نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد چهاردهم، شماره ۴(۵۶)، زمستان ۱۳۹۹، صفحه ۵۱۸-۴۹۹

مقاله پژوهشی DOI: 10.30495/jcep.2021.679977

اثر محلول‌پاشی عناصر غذایی بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک کرچک (*Ricinus communis* L.) در سطوح مختلف کم‌آبیاری

فردانه اوسطی[۱]، تورج میرمحمودی[۲*]، بهمن پاسبان اسلام[۳]، سامان یزدان ستا[۲]و حسن منیری‌فر[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۵/۱۶ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱۱/۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۵/۲۸

چکیده

به‌منظور بررسی اثر دور آبیاری و محلول‌پاشی کودهای شیمیایی بر برخی از صفات مورفوفیزیولوژیک کرچک، از طریق اجرای آزمایشی در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی آذربایجان‌شرقی، به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ بررسی شد. فاکتور اول سطوح آبیاری در این بررسی شامل آبیاری نرمال، آبیاری پس از ۸۰ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر در کرت اصلی و هشت تیمار کودی شامل گوگرد، پتاسیم، نیتروژن، گوگرد + پتاسیم، گوگرد + نیتروژن، پتاسیم + نیتروژن، گوگرد + پتاسیم+ نیتروژن و شاهد به‌صورت محلول‌پاشی در کرت‌های فرعی بودند. نتایج نشان داد اثر دور آبیاری و محلول‌پاشی بر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. اثر متقابل دو تیمار بر کلیه صفات، به غیر از شاخص کلروفیل، معنی‌دار گردید. در این بررسی دور آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر شاخص کلروفیل را نسبت به شرایط نرمال افزایش داد. همچنین محلول‌پاشی S+N+K مقدار صفت مذکور را در مقایسه با تیمار شاهد به میزان ۱۴/۹۰ درصد بالا برد. بالاترین ارتفاع بوته، تعداد برگ، ضریب هدایت روزنه‌ای، تعداد شاخه فرعی، عملکرد زیست توده و عملکرد دانه (۰/۴۵ کیلوگرم در هکتار) و کمترین محتوی پرولین برگ به تیمار محلول‌پاشی S+N+K در شرایط آبیاری نرمال اختصاص یافتند، محلول‌پاشی S+N+K توانست عملکرد دانه را در مقایسه با تیمار شاهد محلول‌پاشی در دور آبیاری بعد از ۸۰ و ۱۴۰ میلی‌متر به‌ترتیب ۴۵/۸۳ و ۴۰/۰ درصد افزایش دهد و اثر تنش کم‌آبی را بر صفات مورد مطالعه تعدیل نماید.

واژگان کلیدی: کلروفیل، کم‌آبی، گوگرد، نیتروژن.

۱- دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران.

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران.

(نگارنده‌ی مسئول) toraj73@yahoo.com

۳- دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.

مقدمه

کرچک (*Ricinus communis* L.) متعلق به تیره فرفیون بوده و در مناطق گرمسیری رشد می‌کند و منشاء آن غرب آفریقاست (Anjani, 2012). این گیاه علاوه بر پتانسیل بالا در تولید بیودیزیل، به خاطر ویژگی‌های پروتئینی و روغنی، کاربردهای صنعتی و دارویی بسیاری دارد از جمله به عنوان مایع و روان کننده‌های صنعتی سازگار با محیط زیست تا مایع عایق برای استفاده‌های الکتریکی نظیر مبدل‌ها و ماده افزودنی در آسفالت (Metzger and Bornscheuer, 2006). بر اساس گزارش فائو (FAO, 2018) سطح زیر کشت کرچک در سال ۲۰۱۶ در جهان برابر ۱/۱۶۸ میلیون هکتار و مقدار تولید بذر آن ۴۲/۷۱ میلیون تن بود. سطح زیر کشت کرچک در ایران برابر ۱۱/۰۲ هزار هکتار و میزان تولید آن ۳۴۶ هزار تن می‌باشد.

کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده و احتمال وقوع خشک‌سالی در آن فراوان است، از این‌رو اجرای تکنیک‌های کم آبیاری به‌منظور بهره‌وری بیشتر از منابع محدود آب، راه‌کارهای علمی به‌منظور کاهش مصرف آب به شمار می‌روند (Stoll *et al*., 2015).

آب یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که تأثیر عمده‌ای بر رشد و نمو و مواد مؤثره‌ی گیاهان دارویی دارد (Jafarzadeh *et al*., 2010). کمبود آب در جریان تولید گیاهان می‌تواند صدمات فراوانی به رشد و نمو و همچنین بر مواد مؤثره‌ی دارویی گیاهان وارد نماید (Jafarzadeh *et al*., 2014). شناسایی زمان بحرانی و زمان‌بندی بر مبنای یک برنامه دقیق و اساسی برای گیاه، کلیدی برای نگهداری آب و بهبود عملیات آبیاری و قابلیت تحمل گیاه به کمبود آب در کشاورزی است (Omidi *et al*., 2011). کرچک همانند بسیاری از گیاهان زراعی از تنش کمبود آب متأثر می‌گردد. بر اساس گزارش کوتروباس و همکاران (Koutroubas *et al*., 2000) با افزایش آبیاری، عملکرد دانه و تجمع ماده خشک در کرچک افزایش یافت. رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani-Moghaddam *et al*., 2009) نیز اعلام کردند خشکی تأثیر به‌سزایی بر کاهش عملکرد دانه در کرچک داشت. لایی و همکاران (Laei *et al*., 2011) نشان دادند تنش خشکی بر اکثر صفات مورد مطالعه در کرچک نظیر طول گل‌آذین، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد روغن و درصد پروتئین اثر معنی‌داری داشت. موسوی و همکاران (Moosavi *et al*., 2014) نشـان دادند کمبود آب باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه در واحد سطح، مقدار آب نسبی برگ و افزایش معنی‌دار دمای برگ در کرچک شد.

تنش خشکی علاوه بر اثر منفی بر عملکرد، باعث بروز یا تشدید سایر تنش‌ها مخصوصاً تنش کمبود عناصر غذایی برای گیاه می‌شود (Hamzehi and Babaie, 2016). در بین عناصر غذایی، نیتروژن نقش بسیار مهمی را در تولید گیاهان بر عهده دارد و کمبود آن یکی از عوامل محدود کننده تولید گیاهان است. در شرایط کمبود آب در خاک، جذب عناصر غذایی خصوصاً نیتروژن کاهش یافته و این امر باعث می‌شود که تناسب مطلوبی بین میزان فراهمی آب و مصرف کود برقرار گردد تا از مصرف بی‌رویه نیتروژن که تأثیری بر روی عملکرد دانه ندارد، خودداری گردد (Hamzehi and Babaie, 2016). نیتروژن نقش مهمی در بسیاری از فرآیندهای بیوشیمی گیاه از جمله

ساختمان آنزیم‌ها، ساختمان کلروفیل‌ها، اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌های ذخیره‌ای، دیواره سلول و دیگر ترکیبات سلولی دارد، در نتیجه، کمبود این عنصر بقای گیاه، عملکرد و پروتئین دانه را متأثر می‌سازد (Gan *et al*., 2011).

سطوح بالای نیتروژن رشد رویشی را بیش از رشد زایشی در کرچک تحریک می‌کند. با تکمیل مصرف عناصر غذایی از طریق محلول‌پاشی می‌توان وضعیت رشد گیاه را در شرایط تنش بهبود بخشید (Rezvani-Moghaddam *et al*., 2009). بر اساس گزارش موسوی و همکاران (Moosavi *et al*., 2014) گوگرد تأثیر مهمی در افزایش جذب سایر عناصر مهم نظیر فسفر در خاک‌های قلیایی داشته و در افزایش خوشه‌های اصلی در گیاه کرچک نقش مهمی را به عهده دارد. تأثیر مثبت گوگرد در جذب فسفر توسط ایرانی‌پور و همکاران (Iranipour *et al*., 2003) نیز گزارش شده است. کود شیمیایی پتاسیم در حفظ تعادل آبی، ایجاد فشار تورژسانس و باز و بسته شدن روزنه‌ها، در تجمع و انتقال هیدرات‌های کربن تولید شده نقش دارد و تعادل آبی گیاه را کنترل می‌کند. این عنصر علاوه بر افزایش تولید و بهبود کیفیت محصول، سبب افزایش مقاومت گیاهان به‌خشکی گردیده و کارایی مصرف آب و کود را افزایش می‌دهد (Rezvani-Moghadam *et al*., 2009). جباری و همکاران (Jabari *et al*., 2015) در مطالعه اثر کودهای شیمیایی و تراکم بوته بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن گیاه کرچک در منطقه سیستان نشان داد که با افزایش مصرف کود شیمیایی ارتفاع بوته، عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت افزایش یافت. آنها اظهار داشتند بیشترین ارتفاع بوته، عملکرد دانه و بیولوژیک از تیمار کود شیمیایی (NPK) و تراکم ۳/۷ بوته در مترمربع به‌دست آمد. پورطاهری و همکاران (Pour Taheri *et al*., 2012) در بررسی عملکرد روغن کرچک در فواصل مختلف آبیاری و مقادیر مختلف کود نیتروژن گزارش کردند هر چند با کاهش میزان آب مصرفی و به تبع آن بروز تنش خشکی از عملکرد گیاه کرچک کاسته می‌شود اما با مصرف کود، بخصوص کود نیتروژنه در بالاترین سطح تنش، می‌توان تا حدی از بروز اثرات سوء تنش خشکی بر عملکرد این گیاه کاست. در مطالعه عباسی‌صدر و همکاران (Abasi Sadr *et al*., 2018) بالاترین ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد روغن و شاخص برداشت در شرایط آبیاری نرمال (تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) گزارش شد. با توجه به اهمیت گیاهان دارویی و همچنین وجود کم‌آبی در اکثر مناطق کشور، مطالعه حاضر به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی عناصر غذایی بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک کرچک در سطوح مختلف آبیاری در شرایط شهرستان تبریز انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی آذربایجان‌شرقی در دو سال ۹۷-۱۳۹۶ با مشخصات ۴۶ درجه و ۲ دقیقه شرقی و ۳۷ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی به اجرا درآمد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول شماره ۲ قید گردیده است. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. فاکتور اول سطوح آبیاری شامل: آبیاری نرمال (۲۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر، دور آبیاری ۵ روز)، آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر و آبیاری پس از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر در کرت اصلی و هشت تیمار کودی شامل گوگرد، پتاسیم،

