



## اثر دور آبیاری و محلول پاشی کودهای شیمیایی بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه در کرچک (*Ricinus communis* L.)

فردانه اوسطی<sup>۱</sup>، تورج میرمحمودی<sup>۲\*</sup>، بهمن پاسبان اسلام<sup>۲</sup>، سامان یزدان‌ستا<sup>۲</sup>، حسن منیری‌فر<sup>۳</sup>

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

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

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

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۱/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۰۲

### چکیده

به منظور بررسی اثر دور آبیاری و محلول پاشی کودهای شیمیایی بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه در کرچک آزمایشی در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی آذربایجان شرقی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۱۳۹۶ به اجرا درآمد. فاکتور اول شامل سطوح آبیاری شامل آبیاری نرمال (۲۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر)، آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر و 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 به صورت محلول پاشی در کرت‌های فرعی بود که در سه تکرار به اجرا درآمد. نتایج نشان داد اثر دور آبیاری بر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. بین تیمارهای محلول پاشی کود شیمیایی از لحاظ کلیه صفات به غیر از میزان رشد نسبی اختلاف معنی‌دار وجود داشت و اثر متقابل دو تیمار نیز بر کلیه صفات به غیر از شاخص کلروفیل، شاخص سطح برگ، دمای برگ و محتوی آب نسبی برگ معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تیمارهای دور آبیاری نشان داد آبیاری پس از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر مقدار شاخص کلروفیل، شاخص سطح برگ و محتوی آب نسبی برگ را در مقایسه با تیمار نرمال آبیاری به ترتیب ۷/۱۲، ۴۸/۸۶ و ۱۶/۸۵ درصد کاهش و مقدار دمای برگ را ۳۳/۱۷ درصد افزایش داد. همچنین شاخص کلروفیل، شاخص سطح برگ و محتوی آب نسبی برگ در تیمار کودی S+N+K در مقایسه با تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) به ترتیب ۱۳/۴۸، ۳۸/۲۹ و ۷/۷۳ درصد افزایش و دمای برگ را ۲۰/۲۵ درصد کاهش نشان داد. در تحقیق حاضر بالاترین ارتفاع بوته، وزن برگ، رشد نسبی، تعداد غلاف، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه به ترتیب با متوسط ۱۱۵/۶۷ سانتی‌متر، ۱۳/۶۳ گرم، ۰/۰۰۹، ۷۹/۳۳ غلاف، ۵/۹۵ تن در هکتار و ۱/۵۳ تن در هکتار به دور آبیاری نرمال و محلول پاشی کودی K+S+N اختصاص یافت.

واژه‌های کلیدی: کلروفیل، کم‌آبی، گوگرد، نیتروژن.

### مقدمه

بذر کرچک، روغن آن است که دارویی بودن گیاه نیز به واسطه همین روغن و ترکیب اسیدهای چرب آن است. میزان روغن در ارقام تجاری معمولاً بین ۴۰ تا ۶۰ درصد است (Weiss, 2000). بر اساس گزارش فائو (Fao, 2018) مقدار 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

کرچک (*Ricinus communis* L.) از تیره فریون، یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی و دارویی مورداستفاده در صنایع داروسازی، آرایشی و بهداشتی بیشتر کشورهای توسعه یافته است (Akpan et al., 2006) گیاه کرچک در مناطق سردسیر، علفی و یک‌ساله است که ارتفاع آن به ۲ تا ۳ متر نیز می‌رسد (Marter, 1981). مهم‌ترین ماده تشکیل دهنده

تنش خشکی علاوه بر اثر منفی بر عملکرد، باعث بروز یا تشدید سایر تنش‌ها مخصوصاً تنش کمبود عناصر غذایی برای گیاه می‌شود. در بین عناصر غذایی نیز نیتروژن نقش بسیار مهمی را در تولید گیاهان بر عهده دارد و کمبود آن یکی از عوامل محدودکننده 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 عنصری مهم و حیاتی برای گیاه به شمار می‌رود که در ساختمان پروتئین، اسیدهای نوکلئیک و کلروفیل وجود دارد و بیش از عناصر غذایی دیگر از دست می‌رود. این عنصر به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر رشد گیاه تأثیر دارد، این‌وجود رفتارهای فیزیولوژیک گیاهان نسبت به منابع نیتروژن کاملاً متفاوت بوده و به توانایی آن‌ها در جذب و تثبیت آن بستگی دارد (Botella et al., 1994). سطوح بالای نیتروژن رشد رویشی را بیش از رشد زایشی در کرچک تحریک می‌کنند (Alimohammadi et al., 2011). 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 ایرانی پور و همکاران (Iranipour et al., 2003) نیز گزارش شده است. کود شیمیایی پتاسیم نیز در حفظ تعادل آبی، ایجاد فشار تورژسانس و باز و بسته شدن روزنه‌ها، در تجمع و انتقال هیدرات‌های کربن تولیدشده نقش دارد و تعادل آبی گیاه را کنترل می‌کند. این عنصر علاوه بر افزایش تولید و بهبود کیفیت محصول، سبب افزایش مقاومت گیاهان به خشکی گردیده و کارایی مصرف آب و کود را افزایش می‌دهد (Rezvani-Moghadam et al., 2014). در این راستا اکبری و همکاران (Akbari et al., 2009) نشان دادند که مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن، فسفر و پتاسیم در هکتار باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی چای ترش گردید. جباری و همکاران (Jabari et al., 2014) در مطالعه اثر کودهای

کشت کرچک و میزان تولید آن در ایران برابر ۱۱/۰۲ هزار هکتار ۳۴۶ هزار تن بود.

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان در سرتاسر جهان و شایع‌ترین تنش محیطی است (Omidi et al., 2011) و به‌خوبی مشخص شده که اثر تنش آبی بر رشد و عملکرد بستگی به ژنوتیپ گیاه دارد، اما شرایط محیطی (Tesfamariam et al., 2010) و مدیریت گیاه نیز تعیین‌کننده عملکرد کمی و کیفی در گیاهان است. کشور ایران با متوسط بارندگی ۲۴۰ میلی‌متر (معادل یک‌سوم میانگین جهانی) جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردد (Jajarmi, 2009). آب یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که تأثیر عمده‌ای بر رشد و نمو و مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد (Jafarzadeh et al., 2010). کمبود آب در جریان تولید گیاهان می‌تواند صدمات فراوانی به رشد و نمو و همچنین بر مواد مؤثره گیاهان وارد نماید (Jafarzadeh et al., 2010). 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 نیز 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. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani-Moghaddam et al., 2009) نیز اعلام کردند خشکی تأثیر به‌سزایی بر کاهش عملکرد دانه در کرچک داشت. زمانی که شرایط رشد فراهم است، خوشه‌های پر گل و تعداد کپسول بیشتری ایجاد می‌شود (تا ۳۰۰ کپسول) و برعکس در سال‌های خشک تعداد کپسول‌ها ممکن است تا حدود ۵ تا ۱۰ کپسول در هر خوشه کاهش یابد (Arshi, 1988). 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) نشان 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.

آزمایشی به صورت کرت‌های خرد در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. فاکتور اول شامل 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 به صورت محلول پاشی در کرت‌های فرعی بود که در مرحله پر شدن دانه‌ها محلول پاشی 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 به وسیله کنتور حجمی دو اینچ و آب خروجی به وسیله فلوم‌های WSC اندازه‌گیری گردید. بافت خاک محل آزمایش سیلتی شنی بود (جدول ۱). رقم کرچک مورد استفاده در این مطالعه رقم ارومیه بود این رقم پابلند، دارای رنگ پهنک و دم‌برگ سبزرنگ، با بریدگی عمیق، لوب‌های پهنک، خوشه سبزرنگ، تراکم خوشه متوسط، متوسط رس و طول دوره گلدهی متوسط است (Mousavi et al., 2011).

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 متر مربع به دست آمد.

با توجه به اهمیت گیاهان دارویی در کشور و همچنین وجود کم‌آبی در اکثر مناطق کشور مطالعه حاضر به منظور بررسی اثر دور آبیاری و محلول پاشی کودهای شیمیایی بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه در کرچک در شرایط شهرستان تبریز انجام شد.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی آذربایجان شرقی در سال ۱۳۹۶ با مشخصات ۴۶ درجه و ۲ دقیقه شرقی و ۳۷ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی به اجرا درآمد.

### جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

**Table 1. Soil physical and chemical characteristics**

هدایت درصد			کربن			اسیدیته الکتریکی			رس			شن			سیلت			آهن			مس			روی			منگنر			بور			منیزیم			سولفات		
EC	T.N.V	OC	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Clay	Silt	Sand	Fe	CU	Zn	Mn	B	Mg	S-SO <sub>4</sub>	pH	EC	T.N.V	OC	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Clay	Silt	Sand	Fe	CU	Zn	Mn	B	Mg	S-SO <sub>4</sub>						
(ds/m)																		%			%			%			%			%			%			%		
6.81	17.12	0.61	0.61	187	7.1	10	40	50	6.6	1.82	0.49	5.9	2.1	200	22	7.62	6.81	17.12	0.61	187	7.1	10	40	50	6.6	1.82	0.49	5.9	2.1	200	22							

$$TRG = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} \times \frac{I}{GA} \quad [1]$$

که در آن  $W_1 - W_2$  = تغییرات وزن خشک،  $T_1 - T_2$  = فاصله زمانی بین دو نمونه برداری، و  $GA$  = واحد سطح زمین هستند. برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه از کل کرت بعد از حذف اثرات حاشیه استفاده شد. زمان برداشت به صورت تدریجی از ۱۰ شهریور تا ۱۰ مهرماه به صورت تدریجی انجام گرفت. دمای برگ در تیمارهای مربوطه در سه نوبت بین ساعات ۱۲ تا ۱۴ با استفاده از دماسنج مادون قرمز مدل 825-T2 ساخت کارخانه تستو (Testo) ایتالیا اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ (RWC) نمونه برداری از بالاترین برگ‌های بالغ در ارتفاع

جهت محلول پاشی عناصر نیتروژن، فسفر و گوگرد به ترتیب 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 سم پاش پشتی مخصوص مجهز به نازل پودر کننده مایع استفاده شد.

بعد از حذف اثرات حاشیه، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به عنوان نمونه جهت اندازه‌گیری ارتفاع بوته، شاخص کلروفیل، شاخص سطح برگ، وزن برگ، دمای برگ، محتوی آب نسبی (RWC)، مقدار رشد نسبی مطلق (TGR)، تعداد کپسول در خوشه اصلی (در مرحله بعد از گلدهی) استفاده شد. مقدار رشد نسبی مطلق با معادله زیر محاسبه شد (Karimi and Siddique, 1991).

میزان مواد فتوسنتزی و ضمن افزایش سرعت فتوسنتز را در اندام‌های فتوسنتز کننده و موجب توسعه تعداد دانه‌های می- گردد (Babazadeh et al., 2011).

بر اساس گزارش مفاخری و همکاران (Mafakheri et al., 2011) تنش خشکی در نخود سبب کاهش میزان کلروفیل برگ گردید، کاهش میزان کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی عمدتاً نتیجه خسارت گونه‌های اکسیژن فعال به کلروپلاست است. همچنین آن‌ها بیان داشتند از آنجاکه تولید گونه‌های اکسیژن فعال عمدتاً به وسیله جذب انرژی اضافی در دستگاه فتوسنتزی صورت می‌گیرد، ممکن است به صورت قابل توجهی از جذب نور توسط کلروفیل جلوگیری کند، بنابراین کاهش غلظت کلروفیل می‌تواند به عنوان یک فاکتور غیر روزنه‌ای و یک عامل محدودکننده در شرایط تنش خشکی باشد (Shamsi, 2010). نتایج وانگ و همکاران (Wang et al., 2003) نشان دادند که استفاده از گوگرد منجر به افزایش رنگ دانه‌های فتوسنتزی در گیاه یونجه می- شود. بر اساس نظر مارشمر (Marschner, 1995) عمده این ترکیبات دارای ساختار نیتروژنی هستند و از آنجایی که گوگرد موجب افزایش کارایی مصرف نیتروژن و همچنین افزایش قابلیت جذب سایر عناصر در گیاهان می‌گردد، از این رو استفاده از گوگرد می‌تواند تا حدی سبب افزایش مقدار کلروفیل در گیاهان گردد.

#### ارتفاع بوته

در تحقیق حاضر اثر دور آبیاری در سطح احتمال ۵٪ و محلول پاشی کود شیمیایی و اثر متقابل دو تیمار در سطح احتمال ۱٪ بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج مطالعه حاضر بالاترین ارتفاع بوته به تیمار محلول پاشی گوگرد در شرایط آبیاری نرمال با متوسط ۱۲۹ سانتی‌متر اختصاص داشت هرچند بین تیمار مذکور و تیمارهای محلول پاشی نیتروژن، گوگرد+ پتاسیم، نیتروژن+ پتاسیم و نیتروژن+ پتاسیم+ گوگرد در شرایط نرمال اختلاف و محلول پاشی کودی نیتروژن+ پتاسیم و نیتروژن+ پتاسیم+ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴)؛ بنابراین می‌توان اظهار داشت محلول پاشی این عناصر در شرایط تنش ملایم توانسته است اثر سوء تنش کم‌آبی را بر ارتفاع بوته تعدیل نماید. در دور آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر بین تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) و تیمار محلول پاشی اختلاف معنی‌دار دیده نشد (جدول ۳). علت این امر تداوم رشد کرچک در

یک‌سوم از رأس بوته‌ها و بین ساعات ۱۲ تا ۱۴ صورت گرفت. برای هر نمونه سه صفحه به قطر ۲۰ میلی‌متر از هر برگ جدا شد و بلافاصله وزن شدند (وزن تر)، سپس نمونه‌ها به مدت ۴ ساعت در آب مقطر دو بار تقطیر با دمای در حدود ۵ درجه سلسیوس و نور اندک غوطه‌ور شده و پس از گرفتن آب روی آن‌ها با کاغذ صافی، وزن شدند (وزن تورم کامل) سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و وزن شدند (وزن خشک). در نهایت محتوی نسبی آب برگ از رابطه زیر محاسبه گردید (Pasban Eslam, 2004):

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100 \quad [2]$$

که در آن  $FW$  = وزن تر،  $DW$  = وزن خشک (بعد از قرارگیری نمونه برگ‌ها در آن ۷۵ درجه سانتی‌گراد و حصول وزن ثابت) و  $TW$  = وزن آماس (بعد از غوطه‌ور شدن نمونه برگ‌ها در داخل آب مقطر در زمان معین) هستند. داده‌های مربوط به صفات با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.2 تجزیه واریانس شدند و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) استفاده شد.

#### نتایج و بحث

##### شاخص کلروفیل

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر سطوح آبیاری و اثر نوع کود شیمیایی در سطح احتمال ۵٪ بر شاخص کلروفیل معنی‌دار بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین تیمارهای دور آبیاری نشان داد (جدول ۲) در بین تیمارهای دور آبیاری بالاترین شاخص کلروفیل به تیمار آبیاری نرمال با متوسط ۱۰۴/۲۸ واحد اختصاص داشت. کمترین شاخص کلروفیل نیز به دور آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر با متوسط ۹۷/۹۲ سانتی‌متر اختصاص یافت هرچند بین تیمار مذکور و دور آبیاری بعد از ۸۰ میلی‌متر بعد از تبخیر اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۳). در بین تیمارهای کود شیمیایی تیماری کود نیتروژن با متوسط ۱۰۳/۲۲ واحد بیشترین شاخص کلروفیل را به خود اختصاص داد هرچند بین تیمار کودی مذکور و تیمارهای کودی گوگرد، پتاسیم و گوگرد + پتاسیم اختلاف معنی‌دار دیده نشد. کمترین شاخص کلروفیل نیز با متوسط ۹۵/۵۱ واحد، به تیمار شاهد اختصاص یافت. کاربرد کود نیتروژن موجب افزایش میزان کلروفیل برگ شده، پیری آن را به تأخیر انداخته و

است (Koutroubas et al., 1999). رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani-Moghaddam et al., 2004) گزارش کردند که با افزایش آب قابل دسترس، رشد بوته نسبت به شرایط کمبود آب افزایش نشان داد و با توجه به غیر انتهای بودن رشد کرچک، ارتفاع گل آذین افزایش یافت. موسوی و همکاران (Moosavi et al., 2014) نیز اثر تنش کم آبی را بر ارتفاع بوته کرچک معنی دار بود آن‌ها گزارش کردند میانگین ارتفاع بوته در تیمارهای تحت تنش خشکی ۱۲/۰۶ سانتیمتر کمتر از تیمارهای تحت آبیاری بود. در بین تیمارهای کودی، محلول پاشی نیتروژن نقش چشمگیرتر در مقایسه با دیگر تیمارهای کودی داشت، معمولاً نیتروژن جزو

مرحله پر شدن دانه به علت نامحدود بودن رشد آن و اثر منفی کمبود آب بر رشد می‌تواند باشد. با افزایش تنش به علت تغییر در تعادل هورمونی داخل گیاه باعث کاهش طول میانگره شده که نتیجه آن کاهش ارتفاع بوته‌ها است. کاهش آب قابل دسترس باعث کاهش انعطاف پذیری 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 خصوصیات مورفولوژیکی است که در برداشت مکانیزه مؤثر

