌تواند موجب تحریک رشد ریشه، کاهش تعرق، افزایش کارایی مصرف آب، جلوگیری از تخریب کلروفیل و در نهایت موجب بهبود تحمل گیاه به تنش شود (Wang et al., 2009). Merajipour و همکاران (۲۰۱٤) گزارش نمودند که مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار همراه با کاربرد سایکوسل در مقایسه با عدم کاربرد سایکوسل در گیاه گلرنگ باعث شد که بیشترین تعداد طبق بارور (۲۵۱/۵۰ در مترمربع) به‌دست آید. نتایج برخی پژوهش‌ها روی کلزا نشان داد که محتوای نسبی آب برگ در تیمارهای آبیاری شده نسبت به تیمارهای تحت تنش بالاتر بود اما در شرایط تنش خشکی محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت. هم‌چنین کمبود آب در سلول‌های برگ با کاهش در میزان هدایت روزنه‌ای (انتشار دی اکسیدکربن به فضای بین سلولی) و کلروفیل میزان فتوسنتز را کاهش داد(Hatamvand et al., 2015). Jiriaie و همکاران (۲۰۰۹) گزارش نمودند که با مصرف سایکوسل عملکرد دانه در گیاه گندم افزایش یافت. بنابراین بیشترین مقدار عملکرد دانه معادل ۸۵۰۰ کیلوگرم در هکتار از تیمار آبیاری معادل ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه و محلول‌پاشی سایکوسل حاصل شد. Subedi و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی اثر سطوح نیتروژن بر درصد پروتئین دانه در تاریخ‌های کاشت متفاوت گزارش دادند، اگر چه تأخیر در تاریخ کاشت باعث کاهش عملکرد دانه گندم شد، اما محتوای پروتئین دانه را افزایش داد. در این پژوهش، کاهش میزان نیتروژن مصرفی، کاهش درصد پروتئین دانه را به دنبال داشت. Modhej و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند، کاهش طول دورهٔ پر شدن دانه در اثر برخورد این مرحله از رشد با شرایط خشک و گرم پایان فصل باعث افزایش محدودیت تجمع کربوهیدرات‌ها در دانه، افزایش درصد پروتئین و کاهش وزن دانه در گندم شد. Dorda و Sioulas (۲۰۰۸) گزارش کردند که کاربرد نیتروژن در مقایسه با شاهد باعث افزایش عملکرد دانه گلرنگ شد و این افزایش عملکرد را به علت اثر نیتروژن روی فتوسنتز، مقدار فتوآسیمیلات‌هایی (منوساکاریدهای ذخیره کننده انرژی حاصل از فرآیند فتوسنتز در گیاه) که به وسیله گیاه تولید می‌شود، تسهیم‌بندی ماده خشک و رشد و نمو اندام‌ها دانستند. Sharif و همکاران (۲۰۰۷) نیز در بررسی سه غلظت مختلف کلرمکوات کلراید صفر، ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به روی ارتفاع جو پاییزه رقم والفجر مشاهده کردند که با افزایش غلظت سایکوسل از صفر به ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ارتفاع ظاهری بوته کاهش معنی‌داری یافت. این محققین بیان کردند که علت این کاهش ارتفاع، در نتیجه تأثیر

سایکوسل در جلوگیری از رشد طولی سلول‌ها می‌باشد و همچنین سایکوسل از سنتز آنزیم انت کائورن (Ent- kaurene synthase enzyme) در مراحل اولیه بیوسنتز جیبرلین جلوگیری می‌کند. آنتی‌اکسیدان‌ها شامل دو گروه آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی همانند سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و و گلوتاتیون ردوکتاز و آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی همانند اسید آسکوربیک، گلوتاتیون، کاروتنوئیدها و توکوفرول‌ها می باشند (Verma et al., 2014). در موجودات زنده پراکسید هیدروژن به وسیله کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز سم‌زدایی می‌شود و کاتالاز در سلول‌های گیاهی تنها در پراکسی‌زوم و گلی‌اکسی‌زوم مستقر می‌باشد که از یون‌های فلزی به عنوان کوفاکتور استفاده می‌کند (Dat et al., 2000). گلوتاتیون پراکسیداز کاهش پراکسید هیدروژن را با استفاده از گلوتاتیون احیا شده کاتالیز می‌کند و از سلول‌ها در برابر آسیب‌های ناشی از اکسایش حفاظت می‌کند (Dixon et al., 1998). آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) مهم‌ترین آنزیمی است که رادیکال سوپراکسید را منهدم می‌کند و H_2O_2 و O_2 تولید می‌نماید H_2O_2 تولید شده توسط آنزیم کاتالاز و انواع مختلفی از پراکسیداز حذف می‌گردد. کاتالاز که عمدتا در پراکسیزم‌ها یافت می‌شود اصلی‌ترین آنزیمی است که به‌طور مستقیم H_2O_2 را به مولکول آب و O_2 تبدیل می‌کند (Mittler, 2002). Rajala (۲۰۰٤) بیان کرد که همزمان با افزایش در میزان سطوح نیتروژن بر میزان عملکرد دانه افزوده می‌شود و سطح شاهد دارای کمترین میزان عملکرد و سطح ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار دارای بیشترین میزان عملکرد می‌باشد. بیشترین میانگین عملکرد دانه نیز مربوط به سایکوسل با غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. Ebadi و Sajed (۲۰۰۷) بیان کردند که کاربرد کلرمکوات کلراید با کاهش مساحت برگ‌ها، افزایش سبزینگی برگ‌ها، کاهش ارتفاع بوته‌ها، تغلیظ شیره سلولی، افزایش تعداد شاخه‌های فرعی و افزایش قطر ساقه در جو همراه بوده است. به همین منظور این آزمایش برای تعیین میزان مناسب کود نیتروژن و غلظت کلرمکوات کلراید بر شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی و اثر متقابل این تیمارها تحت شرایط اقلیمی منطقه آزمایشی با اهداف زیر انجام شد: ۱. تعیین بهترین سطوح کود نیتروژن و غلظت کلرمکوات کلراید از لحاظ شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در کشت جو ۲. بررسی اثر متقابل نیتروژن و کلرمکوات کلراید جهت به‌دست آوردن حداکثر عملکرد دانه.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل (با ارتفاع حدود ۱۳۵۰ متر، عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٤٨ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و متوسط بارندگی سالیانه ۳۰۰-۲۸۰ میلی متر) در سال زراعی ۱۳۹٤ اجرا گردید. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایهٔ طرح بلوک های کامل تصادفی در ٤ تکرار بود که در آن تیمارهای کلرمکوات کلراید با غلظت‌های (عدم استفاده از کلرمکوات کلراید =C_1، ۵۰۰ =C_2، ۱۰۰۰ =C_3 و ۱۵۰۰ =C_4 میلی‌گرم در هکتار) و فاکتور نیتروژن در ۳ سطح (۵۰ =N_1، ۱۰۰ =N_2و ۱۵۰ =N_3 کیلوگرم در هکتار) در نظر گرفته شد. رقم مورد استفاده در این آزمایش رقم ماکویی دارای صفاتی نظیر مقاومت به تنش‌های محیطی زنده و غیرزنده خصوصاً تحمل به سرما و نیز سازگاری بالا در مناطق سردسیر کشور می‌باشد. به‌منظور آماده سازی زمین، قبل از اجرای آزمایش، زمین مورد نظر آبیاری شد و پس از گاورو شدن، به وسیله گاو آهن برگردان دار شخم زده شد. سپس جهت خردشدن