نیتروژن، گوگرد + پتاسیم، گوگرد + نیتروژن، پتاسیم + نیتروژن، گوگرد + پتاسیم+ نیتروژن و شاهد به‌صورت محلول‌پاشی در کرت‌های فرعی بودند. محلول‌پاشی در مرحله پر شدن دانه‌ها انجام شدند. کاشت بذر در اواسط اردیبهشت انجام شد. هر کرت شامل چهار ردیف به طول ۵ متر با فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر بود. آب ورودی به‌وسیله کنتور حجمی دو اینچ و آب خروجی به‌وسیله فلوم‌های WSC اندازه‌گیری گردید. بافت خاک محل آزمایش سیلتی شنی بود. رقم کرچک مورد استفاده در این مطالعه رقم ارومیه بود این رقم پابلند، دارای رنگ پهنک و دمبرگ سبز رنگ، با بریدگی عمیق، لوب‌های پهنک، خوشه سبز رنگ، تراکم خوشه متوسط، متوسطرس و طول دوره گلدهی متوسط است (Mousavi *et al*., 2011). جهت محلول‌پاشی عناصر نیتروژن، فسفر و گوگرد به‌ترتیب از کود اوره به میزان ۳ در هزار، سوپر فسفات تریپل به میزان ۳ در هزار (۶۰ گرم در ۲۰ لیتر آب) و گوگرد وتابل به میزان ۲ در هزار (۴۰ گرم در ۲۰ لیتر آب) با سم‌پاش پشتی مخصوص مجهز به نازل پودر کننده مایع استفاده شد.

بعد از حذف اثرات حاشیه، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به‌عنوان نمونه جهت اندازه‌گیری ارتفاع بوته، شاخص کلروفیل، شاخص سطح برگ، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ، استفاده شد. در این مطالعه شاخص کلروفیل برگ با استفاده از کلروفیل سنج مینولتا مدل SPAD-502 اندازه‌گیری و شاخص سطح برگ با استفاده از معادله (۱) تعیین شد.

معادله (۱) $$LAI = \frac{LA}{LG}$$

که در آن LA= مساحت برگ (به روش کپی برداری) و LG= مساحت زمین اشغال شده بودند.

جهت اندازه‌گیری ضریب هدایت روزنه‌ای از روش رامیرز و کلی (Ramirez and Kelly, 1998) استفاده شد برای این منظور در هر کرت سه برگ (جوان‌ترین برگ‌ها) انتخاب و هدایت روزنه‌ای در دو طرف برگ‌ها با پرومتر (SC-1 LEAF POROMETER, Decagon Devices, Pullman, Washington, USA) بین ساعات ۱۱ تا ۱۴ روز انجام شد. تعیین غلظت پرولین در بافت برگ بر اساس روش بیتس (Bates,1973) انجام شد. برای تعیین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، از کل کرت بعد از حذف اثرات حاشیه استفاده شد. زمان برداشت به‌صورت تدریجی از ۱۰ شهریور تا ۱۰ مهرماه انجام گرفت.

جهت محاسبات آماری در مرحله نخست آزمون نرمال بودن داده‌ها (آزمون کولموگروف - اسمیرنوف) انجام و پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن (LSR) استفاده شد.

نتایج و بحث

پس از بررسی و تأیید برقراری فرض‌های تجزیه واریانس، یعنی نرمال بودن توزیع خطاها، یکنواختی واریانس‌های درون تیماری و اثر افزایشی بلوک با تیمار که به‌ترتیب به کمک آزمون شاپیرو- ویلک، توزیع باقی‌مانده و آزمون غیرافزایشی توکی صورت گرفت، تجزیه واریانس انجام شد. بین سطوح دور آبیاری از لحاظ اثر بر ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، ضریب هدایت روزنه‌ای، محتوی پرولین و عملکرد زیست توده در سطح احتمال یک درصد و شاخص سطح برگ، شاخص کلروفیل، تعداد شاخه فرعی و عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار

مشاهده شد. اثر متقابل سال در آبیاری نیز تنها بر تعداد شاخه فرعی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، اثر محلول‌پاشی عناصر غذایی بر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. اثر متقابل دور آبیاری در محلول‌پاشی نیز بر ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، تعداد برگ در بوته، ضریب هدایت روزنه‌ای، محتوی پرولین، تعداد شاخه فرعی، عملکرد زیست توده و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

ارتفاع بوته: نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بالاترین ارتفاع بوته با متوسط ۱۳۵/۱۵ سانتی‌متر به تیمار محلول‌پاشی S+N+K در شرایط آبیاری نرمال اختصاص داشت، کمترین مقدار صفت مذکور نیز با متوسط ۷۷/۰۸ سانتی‌متر در تیمار شاهد و دور آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر مشاهده شد. در تحقیق حاضر با افزایش شدت تنش کم آبی به‌صورت معنی‌داری از ارتفاع بوته کرچک کاسته شد به‌نحوی‌که دور آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر در تیمار شاهد محلول پاشی، ارتفاع بوته را در مقایسه با شرایط آبیاری نرمال و تیمار شاهد ۱۳/۱۸ درصد کاهش داد (جدول ۴). با افزایش تنش تغییر در تعادل هورمونی داخل گیاه باعث کاهش طول میانگره شد که نتیجه آن کاهش ارتفاع بوته‌ها می‌باشد. کاهش آب قابل دسترس باعث کاهش انعطاف‌پذیری دیواره سلولی ساقه‌ها می‌شود و کاهش جذب آب مانعی برای طویل شدن ساقه است. تحت شرایط تنش خشکی جریان آب در اطراف سلول‌ها متوقف می‌شود، همچنین در شرایط کمبود آب ترشح هورمون سیتوکینین از ریشه‌ها کاهش یافته و از طریق کاهش تقسیم سلول‌ها، ارتفاع کاهش می‌یابد. ارتفاع بوته از مهم‌ترین ویژگی‌های مورفولوژیکی است که در برداشت مکانیزه مؤثر می‌باشد (Valadabadi *et al*., 2010). رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani-Moghaddam *et al*., 2009) گزارش کردند که با افزایش آب قابل دسترس، رشد بوته نسبت به شرایط کمبود آب افزایش نشان می‌دهد و با توجه به غیرانتهایی بودن رشد کرچک، ارتفاع گل‌آذین افزایش می‌یابد. موسوی و همکاران (Moosavi *et al*., 2014) گزارش کردند میانگین ارتفاع بوته در تیمارهای تحت تنش خشکی ۱۲/۰۶ سانتی‌متر کمتر از تیمارهای تحت آبیاری بود. در مطالعه عباسی‌صدر و همکاران (Abasi Sadr *et al*., 2018) تنش کم‌آبی به‌طور معنی‌دار از ارتفاع بوته کرچک کاست. در بین تیمارهای کودی، محلول‌پاشی نیتروژن نقش چشمگیرتر در مقایسه با دیگر تیمارهای کودی داشت، نیتروژن جزو عناصری است که رشد رویشی گیاه را افزایش داده و به‌تبع آن، ارتفاع گیاه نیز افزایش می‌یابد. ولدآبادی و همکاران (Valadabadi *et al*., 2010) در بررسی تأثیر تنش خشکی و نیتروژن بر ارتفاع بوته نشان دادند که آبیاری معمول و کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با میانگین ۱۹۴ سانتی‌متر، بیشترین و تنش قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی با عدم کاربرد نیتروژن با میانگین ۸۱/۷ سانتی‌متر، کمترین ارتفاع گیاه را تولید نمودند. جباری و همکاران (Jabari *et al*., 2015) بالاترین ارتفاع بوته کرچک را (با متوسط ۱۰۳/۸۳ سانتی‌متر) در تیمار ۷۵ کیلوگرم پتاسیم + ۱۰۰کیلوگرم فسفر + ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن و تراکم بوته ۶/۶ بوته در مترمربع گزارش کردند. گوگرد یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاهان محسوب شده و کمبود آن، سبب کاهش تولید کلروفیل در سلول‌های برگ و در نتیجه کاهش رشد گیاه می‌شود. نقش پتاسیم در افزایش تحمل به تنش خشکی در گیاهان به اثبات رسیده است

(Ghasemian, 2000). رحیم‌زاده و همکاران (Rahimzadeh *et al*., 2011) گزارش کردند که کاربرد کودهای شیمیایی (NPK) در مقایسه با سایر کودها موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته گیاه بادرشبو (*Dracocephalum moldavica*. L) گردید. این محققین دلیل افزایش را تأمین کافی مواد غذایی اصلی و پرمصرف مورد نیاز گیاه در تیمارهای کود شیمیایی (NPK) نسبت به سایر تیمارها دانستند.