جدول ۲. تجزیه واریانس تأثیر سطوح دور آبیاری و محلول پاشی کودهای شیمیایی بر صفات مورد بررسی در گیاه کرچک

Table 2. Analysis of variance of irrigation and spraying chemical fertilizers on studied traits in Castor

SOV	منابع تغییر	درجه آزادی df	Mean of squares				
			ارتفاع بوته Plant height	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	شاخص سطح برگ LAI	وزن خشک برگ Leaf weight	دمای برگ Leaf temperature
Replication	تکرار	2	807.60 <sup>ns</sup>	33.42 <sup>ns</sup>	4.32 <sup>ns</sup>	7.14 <sup>**</sup>	10.19 <sup>ns</sup>
Irrigation levels	دور آبیاری	2	1650.20 <sup>*</sup>	183.11 <sup>*</sup>	37.58 <sup>**</sup>	6.09 <sup>*</sup>	761.34 <sup>**</sup>
Error a	خطای a	4	199.05	25.51	19.78	0.95	21.33
Nitrogen levels	کود شیمیایی	7	343.52 <sup>**</sup>	52.14 <sup>*</sup>	7.09 <sup>*</sup>	19.9 <sup>**</sup>	39.75 <sup>**</sup>
Irrigation × Nitrogen levels	دور آبیاری × کود شیمیایی	14	128.49 <sup>**</sup>	30.33 <sup>ns</sup>	5.72 <sup>ns</sup>	9.64 <sup>**</sup>	9.82 <sup>ns</sup>
Error b	خطای b	37	50.74	25.91	3.53	3.43	14.20
CV (%)	ضریب تغییرات	-	11.19	12.11	4.99	13.48	13.23

Table 2. Continued

جدول ۲. ادامه

SOV	منابع تغییر	درجه آزادی df	Mean of squares			
			میزان رشد نسبی (TGR)	تعداد کپسول در خوشه اصلی Number of pods	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield
Replication	تکرار	2	9.92 <sup>ns</sup>	0.358 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>	0.79 <sup>**</sup>
Irrigation levels	دور آبیاری	2	93.37 <sup>**</sup>	163.22 <sup>*</sup>	19.85 <sup>**</sup>	1.24 <sup>**</sup>
Error a	خطای a	4	8.25	21.44	0.63	0.039
Nitrogen levels	کود شیمیایی	7	76.72 <sup>ns</sup>	249.08 <sup>**</sup>	2.23 <sup>**</sup>	0.13 <sup>**</sup>
Irrigation × Nitrogen levels	دور آبیاری × کود شیمیایی	14	193.1 <sup>*</sup>	206.22 <sup>**</sup>	0.70 <sup>*</sup>	0.057 <sup>*</sup>
Error b	خطای b	37	59.93	55.43	0.32	0.020
CV (%)	ضریب تغییرات	-	15.16	11.60	14.66	16.81

ns, \*, and \*\* were no significant, significant at level 1 and 5% respectively

ns, \*, and \*\* were no significant, significant at level 1 and 5% respectively

تولید ماده خشک می‌شود. این امر منجر به افزایش عملکرد گیاه می‌شود. همچنین یکی از عوامل مؤثر در توسعه سطح برگ هر بوته و به تبع 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 (Sepelri et al., 2002). قبادی (Ghobadi et al., 2013) و همکاران اظهار داشتند تنش خشکی به صورت 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.

### وزن خشک برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها از لحاظ وزن خشک برگ نشان داد اثر دور آبیاری (در سطح احتمال ۰/۵)، کود شیمیایی و اثر متقابل دو تیمار (در سطح احتمال ۰/۱) بر صفت مذکور معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل دور آبیاری و کود شیمیایی (جدول ۴) نشان داد محلول‌پاشی کود گوگرد + نیتروژن + پتاسیم در شرایط نرمال با متوسط ۱۳/۶۳ گرم بالاترین و تیمار کود گوگرد در شرایط آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌گرم تبخیر با متوسط ۳/۶۶ گرم کمترین وزن خشک برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل دور آبیاری و کود همچنین مشاهده شد تنها در شرایط نرمال بین تیمارهای کاربرد کود و شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد در حالی که در دو تیمار آبیاری بعد از ۸۰ و ۱۴۰ میلی‌متر بین تیمارهای کاربرد کود و تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار دیده نشد. از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش فشار آماس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول به‌ویژه در ساقه و برگ‌هاست. کاهش تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها موجب کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز و اجزای رشد رویشی می‌گردد. با کاهش رشد و نمو سلول، اندازه اندام محدود می‌شود. به عبارت دیگر کاهش مواد فتوسنتزی تولیدی به علت کاهش سطح برگ و کاهش انتقال مواد آسمیلاتی به

عناصری است که رشد رویشی گیاه را افزایش داده و به تبع آن، ارتفاع گیاه نیز افزایش می‌یابد. جباری و همکاران (Jabari et al., 2015) بالاترین ارتفاع بوته کرچک را (با متوسط ۱۰۳/۸۳ سانتی‌متر) در تیمار ۷۵ کیلوگرم پتاسیم + ۱۰۰ کیلوگرم فسفر + ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن و تراکم بوته ۶/۶ بوته در مترمربع گزارش کردند. دهقانی مشکانی و همکاران (Dehghani Mashkani et al., 2011) مشاهده کردند، کاربرد کود کامل شیمیایی سبب افزایش عملکرد کمی بایونه شیرازی نظیر ارتفاع و وزن خشک گیاه در هکتار شد. گوگرد یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاهان محسوب شده و کمبود آن، سبب کاهش تولید کلروفیل در سلول‌های برگ شده که نتیجه آن کاهش رشد گیاه است (Ghasemian, 2000).

### شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد بین تیمارهای دور آبیاری در سطح احتمال ۰/۱ و نوع کود شیمیایی در سطح احتمال ۰/۵ از لحاظ اثر بر شاخص سطح برگ اختلاف معنی‌دار دیده شد (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین تیمارهای آبیاری، تیمار آبیاری نرمال با متوسط ۱/۹۷ علاوه بر اینکه بالاترین شاخص سطح برگ را به خود اختصاص داد مقدار صفت مذکور را در مقایسه با تیمار آبیاری بعد از ۸۰ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر به ترتیب ۲۹/۶۷ و ۳۲/۸۲ درصد افزایش داد (جدول ۲). رشد سلولی یکی از حساس‌ترین فرآیندهای گیاه به تنش آبی است و قبل از فتوسنتز یا هدایت روزنه‌ای کاهش پیدا می‌کند. تنش خشکی باعث کاهش پتانسیل اسمزی از حد متوسط شده، در نتیجه پتانسیل آبی شیرهی سلولی کاهش پیدا می‌کند (Rahman et al., 2010). در بین تیمارهای کود شیمیایی تیمارهای کودی گوگرد + نیتروژن، گوگرد + پتاسیم و گوگرد + نیتروژن + پتاسیم به ترتیب با متوسط ۱۷۲۳/۳، ۱۷۰۴ و ۱۶۹۷/۴ بالاترین شاخص سطح برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۳)، تیمارهای مذکور شاخص سطح برگ را در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد کود شیمیایی) که کمترین شاخص سطح برگ را به خود اختصاص داده بود به ترتیب ۲۸/۷۷، ۲۷/۹۶ و ۲۷/۶۷ درصد افزایش دادند. 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



در این مطالعه بین سطوح آبیاری و نوع کود شیمیایی از لحاظ اثر بر دمای برگ اختلاف معنی دار مشاهده شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین تیمارهای آبیاری نشان داد سطوح آبیاری بعد از ۸۰ و ۱۴۰ دمای برگ را در مقایسه با تیمار نرمال آبیاری به ترتیب ۲۳/۲۰ و ۳۳/۱۷ درصد افزایش دادند (جدول ۲). موسوی و همکاران (Moosavi et al., 2014) نشان دادند اثر دور آبیاری بر دمای برگ معنی دار بوده و با افزایش شدت تنش خشکی بر ارتفاع برگ کرچک افزوده می شود. به دنبال افت آب قابل استفاده خاک، پتانسیل آب گیاه و کاهش تعرق، دمای برگ افزایش نشان می دهد (Carcova et al., 1998). پاسبان اسلام (Pasban Eslam, 2011). در بررسی اثر تنش خشکی بر ژنوتیپ های پاییزه ی گلرنگ نشان داد که تنش خشکی باعث افزایش معنی دار دمای برگ شد. در بین تیمارهای کود شیمیایی بالاترین دمای برگ با متوسط ۳۲/۱۹ درجه به تیمار شاهد اختصاص داشت. این در حالی بود که تیمارهای کودی گوگرد + پتاسیم، گوگرد + نیتروژن و گوگرد + نیتروژن + پتاسیم به ترتیب با متوسط ۲۷/۱۳، ۲۸ و ۲۵/۶۹ درجه کمترین دمای برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۳).