کلوخ‌ها و هم‌چنین یکنواخت شدن وضعیت خاک مزرعه، زمین مذکور دیسک و ماله زده شد. سپس اقدام به نمونه‌گیری از خاک مزرعه مورد آزمایش در عمق ۳۲-۸ سانتی‌متر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (جدول ۱). پس از آماده سازی زمین بذور برای هر خط کشت توزیع شده و کشت به صورت خشکه‌کاری با دست صورت گرفت. آبیاری مزرعه به صورت کرتی و با توجه به شرایط محیطی، به‌طور متوسط هر هفت روز یک بار و بر اساس مشاهده وضعیت رطوبتی خاک انجام و در طول دوره رشد به‌منظور مبارزه با علف‌های هرز وجین دستی اعمال گردید. روش مصرف کلرمکوات کلراید به این صورت بود که یک لیتر آن را در ٤٠٠ لیتر آب حل کرده و در مرحله اواسط پنجه‌زنی محلول‌پاشی صورت گرفت. به‌منظور تعیین محتوی آب نسبی (RWC[۲])، از هر واحد آزمایشی تعدادی برگ کاملاً سبز (برگ‌های بالایی) انتخاب شد و پس از انتقال به محل آزمایشگاه، سطوح آن با دستمال نم‌دار تمیز گردید و سپس توزین شده و به عنوان وزن تر گیاه ثبت شد. برگ‌ها به مدت ٢٤ ساعت در ظرف محتوی آب مقطر قرار گرفتند و دوباره پس از خشک کردن آب سطحی، توزین شدند که این عدد نیز به عنوان وزن اشباع برگ‌ها قرائت شد. به‌منظور تعیین وزن خشک، برگ‌ها به مدت ٤٨ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند. با استفاده از فرمول زیر محتوی رطوبت نسبی محاسبه شد (Hamrahi et al., 2008).

RWC = (وزن تر-وزن خشک)/ (وزن اشباع-وزن خشک) × ۱۰۰

اندازه‌گیری غلظت کلروفیل با استفاده از دستگاه SPAD-502 صورت گرفت (Hamrahi et al., 2008). جهت تعیین میزان کلروفیل برگ در ابتدا پس از روشن کردن دستگاه یکبار آن را بدون قرار دادن برگ در محفظه برگ قرائت نموده تا دستگاه کالیبره شود و سپس کار قرائت را از ۳ نقطه از هر برگ انجام و بعد میانگین سه نقطه با دستگاه مشخص شد.

میزان نیتروژن دانه در مرحلهٔ رسیدگی با استفاده از روش کجلدال محاسبه شده و سپس درصد پروتئین دانه با استفاده از رابطهٔ زیر تعیین شد (Voltas et al., 1997):

پروتئین (درصد) =نیتروژن(درصد) ×۵/۷

عملکرد پروتئین دانه از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین دانه به‌دست آمد. در انتهای فصل رشد و به هنگام رسیدگی فیزیولوژیک گیاه، به‌منظور تعیین صفاتی نظیر تعداد دانه در سنبله از هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و این صفات در آن‌ها اندازه‌گیری شدند. به‌منظور اندازه‌گیری وزن هزار دانه بعد از برداشت محصول، ۱۰ نمونه ۱۰۰ تایی از بذور هر کرت آزمایشی به‌طور تصادفی انتخاب و با ضرب کردن میانگین وزن آن‌ها در عدد ۱۰ وزن هزار دانه محاسبه گردید. و پس از جداکردن دانه‌ها از سنبله و رسیدن رطوبت دانه به ١٤ درصد، عملکرد دانه محاسبه گردید. برای تعیین رطوبت دانه از روش آون استفاده گردید (Sivritepe et al., 2008). بدین ترتیب که آب موجود در بذر توسط آون حذف شد و سپس مقدار رطوبت موجود در دانه از طریق تفاوت وزن بذرها قبل و بعد از حذف آب محاسبه گردید. جهت تعیین میزان سوپراکسید دیسموتاز، سه عدد برگ از هر واحد آزمایشی در هنگام صبح قبل از گرم شدن هوا از مزرعه برداشت شد. سعی بر آن بود که برگ‌ها کاملا جوان و سالم باشند، برگ‌ها داخل نایلون اتیکت گذاری شده قرار گرفت و در یخدانی که کف آن از یخ پوشیده بود قرار داده شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس توسط روش Beauchamp and

1.Relative Water Content

Fridovich (۱۹۷۱) میزان تغییرات این آنزیم تعیین شد. برای اندازه‌گیری آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز برگ‌های منتقل شده به آزمایشگاه را با آب مقطر شستشو داده و بلافاصله در بافر تریس ۱۶/. مولار با pH=۵/۷ وارد کرده و سپس خرد و یکنواخت شدند. آنگاه اجازه داه شد در حضور حجم مشابه از همان بافرحاوی دیجیتونین (آنزیم هضم کننده دیواره) فرایند هضم غشاء و دیواره سلول انجام شود. در پایان مقدار ۵/. میلی‌لیتر از محلول هموژن برای سنجش پروتئین برداشت شد و مقدار پروتئین آن برحسب میلی‌گرم در میلی‌لیتر تعیین گردید. سپس در باقی‌مانده محلول استخراجی مقدار آنزیم گلوتاتیون با روش Holy (۱۹۸۷) اندازه‌گیری شد. سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز به‌وسیله Chandlee and Scandalios (۱۹۸۷) انجام شد.