تعداد برگ در بوته: مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل دور آبیاری و محلول‌پاشی از لحاظ اثر بر تعداد برگ در بوته نشان داد محلول پاشی عناصر S+N، K+N و S+N+K در شرایط آبیاری نرمال به‌ترتیب با متوسط ۲۲/۰۸، ۲۳/۲۵ و ۲۵/۱۲ برگ بالاترین تعداد برگ را به خود اختصاص دادند و مقدار صفت مذکور را در مقایسه با شاهد در شرایط آبیاری نرمال به‌ترتیب ۱۹/۳۵، ۲۵/۶۷ و ۳۵/۷۸ درصد افزایش دادند. در شرایط آبیاری بعد از ۸۰ میلی‌متر تبخیر نیز محلول‌پاشی گوگرد، نیتروژن، S+N، K+N و S+N+K تعداد برگ در بوته را به‌صورت معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش دادند. در دور آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر نیز اگرچه بالاترین تعداد برگ در بوته با متوسط ۱۹/۸۳ برگ به تیمار محلول‌پاشی پتاسیم اختصاص داشت اما بین تیمار مذکور و تیمارهای S+K، K+N و S+N+K اختلاف معنی‌دار دیده نشد و تعداد برگ را به صورت معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش دادند (جدول ۳). کاهش تعداد برگ‌ها را در شرایط تنش کم‌آبی و تیمار شاهد می‌توان به خشک شدن و ریزش برگ‌ها در این شرایط نسبت داد. دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی، به‌خصوص نیتروژن از طریق تأثیر بر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها در افزایش اجزای رشد رویشی بسیار مؤثر می‌باشد. به همین علت محلول‌پاشی گوگرد + نیتروژن+ پتاسیم در شرایط نرمال بیشترین رشد رویشی را حاصل نموده است. جها و همکاران (Jha *et al*., 2011) در پژوهشی تأثیر کود دامی و شیمیایی را بر تولید و عملکرد اندام هوایی درمنه (*Artemisia annua* L.) در مراحل مختلف نمو مطالعه کردند. این محققان دریافتند، عملکرد خشک برگ‌ها در مرحله قبل از گلدهی در گیاهان تیمار شده با NPKS و NPK به ترتیب در محدوده ۲۷/۳-۱۸/۳ و ۵۳/۶- ۳۳/۵ درصد تغییر می‌یابد. نیک‌نشان و همکاران (Nikneshan *et al*., 2015) بالاترین تعداد برگ در کرچک را در شرایط آبیاری نرمال و کمترین مقدار را تحت تیمار ۷۵ درصد رطوبتی مشاهده کردند. در مطالعه موسوی و همکاران (Mousavi *et al*., 2015) اثر دور آبیاری بر تعداد برگ در بوته کرچک معنی‌دار بود و تعداد برگ در شرایط بدون تنش کمبود آب به‌طور میانگین ۷۸/۳ عدد بیشتر از شرایط تنش بود. در مطالعه ولدآبادی و همکاران (Valadabadi *et al*., 2010) کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در شرایط آبیاری نرمال بیشترین و تنش قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی و عدم کاربرد کود نیتروژنه کمترین تعداد برگ را در کرچک به خود اختصاص دادند.

شاخص سطح برگ: در این بررسی بالاترین و پایین‌ترین شاخص سطح برگ به محلول‌پاشی عناصر K+N در شرایط آبیاری نرمال و تیمار شاهد در دور آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر به‌دست آمد. در تحقیق حاضر با افزایش شدت تنش کم‌آبی از شاخص سطح برگ کاسته شد به طوری‌که در تیمار شاهد دورهای آبیاری بعد از

۸۰ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر شاخص سطح برگ را در مقایسه با شرایط آبیاری نرمال به‌ترتیب ۵۲/۰۴ و ۵۴/۰۸ درصد کاهش دادند. مقایسه میانگین تیمارها همچنین نشان داد در شرایط آبیاری نرمال محلول‌پاشی K+N، در دور آبیاری بعد از ۸۰ میلی‌متر تبخیر، کلیه تیمارهای محلول‌پاشی به‌غیر از محلول‌پاشی گوگرد و در دور آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر، توانستند شاخص سطح برگ را به‌صورت معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد محلول‌پاشی در هر دو دور آبیاری افزایش دهند (جدول ۴). تأمین نیتروژن، پتاسیم و گوگرد کافی برای گیاه، شاخص سطح برگ را که زمینه تولید و تجمع ماده خشک است افزایش می‌دهد. افزایش سطح برگ منجر به افزایش توان فتوسنتزی گیاه و در نتیجه افزایش تولید ماده خشک می‌شود. این امر منجر به افزایش عملکرد گیاه می‌شود. همچنین یکی از عوامل مؤثر در توسعه سطح برگ هر بوته و به‌تبع آن توسعه سایه‌انداز، میزان نیتروژن است که با تأثیر بر اندازه و طول عمر هر برگ موجب افزایش شاخص سطح برگ می‌شود. مقدار نیتروژن مصرفی تأثیر زیادی بر تولید و گسترش سطح برگ دارد. گیاهان با دریافت نیتروژن بیشتر، سطح برگ بزرگ‌تری خصوصاً در برگ‌های بالایی نسبت به گیاهان با نیتروژن مصرفی کم، داشتند (Sepehri *et al*., 2002). قبادی و همکاران (Ghobadi *et al*., 2013) اظهار داشتند تنش خشکی به‌صورت معنی‌داری شاخص سطح برگ در ذرت را کاهش داد. آنها همچنین بالاترین شاخص سطح برگ در بالاترین سطح کود نیتروژنه مشاهده کردند. مقیمی و امام (Moghimi and Imam, 2013) اظهار داشتند با افزایش شدت تنش کم‌آبی از شاخص سطح برگ کاسته می‌شود اما کاربرد کود نیتروژنه موجب بهبود این شاخص شد. به نظر می‌رسد با افزایش شاخص سطح برگ در شرایط بدون تنش، تشعشع بیشتری توسط گیاه دریافت شده است که به علت فتوسنتز بیشتر سرعت رشد محصول نیز افزایش یافته است. در شرایط تنش به علت کاهش سطح برگ، کاهش فتوسنتز و پیری زودرس، سرعت رشد محصول کاهش یافته است. به‌طورکلی، نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش فتوسنتز خالص و در نتیجه کاهش تولید و سرعت تجمع ماده خشک در واحد سطح می‌شود. ال-سید (El-Sayed, 2000) دریافت که کود گوگرد می‌تواند باعث افزایش سرعت رشد گیاه و ترکیب‌های آلی در بافت سبز گیاه سیاه‌دانه شده، درنهایت منجر به افزایش عملکرد و ارزش غذایی گیاه گردد. نیک نشان و همکاران (Nikneshan *et al*., 2015) بالاترین تعداد برگ در کرچک را در شرایط آبیاری نرمال و کمترین مقدار را تحت تیمار ۷۵ درصد رطوبتی مشاهده کردند.