سمت اندام های زایشی در اثر تنش کمبود آب سبب کاهش عملکرد سرشاخه های گل دار می گردد. به همین دلیل اولین اثر محسوس کم آبی بر گیاهان را می توان از روی اندازه کوچک تر برگ ها و ارتفاع کمتر گیاهان تشخیص داد. ارتفاع بوته، وزن تر و خشک برگ ها مانند هر اندام رویشی یا زایشی دیگر شدیداً تحت تأثیر عناصر غذایی و آب قرار می گیرند (Erkossa et al., 2002). دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی، به خصوص نیتروژن از طریق تأثیر بر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول ها در افزایش اجزای رشد رویشی بسیار مؤثر است. به همین علت محلول پاشی کود گوگرد + نیتروژن + پتاسیم در شرایط نرمال بیشترین رشد رویشی را حاصل نموده است. جاه 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 برگ ها در مرحله قبل از گلدهی در گیاهان تیمار شده با NPKS و NPK به ترتیب در محدوده ۲۷/۳-۱۸/۳ و ۵۳/۶-۳۳/۵/۵ درصد تغییر می یابد.

### دمای برگ

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر سطوح دور آبیاری محلول پاشی کودهای شیمیایی بر صفات مورد بررسی در گیاه کرچک

Table 3. Mean comparison of effect of irrigation levels and spraying chemical fertilizers on studied traits of Castor.

Treatment	تیمار	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	شاخص کلروفیل SPAD Chlorophyll index SPAD	شاخص سطح برگ LAI	وزن خشک برگ (گرم) Leaf weight (g)	دمای برگ (سانتی گراد) Leaf temperature (°C)
<b>Irrigation levels</b>		<b>دور آبیاری</b>				
Normal	آبیاری نرمال	115.07 <sup>a</sup>	104.28 <sup>a</sup>	1.97 <sup>a</sup>	7.55 <sup>a</sup>	22.50 <sup>c</sup>
80 mm evaporation	پس از ۸۰ mm تبخیر	105.21 <sup>b</sup>	99.21 <sup>b</sup>	1.39 <sup>b</sup>	6.15 <sup>b</sup>	29.30 <sup>b</sup>
140 mm evaporation	پس از ۱۴۰ mm تبخیر	90.52 <sup>c</sup>	97.92 <sup>b</sup>	1.32 <sup>a</sup>	4.70 <sup>c</sup>	33.67 <sup>a</sup>
<b>Spraying</b>		<b>محلول پاشی</b>				
S	گوگرد	104.56 <sup>ab</sup>	101.40 <sup>a</sup>	1.29 <sup>abc</sup>	5.02 <sup>d</sup>	28.25 <sup>bc</sup>
K	پتاسیم	100.98 <sup>bc</sup>	100.95 <sup>a</sup>	1.69 <sup>ab</sup>	5.56 <sup>cd</sup>	27.38 <sup>bc</sup>
N	نیتروژن	109.93 <sup>ab</sup>	103.22 <sup>a</sup>	1.38 <sup>bc</sup>	7.01 <sup>bc</sup>	28.33 <sup>bc</sup>
S+K	گوگرد + پتاسیم	102.06 <sup>bc</sup>	101.40 <sup>a</sup>	1.70 <sup>a</sup>	6.25 <sup>bc</sup>	27.13 <sup>c</sup>
S+N	گوگرد + نیتروژن	102.17 <sup>bc</sup>	99.89 <sup>ab</sup>	1.72 <sup>a</sup>	6.63 <sup>bcd</sup>	28.00 <sup>c</sup>
K+N	نیتروژن + پتاسیم	113.7 <sup>a</sup>	99.08 <sup>ab</sup>	1.58 <sup>ab</sup>	8.13 <sup>ab</sup>	30.94 <sup>bc</sup>
S+N+K	گوگرد + نیتروژن + پتاسیم	103.84 <sup>ab</sup>	102.32 <sup>a</sup>	1.69 <sup>a</sup>	9.45 <sup>ab</sup>	25.69 <sup>c</sup>
Control	شاهد	91.50 <sup>c</sup>	95.51 <sup>b</sup>	1.22 <sup>c</sup>	6.46 <sup>bcd</sup>	32.19 <sup>a</sup>

Table 3. Continued

جدول ۳. ادامه

Treatment	تیمار	محتوی	میزان رشد نسبی (گرم/روز) TGR	تعداد کپسول	عملکرد	عملکرد دانه (تن/هکتار) Grain yield (t/ha)
		نسبی آب برگ (درصد) RWC (%)		در خوشه اصلی Number of pods	بیولوژیک (تن/هکتار) Biological yield (t/ha)	
<b>Irrigation levels</b>		<b>دور آبیاری</b>				
Normal	آبیاری نرمال	86.85 <sup>a</sup>	0.0096 <sup>a</sup>	66.38 <sup>a</sup>	4.87 <sup>a</sup>	1.21 <sup>a</sup>
80 mm evaporation	پس از ۸۰ mm تبخیر	82.68 <sup>a</sup>	0.00402 <sup>b</sup>	64.81 <sup>ab</sup>	3.74 <sup>b</sup>	0.93 <sup>b</sup>
140 mm evaporation	پس از ۱۴۰ mm تبخیر	74.32 <sup>b</sup>	0.0042 <sup>b</sup>	61.29 <sup>b</sup>	3.08 <sup>c</sup>	0.77 <sup>b</sup>
<b>Spraying</b>		<b>محلول پاشی</b>				
S	گوگرد	82.34 <sup>a</sup>	0.0055 <sup>a</sup>	57.48 <sup>d</sup>	3.36 <sup>de</sup>	0.90 <sup>bc</sup>
K	پتاسیم	81.16 <sup>a</sup>	0.0063 <sup>a</sup>	63.97 <sup>bcd</sup>	3.32 <sup>e</sup>	0.83 <sup>c</sup>
N	نیتروژن	82.46 <sup>a</sup>	0.0053 <sup>a</sup>	61.80 <sup>cd</sup>	4.15 <sup>bc</sup>	1.03 <sup>abc</sup>
S+K	گوگرد + پتاسیم	79.58 <sup>ab</sup>	0.0062 <sup>a</sup>	60.11 <sup>cd</sup>	3.91 <sup>bcd</sup>	0.97 <sup>bc</sup>
S+N	گوگرد + نیتروژن	82.54 <sup>a</sup>	0.0057 <sup>a</sup>	70.98 <sup>ab</sup>	3.71 <sup>cde</sup>	0.95 <sup>bc</sup>
K+N	نیتروژن + پتاسیم	83.58 <sup>a</sup>	0.006 <sup>a</sup>	59.17 <sup>d</sup>	4.31 <sup>ab</sup>	1.07 <sup>ab</sup>
S+N+K	گوگرد + نیتروژن + پتاسیم	82.15 <sup>a</sup>	0.0079 <sup>a</sup>	73.44 <sup>a</sup>	4.78 <sup>a</sup>	1.19 <sup>a</sup>
Control	شاهد	76.25 <sup>b</sup>	0.0048 <sup>a</sup>	66.33 <sup>bc</sup>	3.36 <sup>de</sup>	0.84 <sup>c</sup>

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

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

**محتوی نسبی آب برگ (RWC)**

دارد (Malakoti et al., 2003; Inanloofar et al., 2007). قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2013) روی لوبیا و خان و همکاران (Khan et al., 2007) روی باقلا نشان دادند که شرایط تنش خشکی محتوی آب نسبی برگ به صورت معنی‌داری کاهش یافت. شمسی (Shamsi, 2010) اظهار داشت با کاهش محتوی آب نسبی برگ روزنه‌ها بسته می‌شوند و با بسته شدن روزنه‌ها سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک کاهش می‌یابد. علت این امر پایین تر بودن محتوای آب برگ‌های در معرض کمبود آب نسبت به پتانسیل توان جذب آب آن‌ها است که با تشدید تنش، پتانسیل فشاری برگ افت کرده و با بسته شدن روزنه‌ها فتوسنتز و رشد و نمو دچار وقفه می‌شود (Pasban Eslam, 2011). مقایسه میانگین تیمارهای محلول پاشی نشان داد که محلول پاشی گوگرد، پتاسیم، نیتروژن، گوگرد + پتاسیم، گوگرد + نیتروژن، نیتروژن + پتاسیم و گوگرد + نیتروژن + پتاسیم در مقایسه با شاهد به ترتیب ۷/۹۸، ۶/۴۳، ۸/۱۴، ۴/۳۶، ۸/۲۴، ۹/۶۱ و ۷/۷۳ درصد افزایش دادند. ابواسحق و همکاران (Abooshaghi et al., 2014) اثر دور آبیاری و محلول پاشی آهن و روی را بر محتوی آب نسبی برگ لوبیا (*Phaseolus*