تجزیه آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون LSD (در سطح احتمال ۵ درصد) صورت گرفت.

جدول ۱: مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در منطقه اردبیل

هدایت الکتریکی dS.m-1	PH	ماده آلی درصد	**درصد اشباع (sp)**	P ppm	K ppm	N ppm	رس درصد	سیلت درصد	شن درصد
۱/۸	۷/۱	۱/٤	۲۹	۱۲	۱۸۵	۰/۰٦	۳۲	۲۷	٤۱

نتایج

صفات فیزیولوژیکی و اجزای عملکرد: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که که برهم‌کنش غلظت‌های مختلف کلرمکوات کلراید و کود نیتروژنه تأثیر معنی‌داری بر کلیه صفات فیزیولوژیکی و اجزای عملکرد جو داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل برگ از تیمار N_3C_4 (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار کلرمکوات کلراید) و کمترین آن از تیمار N_1C_1 (۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و عدم استفاده از کلرمکوات کلراید) به‌ترتیب ٤۲/۳ درصد و ۳۲/٦٤ درصد به‌دست آمد (جدول ۳). عدم استفاده از کلرمکوات کلراید باعث کاهش غلظت کلروفیل و سطح برگ شده و در نهایت منجربه کاهش عملکرد در گیاه می‌شود. مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات متقابل نیتروژن و کلرمکوات کلراید بر محتوی نسبی آب نشان داد که بیشترین محتوی نسبی آب از تیمار N_1C_4 (۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار کلرمکوات کلراید) و کمترین آن از تیمار N_3C_1 (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و عدم استفاده از کلرمکوات کلراید) به‌ترتیب ۷۵/۱۸ درصد و ٦۵/۸٦ درصد به‌دست آمد (جدول ۳). افزایش مصرف میزان کود نیتروژن سبب کاهش محتوی نسبی آب برگ به دلیل کاهش پتانسیل آب برگ گشت. نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی نیتروژن و کلرمکوات کلراید هر کدام بر تعداد دانه در سنبله در سطح ۱٪ معنی‌دار شدند. اما اثر متقابل نیتروژن و کلرمکوات کلراید بر این صفت در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله (۳۱/۱۱ عدد) از تیمار N_3C_4 (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار کلرمکوات کلراید) و کمترین تعداد دانه در سنبله (۳۱/۱۱ عدد) از تیمار N_1C_1 (۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و عدم استفاده از کلرمکوات کلراید) به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج بررسی وزن هزار دانه سطوح مختلف کود نیتروژن تحت تأثیر تیمارهای کلرمکوات کلراید نشان داد که در شرایط عدم استفاده، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار کلرمکوات کلراید تفاوت

معنی‌داری بین تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتـار نیتـروژن از لحاظ وزن هزار دانه مشاهده نشد (جدول ۳).

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های فیزیولوژیکی و اجزای عملکرد جو تحت تأثیر کلرمکوات کلراید و نیتروژن

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل	محتوی رطوبت نسبی	میانگین مربعات: تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
تکرار	۳	۱۱۲/۱۷^{ns}	۳/۳۵۲^{ns}	۱/۷۱^{ns}	٤/٥٩٢^{ns}	۱۸۳۹۱/۲٤^{ns}
کلرمکوات کلراید	۳	۷۸۲/٤۸**	٤٦۹/۳**	۹۹/۲٤**	۳/۷۹**	۷٤٤٥۱۰/۱**
نیتروژن	۲	۹۰۱/۰۱**	٥۷۱/۲**	٥۷۲۹۰/٤**	۲٤/۲۱**	۱۳۰۰۲۱٤/۲**
کلرمکوات کلراید × نیتروژن	٦	۲٤۱/۷۰**	۳۸۳/٦۱**	۸/٤۹*	۳/۹۹*	۸۷٤٤۹/۱۲**
خطا	۳۳	۱۱/۰۸	۱۲۱/۳۲	۲/۰۷	۰/۸۲	۱٤۸/۰۹
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۰/۲۳	۱۲/۰۳	۷/۰۱	۹/۷۲	۹/۰۹

^{ns}، *و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر متقابل کلرمکوات کلراید و نیتروژن بر خصوصیات فیزیولوژیکی و اجزای عملکرد جو رقم ماکویی

کلرمکوات کلراید (میلی‌گرم در هکتار)	نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	محتوای رطوبت نسبی (٪)	میزان کلروفیل (٪)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
شاهد	۵۰	٦۸/٦۳^{bcd}	۳۲/٦٤^{c}	۲۳/۳۷^{e}	۳۳/۸٦^{a}	۲٥٤۸/۸۸۸^{l}
	۱۰۰	٦۷/٥۸^{cd}	۳٤/٦۱^{bc}	۲٦/٥۳^{defg}	۳٤/۹٤^{a}	۳۰٥۸/۳۷^{i}
	۱٥۰	٦٥/۸٦^{d}	۳٦/٥۱^{abc}	۲۹/۲۷^{bcd}	۳٥/۰۷^{a}	۳۲٥۲/٥۷^{f}
٥۰۰	۵۰	٦۹/۷^{abcd}	۳٤/٦۱^{bc}	۲۳/۸٦^{gh}	۳٤/۹۲^{b}	۲٦٥۰/۸٤^{k}
	۱۰۰	٦۸/٦٤^{bcd}	۳٦/٥۷^{abc}	۲۷/۰۳^{cdef}	۳٥/۰۱^{a}	۳۱٦۰/۳۲^{k}
	۱٥۰	٦۹/۹۲^{abcd}	۳۸/٤۷^{abc}	۲۹/۷۷^{bc}	۳٥/۱۲^{a}	۳۳٥٤/٥۳^{d}
۱۰۰۰	۵۰	۷۲/٥٦^{abc}	۳۷/۰۳^{abc}	۲٤/٦۱^{fgh}	۳٥/۰۷^{a}	۲۸٦۷/۹۰^{j}
	۱۰۰	۷۱/٥۱^{abcd}	۳۹/۰۱^{abc}	۲۷/۷۷^{bcde}	۳٥/۱٥^{a}	۳۲۷۷/۳۸^{e}
	۱٥۰	٦۹/۷۸^{abcd}	٤۰/۸۹^{ab}	۳۰/٥۱^{b}	۳٥/۲۷^{a}	۳٥۷۱/٥۹^{c}
۱٥۰۰	۵۰	۷٥/۱۸^{a}	۳۸/٤۳^{abc}	۲٥/۲^{efgh}	۳٥/۳^{a}	۳۰۹۰/۲۸^{h}
	۱۰۰	۷٤/۱۳^{ab}	٤۰/٤۱^{ab}	۲۸/۳۸^{bcd}	۳٥/۳۸^{a}	۳٦۹۹/۷٥^{b}
	۱٥۰	۷۲/٤۱^{abc}	٤۲/۳۰^{a}	۳۹/٥۰^{a}	۳٥/٥۰^{a}	۳۷۹۳/۹۷^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