ضریب هدایت روزنه‌ای: در تحقیق حاضر بالاترین ضریب هدایت روزنه‌ای در شرایط آبیاری نرمال و محلول‌پاشی عناصر N، S+K، S+N، K+N و S+N+K به‌دست آمد. کمترین مقدار صفت مذکور نیز در تیمار شاهد محلول‌پاشی و کاربرد نیتروژن در دور آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر حاصل شد. در مطالعه حاضر تنش کم‌آبی به‌صورت معنی‌دار از ضریب هدایت روزنه‌ای کاست به نحوی‌که دور آبیاری بعد از ۸۰ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر، ضریب هدایت روزنه‌ای را در مقایسه با شرایط آبیاری نرمال به‌ترتیب ۲۳/۹۹ و ۳۳/۵۹ درصد کاهش دادند. نتایج همچنین نشان داد در دور آبیاری بعد از ۸۰ میلی‌متر تبخیر، محلول‌پاشی S+N+K و در دور آبیاری بعد از

۱۴۰ میلی‌متر محلول‌پاشی S، K، S+N و K+N توانست ضریب هدایت روزنه‌ای را به‌طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد در هر دو دور آبیاری افزایش دهند (جدول ۴). جلوگیری از رشد همراه با بسته شدن روزنه‌ها جزو اولین پاسخ‌های گیاهان به خشکی است. به‌طورکلی، فرض بر این است که تنش خشکی به علت تأثیر در بسته شدن روزنه‌ها در نتیجه کاهش دسترسی به CO_2 در مزوفیل (بجای اثر مستقیم روی میزان فتوسنتز ظاهری) باعث کاهش فتوسنتز گیاه می‌شود. به‌طور واضح بسته شدن روزنه‌ها یکی از پاسخ‌های اولیه به خشکی خاک است. کاهش موازی در فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای تحت تنش خشکی به دفعات گزارش شده است (Chaves, 2002). رویز-سانچز و همکاران (Ruiz-Sanchez *et al*., 2014) گزارش کردند که محدودیت آبی باعث کاهش هدایت روزنه‌ای در تریتیکاله می‌شود. به نظر می‌رسد در تحقیق حاضر محلول‌پاشی عناصر مغذی موجب گسترش ریشه و دسترسی بهتر به منابع آبی شده و از این طریق موجب کاهش آبسیزیک اسید و افزایش هدایت روزنه‌ای شده است (Rodriguez *et al*., 2005).

تعداد شاخه‌فرعی: نتایج مقایسات میانگین نشان داد که محلول‌پاشی S+N+K، S+N، S+K و پتاسیم در شرایط آبیاری نرمال به‌ترتیب با متوسط ۷/۲۵، ۶/۸۱، ۷/۲۰ و ۶/۳۷ شاخه بیشترین تعداد شاخه‌های فرعی را به خود اختصاص داند. کمترین تعداد شاخه فرعی نیز با متوسط ۴/۶۷ عدد به تیمار شاهد و دور آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر اختصاص داشت. در این مطالعه در تیمار شاهد بین سطوح آبیاری نرمال و آبیاری بعد از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از نظر تعداد شاخه فرعی اختلاف معنی‌دار وجود نداشت درحالی‌که دور آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر به صورت معنی‌دار از تعداد شاخه فرعی کاسته شد، لازم به‌ذکر است که محلول‌پاشی S+N+K و S+K در هر دو سطح نرمال آبیاری و آبیاری به بعد از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تعداد شاخه فرعی بالاتری در مقایسه با تیمار شاهد در هر دو شرایط برخوردار بودند (جدول ۴). با توجه به اینکه گیاه گرچک دارای رشد نامحدود است، بنابراین در طول دوره پرشدن دانه نیز شاخه‌دهی تداوم دارد و این امر در رقابت با مخازن فعال و در حال پرشدن دانه‌ها است. بنابراین، کمبود آب شاخه‌دهی را متاثر و دچار کاهش می‌کند. بر اساس گزارش موسوی و همکاران (Moosavi *et al*., 2014) گوگرد تأثیر مهمی در افزایش جذب سایر عناصر مهم نظیر فسفر در خاک‌های قلیایی داشته و در افزایش خوشه‌های اصلی در گیاه کرچک نقش مهمی را به عهده دارد. همچنین، در مطالعه موسوی و همکاران (Moosavi *et al*., 2015) تعداد شاخه‌های فرعی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل تنش خشکی با محلول‌پاشی عناصر قرار گرفت و بیشترین تعداد شاخه‌های فرعی (۱/۸۶ عدد) در تیمار بدون تنش خشکی همراه با محلول‌پاشی نیتروژن مشاهده گردید. در حالی که تنش خشکی در مرحله‌ی پرشدن دانه‌ها، بدون محلول‌پاشی عناصر کمترین تعداد شاخه‌های فرعی (۰/۳۳ عدد) را تولید کرد.

شاخص کلروفیل: در تحقیق حاضر دور آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر، شاخص کلروفیل برگ را در مقایسه با آبیاری نرمال و آبیاری بعد از ۸۰ میلی‌متر تبخیر به‌ترتیب ۱۸/۲۵ و ۱۳/۲۰ درصد کاهش داد (شکل ۱). کاهش میزان کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی عمدتاً نتیجه خسارت گونه‌های اکسیژن فعال به

کلروپلاست می‌باشد، همچنین ازآنجاکه تولید گونه‌های اکسیژن فعال عمدتاً به‌وسیله جذب انرژی اضافی در دستگاه فتوسنتزی صورت می‌گیرد، ممکن است به‌صورت قابل‌توجهی از جذب نور توسط کلروفیل جلوگیری کند، بنابراین کاهش غلظت کلروفیل می‌تواند به‌عنوان یک فاکتور غیرروزنه‌ای و یک عامل محدود کننده در شرایط تنش خشکی باشد (Shamsi, 2010). بر اساس گزارش مفاخری و همکاران (Mafakheri *et al*., 2011) تنش خشکی در نخود سبب کاهش میزان کلروفیل برگ گردید، تکسیرا و پریرا (Teixeira and Pereira, 2007) نیز بیان کردند تنش کم آبی منجر به کاهش محتوی کلروفیل گیاه می‌گردد. نتایج مقایسه میانگین تیمارهای محلول‌پاشی از نظر شاخص کلروفیل نشان داد محلول‌پاشی گوگرد، پتاسیم، نیتروژن، S+N، K+N و S+N+K شاخص کلروفیل را در مقایسه با تیمار شاهد محلول‌پاشی به‌ترتیب ۱۰/۱۹، ۱۰/۹۸، ۱۱/۱۳، ۱۰/۸۶، ۹/۵۹ و ۱۲/۹۶ درصد افزایش دادند (شکل ۲). بین تیمار شاهد و محلول‌پاشی S+K اختلاف معنی‌دار دیده نشد (جدول ۳). کاربرد کود نیتروژنه موجب افزایش میزان کلروفیل برگ شده، پیری آن را به تأخیر انداخته و ضمن افزایش سرعت فتوسنتز در اندام‌های فتوسنتز کننده، موجب توسعه تعداد دانه‌ها می‌گردد (Babazadeh *et al*., 2011). نتایج وانگ و همکاران (Wang *et al*., 2003) نشان دادند که استفاده از گوگرد منجر به افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاه یونجه می‌شود. در تشکیل ساختار کلروفیل برگ، نیتروژن نقش اساسی دارد. گزارش شده است که گوگرد موجب افزایش کارایی مصرف نیتروژن و همچنین افزایش قابلیت جذب سایر عناصر در گیاهان می‌گردد، لذا استفاده از گوگرد می‌تواند تا حدی سبب افزایش مقدار کلروفیل در گیاهان گردد (Wang *et al*., 2003). در مطالعه حیدری و رضاپور (Heidari and Rezapor, 2011) استفاده از کود گوگرد به‌صورت معنی‌دار بر شاخص کلروفیل برگ سیاه دانه افزود. کاهش رطوبت موجود در خاک توأم با کاهش جذب نیتروژن، منجر به مضاعف شدن تأثیر منفی آن بر میزان کلروفیل می‌گردد.

محتوی پرولین: در این بررسی بالاترین محتوی پرولین برگ به تیمار شاهد در دور آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر اختصاص داشت، کمترین محتوی پرولین نیز در تیمار محلول‌پاشی S+N+K و در شرایط آبیاری نرمال حاصل شد. در مطالعه حاضر دور آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر محتوی پرولین برگ را در مقایسه با شرایط آبیاری نرمال و آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر در تیمار شاهد محلول‌پاشی به‌ترتیب ۴۳/۹۰ و ۴۶/۳۴ درصد افزایش داد (جدول ۴). مونرال و همکاران (Monreal *et al*., 2007) عامل تجمع پرولین در برگ را در اثر تنش خشکی، به افزایش غلظت پرولین در شیره‌ی سلولی گیاهان و انتقال آن به برگ‌ها مربوط دانستند. کاهش مصرف پرولین نیز در چنین شرایطی از دلایل تجمع آن در گیاه می‌باشد به‌طوری‌که توقف در اکسایش پرولین در پتانسیل‌های آب پایین اتفاق می‌افتد (Huguet-Robert *et al*., 2003)

عملکرد زیست توده: بر اساس نتایج مقایسات میانگین، بالاترین عملکرد زیست توده با متوسط ۱/۶۷ و ۱/۶۰ تن در هکتار به شرایط آبیاری نرمال و محلول‌پاشی K+N و S+N+K اختصاص داشت. کمترین عملکرد زیست توده نیز با میانگین ۰/۶۴ تن در هکتار به تیمار شاهد محلول‌پاشی و محلول‌پاشی پتاسیم در دور آبیاری

بعد از ۱۴۰ میلی‌متر اختصاص داشت. در این بررسی با افزایش شدت تنش کم‌آبی از شرایط نرمال به دور آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر به‌صورت معنی‌دار از عملکرد زیست توده کاسته شد، به‌طوری‌که دور آبیاری بعد از ۸۰ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر، عملکرد زیست توده را در مقایسه با شرایط آبیاری نرمال به‌ترتیب ۱۶/۹۸ و ۳۹/۶۲ درصد افزایش داد. در این بررسی محلول‌پاشی S+N+K در شرایط آبیاری نرمال و آبیاری بعد از ۸۰ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر، عملکرد زیست توده را در مقایسه با تیمار شاهد محلول‌پاشی در هر دو دور آبیاری به‌ترتیب ۵۰/۹۴، ۳۶/۳۶ و ۳۹/۰۶ درصد افزایش داد (جدول ۴). افزایش ماده خشک تولیدی در گیاهان تحت شرایط آبیاری مطلوب می‌تواند به دلیل گسترش بیشتر سطح برگ و نیز دوام سطح برگ باشد که با ایجاد منبع فیزیولوژیکی کارآمد جهت استفاده هر چه بیشتر از نور دریافتی باعث افزایش تولید ماده خشک شده است (Lak *et al*., 2007).