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثر دور آبیاری و کود شیمیایی در سطح احتمال ۱ درصد بر مقدار RWC معنی‌دار بود (جدول ۱). در این بررسی آبیاری بعد از ۸۰ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر مقدار RWC را در مقایسه با تیمار آبیاری نرمال به ترتیب ۴/۰۱ و ۱۴/۴۲ درصد کاهش دادند. لازم به ذکر است که در این بررسی بین تیمار آبیاری نرمال و آبیاری بعد از ۸۰ میلی‌متر تبخیر اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۲). طبق گزارش خان و همکاران (Khan et al., 2007) گیاهانی که تحت تنش رطوبتی قرار می‌گیرند، فضای بین سلولی و میزان آب در پیکره خود را از طریق افزایش مواد اسمزی در درون بافت‌ها به حداقل می‌رسانند تا آب از بافت خاک با نیروی بیشتری وارد شود این امر موجب کاهش میزان آب نسبی برگ در شرایط تنش خشکی می‌گردد. گزارش‌های متعددی مبنی بر اینکه افزایش کاربرد کودهای شیمیایی به خصوص نیتروژن و مصرف کربوهیدرات‌ها از طریق افزایش ساخت پروتئین‌ها و افزایش ضخامت دیواره سلولی باعث جذب بیشتر آب توسط پروتوپلاسم و بهبود محتوای نسبی آب برگ می‌شود وجود



(El-Sayed, 2000) دریافت که کود گوگرد می‌تواند باعث افزایش سرعت رشد گیاه و ترکیب‌های آلی در بافت سبز گیاه سیاه‌دانه شده، در نهایت منجر به افزایش عملکرد و ارزش غذایی گیاه گردد.

### تعداد کپسول در خوشه اصلی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر دور آبیاری (در سطح احتمال ۱٪) و کود شیمیایی و اثر متقابل دو تیمار (در سطح احتمال ۱٪) بر تعداد کپسول در خوشه اصلی بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل دور آبیاری و محلول پاشی کود شیمیایی (جدول ۴) نشان داد اگرچه محلول پاشی هر تیمار کودی نیتروژن + گوگرد + پتاسیم در شرایط نرمال با متوسط ۷۹/۳۳ بیشترین تعداد کپسول در خوشه اصلی را به خود اختصاص داد اما بین تیمار مذکور و دیگر تیمارهای محلول پاشی کودی اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد در حالی که بین کلیه تیمارهای مذکور و تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در دو تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر نیز تیمارهای محلول پاشی از تعداد کپسول در خوشه اصلی بالاتری در مقایسه با تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) برخوردار بودند. کمترین تعداد کپسول در خوشه اصلی نیز به تیمار آبیاری پس از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر همراه با شاهد محلول پاشی (عدم محلول پاشی) اختصاص یافت (جدول ۳). جباری و همکاران (Jabari et al., 2014) اثر متقابل کود شیمیایی و تراکم بوته را بر تعداد غوزه کرچک معنی‌دار گزارش کردند و اظهار داشتند بیشترین تعداد غوزه در تیمار کود شیمیایی ۵۰ کیلوگرم پتاس + ۷۵ کیلوگرم فسفر + ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آوردند. از دیدگاه سعید نژاد و رضوانی مقدم (Saeid nejad and Rezvani, 2010) افزایش میزان عناصر غذایی به خصوص نیتروژن و فسفر باعث تحریک رشد گیاه و افزایش سبزی‌نگی و تعداد چتر در هر بوته زیره سبز می‌گردد.

### عملکرد بیولوژیک

بر اساس نتایج مطالعه حاضر اثر دور آبیاری، محلول پاشی کود شیمیایی در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل دو تیمار در سطح احتمال ۵٪ بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین ترکیبات تیماری دور آبیاری و محلول پاشی کود شیمیایی از لحاظ اثر بر عملکرد بیولوژیک

(*vulgaris* L.) معنی‌دار گزارش نمودند. آن‌ها اظهار داشتند با تأخیر در آبیاری محتوی نسبی برگ به طور معنی‌دار کاهش یافت. آن‌ها همچنین گزارش کردند محلول پاشی با سولفات آهن توانست محتوی نسبی آب برگ را ۴/۱۳ درصد، سولفات روی ۵/۲۱ درصد و ترکیب سولفات آهن و روی ۱۲/۳۶ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. نتایج تحقیقات لی ون و همکاران (Li Wen et al., 2006) بر روی گیاه یونجه نشان داد که از دست دادن آب سبب کاهش شدید در میزان رطوبت نسبی گیاه گردید محتوای نسبی آب معرف بسیار خوبی از وضعیت آبی گیاه است که به عنوان یک شاخص انتخاب جهت تحمل به خشکی نیز پیشنهاد شده است (Teulate et al., 1997)

### میزان رشد نسبی (TGR)

نتایج تحقیق حاضر نشان داد اثر دور آبیاری در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل دور آبیاری در محلول پاشی کود شیمیایی در سطح احتمال ۵٪ بر شاخص رشد مطلق گیاه معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل دور آبیاری و محلول پاشی کود شیمیایی بر مقدار شاخص رشد مطلق گیاه (جدول ۴) حاکی از آن بود که به غیر از تیمار محلول پاشی پتاسیم و تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) بالاترین شاخص رشد مطلق گیاه در شرایط نرمال آبیاری همراه با کلیه سطوح محلول پاشی کود شیمیایی حاصل شد به طوری که در شرایط نرمال آبیاری محلول پاشی گوگرد، نیتروژن، گوگرد + پتاسیم، گوگرد + نیتروژن، نیتروژن + پتاسیم و گوگرد + نیتروژن + پتاسیم مقدار شاخص رشد مطلق را به ترتیب ۱۴/۱۱، ۱۴/۱۱، ۲۹/۴۱، ۱۶/۴۷، ۴۷/۰۵ و ۱۰/۵۸ درصد افزایش دادند (جدول ۳). این در حالی بود که در تیمارهای آبیاری پس از ۸۰ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر بین تیمار شاهد محلول پاشی و تیمارهای محلول پاشی کودهای شیمیایی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. 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. به طور کلی 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

نشد. در این مطالعه همچنین مشاهده شد در تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر تنها اختلاف معنی‌دار بین تیمار محلول‌پاشی گوگرد+ پتاسیم + نیتروژن با تیمار شاهد و دیگر تیمارها وجود داشت. این در حالی بود که در تیمار آبیاری پس از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر بین تیمار شاهد و دیگر تیمارهای محلول‌پاشی کود شیمیایی اختلاف معنی‌دار دیده نشد (جدول ۳). افزایش عملکرد بیولوژیکی می‌تواند ناشی از افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه افزایش سرعت رشد محصول باشد. کاهش فواصل آبیاری از طریق بهبود شاخص‌های فیزیولوژیکی مذکور موجب افزایش تجمع ماده

کرچک (جدول ۴) حاکی از آن بود که محلول‌پاشی پتاسیم + نیتروژن و گوگرد+ پتاسیم + نیتروژن در شرایط آبیاری نرمال به ترتیب با متوسط ۶/۲۳ و ۵/۹۵ تن در هکتار بالاترین عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص دادند. لازم به ذکر است که بین تیمارهای مذکور و تیمارهای محلول‌پاشی نیتروژن اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. در تحقیق حاضر کمترین عملکرد بیولوژیک با متوسط ۲/۷ تن در هکتار به تیمار آبیاری پس از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی پتاسیم اختصاص یافت هرچند بین تیمار مذکور و تیمار محلول‌پاشی نیتروژن و تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) اختلاف معنی‌دار مشاهده

جدول ۴. مقایسه میانگین تیمارهای 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 Castor.