کلرمکوات کلراید با انتقال مواد فتوسنتزی کافی به دانه‌ها در پر شدن آن‌ها و افزایش وزن دانه‌ها نقش به سزایی دارند. مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات متقابل نیتروژن و کلرمکوات کلراید بر عملکرد دانه نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد دانه (۳۷۹۳/۹۷ کیلوگرم در هکتار) از تیمار N_3C_4 (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار کلرمکوات کلراید) و کمترین مقدار عملکرد دانه (۲۵٤۸/۸۸ کیلوگرم در هکتار) از تیمار N_1C_1 (۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و عدم استفاده از کلرمکوات کلراید) به‌دست آمد (جدول ۳). در تیمارهای مختلف کلرمکوات کلراید اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف نیتروژن به غیر از تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از لحاظ عملکرد دانه مشاهده نشد.

بررسی خصوصیات بیوشیمیایی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل کلرمکوات کلراید و نیتروژن بر عملکرد و درصد پروتئین دانه و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مورد بررسی معنی‌دار

است (جدول ٤). مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات متقابل نیتروژن و کلرمکوات کلراید بر عملکرد پروتئین دانه نشان داد که بیشترین عملکرد پروتئین دانه از تیمار N_3C_4 (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار کلرمکوات کلراید) و کمترین مقدار آن از تیمار N_1C_1 (۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و عدم استفاده از کلرمکوات کلراید) به‌ترتیب (٦٣/٥٥ و ٤٥/٣٤ گرم در مترمربع) به‌دست آمد. از طرفی در تمامی تیمارهای مختلف کلرمکوات کلراید (۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار) تیمارهای نیتروژن ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار نیتروژن ۵۰ کیلوگرم در هکتار داشتند (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌های مرتبط با درصد پروتئین دانه نشان داد که بیشترین درصد پروتئین دانه (۱۲/۵۷ درصد) از تیمار N_3C_4 (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار کلرمکوات کلراید) و کمترین میزان درصد پروتئین دانه (۱۱/٤۱ درصد) از تیمار N_1C_1 (۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و عدم استفاده از کلرمکوات کلراید) به‌دست آمد. مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات متقابل کلرمکوات کلراید و کود نیتروژنه بر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نشان داد که تیمار N_1C_1 (۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و عدم استفاده از کلرمکوات کلراید) با میزان فعالیت ۲۰۰۳/۲۷ واحد بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتئین بیشترین و تیمار N_2C_4 (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار کلرمکوات کلراید) با میزان فعالیت ۱٤۸۵ واحد بین المللی بر میلی‌گرم پروتئین کمترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز را دارا می‌باشد (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌های مرتبط با میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز نشان داد که تیمار N_1C_1 (۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و عدم استفاده از کلرمکوات کلراید) با میزان فعالیت ۱۳۸/۵۱ واحد بین المللی بر میلی‌گرم پروتئین بیشترین و تیمار N_2C_4 (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار کلرمکوات کلراید) با میزان فعالیت ۱۰٤/۵۸ واحد بین المللی بر میلی‌گرم پروتئین کمترین فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز را به خود اختصاص داد. که با سایر سطوح اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۵). اثرات برهم‌کنش کلرمکوات کلراید و کود نیتروژنه نشان که تیمار N_1C_1 (۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و عدم استفاده از کلرمکوات کلراید) با میزان فعالیت ۱۷۷/٦۵ واحد بین المللی بر میلی‌گرم پروتئین بیشترین و تیمار N_2C_4 (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار کلرمکوات کلراید) با میزان فعالیت ۱۲٦/۷۵ واحد بین المللی بر میلی‌گرم پروتئین کمترین فعالیت آنزیم کاتالاز را دارا می‌باشد. نتایج بدست آمده با نتایج تحقیقات (Ahmadpour et al., 2016) مطابقت دارد.

جدول ٤: نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های بیوشیمیایی جو تحت تأثیر کلرمکوات کلراید و کود نیتروژن

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد پروتئین	درصد پروتئین	گلوتاتیون پراکسیداز	کاتالاز	سوپراکسید دیسموتاز
تکرار	۳	۹٤/۷۲^{ns}	۰/۰٤۲^{ns}	۱٤/٦۳۸^{ns}	٦/۱۲۳^{ns}	۲٦۲۸۹/۱۲۳^{ns}
کلرمکوات کلراید	۳	۸۱۱/۰۷**	۲/۷٤**	۲۹۳/٦۸۵**	۱۱٤۷۵/۰۲**	۷٤۷۳٦۸۱/۰۹**
نیتروژن	۲	۷۰٤/۱۹**	۲/۹۰۲**	۸۹۲۵۱/۲۹٤**	۸۳۷٤/۲٦۱**	۲۰٦۳۵۷/۱۲٤**
کلرمکوات کلراید × نیتروژن	٦	۱۵۲/۰۸**	۲/۹۳۷*	۲۱۸/۵۷۲*	٤٦۹٤/۸۳**	۲۰۷۳۸٦/۱٤**
خطا	۳۳	۱۱۲/۲۳	۱/۰۷۹	۲۷/٦۸	۳۹/۸۲	۱۷۳۸۲/۰۹
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۱/۱۳	۱٤/٤۵	۹/٤۲	٦/۷۲	۸/۹۲

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشند.