حاجی‌بابایی و عزیزی (Haji Babai and Azizi, 2014) کاهش ۴۴ درصدی عملکرد علوفه خشک ذرت علوفه‌ای را با تغییر دور آبیاری از نرمال به تنش خشکی شدید گزارش کرده‌اند. بنابراین، با افزایش میزان تنش توانایی گیاه برای افزایش تجمع مواد فتوسنتزی در اندام‌های سبز خود از جمله برگ و ساقه کاهش یافته که نتیجه آن کاهش عملکرد بیولوژیک می‌باشد. همچنین، دلیل افزایش عملکرد بیولوژیکی در محلول‌پاشی S+N+K در دورهای مختلف آبیاری بهبود وضعیت رطوبتی خاک است که تا حدودی از ایجاد خشکی فیزیولوژیکی جلوگیری کرده و سبب افزایش ماده‌سازی و بهبود پتانسیل آب در گیاه و همچنین رشد رویشی شده و در نتیجه آن عملکرد بیولوژیکی افزایش یافته است. همچنین محلول‌پاشی نیتروژن، پتاسیم و گوگرد باعث افزایش سطوح سبز گیاه، افزایش فتوسنتز و در نهایت باعث افزایش رشد رویشی و افزایش وزن خشک گیاه و عملکرد بیولوژیک می‌شود (Piri *et al*., 2011). تحقیقات نشان داده است که در اثر کمبود گوگرد فتوسنتز شدیداً کاهش می‌یابد و موجب جلوگیری از طویل شدن ریشه‌ها، افزایش قطر ریشه‌های انتهایی و ریشه‌های موئین می‌گردد، که نتیجه نهایی آن کاهش رشد زایشی و رویشی و در نهایت کاهش عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی گیاه است (Piri *et al*., 2011).

عملکرد دانه: در این بررسی اگر چه بالاترین عملکرد دانه با متوسط ۰/۴۹ تن در هکتار به تیمار محلول‌پاشی K+N اختصاص داشت اما بین تیمار مذکور و تیمار محلول‌پاشی S+N+K با متوسط ۰/۴۵ تن در هکتار اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. کمترین عملکرد دانه نیز با متوسط ۰/۲۰ تن در هکتار به تیمار شاهد محلول‌پاشی در دور آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر دیده شد. لازم به ذکر است که در شرایط آبیاری نرمال تنها بین محلول‌پاشی عناصر نیتروژن، K+N و S+N+K و تیمار شاهد محلول پاشی اختلاف معنی‌دار دیده شد. در دور آبیاری بعد از ۸۰ میلی‌متر تبخیر، محلول‌پاشی نیتروژن، S+K و S+N+K توانستند عملکرد دانه را در مقایسه با تیمار شاهد محلول‌پاشی در این شرایط به‌ترتیب ۳۷/۵۰، ۱۶/۶۶ و ۴۵/۸۳ درصد افزایش دهند (جدول ۴). در دور آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر نیز محلول‌پاشی S+K، S+N و S+N+K توانستند عملکرد دانه را در مقایسه با تیمار شاهد محلول‌پاشی در این شرایط به‌ترتیب ۳۰، ۲۵ و ۴۰ درصد افزایش دهند که بیانگر این

نکته است که محلول‌پاشی کودهای شیمیایی می‌تواند اثر سوء تنش کم‌آبی را تعدیل نماید. در تحقیق حاضر کاهش عملکرد دانه را در شرایط تنش کم آبی و عدم محلول‌پاشی عناصر را می‌توان به اثر منفی کم آبی و کاهش عناصر غذایی بر ارتفاع بوته، تعداد برگ، شاخص سطح برگ، ضریب هدایت روزنه‌ای و عملکرد زیست توده نسبت داد، همچنین کاهش عملکرد گیاه در شرایط خشکی می‌تواند به دلیل کاهش سطح فتوسنتز کننده، کاهش تولید کلروفیل، افزایش انرژی مصرفی گیاه جهت بالا بردن غلظت شیره سلولی و تغییر در مسیرهای تنفسی و فعال شدن مسیر پنتوز فسفات و یا افزایش حجم ریشه و غیره باشد. برای به‌وجود آمدن دانه، گیاه نیاز به رشد رویشی مناسب و تولید اندام‌های تشکیل دهنده آن در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی دارد. تأثیر خشکی بر هر یک از اجزای عملکرد می‌تواند در نهایت منجر به تغییر در عملکرد دانه تولیدی در گیاهان و ازجمله کرچک شود. رضاپور و همکاران (Rezapur *et al*., 2011) بالاترین عملکرد و اجزای عملکرد را در تیمار نرمال آبیاری و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد مشاهده و اظهار داشتند کاربرد کود گوگرد در شرایط تنش ملایم آبیاری، اثر نامطلوب تنش کم آبی را تعدیل کرد. کمبود آب در مرحله گلدهی باعث افزایش سقط جنین در دانه گرده می‌شود و در مرحله تلقیح دانه باعث کاهش شدت فتوسنتز، افزایش ABA و کاهش بارگیری آسمیلات‌ها شده که در نهایت با ریزش گل‌ها و غلاف‌ها عملکرد را کاهش می‌دهد. وانگ و همکاران (Wang *et al*., 2003) نیز نشان دادند که گوگرد همبستگی مستقیمی با رشد یونجه و افزایش عملکرد علوفه آن دارد، چرا که استفاده از کود گوگرد منجر به تحریک تولید پروتئین و کلروفیل در برگ‌ها می‌شود. افزایش مقدار پتاسیم نیز موجب افزایش انتقال مواد فتوسنتزی، کنترل تعادل یونی، تنظیم اسمزی، حرکات روزنه‌ای و افزایش فعالیت آنزیمی می‌گردد. در واقع با افزایش مصرف پتاسیم، جذب نیتروژن نیز توسط گیاه افزایش یافته، زیرا پتاسیم از طریق فعال کردن آنزیم‌های مختلف از جمله ADP گلوکز سینتاز و شرکت در برخی فرآیندهای فیزیولوژیکی و افزایش مقاومت گیاه در مقابل تنش‌های محیطی در ساخت کربوهیدرات و افزایش عملکرد محصول نقش کلیدی دارد (Reddya *et al*., 2004). جباری و همکاران (Jabari *et al*., 2015) بالاترین عملکرد دانه کرچک را به‌میزان ۳۳۱۵ کیلوگرم در هکتار در تیمار ۷۵ کیلوگرم پتاسیم + ۱۰۰کیلوگرم فسفر + ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن و تراکم بوته ۳/۷ بوته در مترمربع گزارش کردند. علت بالاتر بودن عملکرد دانه در تیمارهای محلول‌پاشی کودهای شیمیایی در شرایط آبیاری در طول فصل رشد را می‌توان به اثرات مثبت میزان آب قابل دسترس بر رشد رویشی و زایشی گیاه و قابلیت جذب بالای عناصر غذایی نسبت داد. به نظر می‌رسد که در تیمار آبیاری نرمال در طول فصل رشد، تجمع املاح در محیط ریشه، باعث کاهش پتانسیل اسمزی محیط ریشه و بروز سمیت ویژه یونی و کمبود یون‌های غذایی می‌شود (Ghoulam *et al*., 2002).

گیاه جهت مقابله با اثرات کم‌آبی بخشی از مواد پرورده را به ریشه جهت توسعه سیستم ریشه منتقل نموده و در نتیجه سهم اختصاص یافته به تولید دانه کاسته می‌شود. وجود گوگرد در گیاه باعث افزایش فتوسنتز و از این طریق باعث افزایش کربوهیدرات‌ها و مواد پروتئینی می‌شود و در نهایت ذخیره این مواد در دانه صورت می‌گیرد.

پورطاهری و همکاران (Pour Taheri *et al*., 2015) گزارش کردند هر چند با کاهش میزان آب مصرفی و به تبع آن بروز تنش خشکی از عملکرد گیاه کرچک کاسته می‌شود اما با مصرف کود، بخصوص کود نیتروژنه در بالاترین سطح تنش، می‌توان تاحدی از بروز اثرات سوءتنش خشکی بر عملکرد این گیاه کاست.