دور آبیاری Irrigation levels	محل‌پاشی Spraying	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن خشک برگ (گرم) Leaf weight (g)	میزان رشد نسبی (گرم/روز) TGR (g/day)	
نرمال Normal	S	گوگرد	129.0 <sup>a</sup>	7.33 <sup>bcd</sup>	0.0097 <sup>abc</sup>
	K	پتاسیم	107.27 <sup>b-g</sup>	6.66 <sup>b-f</sup>	0.0085 <sup>bc</sup>
	N	نیتروژن	126.45 <sup>ab</sup>	8 <sup>b-c</sup>	0.0097 <sup>abc</sup>
	S+K	گوگرد + پتاسیم	120.52 <sup>ab</sup>	7.66 <sup>bcd</sup>	0.011 <sup>ab</sup>
	S+N	گوگرد + نیتروژن	102.5 <sup>c-h</sup>	7.76 <sup>bc</sup>	0.0099 <sup>abc</sup>
	K+N	نیتروژن + پتاسیم	114.17 <sup>a-e</sup>	8.66 <sup>b</sup>	0.0125 <sup>a</sup>
	S+N+K	گوگرد + نیتروژن + پتاسیم	115.67 <sup>a-d</sup>	13.63 <sup>a</sup>	0.0094 <sup>abc</sup>
	Control	شاهد	104.95 <sup>b-h</sup>	7.70 <sup>c</sup>	0.0085 <sup>bcd</sup>
پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر 80 mm evaporation	S	گوگرد	102.0 <sup>c-h</sup>	3.70 <sup>fg</sup>	0.0040 <sup>efg</sup>
	K	پتاسیم	102.23 <sup>c-h</sup>	4.33 <sup>efg</sup>	0.0031 <sup>fg</sup>
	N	نیتروژن	108.50 <sup>b-g</sup>	7 <sup>b-e</sup>	0.0038 <sup>efg</sup>
	S+K	گوگرد + پتاسیم	97.83 <sup>d-j</sup>	6.01 <sup>b-g</sup>	0.0070 <sup>cde</sup>
	S+N	گوگرد + نیتروژن	89.50 <sup>hij</sup>	7.43 <sup>bcd</sup>	0.0028 <sup>fg</sup>
	K+N	نیتروژن + پتاسیم	112.17 <sup>a-f</sup>	8.06 <sup>bc</sup>	0.0012 <sup>g</sup>
	S+N+K	گوگرد + نیتروژن + پتاسیم	119.45 <sup>abc</sup>	7.03 <sup>b-e</sup>	0.0072 <sup>cde</sup>
	Control	شاهد	109.9 <sup>b-g</sup>	5.70 <sup>b-g</sup>	0.0030 <sup>fg</sup>
پس از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر 140 mm evaporation	S	گوگرد	82.67 <sup>ij</sup>	3.66 <sup>g</sup>	0.0051 <sup>def</sup>
	K	پتاسیم	93.33 <sup>f-j</sup>	5.70 <sup>b-g</sup>	0.0044 <sup>efg</sup>
	N	نیتروژن	94.83 <sup>f-j</sup>	6.03 <sup>b-g</sup>	0.0036 <sup>efg</sup>
	S+K	گوگرد + پتاسیم	101.33 <sup>c-i</sup>	5.10 <sup>c-g</sup>	0.0030 <sup>fg</sup>
	S+N	گوگرد + نیتروژن	82.50 <sup>ij</sup>	4.7 <sup>d-g</sup>	0.0044 <sup>efg</sup>
	K+N	نیتروژن + پتاسیم	80.17 <sup>j</sup>	7.66 <sup>bcd</sup>	0.0044 <sup>efg</sup>
	S+N+K	گوگرد + نیتروژن + پتاسیم	92.67 <sup>g-j</sup>	7.66 <sup>bcd</sup>	0.0073 <sup>cde</sup>
	Control	شاهد	96.67 <sup>e-j</sup>	6.36 <sup>b-g</sup>	0.0020 <sup>fg</sup>

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

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

Table 4. Continued

جدول ۴ ادامه

دور آبیاری	تعداد غلاف	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه (تن/هکتار)			
Irrigation levels	Number of pods	(تن/هکتار) Biological yield (t/ha)	Grain yield (t/ha)			
Spraying	محلول پاشی					
نرمال	S	گوگرد	72.20 <sup>a-e</sup>	4.40 <sup>c-f</sup>	1.1 <sup>ad</sup>	
	Normal	K	پتاسیم	75.60 <sup>abc</sup>	3.90 <sup>c-h</sup>	0.97 <sup>b-d</sup>
		N	نیتروژن	68.33 <sup>a-g</sup>	5.43 <sup>ab</sup>	1.38 <sup>ab</sup>
		S+K	گوگرد + پتاسیم	77.53 <sup>ab</sup>	4.54 <sup>b-e</sup>	1.14 <sup>abc</sup>
		S+N	گوگرد + نیتروژن	69.86 <sup>a-f</sup>	4.67 <sup>bcd</sup>	1.14 <sup>abc</sup>
		K+N	نیتروژن + پتاسیم	74.46 <sup>a-d</sup>	6.23 <sup>a</sup>	1.48 <sup>a</sup>
		S+N+K	گوگرد + نیتروژن + پتاسیم	79.33 <sup>a</sup>	5.95 <sup>a</sup>	1.53 <sup>a</sup>
		Control	شاهد	62.40 <sup>e-i</sup>	3.79 <sup>c-i</sup>	0.94 <sup>bcd</sup>
		پس از ۸۰ میلی متر تبخیر	S	گوگرد	156.8 <sup>g-j</sup>	3.55 <sup>f-j</sup>
80 mm evaporation	K		پتاسیم	66.53 <sup>b-h</sup>	3.37 <sup>c-j</sup>	0.84 <sup>cd</sup>
	N		نیتروژن	63.20 <sup>d-i</sup>	4.08 <sup>c-g</sup>	1.02 <sup>bcd</sup>
	S+K		گوگرد + پتاسیم	62.53 <sup>e-i</sup>	3.84 <sup>c-i</sup>	0.96 <sup>bcd</sup>
	S+N		گوگرد + نیتروژن	50.33 <sup>jk</sup>	3.31 <sup>c-j</sup>	0.82 <sup>cd</sup>
	K+N		نیتروژن + پتاسیم	63.80 <sup>c-i</sup>	3.64 <sup>e-j</sup>	0.91 <sup>bcd</sup>
	S+N+K		گوگرد + نیتروژن + پتاسیم	71.46 <sup>a-e</sup>	4.70 <sup>bc</sup>	1.19 <sup>ab</sup>
	Control		شاهد	68.40 <sup>c-i</sup>	3.42 <sup>f-j</sup>	0.85 <sup>cd</sup>
	پس از ۱۴۰ میلی متر تبخیر		S	گوگرد	56.20 <sup>h-k</sup>	2.94 <sup>hij</sup>
140 mm evaporation		K	پتاسیم	59.46 <sup>f-g</sup>	2.70 <sup>j</sup>	0.67 <sup>d</sup>
		N	نیتروژن	53.86 <sup>ijk</sup>	2.88 <sup>ij</sup>	0.72 <sup>cd</sup>
		S+K	گوگرد + پتاسیم	65.46 <sup>c-i</sup>	3.30 <sup>g-j</sup>	0.82 <sup>cd</sup>
		S+N	گوگرد + نیتروژن	65.53 <sup>c-i</sup>	3.14 <sup>g-j</sup>	0.78 <sup>cd</sup>
		K+N	نیتروژن + پتاسیم	55.73 <sup>h-k</sup>	3.08 <sup>hij</sup>	0.77 <sup>cd</sup>
		S+N+K	گوگرد + نیتروژن + پتاسیم	58.00 <sup>f-j</sup>	3.70 <sup>d-i</sup>	0.92 <sup>bcd</sup>
		Control	شاهد	44.86 <sup>k</sup>	2.98 <sup>ig</sup>	0.72 <sup>cd</sup>

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

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

باعث تجمع ماده خشک گیاه شده است. کاهش وزن اندام‌های هوایی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی در اثر محدودیت آب توسط حاجی بابایی و عزیز (Haji Babai and Azizi, 2014) که کاهش ۴۴ درصدی عملکرد علوفه خشک را با تغییر دور آبیاری از نرمال به حالت شدید را در ذرت علوفه‌ای ملاحظه 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 است. دلیل افزایش عملکرد بیولوژیک در محلول پاشی پتاسیم + نیتروژن و گوگرد + پتاسیم + نیتروژن در شرایط آبیاری نرمال بهبود وضعیت رطوبتی خاک است

خشک در اندام‌های رویشی و عملکرد بیولوژیک گردید. از طرفی، ممکن است که دلیل کاهش عملکرد بیولوژیک اختصاص شیره پرورده به مکانیسم‌های دفاعی گیاه در برابر کم‌آبی باشد (Patel et al., 1996). تحقیقات نشان داده است که در اثر کمبود گوگرد فتوسنتز شدیداً کاهش می‌یابد و موجب جلوگیری از طولیل 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 بیولوژیک گیاه است (Piri et al., 2011). این اختلاف می‌تواند ناشی از کاهش توانایی ژنوتیپ‌ها در جذب عناصر غذایی و انتقال مواد پرورده در اثر کمبود آب باشد که

عملکرد می‌تواند در نهایت منجر به تغییر در عملکرد دانه تولیدی در گیاهان و از جمله 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 کردند و اظهار داشتند کاربرد کود گوگرد در شرایط تنش ملایم آبیاری اثر نامطلوب تنش کم‌آبی را تعدیل کرد. مقدار عملکرد محصول تحت تأثیر عواملی از قبیل اعمال مدیریت، ژنتیک و محیط قرار می‌گیرد، عملکرد دانه به توانایی گیاه در جذب منابع (تابش، آب و عناصر غذایی) بستگی دارد که باعث گسترش برگ شده و بر عملکرد نهایی اثر می‌گذارند (Manzoor et al., 2006). کمبود آب در مرحله گلدهی باعث افزایش سقط‌جینین در دانه‌گرده 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، چراکه استفاده از کود گوگرد منجر به تحریک تولید پروتئین و کلروفیل در برگ‌ها می‌شود. افزایش مقدار پتاسیم 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 هیدرات‌کربن و افزایش عملکرد محصول نقش کلیدی دارد (Reddy et al., 2004). جباری و همکاران (Jabari et al., 2014) بالاترین عملکرد دانه کرچک را به میزان ۳۳۱۵ کیلوگرم در هکتار در تیمار ۷۵ کیلوگرم پتاسیم + ۱۰۰ کیلوگرم 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 قابل‌دسترس بر رشد رویشی و زايشی 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

که تا حدودی از ایجاد خشکی فیزیولوژیکی جلوگیری کرده و سبب افزایش ماده‌سازی و بهبود پتانسیل آب در گیاه و همچنین رشد رویشی شده است که در نتیجه آن عملکرد بیولوژیکی افزایش یافته است و 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 بیولوژیکی می‌شود (Piri et al., 2011).

### عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر دور آبیاری و محلول‌پاشی کودهای شیمیایی در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل دو تیمار در سطح احتمال ۵٪ بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). در بررسی حاضر محلول‌پاشی گوگرد، نیتروژن، گوگرد + پتاسیم، گوگرد + نیتروژن، نیتروژن + پتاسیم و گوگرد + نیتروژن + پتاسیم در شرایط آبیاری نرمال به ترتیب با متوسط ۱/۱، ۱/۳۸، ۱/۱۴، ۱/۱۴، ۱/۴۸ و ۱/۵۳ تن در هکتار علاوه بر این که بالاترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند مقدار صفت مذکور را در مقایسه با شاهد (عدم محلول‌پاشی) در شرایط مذکور به ترتیب ۱۷/۰۲، ۴۶/۸۰، ۲۱/۲۷، ۵۷/۴۴ و ۶۲/۷۶ درصد افزایش دادند. در شرایط آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر تنها اختلاف معنی‌دار بین تیمار محلول‌پاشی گوگرد + نیتروژن + پتاسیم و دیگر تیمارها از جمله تیمار شاهد دیده شد. تیمار مذکور با متوسط عملکرد دانه ۱/۱۹ تن در هکتار عملکرد دانه را در مقایسه با تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی کود شیمیایی) ۴۰ درصد افزایش داد (جدول ۴) که بیانگر این نکته است که در شرایط محلول‌پاشی کم و متوسط کودهای شیمیایی می‌تواند اثر سوء تنش کم‌آبی را تعدیل نماید. لازم به ذکر است که در مطالعه حاضر در تیمار آبیاری پس از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر هیچ اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای محلول‌پاشی و تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) دیده نشد. 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 به وجود آمدن دانه، گیاه نیاز به رشد رویشی مناسب و تولید اندام‌های تشکیل‌دهنده آن در مراحل مختلف رشد رویشی و زايشی دارد. تأثیر خشکی بر هر یک از اجزای

گیرد. در بررسی حاضر تنش کم‌آبی بیشترین اثر منفی را بر میزان رشد نسبی داشت و آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر مقدار شاخص مذکور را در مقایسه با تیمار نرمال آبیاری ۱۲۸ درصد کاهش داد، بنابراین می‌توان اظهار داشت تنش خشکی با محدودسازی رشد و توسعه کرچک عملکرد دانه و دیگر شاخص‌های رشدی گیاه را کاهش داده است. در تحقیق حاضر بالاترین شاخص‌های موردبررسی به‌غیر از دمای برگ در محلول‌پاشی سه کود نیتروژن+ پتاسیم+ گوگرد به دست آمد می‌توان اظهار داشت که سه کود موردنظر نیازهای غذایی گیاه کرچک را برآورد نموده و از این طریق توانسته‌اند اثر مثبتی بر رشد و نمو گیاه داشته باشند. در تحقیق حاضر هرچند تنش خشکی از کلیه شاخص‌ها کاست اما محلول‌پاشی سه کود نیتروژن+ پتاسیم+ گوگرد در شرایط پس از ۸۰mm تبخیر توانست اثر تنش مضر تنش خشکی را بر صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف و عملکرد دانه تعدیل نماید بنابراین در شرایط تنش ملایم کم‌آبی محلول‌پاشی عناصر غذایی مانند نیتروژن+ پتاسیم+ گوگرد می‌تواند راهکار مناسبی برای حفظ عملکرد دانه در شرایط کم‌آبی باشد.

(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 اختصاص‌یافته به تولید دانه کاسته می‌شود. وجود گوگرد در گیاه باعث افزایش فتوسنتز و از این طریق باعث افزایش کربوهیدرات‌ها و مواد پروتئینی می‌شود و از آنجایی که در نهایت ذخیره این مواد در دانه صورت می‌گیرد می‌توان اظهار داشت که مصرف کود گوگرد باعث افزایش عملکرد دانه شود (Sangale et al., 1998).

### نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر با افزایش میزان تنش کم‌آبی از کلیه صفات موردبررسی به‌غیر از دمای برگ کاسته شد به نحوی که دور آبیاری پس از ۸۰ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر عملکرد دانه را در مقایسه با تیمار آبیاری نرمال (برابر با ۳۰ درصد تخلیه رطوبتی)، به ترتیب ۲۳/۱۴ و ۳۶/۳۶ درصد کاهش داد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت جهت دستیابی به حداکثر عملکرد دانه در کرچک بایستی آبیاری به‌صورت مرتب انجام

### منابع

- Akpan, U.G., Jimoh, A., Mohammad, A.D., 2006. Extraction, characterization and modification of castor seed oil. *Leonardo Journal Science*. 8, 43-52.
- Ali Mohammadi, M., Valad Abadi., S.A.R., Danshiyan, J., Aref, B., 2001. Effect of nitrogen and plant density on grain yield and oil of Caster (*Ricinus communis* L.). *New Journal of Sustainable Agriculture*. 21, 57- 65. [In Persian with English Summary].
- Arshi, Y., 1988. Breeding and Seed Production of Oilseeds. Seed and Plant Improvement Institute. 316p. [In Persian].
- Babazadeh, SH., Kavoshi, M., Esfandiari, M., Nahvi, M., Gilipour, M.A., 2011. Effect of different nitrogen levels and their uses on yield and yield components of hybrid rice (deylmet). *Iranian Journal of Agricultural Research*. 4, 728-734. [In Persian with English Summary].
- Botella, M.A., Cerda, A., Martinez, V., Lips. S.H., 1994. Nitrate and ammonium uptake by wheat seeding as affected by salinity and light. *Journal of Plant Nutrition*. 17(5), 839- 850.
- Carcova, J., Maddonni, G.A., Ghersa, C.M., 1998. Crop water stress index of three maize hybrids grown in soils with different quality. *Field Crops Research*. 55, 165-174.
- Dehghani Mashkani, M.R., Naghde Bayati, H.A., Darzi, M.T., Mehrafrin, A., Rezazadeh, Sh., Katkhoda. Z., 2011. The Effect of Chemical and Biological Fertilizers on Quantitative and Qualitative Function of Sharazi Chamomile (*Matricaria inodora* L.) *Iranian Journal of Medicinal Plants*. 10(2), 48-35. [In Persian with English Summary].
- El-Sayed, K.A., Ross, S.A., Sohly, M.A., Khalafalla, M.M., Abdel Hamid, O.B., Ikegami, F., 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.
- FAO. 2018. FAO statistics. <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>.
- Erkossa, T., Stahr, K., Tabor. G., 2002. Integration of organic and inorganic fertilizers: effect on vegetable productivity. Retrieved