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر برهمکنش غلظت‌های مختلف کلرمکوات کلراید و نیتروژن بر خصوصیات بیوشیمیایی جو رقم ماکویی

کلرمکوات کلراید (میلی‌گرم در هکتار)	نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد پروتئین (گرم در متر مربع)	درصد پروتئین	گلوتاتیون پراکسیداز (u/mg.protein)	کاتالاز (u/mg.protei)	سوپراکسید دیسموتاز (u/mg.protein)
شاهد	۵۰	٤٥/٣٤de	۱۰/٤۱b	۱۳۸/۵۱a	۱۷۷/٦٥a	۲۰۰۳/۲۷a
	۱۰۰	۵۱/۷cd	۱۱/۸٤a	۱۰۸/۲۱de	۱٤٤/۸۸de	۱۹۳۲/۹٦a
	۱۵۰	٥٦/۷٤b	۱۲/۰۹a	۱۲۰/۰۸c	۱٤۹/٤۸cd	۱۹٤۳/۳٦a
۵۰۰	۵۰	٤٥/٦۲e	۱۱/۵۲ba	۱۳۷/۳۲a	۱۷۱/٤۲ab	۱۸۹۲/۵ab
	۱۰۰	۵۱/٤٤cd	۱۱/۹۵a	۱۰۷/۰۳e	۱۳۸/٦٥defg	۱۸۲۲/۲۱ab
	۱۵۰	۵۷/۰۲b	۱۲/۲۱a	۱۱۸/۸۹c	۱٤۳/۲۵def	۱۸۳۲/۵۸b
۱۰۰۰	۵۰	٤۷/۷۵d	۱۱/۷۱a	۱۳۵/۵۷ab	۱٦٥/۳۳b	۱٦۲٦/۵۲c
	۱۰۰	۵۳/۵۷c	۱۲/۱٤a	۱۰۵/۲۸e	۱۳۲/۵٤fe	۱۵۵٦/۲۳c
	۱۵۰	۵۹/۱٤ab	۱۲/۳۹a	۱۱۷/٤۷cd	۱۳۷/۱٦efg	۱۵٦٦/٦۸cd
۱۵۰۰	۵۰	۵۲/٦۱۵c	۱۱/۸۹a	۱۳٤/۸٦ab	۱۵۹/۵۳bc	۱۵۵۵/۲۹cd
	۱۰۰	۵۷/۹۸b	۱۲/۳۲a	۱۲٦/۷۵bc	۱۲٦/۷۵g	۱٤۸۵/۱d
	۱۵۰	٦۳/۵۵a	۱۲/۵۷a	۱۳۱/۲۵ab	۱۳۱/۳۵fg	۱٤۹۵/۳۷d

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

بحث

کلرمکوات کلرید با اختلال در مسیر چرخه بیوسنتز جیبرلیک اسید از تشکیل آن در میان گره‌های ساقه جلوگیری کرده و در نتیجه کم کردن سرعت رشد طولی میانگره‌ها مانع از خوابیدگی ساقه می‌شود (Mirzaii Abdolyosef et al., 2011). از نتایج حاصل این طور بر می‌آید که نیتروژن یک عنصر تعیین کننده در تغذیه، رشد گیاه و عملکرد آن محسوب می‌شود، به‌طوری که میزان نیتروژن قابل دسترس برای گیاه می‌تواند میزان پروتئین دانه، محتوای کلروفیل برگ و اندازه و حجم پروتوپلاسم سلولی را افزایش دهد و هم‌چنین سطح برگ و فعالیت فتوسنتزی را تحت تأثیر قرار دهد. هم‌چنین محلول پاشی کلرمکوات کلراید به میزان ۱۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار باعث افزایش میزان کلروفیل برگ به میزان ٤٤/۷۳ درصد نسبت به شرایط عدم استفاده از کلرمکوات کلراید ۳۳/۸ درصد شده است. عدم استفاده از کلرمکوات کلراید باعث کاهش غلظت کلروفیل و سطح برگ شده و در نهایت منجربه کاهش عملکرد در گیاه می‌شود. در این بین محتوای کلروفیل در برگ‌ها بسیار وابسته به میزان حضور نیتروژن در محیط ریشه است. بنابراین چنین به نظر می‌رسد که نیتروژن می‌تواند سبب یک افزایش نسبی در میزان جذب عناصر غذایی گردد. از دیگر اثرات نیتروژن می‌توان به افزایش فعالیت متابولیک گیاه و تسریع در نقل و انتقال مواد در درون اندام‌های گیاهان اشاره کرد. Varvel و همکاران (۱۹۹۷) تأیید کردند که افزایش کاربرد کود نیتروژن موجب افزایش میزان نسبی کلروفیل در ذرت می‌شود. Peng و همکاران (۱۹۹۹) در آزمایشی روی برنج گزارش کردند که محتوای کلروفیل در اثر کاربرد کود نیتروژن افزایش یافت و همبستگی بالایی را با کلروفیل برگ نشان داد. Molodi و همکاران (۲۰۱۵) گزارش

نمودند که کمبود نیتروژن از طریق پائین آوردن LAI و نیز به هم خوردن سنتز و تخریب پروتئین، پیری زودرس برگ‌ها را سبب می‌گردد و به‌خصوص با اثر بر روی روبیسکو بر فرآیند فتوسنتز گیاه تأثیر منفی می‌گذارد. رشد و نمو گیاهان تحت تأثیر فرآیندهای مختلف فیزیولوژیک و بیوشیمیایی از قبیل فتوسنتز، تنفس، انتقال مواد، جذب یون و متابولیسم مواد غذایی قرار می‌گیرد که این فرآیندها رابطه مستقیم با میزان آب قابل دسترس و تداوم آن دارد (Ahmadpour et al., 2016). افزایش مصرف میزان کود نیتروژن سبب کاهش محتوی نسبی آب برگ به دلیل کاهش پتانسیل آب برگ می‌گردد. هم‌چنین محلول پاشی کلرمکوات کلراید به میزان ۱۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار باعث افزایش محتوی آب نسبی نسبت به شرایط عدم استفاده از کلرمکوات کلراید شده است. از نتایج به‌دست آمده چنین به نظر می‌رسد که غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار کلرمکوات کلراید عامل افزایش تعداد سنبله در واحد سطح و نهایتا افزایش تعداد دانه در سنبله باشد. نتایج تحقیقات Taghizadeh و Seyed Sharifi (۲۰۱۱) نشان داد که، بین تعداد دانه و زمان لازم تا رسیدگی فیزیولوژیکی بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت و بین نسبت دانه به سنبله، تعداد دانه در واحد سطح، سنبله‌های توپر و عملکرد یک همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت به‌طوری که با افزایش تعداد دانه در سنبله عملکرد دانه نیز افزایش یافت.