نتیجه‌گیری کلی

در بررسی حاضر بالاترین مقدار عملکرد دانه در کرچک در شرایط آبیاری نرمال و محلول‌پاشی K+N و S+N+K به‌دست آمد، بنابراین محلول پاشی عناصر زمانی نتیجه مطلوب را خواهد داد که آب کافی در دسترس گیاه باشد. اگرچه تنش کم آبی از مقادیر کلیه صفات مورد بررسی به‌غیر از محتوی پرولین کاست با این وجود محلول‌پاشی عناصر غذایی به‌خصوص S+N+K توانست اثر تنش کم‌آبی را بر صفات مورد نظر تعدیل نماید. بنابراین، محلول‌پاشی عناصر غذایی در شرایط آب و هوای استان آذربایجان‌شرقی می‌تواند راهکار مناسبی جهت تولید اقتصادی کرچک که با دامنه متنوعی از تنش کم آبی روبرو است باشد.

جدول ۱- پارامترهای هواشناسی در سال زراعی ۹۶ در محل اجرای آزمایش (مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان‌شرقی)

Table 1- Meteorological parameters in year of 2017 crop season at execution site (East Azarbaijan Agricultural Research

تبخیر ماهانه Monthly evaporation (mm)	میانگین میزان تبخیر از طشتک کلاس A Average evaporation rate of Class A cartridge (mm)	مقدار بارندگی ماهانه Monthly Rainfall (mm)	میانگین رطوبت ماهانه Monthly humidity Average (%)		دمای مطلق ماهانه Absolute monthly temperature ($_0^C$)		میانگین دمای ماهانه Monthly temperature Average ($_0^C$)		ماه و سال Month and year
			حداکثر Max	حداقل Min	حداکثر Max	حداقل Min	حداکثر Max	حداقل Min	
57.8	2.1	27.3	61	27	18.5	-5	13.7	4.3	**فروردین ۹۶**
154.3	5.1	30.1	63	21	24.8	3.6	21.2	7.1	**اردیبهشت ۹۶**
221	7.2	5.9	51	18	29.7	7	26.3	12.9	**خرداد ۹۶**
254.8	8.5	3.4	48	17	34	11.8	31.5	16.2	**تیر ۹۶**
324.5	10.8	1.7	41	13	39.6	15.7	35.6	17.8	**مرداد ۹۶**
228	7.3	1.1	49	18	32.4	10.8	28.3	12.4	**شهریور ۹۶**
142.1	4.6	6.8	52	21	27.4	1.1	19.6	8.1	**مهر ۹۶**
42.3	1.5	74.8	81	46	18	-4.9	8.7	1.5	**آبان ۹۶**
0	0	4.3	82	47	9.3	-10.8	3.8	-4.6	**آذر ۹۶**
0	0	31.3	79	42	5.4	-13.8	5.7	-3.4	**دی ۹۶**
0	0	28.4	69	37	8.2	-11.3	5.9	-3.1	**بهمن ۹۶**
0	0	47.8	77	40	9.3	-9.2	6.7	-2.5	**اسفند ۹۶**

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2- Soil physical and chemical characteristics

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC	درصد آهک T.N.V	کربن آلی OC	پتاسیم K	فسفر P	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	آهن Fe	مس CU	روی Zn	منگنز Mn	بور B	منیزیوم Mg	سولفات $S-SO_4$
	($ds.m^{-1}$)	%	%	$mg.kg^{-1}$	$mg.kg^{-1}$	%	%	%	$mg.kg^{-1}$						
7.62	6.81	17.12	0.61	187	7.1	50	40	10	6.6	1.82	0.49	5.9	2.1	200	22

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب تأثیر سطوح دور آبیاری و محلول‌پاشی کودهای شیمیایی بر صفات مورد بررسی در گیاه گرچک

Table 3- Combine analysis of variance of irrigation and spraying chemical fertilizers on studied traits in Medicinal plant of Calendula

منابع تغیر S.O.V.	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ Number of leaves	شاخص سطح برگ LAI	ضریب هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance coefficient	محتوی پرولین Proline content
سال Year	1	0.90^{ns}	176.89^{ns}	0.01^{ns}	6576.4^{ns}	0.0003^{ns}
سال × تکرار Y×R	4	493.49	168.16	0.15	3512.06	0.001
آبیاری Irrigation levels	2	8405.12^{**}	546.23^{**}	59.12^{*}	96885.4^{**}	0.19^{**}
سال × آبیاری Y×I	2	7.90^{ns}	29.85^{ns}	2.31^{**}	186.4^{ns}	0.001
خطای۱ E_1	12	188.13	61.40	0.27	9842.8	0.01
محلول پاشی Spraying	7	790.26^{**}	58.04^{**}	0.48^{*}	5021.7^{**}	0.13^{**}
سال × محلول پاشی Y×S	7	2.44^{ns}	14.68^{ns}	0.11^{*}	422.4^{*}	0.001^{ns}
آبیاری × محلول پاشی I×S	14	327.95^{**}	216.14^{**}	0.24^{**}	3111.5^{**}	0.17^{**}
سال× آبیاری× محلول پاشی Y×I×S	14	14.05^{ns}	18.89^{**}	0.06^{ns}	478.89^{**}	0.004^{ns}
خطای ۲ E_2	83	119.23	8.37	0.05	159.8	0.04
ضریب تغییرات (درصد) C.V.		10.56	16.53	15.62	18.06	20.97

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, *, and ** were on significant, significant at level 1 and 5% respectively.

R، Y، I و S به‌ترتیب تکرار، سال، دور آبیاری و محلول‌پاشی کود.

R: Replication, Y: Year, I: Irrigation levels, S: Fertilizer spraying.

ادامه جدول ۳

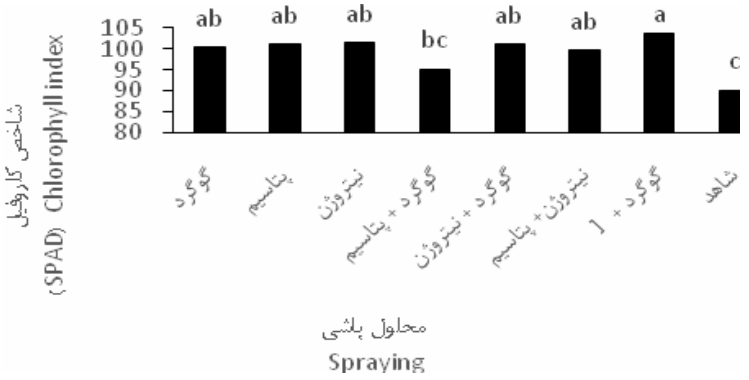
Table 3- Continued

منابع تغیر S.O.V.	درجه آزادی df	شاخص محتوای کلروفیل Chlorophylcontent index	تعداد شاخه فرعی Number of branches	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield
سال Year	1	201.17^{ns}	2.41^{ns}	0.41^{ns}	0.05^{ns}
سال × تکرار Y×R	4	211.76	2.83	0.48	0.03
آبیاری Irrigation levels	2	1344.67*	162.21*	4.43**	0.27*
سال × آبیاری Y×I	2	158.78^{ns}	12.69*	0.05^{ns}	0.019^{ns}
خطای۱ E_1	12	334.23	3.15	0.27	0.06
محلول پاشی Spraying	7	339.32**	2.63**	0.27**	0.005**
سال × محلول پاشی Y×S	7	130.53^{ns}	0.43^{ns}	0.02^{ns}	0.0003^{ns}
آبیاری × محلول پاشی I×S	14	154.68^{ns}	1.60**	0.075**	0.007**
سال× آبیاری× محلول پاشی Y×I×S	14	140.11^{ns}	0.68^{ns}	0.001^{ns}	0.0004^{ns}
خطای ۲ E_2	83	97.82	0.66	0.01	0.001
ضریب تغییرات (درصد) C.V.		9.98	14.29	11.55	11.84

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد.

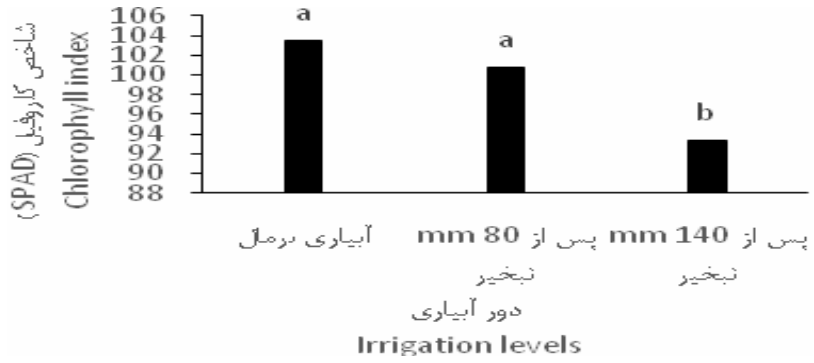
ns, *, and ** were on significant, significant at level 1 and 5% respectively.

I: Irrigation levels, S: Fertilizer spraying. R: Replication, Y: Year, R، Y، I و S به‌ترتیب تکرار، سال، دور آبیاری و محلول پاشی کود.