- from [www.tropentag.de/2004/abstracts/full/20.pdf](http://www.tropentag.de/2004/abstracts/full/20.pdf).
- Ghanbari, A.A., Shakiba1, M.R., Toorchi, M., Choukan, R., 2013. Morpho-physiological responses of common bean leaf to water deficit stress. *European Journal of Experimental Biology*. 3(1), 487-492.
- Ghasemian, V., 2000. Study of micronutrients elements such as iron, zinc and manganese on the quantity and quality of seed soybean under West Azerbaijan. MSc Thesis of Agronomy, College of Agriculture, Tarbiat Modarres, Tehran, Iran. [In Persian].
- Ghobadi, R., Shirkhani, A., Jalilian. A.S., 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 with English Summary].
- Ghoulam, C., Foursy, A., and Fares, K., 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., Azizi, F., 2014. Effect of irrigation regimes on morphological characteristics and yield of corn hybrids. *Journal of Plant Physiology*. 6(22), 89-100. [In Persian with English Summary].
- Hamzehi, J., Babaie, M., 2016. Response of morphological traits, yield components and yield of pumpkin (*cucurbita pepo* l.) To the integrated management of irrigation interval and nitrogen fertilizer. *Electronic Journal of Crop Production* 9 (4), 17-35 [In Persian with English Summary].
- Inanloofar, M., Omid, H., Pazouki A., 2013. Morphological, agronomical changes and oil content in purslane (*Portulaca oleracea* L.) under drought stress and biological / chemical fertilizer of nitrogen. *Journal of Medicinal Plants*. 4 (48), 184-170 [In Persian with English Summary].
- Iranipour, R., Malakoti, M.J., Abedi, M.J., Sajjadi, A.A., Ghaforian. H., 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. 2-4 January 2003, Karaj. [In Persian].
- Jabari, B., Mousavi Nick, S.M., Yiddali deh Cheshme, P., 2014. Effect of chemical fertilizers and plant density on yield, yield components and oil content of castor plant (*Ricinus communis* L.) in Sistan region. *Journal of Agricultural Research*. 6(4), 279-289 [In Persian with English Summary].
- Jafarzadeh, L., Omid, H., Jafari, D., 2010. The effect of drought stress on vegetative growth, essential oil and proline content of *Calendula officinalis* L. 4th International Conference of Biology, Ferdowsi University of Mashhad - Iran Biological Society, 23-25 September 2010, 1261-1262. [In Persian].
- Jajarmi, V., 2009. Effect of water stress on germination indices in seven wheat cultivar. *World Acad Sci Eng Technol*, 49; 105-106. In vitro evaluation of osmotic stress tolerance using a novel root recovery assay. *Plant Cell*. 95(1), 101-106.
- Jha, P., Ram, M., Kan, M.A., Keran, U., Zafar, M., and Abdin, M. Z., 2011. Impact of organic and chemical fertilizers on Artemisinin content and yield in *Artemisia annua* L. *Industrial Crops and Products*. 33(2), 296-301.
- Karimi, M.M., Siddique, K.H.M., 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research*. 42, 13-20.
- Khan, H., Link, U., Hocking, W., Stoddard, F., 2007. Evaluation of physiological traits for improving drought tolerance in faba bean (*Vicia faba* L.). *Plant and Soil*. 292, 205-217.
- Koutroubas, S.D., Papakosta, D.K., Doitsinis, A., 1999. Adaptation and yielding ability of castor plant (*Ricinus communis* L.) genotypes in a Mediterranean climate. *European Journal of Agronomy*. 11, 227- 237.
- Koutroubas, S.D., Papakosta, D.K., Doitsinis, A. 2000. Water requirements for castor oil crop (*Ricinus communis* L.) in a Mediterranean climate. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 184, 33- 41
- Laei, G.H., Ghorbanian, A.R., Arab, H.A., 2011. Effects of irrigation on agronomic characteristics of four cultivars of castor in Damghan climate. *Journal of Research in Crop Sciences*. 13, 103-114.
- Li Wen, R., Zhang, S., Shan, L., 2006. Effect of water stress on chlorophyll fluorescence



- parameters and activity of antioxidant enzyme in Alfalfa (*Medicago sativa* L.) seedlings. In: The First International Conference on the Theory and Practices in Biological Water Saving (ICTPB), Beijing, China.
- Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C., Sohrabi, Y., 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.
- Malakoti, M.J., Homaei, M., 2003. Productivity of Soils in Dry and Semi-dry Area, Problems and Solutions. Tarbiat Modares University Press. 494p. [In Persian].
- Manzoor, Z., Ali, R.I., Awan, T.H., Khalid, N., Ahmad, M., 2006. Appropriate time of nitrogen application to fine rice (*Oryza sativa*). *Journal of Agriculture Research*. 44, 261-269.
- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2<sup>nd</sup> ed., Academic Press, Ltd., London, 862p.
- Marter, A.D., 1981. Castor: Markets, Utilization and Prospects. The Tropical Products Institute. 152, 55-78.
- Moghimi, N., Imam, Y., 2013. Morphophysiological characteristics and yield of two forage sorghum cultivars, under low water stress and nitrogen levels. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 6(1), 27-36. [In Persian with English Summary].
- Moosavi, S.G., Javad Seghatoleslami, M., Fazeli-Rostampoor, A., Jouyban, Z., 2014. Response of marigold flower yield and yield components to water deficit stress and nitrogen fertilizer. *Journal of Ornamental Plants*. 4(3), 153-162.
- Mousavi, M., Sadeghi Behnoori, A., Pasban Islam, B., Mohammadi, H., 2015. Effects of sulfur, nitrogen and phosphorus spraying on yield and yield components of castor in water deficit conditions. *Journal of Ecophysiology of Plants*. 9(2), 323-336 [In Persian with English Summary].
- Mousavi, S.I., Tajbakhsh, M., Ghobadian, B., 2011. Study of Iranian Castor varieties by combined variants analysis. *Herbal Products*. 36 (4), 121-134
- Omidi, H., Movahedi Poya, F., Movahedi Poya, S., 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 with English Summary].
- Pasban Eslam, B., 2004. Evaluation of physiologic and agronomic characters of oilseed rape cultivars for late season drought resistance. Research final Report. No. 83. 289. Research, Education and Extension organization. Iran. No. 83.289. pp: 25-27. [In Persian].
- Pasban Eslam, B., 2011. Effect of drought stress on seed and oil yield of autumn genotypes of safflower. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 42(2), 275-283. [In Persian with English Summary].
- Patel, B.S., Patel, J.C., Sadaria, S.G., 1996. Response of blond psyllium (*Plantago ovate* L.) to irrigation and phosphorus. *Indian Journal of Agronomy*. 41, 311-314.
- Piri, I., Moussavi Nik., M., Tavassoli, A., Rastegaripour, F., 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.
- Rathke, G.W., Behrens, T., Diepenbrock, W., 2006. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 17, 80- 108.
- Reddya, A., Chaitanya, K., Vivekanandanb, M., 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology*. 161, 1189-1202.
- Rezapur, A.S., Heydari, R.M., Galoi, M., Ramrudy, M., 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 with English Summary].
- Rezvani Moghaddam, P., Bromand Rezazadeh Z., Mohamad Abadi, A.A., Sharif. A., 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.
- Rezvani Moghaddam, P., Nabati, J., Norozpour, G.H., Mohammad Abadi, A.A., 2004. Survey of morphological characteristics, grain yield

- and oil of castor bean in plant densities and irrigation different intervals. Iranian Journal of Field Crops Research. 2(1),1-12. [In Persian with English Summary].
- Rezvani-Moghadam, P., Seyedi, S.M. Azad, M., 2014. Comparison of the effects of organic, chemical and biological sources of nitrogen on the nitrogen use efficiency in black cumin (*L sativa Nigella*). Iranian Journal of Medicinal Plants and Aromatic Plants. 30, 274-260. [In Persian with English Summary].
- Saeedi Abooshaghi, R., Yedavi, A., Movahedi Dehnavi, M., Baluchi, H.R., 2014. The effect of irrigation and spraying of iron and zinc on some physiological and morphological traits on red bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Plant Process and Function. 3(7), 27-41. [In Persian with English Summary].
- Sangale, P.B., Palil, G.D., Daftardar, S.Y., 1998. Effect of foliar application of zinc, iron and boron on yield of safflower. Journal of Moharashtra Agricultural Universities. 6, 65-66.
- Sepehri, A., Modarese Sanavi, S.A.M., Qare Riyazi, B., Yamini, Y., 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 with English Summary].
- Shamsi, K., 2010. The effect of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrate and chlorophyll of bread wheat cultivars. Journal of Animal and Plant. 3, 1051-1060.
- Tesfamariam, E.H., Annandale, J.G., Steyn J.M., 2010. Water stress effects on winter canola growth and yield. Agronomy Journal. 102, 658-666
- Rahman, M.S., Ahmad I., 2004. Effects of water stress on growth and photosynthetic pigments of corn (*Zea mays* L.) cultivar. International Journal of Agriculture and Biology. 6(4), 652-655.
- Wang, Y.F., Wang, S.P., Cui, X.Y., Chen, Z.Z., Schnug, E., Haneklau, S., 2003. Effects of sulfur supply on the morphology of shoots and roots of alfalfa (*Medicago sativa* L.). Grass and Forage Science. 58, 160-167.
- Weiss, E.A., 2000. Oil Seed Crops. Blackwell Science. 364p.
- Zadehbagheri, M., Kamelmanesh, M.M., Javanmardi, S., Sharafzadeh, S., 2012. Effect of drought stress on yield and yield components, relative leaf water content, proline and potassium ion accumulation in different white bean genotype. African Journal of Agriculture Research. 7, 5661-5670.