Pirasteh-Anoshe و Emam (۲۰۱۲) به این نتیجه رسیدند که سایکوسل اثر مثبتی بر تعداد دانه در سنبله گندم نان داشت. تعداد دانه در سنبله در بوته‌های تحت تیمار سایکوسل ١٤ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود. Mojadam و همکاران (٢٠١٦) اعلام نمودند که از بین تیمارهای مختلف سایکوسل بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله، به تیمار ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام با میانگین ۳۱ و تیمار شاهد با میانگین ٢٦/٥ اختصاص داشت. کلرمکوات کلراید با انتقال مواد فتوسنتزی کافی به دانه‌ها در پر شدن آن‌ها و افزایش وزن دانه‌ها نقش به سزایی دارند. به‌علاوه میزان مواد فتوسنتزی و ذخیره کربوهیدرات‌ها، افزایش یافته و مقدار حرکت مواد پرورده به دانه‌ها هم افزایش می‌یابد. که نتایج پژوهش‌های Shekoofa و Emam(۲۰۰۸) با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. Hokmalipour و Sharifi Seyed (٢٠١٤) نتیجه گرفتند، کمبود نیتروژن باعث کاهش تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه شد. در بررسی حاضر، غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در هکتار کلرمکوات کلرید، می‌تواند به دلیل میزان فتوسنتز بیشتر و توزیع بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها باشد. که به نظر می‌رسد تأثیر کاربرد تنظیم کننده رشد بر وزن دانه دارای یک حد آستانه است که کاربرد بیشتر نه تنها باعث افزایش وزن هزار دانه نمی‌شود، بلکه ممکن است اثرات منفی به علت طولانی شدن رشد رویشی بر وزن هزار دانه داشته باشد. کاهش عملکرد دانه در صورت عدم استفاده از کلرمکوات کلراید و مقادیر کود نیتروژن نیز توسط سایر محققین در مورد گیاهان کتان روغنی و گندم (Movahhedi Dehnavi et al., 2010) گزارش شده است. نتایج به دست آمده از بررسی‌های Gardner (۲۰۰۷) نشان داد که محلول‌پاشی سایکوسل موجب کاهش رشد رویشی گیاه و افزایش طول دوره زایشی و پرشدن دانه شده و در نتیجه موجب افزایش وزن صد دانه می‌گردد. سایکوسل با انتقال مواد فتوسنتزی کافی به دانه‌ها در پر شدن آن‌ها و افزایش وزن دانه‌ها نقش به سزایی دارند. یافته‌های این آزمایش با نتایج Khalilzadeh و همکاران (٢٠١٦) مطابقت دارد. یکی از عوامل لازم برای دستیابی به عملکرد بالا، تامین شرایط مطلوب برای تولید بهینه مواد فتوسنتزی می‌باشد که تولید این مواد تحت تأثیر

میزان نیتروژن موجود در گیاه و لازم برای فعالیت‌های متابولیکی، قرار دارد (Beheshti and Behboodi, 2010). Yusefzadeh و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش نمودند که با افزایش سطوح نیتروژن عملکرد دانه افزایش یافت و بیشترین عملکرد دانه با کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌دست آمد. به نظر می‌رسد، افزایش توزیع مجدد نیتروژن در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و برهمکنش آن با کاهش طول دورهٔ پر شدن دانه در اثر برخورد با گرمای انتهای فصل باعث افزایش معنی‌دار تیمار کودی مذکور نسبت به کود ۵۰ کیلوگرم در هکتار شد. محلول پاشی با غلظت بالای سایکوسل گرچه موجب کند شدن رشد گیاه می‌گردد ولی می‌تواند میزان گلچه‌های بارور و عملکرد دانه را افزایش دهد، ضمن آنکه تیمار سایکوسل ظرفیت فتوسنتزی و تخصیص مواد فتوسنتزی را به مخازن افزایش می‌دهد (Wang et al., 2009). Mojadam و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که بیشترین درصد پروتئین دانه جو با میانگین ۱۳ درصد مربوط به تیمار ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام و کمترین با میانگین ۱۲ درصد به تیمار شاهد تعلق داشت. نتایج مشابه توسط Bly و Woodwar (۲۰۰۳) گزارش شده است. به نظر می‌رسد پروتئین دانه درصورت عدم استفاده از کلرمکوات کلراید نسبت به استفاده از کلرمکوات کلراید با غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار، کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شده که این امر باعث کاهش عملکرد پروتئین دانه در هر سه سطح کود نیتروژن شد. Modhej و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که میانگین عملکرد پروتئین دانه گندم در شرایط بهینه و تنش گرمای انتهایی فصل به ترتیب ٤٩/٦ و ٤٤/٩/ گرم در متر مربع بود. بنابراین عملکرد پروتئین دانه در شرایط تنش نسبت به شرایط بهینه ۹ درصد کاهش یافت. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با نتایج (Radmehr et al., 2005) مطابقت دارد. نتایج تحقیقات مؤید این است که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تیمارهای عدم استفاده از کلرمکوات کلراید و سطوح پایین نیتروژن وجود دارد. که نشان دهنده این است که در صورت عدم استفاده از کلرمکوات کلراید و کاهش کود نیتروژن مقدار فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز و کاتالاز) افزایش می‌یابد. در بررسی شاخص‌های بیوشیمیایی نتایج به‌صورت کلی نشان داد که استفاده از سایکوسل و کود نیتروژنه از طریق کاهش فشار ناشی از سطوح پایین نیتروژن سبب افزایش مقاومت به عوامل محیطی می‌گردد. به عبارتی می‌توان گفت استفاده از سایکوسل و کودها سبب حفظ سلول در شرایط طبیعی می‌گردد. افزایش گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن، در غلظت‌های پایین به‌عنوان پیک ثانویه در مسیرهای ترارسانی علامت برای پاسخ سلول‌ها به تنش عمل می‌کنند اما در غلظت‌های بالا موجب اکسید شدن لیپیدها، تغییر ساختار غشا، تخریب سیستم‌های نوری فتوسنتزی و رنگدانه‌ها، می‌شود (Bahadoran et al., 2015). Logan و همکاران (۱۹۹۹) اعلام کردند نیتروژن تأثیر زیادی بر فعالیت آنزیم‌های درگیر در فتوسنتز همانند ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز دارد. در صورت نبود نیتروژن کافی از فعالیت ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز کاسته و بر میزان انتقال الکترون در مسیر احیاء نوری اکسیژن از طریق واکنش مهلر در درون کلروپلاست افزوده می‌شود. این امر در نهایت تولید اکسیژن فعال را بالا می‌برد. در این شرایط انتظار می‌رود بر فعالیت ترکیبات آنزیمی و غیرآنزیمی آنتی اکسیدان در برگ های گیاهان افزوده شود. در مقابل Lin و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند افزایش مصرف و بکارگیری نیتروژن سبب بالا رفتن میزان تولید آنزیم‌های SOD، POD، CAT، APX در گیاه *Populus yunnanensis* شد. Ahmadpour و همکاران