شکل ۱- مقایسه میانگین تیمارهای محلول پاشی کود شیمیایی از لحاظ اثر بر شاخص کلروفیل

Figure 1- Mean comparison of spraying chemical fertilizers on leaf chlorophyll index



شکل ۲- مقایسه میانگین تیمارهای دور آبیاری از لحاظ اثر بر شاخص کلروفیل برگ

Figure 2- Mean comparison of irrigation level tratments on leaf chlorophyll index

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و محلول‌پاشی کودهای شیمیایی بر صفات مورد بررسی در گیاه کرچک

Table 4- Mean comparison of interaction effects of irrigation levels and spraying chemical fertilizers on studied traits of Casto

آبیاری Irrigation levels	محلول پاشی Spraying	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد برگ Number of leaves	شاخص سطح برگ LAI	ضریب هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance coefficient ($Mmol.m^{-2}s$)	محتوی پرولین Proline conten ($\mu M.g^{-1}$)	تعداد شاخه فرعی Number of branches	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد دانه Grain yield ($t.ha^{-1}$)
نرمال Normal	گوگرد S	105.32de	21.58bcd	1.93bc	248.24bcd	0.19d-h	6.04c-f	1.21cd	0.26c
	پتاسیم K	112.15cd	20.83b-e	1.76bcd	243.81b-e	0.17f-i	6.37a-d	1.09de	0.31de
	نیتروژن N	124.98ab	19.99c-f	1.91bc	269.21abc	0.18e-h	4.99ij	1.48b	0.42b
	S+K	124.65ab	18.58d-g	1.95b	272.38abc	0.15g-j	7.20ab	1.26c	0.36c
	S+N	104.56def	22.08abc	1.91bc	304.43a	0.14hij	6.81abc	1.28c	0.37c
	K+N	121.98bc	23.25ab	2.30a	293.43ab	0.26b	5.98c-g	1.67a	0.49a
	S+N+K	135.15a	25.12a	1.96b	276.55abc	0.11j	7.25a	1.60ab	0.45ab
	شاهد	104.56def	18.50d-g	1.96b	233.79cde	0.23bcd	4.90ij	1.06ef	0.33cd
پس از ۸۰ mm تبخیر 80mm	گوگرد S	95.88fg	17.66e-h	1.14ijk	205.07d-g	0.12ij	5.20f-j	0.91ghi	0.28efg
	پتاسیم K	88.88ghi	14.16ij	1.54d-g	155.15g	0.14hij	5.69d-j	0.87h-k	0.27fg
	نیتروژن N	109.04de	17.50fgh	1.16ijk	176.33fg	0.22b-f	6.29b-e	1.04efg	0.33cd
	S+K	114.54cde	14.83hi	1.70b-e	179.29efg	0.19d-h	6.12c-f	0.98e-h	0.28ef
	S+N	104.21def	17.91e-h	1.55d-g	201.88d-g	0.23d-e	5.81d-i	0.58h-k	0.27fg
	K+N	111.54	20.25b-f	1.40f-i	206.10def	0.25bc	5.28d-i	1.93gh	0.26fgh
	S+N+K	112.21cd	19.33c-f	1.62def	276.95abc	0.18e-h	5.95c-h	1.20cd	0.35cd
	شاهد	97.51fg	12.45ij	0.94jk	177.62fg	0.22b-f	5.47d-i	0.88hij	0.24g-j
پس از ۱۴۰ mm تبخیر 140mm	گوگرد S	91.42gh	13.00ij	1.41f-i	238.48cde	0.23bcd	5.08g-j	0.70lm	0.24g-j
	پتاسیم K	92.05gh	19.83c-f	1.67c-f	215.76def	0.20c-g	5.07g-j	0.64m	0.23hij
	نیتروژن N	93.58fg	13.02ij	1.20hij	178.95fg	0.24c-g	7.90ij	0.69lm	0.21ij
	S+K	100.08gh	15.50ghi	1.30ghi	181.50fg	0.23bcd	5.27f-j	0.79i-l	0.26fgh
	S+N	81.25hij	13.19ij	1.44e-h	231.90cde	0.24bcd	5.39e-j	0.75j-m	0.25f-i
	K+N	78.92ij	15.08hi	1.21hi	198.95d-g	0.23bcd	5.04hij	0.74klm	0.24f-j
	S+N+K	81.42hij	14.66hi	1.45e-h	172.17fg	0.22b-e	5.05g-j	0.89hi	0.28efg
	شاهد	77.08j	11.33j	0.90k	155.19g	0.41a	4.67j	0.64m	0.20j

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

In each column, averages with common character do not have a significant difference at the 5% level.

References منابع مورد استفاده

- Abasi Sadr, S., S. Sharafi, and A. Hassanzadeh Ghorttapeh .2018. Effect of drought stress and seed priming on some vegetative and reproductive traits of castor bean (*Ricinus Communis* L.) var Esfahan. *Journal of Crop Ecophysiology*. 1 (45): 75-88. (In Persian).
- Anjani, K. 2012. Castor genetic resources: A primary gene pool for exploitation. *Industrial Crops and Products.* 35: 1– 14.
- Babazadeh, Sh., M. Kavoosi, M. Esfandiari, M. Nahvi, and M. Allahgholipour. 2011. Effects of nitrogen rates and application method on grain yield and yield components. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 7: 727-734. (In Persian).
- Bates, L.S., R.W. Waldern, and L. D. Treare 1973. Rapiddeterminatation of free proline for stress studies. *Plant and Soil*. 39: 205-207.
- El-Sayed, K.A., S.A. Ross, M.A. Sohly, M.M. Khalafalla, O.B. Abdel Hamid, and F. Ikegami. 2000. Effect of different sulfur fertilizers on the amino acid, fatty acid, and essential oil composition of *Nigella sativa* seeds. *Saudi Pharmaceutical Journal*. 8: 175-182.
- Gan, Y., S.S. Malhi, S. Brandt, F. Katepa-Mupondwa, and C. Stevenson. 2011. Nitrogen use efficiency and nitrogen uptake of Jancea canola under diverse environments. *Agronomy Journal*. 100: 285-295.
- Ghasemian, V. 2000. Study of micronutrients elements such as iron, zinc and manganese on the quantity and quality of seed soybean under West Azerbaijan. M.Sc. Thesis of Agronomy, College of Agriculture, Tarbiat Modarres, Tehran, Iran. (In Persian).
- Ghobadi, R., A. Shirkhani, and A.S. Jalilian. 2013. Effect of drought stress and nitrogen fertilizer on yield and water and nitrogen use efficiency of corn (SC704). *Journal of Agriculture* (*Research and Construction*). 106: 79-87. (In Persian).
- Ghoulam, C., A. Foursy, and K. Fares. 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beets cultivars. *Environmental and Experimental Botany*. 47: 39-50 .
- Haji Baba'i, B., and F. Azizi. 2014. Effect of irrigation regimes on morphological characteristics and yield of corn hybrids. *Journal of Plant Physiology*. 6(22): 89-100. (In Persian).
- Hamzehi, J., and M. Babaie. 2016. Reaction of morphological traits, yield components and yield of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) to integrated management of irrigation and nitrogen fertilizer. *Electronic Journal of Crop Production*. 9 (4): 17-35. (In Persian).
- Heidari, M., and A.R. Rezapor. 2011. Effect of water stress and sulfur fertilizer on grain yield, chlorophyll and nutrient status of black cumin (*Nigella Sativa* L.). *Journal of Crop Production and Processing*. 1(1): 81-90. (In Persian).
- Huguet-Robert, V., R. Sulpice, C. Lefort, V. Maerskalck, N. Emery, and F.R. Larcher. 2003. The suppression of osmoinduced stresse response of *Brassica napus* L. var.

oleifera leaf discs by polyunsaturated fatty acids and methyljasmonate. *Plant Science*. 164: 119-127.