(2016) گزارش نمودند که در ٤ رقم گیاه عدس (گچساران، کیمیا، زیبا و رباط) تنش رطوبتی (۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی) منجر به افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در مقایسه با شرایط بدون تنش شد. نتایج بدست آمده از این پژوهش با تحقیقات Agarwal و همکاران (۲۰۰۵) بر روی گندم، Chen و همکاران (۲۰۰۰) بر روی ذرت مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که کلرمکوات کلراید با کاهش رشد رویشی، موجب اختصاص هر چه بیشتر مواد فتوسنتزی جهت پر شدن دانه‌ها و افزایش عملکرد دانه گردید. هم‌چنین افزایش مصرف میزان غلظت کلرمکوات کلراید و فراهمی نیتروژن موجب کاهش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز شده است. به‌طور کلی، در این پژوهش بیشترین میزان کلروفیل، محتوای رطوبت نسبی، اجزای عملکرد، عملکرد و درصد پروتئین از کاربرد تیمار ۱۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار کلرمکوات کلراید و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، کاربرد کندکننده رشد کلرمکوات کلراید به‌منظور کنترل رشد رویشی، کاهش اثرات تنش‌های محیطی و در نتیجه افزایش عملکرد محصول جو رقم ماکویی در منطقه اردبیل قابل توصیه است.

References

Agarwal, S., Sairam, R.K., Srivatava, G.C. and Meena, R.C. (2005). Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. Biologia Plantarum. 49(4): 541-550.

Ahmadpour, R., Hosseinzadeh, S.R. and Chashiani, S. 2016. Study of root morpho-physiological and biochemical characteristics of lentil (Lens culinaris Medik.) in response to moisture stress. Journal of Irainian Plant Ecophysiological Research (Plant Sciences Research). 11(43): 39-51. (In Persian with English abstract).

Akbari, V., Jalili Marandi, R., Khara, J. and Farrokhzad, A.R. (2015). The response two varieties of olive Mary and Mission to CCC treatment under drought stress. Iranian Horticultural Science 46(2): 213-223 [in Persian with English abstract].

Bahadoran, M., Abrishamchi, P., Ejtehadi, H. and Ghassemzadeh, F. (2015). Study on some physiological characteristics of Salsola richteri in drought condition in the two desert regions of the South Khorasan province. Plant Biology. 7(24): 1-14. (In Persian with English abstract).

Beauchamp, C. and Fridovich, I. (1971). Superoxide dismutase: improved assays and applicable to acryl amide gels. Annual Review of Biochemistry. 44: 276-287.

Beheshti, A. and Behboodi, B. (2010). Dry matter accumulation and remobilization in grain sorghum genotypes (*sorghum bicolor* L.) Monech) under drought stress condition. Crop Science. 4: 185-189.

Bly, A.G. and Woodward, H.J. (2003). Foliar nitrogen application timing: Influence on grain yield and grain protein concentration of hard red spring wheat. Agronomy Journal 95: 335–338.

Burton, J.D., Pedersen, M.K. and Coble, H.D. 2008. Effect of cyclanilide on auxin activity. Journal of Plant Growth Regulation 27: 342-352.

Chandlee, J.M. and Scandalios, J.G. (1984). Analysis of variants affecting the plants. Plant Nutrition Soil Science. 168: 541-549.

Chen, W.P., Li, P.H. and Chen, T.H.H. (2000). Glycinebetaine increases chilling tolerance and reduces chilling induced lipid peroxidation in Zea mays L. Plant Cell Environment. 23: 609-618.

Dat, J., Vandenabeele, S., Vranova, E., Van Montagu, M., Inze, D. and Van Breusegem, F. (2000). Dual action of the

active oxygen species during plant stress responses. Cellular and Molecular Life Sciences. 57: 779–795.

Dixon, D.P., Cummins, I., Cole, D.J. and Edwards, R. (1998). Glutathione-mediated detoxification systems in plants. Current Opinion in Plant Biology. 1: 258–266.

Dordas, C.A. and Sioulas, C. (2008). Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rain fed conditions. Field Crops Res. 27: 75-85.

Ebadi. A., Sajed, K. and Asgari, R. (2007). Effects of water deficit on dry matter remobilization and grain filling trend in three spring barley genotypes. Journal of Food Agriculture Enviroment. 5: 359-362**.**

Espidkar, Z., Yarnia, M., Ansari, M., Mirshekari, B. and Asadi Rahmani, H. (2016). Effect of mycorrhiza fungi on ecophysiological characteristics of barley cultivars in response to inoculation with different strains of Pseudomonas fluorescence under rain fed conditions. Crop Physiology Journal. 8(30): 21-38. (In Persian with English abstract).

Hamrahi, S., Habibi, D., Madani, H. and Mashhadi Akbar Boojar, M. (2008). Effect of cycocel and micronutrients on antioxidants rates as indices of drought resistance of rapeseed. New Finding Agriculture. 2(3): 316-329. (In Persian with English abstract).