- Iranipour, R., M.J. Malakoti, M.J. Abedi, A.A. Sajjadi, and H. Ghaforian. 2003. Evaluation of sulfur, organic matter, thiobacillus and the phosphate solubilizing bacteria on uptake capacity of phosphorus from soil with using isotope dilution. Third National Conference on Development and Application of Biological Materials. Ministry of Agriculture. 734pp. (In Persian).
- Jabbari, B., S.M. Mousavi Nik, and P. Yadollahi Dehcheshme. 2015. Effect of chemical fertilizers and plant density on yield, yield components and oil percentage of castor bean (*Ricinus communis* L.) in Sistan region. *Journal of Crop Production Research*. 6 (4): 275-289. (In Persian).
- Jafarzadeh, L., H. Omidi, and A. Bastani. 2014. Effect of drought stress and bio-fertilizer on flower yield, photosynthesis pigments and proline content of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 29 (3): 666-680. (In Persian).
- Jafarzadeh, L., H. Omidi, and D. Jafari, 2010. The effect of drought stress on vegetative grouth, essential oil and proline content of *Calendula officinalis* L. 4th International Conference of Biology, Iran. 1261-1262. (In Persian).
- Jha, P., M. Ram, M.A. Kan, U. Keran, M. Zafar, and M. Abdin. 2011. Impact of organic and chemical fertilizers on artemisin content and yield in *Artemisia annua* L. *Industrial Crop and Products*. 33(2): 296-301.
- Koutroubas, S.D., D.K. Papakosta, and A. Doitsinis. 2000. Water requirements forcastor oil crop (*Ricinus communis* L.) in a Mediterranean climate. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 184: 33- 41.
- Laei, G.H., R. Ghorbanian, and H.A. Arab. 2011. Effects of irrigation on agronomic characteristics of four cultivars of castor in Damghan climate. *Journal of Research Agricultural Science*. 13: 103-114.
- Lak, S., N. Naderi, S.A. Siadat, A. Aynehband, and Gh. Noormohammadi. 2007. Effects of water deficiency stress on yield and nitrogen efficiency of grain corn hybrid KSC 704 at different nitrogen rates and plant population. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 14(2): 63- 76. (In Persian).
- Mafakheri, A., A. Siosemardeh, B. Bahramnejad, P.C. Struik, and Y. Sohrabi. 2011. Effect of drought stress and subsequent recovery on protein, carbohydrate contents, catalase and peroxidase activities in three chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars. *Australian Journal of Crop Science*. 5: 1255-1260.
- Metzger, J.O., and U. Bornscheuer. 2006. Lipids as renewable resources: current state of chemical and biotechnological conversion and diversification. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 71: 13-22.
- Moghimi, N., and Y. Imam. 2013. Morphophysiological characteristics and yield of two forage sorghum cultivars, under low water stress and nitrogen levels. *Environmental Stresses in Crop Science*. 6(1): 27-36. (In Persian).
- Monreal, J.A., E.T. Jim´enez, E. Remesal, R. Morillo-Velarde, S. Garc´ıa-Mauri˜no, and C. Echevarr´ıa. 2007. Proline content of sugar beet storage roots: Response to

water deficit and nitrogen fertilization at field conditions. *Environmental and Experimental Botany*. 60: 257–267.

- Moosavi, Y., M. Tajbakhsh, and B. Ghobadian. 2014. Study of Iranian castor yield with analysis of variance method. *Plant Production Journal*. 36(4): 121-134. (In Persian).
- Mousavi, M., A. Sadeghi Behnoori, B. Pasban Islam, and H. Mohammadi. 2015. Effects of sulfur, nitrogen and phosphorus spraying on yield and yield components of castor in water deficit conditions. *Journal of Plant Ecophysiology*. 9(2): 323-336. (In Persian).
- Nikneshan, P., A. Tadayyon, M. Rafiolhosseini, and B. Bahraininejad. 2015. Response of different castor ecotypes to drought stress under Isfahan and Shahrekord climates. *Journal of Crop Improvement*. 17(4): 1015- 1033 (In Persian).
- Omidi, H., F. Movahedi Poya, and S. Movahedi Poya. 2011. The effect of salicylic acid and scratch hormone on germination and proline content, protein and carbohydrate content of prosopis farcta (*Prosopis farcta* L.) in salinity conditions. *Journal of Rangeland Science.* (4): 632-608. (In Persian).
- Piri, I., M. Moussavi Nik, A. Tavassoli, and F. Rastegaripour. 2011. Effect of irrigation intervals and sulphur fertilizer on growth analyses and yield of *Brassica juncea*. *African Journal of Microbiology Research*. 5(22): 3640-3646.
- Pour Taheri, S., H. Abbaspur, J. Masoud Sinki, and H. Makarian. 2012. Evaluation of ricinuscommunis castor oil yield at different distance of irrigation and different nitrogen levels. Third National Conference on Agricultural and Food Industries, Fasa, Islamic Azad University, Fasa Branch. https://www.civilica.com/Paper-RCASFT03-RCASFT03_188.html. (In Persian).
- Rahimzadeh, S., Y. Sohrabi, Gh. Heydari, E.A. Eyvazi, and T. Hosseini. 2011. Application effect of chemical and biological fertilizers on yield and percentage of essential oil of moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.). *Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*. 27(1): 81-96. (In Persian).
- Ramirez-Vallejo, P., and J.D. Kelly. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica*. 99: 127-136.
- Reddya, A., K. Chaitanya, and M. Vivekanandanb. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology*. 161: 1189-1202.
- Rezapur, A.S., R.M. Heydari, M. Galoi, and M. Ramrudy. 2011. Effect of drought stress and different sulphuric rate on yield, grain yield components and osmotic adjustments in *Nigella sativa* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 27 (3): 384-396. (In Persian).
- Rezvani Moghaddam, P., Z. Bromand Rezazadeh, A.A. Mohamad Abadi, and A. Sharif. 2009. Effects of sowing dates and different fertilizers on yield, yield components, and oil percentage of castor bean (*Ricinus communis* L.). *Journal of Agronomy*. 6(2): 303- 313. (In Persian).
- Rodriguez, P., A. Torrecillas, M.A. Morales, M.F. Ortuno, and M.J. Blanco. 2005. Effects of NaCl salinity and water stress on growth and leaf water relations of

Asteriscus maritimus plants. *Environmental and Experimental Botany*. 53: 113-123.

- Ruiz-Sanchez, M., E. Armada, Y. Munoz, I.E. Garcia de Salamone, R. Aroca, J.M. Ruiz- Lozano, and R. Azcon. 2014. Azospirillum and arbuscular mycorrhizal colonization enhance rice growth and physiological traits under well-watered and drought conditions. *Journal of Plant Physiology*. 168: 1031-1037.
- Sepehri, A., S.A.M. Modarese Sanavi, B. Qare Riyazi, and Y. Yamini. 2002. Effect of water deficit and different nitrogen rates on growth and development stages, yield and yield component of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural Sciences.* 4(3): 184-195. (In Persian).
- Shamsi, K. 2010. The effect of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrate and cholorophyll of bread wheat cultivars. *Journal of Animal and Plant Science.* 3: 1051-1060.
- Teixeira, J., and S. Pereira. 2007. High salinity and drought act on an organ-dependent manner on potato glutamine synthetase expression and accumulation. *Environmental and Experimental Botany*. 60: 121–126.
- Valadabadi, A.R., F. Yosefi, and A.H. Shirani Rad. 2010. Effect of water holding and different nitrogen levels on some of agronomic characteristics of castor bean (*Ricimus communis* L.). *Journal of Agronomy*. 6(1): 99-110. (In Persian).
- Wang, Y.F., S.P. Wang, X.Y. Cui, Z.Z. Chen, E. Schnug, and S. Haneklau. 2003. Effects of sulfur supply on the morphology of shoots and roots of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Grass and Forage Science*. 58: 160–167.

Research Article DOI: 10.30495/jcep.2021.679977

Effect of Foliar Nutrient Application on Morphophysiological Characteristics of Castor (*Ricinus communis* L.) at Different Levels of Water Deficit

Fardane Osati[1], Toraj Mir Mahmoodi[2]*, Bahman Pasban Eslam[3], Saman Yazdan Seta[2], and Hasan Monirifar[3]

Received: August 2019 , Revised: 25 January 2020, Accepted: 18 August 2020

Abstract

To study the effect of irrigation levels and spraying of chemical fertilizers on some Morphophysiological traits in castor oil plant an experiment was conducted in East Azarbaijan Agricultural Research and Education Center, Tabriz- Iran at the 2017 crop season. The field experiment was carried out by a split-plot design based on a completely randomized block design with three replications. The first factor was irrigation levels consisting of control (normal irrigation), irrigation after 80 mm and 140 mm evaporation from the pan evaporation in asseinged to main plots and eight spraying chemical fertilizers including sulfur, potassium, nitrogen, sulfur + potassium, sulfur + nitrogen, potassium + nitrogen, sulfur + potassium + nitrogen and control to subplots.The results showed that the effects of irrigation levels and chemical fertilizer treatments on all traits were significant furthermore, the interaction of two treatments were also significant on all traits except chlorophyll index. Irrigation interval after 140 mm evaporation reduced the leaf chlorophyll index by 18.25% compared to normal conditions. Also, spraying S + N + K increased this trait by 14.90% compared to the control treatment. The highest plant height (135.15 cm), number of leaves (25.12), stomatal conductance coefficient (276.55 $Mmol.m^2sec$), number of branches (7.25), biomass (1.60 $kg.m^2$) and grain yield (0.45 $kg.ha^{-1}$) and the lowest proline content (0.19$\mu mol.g^{-1}$) were recorded by spraying plants with S + N + K under normal irrigation condition. Spraying plants with S+N +K under irrigation interval after 80 and 140 mm also increase grain yields by 45.83 and 40.0 percent respectively, compared with control treatment and it was able to modify the effect of water deficit on traits under study.

Key words: Chlorophyll, water deficit, Sulfur, Nitrogen.

1-Ph.D. Student, Department of Agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran.
2-Assistant Professor Department of Agronomy and Plant Breeding, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran.
3-Associate Professor of Crop and Horticultural Science Research Department, East Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran.
**Corresponding Author: Toraj73@yahoo.com*