Hatamvand, M., Hasanloo, T., Dehghan Nayeri, F., Shiranirad, A.H., Ali Tabatabaei, S. and Mohammad Hosseini, S. (**2015).** Evaluation of some physiological and biochemical indices of canola in response to drought stress. Enviromental Stresses in Crop Science. 7(2): 173-185**.** (In Persian with English abstract).

Hokmalipour, S. and Seyed Sharifi, R. (2014). 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. Iranian Journal of Field Crops Research. 12(4): 822-833. (In Persian with English abstract).

Holy, M.C. (1972). Indole acetic acid oxidase: a dual catalytic enzyme. Plant Physiology. 50: 15-18.

Jiriaie, M., Sajedi, N.A., Madani, H. and Sheikhi, M. (2009). Effect of PGPR and water deficit on agronomical traits of wheat (cv. Shahriar). Scientific Journal Database. 3(4): 333-343. (In Persian with English abstract).

Khalilzadeh, R., Seyed Sharifi, R. and Jalilian, J. (2016). Antioxidant status and physiological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) to cycocel application and bio fertilizers under water limitation condition. Journal of Plant Interaction. 11(1): 130-137.

Lin, T., Zhu, X. and Zhang, F. (2012). The Interaction effect of cadmium and nitrogen on *Populus yunnanensis*. Journal Agriculture Science. 4 (2):125-134.

Logan, B.A., Demmig-Adams, B., Rosenstiel, T.N. and Adams, W.W. (1999). Effect of nitrogen limitation on foliar antioxidants in relationship to other metabolic characteristics. Planta. 299: 213–220.

Merajipour, M., Movahhedi Dehnavi, M., Baluchi, H. and Merajipour, M. (2014). Effect of cycocel on safflower seed yield and oil at different levels of nitrogen and plant density. Crop Production. 6(3): 163-180. (In Persian with English abstract).

Mirzaii Abdolyosefi, A.A., Jafari Haghighi, B. and Emam, Y. (2011). Effect of planting density and chlormequat chloride on growth and yield of wheat (Triticum aestivum var Cross Azadi). Journal of Plant Physiology. 3(8): 1-15. (In Persian with English abstract).

Modhej, A., Naderi, A., Emam, Y., Aynehband, A. and Normohamadi, G. (2008). Effects of post-anthesis heat stress and nitrogen levels on grain yield in wheat (*T. durum* and *T. aestivum*) genotypes. International Journal of Plant Production. 2(3): 257-268. (In Persian with English abstract).

Mojadam, M., Sakinezhad, T., Shokoohfar, A. and Esmailipour, N. (2016). Effect of plant density and cycocel on quantitative characteristics and protein barley cultivar south. Crop Physiology

Journal. 8(29): 121-135. (In Persian with English abstract).

Molodi, A., Ebadi, A. **and Davari, M. (2015).** Effect of nitrogen application on dry matter and nitrogen remobilization of spring barley under water deficit conditions. Crop Production. 8(3): 95-114. (In Persian with English abstract).

Movahhedi Dehnavi, M., Ranjbar, M., Yadavi, A.R. and Kavusi, B. (2010). Effect of cycocel on proline, soluble sugars, protein, oil and fatty acids of *Linum Usitatissimum* L plants under drought stress in a pot trial. Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences. 2(3): 129-138. (In Persian with English abstract).

Peng, S., Sanico, A.L., Grrcia, F.V., Laza, R.C., Visperas, R.M., Descalsota, J.P. and Cassman, K. (1999). Effect of leaf phosphorus and potassium concentration on chlorophyll meter reading in rice. Plant Prodction. Science. 2: 227-231.

Pirasteh-Anosheh, H. and Emam, Y. (2012). Yield and yield components responses of bread and wheat to PGRs under stress conditions in field and greenhouse. Environmental Stress in Crop Science. 5: 1-18.

Radmehr, M., Lotfali-Ayeneh, A. and Mamaghni, R. (2005). A study of the reaction of middle, long and short season wheat genotypes to different sowing dates. Seed and Plant. 21(2): 175-189.

Rajala, A. 2004. Plant growth regulators to manipulate oat stands. Agriculture and food Science in Finland. 13:186-197.

Seyed Sharifi1, R. and Namvar, A. (2016). Plant density and intra-row spacing effects on phenology, dry matter accumulation and leaf area index of maize in second cropping. Biologija. 62(1): 46-57.

Sharif, S., Saffari, M. and Emam, Y. (2007). The effect of drought stress and cycocel on barley yield (Cv. Valfajr). Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources). 10 (4) :281-291. (In Persian with English abstract).

Shekoofa, A. and Emam, Y. (2008). Effects of nitrogen fertilization and plant growth regulators (PGRs) on yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Shiraz. Agricultural Science and Technology. 10, 101-108.

Sivritepe, N., Sivritepe, H.O. and Turkben, C. (2008). Determination of moisture content in grape seeds. Seed Science and Technology. 36: 198-200.

Subedi, K.D., Ma, B.L. and Xue, A.G. (2007). Planting date and nitrogen effects on grain yield and protein content of spring wheat. Crop Science. 47:36-44.

Taghizadeh, R. and Seyed Sharifi, R. (2011). Effect of nitrogen fertilizer on yield attributes and nitrogen use efficiency in corn cultivars. Journal of Water and Soil Science. 15(57): 209-217. (In Persian with English abstract).

Varvel, G.E., Schepers, J.S., and Francis, D.D. (1997). Ability for in season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. Soil Science Journal. 61: 1233-1239.

Verma, K.K., Singh, M., Gupta, R.K. and Verma, C.L. (2014). Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence, antioxidant enzymes and growth responses of Jatropha curcas during soil flooding. Turkish Journal of Botany. 38: 130-40.

Voltas, J., Romagosa, I. and Araus, J. L. (1997). Grain size and nitrogen accumulation in sink-reduction barley under Mediterranean conditions. Field Crops Research. 52: 117-126.

Wang, H., Li, Q., Liu, H.S. and Xiao, L.T. (2009). Chlorocholine chloride application effects on photosynthetic capacity and photoassimilates partitioning in potato (*Solanum tuberosum* L.). Scientia Horticulturae. 119: 113-116.

Yusefzadeh, M. Daneshvar, M. Shahrvasvand, S. and Sorkhe, H. (2013). The effects of ethephon and nitrogen fertilizer on yield and yield components of sweet sorghum. Scientific Journal Database. 44(2): 199-207. (In Persian with English abstract).