

اثر مواد ضد تعرق و کاهنده تنش خشکی بر دوام سطح برگ، کارایی مصرف آب و عملکرد دانه نخود (*Cicer arietinum* L.) در رژیم های مختلف آبیاری

Effect of anti-transpiration substances and drought stress ameliorators on leaf area duration, water use efficiency and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under different irrigation regimes

هومن محمدی^۱، علی سپهری^{۲*}، حسین صباغ پور^۳

۱. دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی
۲. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی (نگارنده مسئول)
۳. استاد پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی همدان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۱۱

چکیده

محمدی، ه.، سپهری، ع.، صباغ پور، ح.، اثر مواد ضد تعرق و کاهنده تنش خشکی بر دوام سطح برگ، کارایی مصرف آب و عملکرد دانه نخود (*Cicer arietinum* L.) در رژیم های مختلف آبیاری
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۱ - شماره ۲ - پیاوند ۱۱۹ تابستان ۹۷: ۹۷-۱۱۸

کمبود آب عامل اصلی کاهش عملکرد نخود در مناطق خشک و نیمه خشک می باشد. طی آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اثر رژیم های بدون آبیاری (دیم)، آبیاری در مراحل گل دهی، غلاف دهی و گل دهی + غلاف دهی در کرت های اصلی و اثر مواد ضد تعرق (کائولین، کیتوزان) به همراه کاهنده های تنش خشکی (کلرید کلسیم، سلنات سدیم) در کرت های فرعی بر دوام سطح برگ، کارایی مصرف آب و عملکرد دانه نخود رقم آزاد طی سال زراعی ۹۴-۹۳ در همدان بررسی شد. در رژیم های مختلف آبیاری، محلول پاشی کیتوزان و کلرید کلسیم نسبت به مصرف کائولین و سلنات سدیم تاثیر بیشتری بر اغلب صفات مورد بررسی داشتند. محلول پاشی کیتوزان و کلرید کلسیم در تیمار آبیاری مرحله گل دهی با مصرف ۱۸۲۰ متر مکعب آب، صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد پروتئین دانه، کارایی مصرف آب و شاخص دوام سطح برگ را به ترتیب ۹۱، ۹۴، ۱۰۶، ۴۹، ۹۵، ۲۳ و ۲۳ درصد و در تیمار آبیاری مرحله غلاف دهی با مصرف ۱۹۱۰ متر مکعب آب، به ترتیب ۱۳۸، ۱۴۶، ۱۹۲، ۸۳، ۱۶۴، ۶۵ و ۳۴ درصد نسبت به شرایط دیم افزایش دادند. در رژیم آبیاری گل دهی + غلاف دهی با مصرف ۲۵۹۰ متر مکعب آب، محلول پاشی کیتوزان و کلرید کلسیم صفات مذکور را به ترتیب ۱۹۵، ۲۱۴، ۳۶۱، ۱۲۴، ۲۵۵، ۷۲ و ۳۵ درصد نسبت به دیم افزایش دادند. بنابراین با توجه به وقوع تنش خشکی در انتهای فصل کاشت، می توان از رژیم دو بار آبیاری در مراحل گل دهی و غلاف دهی و یا یک بار آبیاری در مرحله غلاف دهی به همراه محلول پاشی کیتوزان و کلرید کلسیم جهت افزایش عملکرد دانه نخود رقم آزاد بهره برد.

واژه های کلیدی: آبیاری تکمیلی، تنش خشکی، سلنات سدیم کائولین، کلرید کلسیم، کیتوزان

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: sepehri2748@gmail.com

مقدمه

نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) یکی از مهم ترین بقولات دانه ای است که به دلیل اهمیت راهبردی آن در تولید پروتئین گیاهی در اکثر نقاط دنیا کشت می شود (Gunes *et al.*, 2006). نخود با سطح زیر کشت بیش از ۱۲ میلیون هکتار و متوسط تولید ۹۴۰ کیلوگرم در هکتار در جهان، سومین محصول مهم در بین حبوبات می باشد (FAO, 2015). متوسط عملکرد نخود در اراضی آبی ایران ۱۰۵۰ و در اراضی دیم ۳۹۶/۵ کیلوگرم در هکتار است که نسبت به میانگین جهانی آن بسیار پایین می باشد (FAO, 2015).

تنش خشکی که در انتهای فصل و در اواخر رشد زایشی نخود دیم اتفاق می افتد علت اصلی کاهش عملکرد دانه در اکثر مناطق به ویژه ایران بوده و بسته به منطقه و شرایط آب و هوایی بین ۳۰ تا ۶۰ درصد عملکرد نخود را کاهش می دهد (Kanouni *et al.*, 2003). کاهش عملکرد دانه ناشی از تنش خشکی تولید نخود در سطح جهان، ۳/۷ میلیون تن برآورد شده و پیش بینی می شود ۲/۱ میلیون تن آن را بتوان از طریق فعالیت های اصلاحی، روش های به زراعی و استفاده از ارقام متحمل به تنش خشکی جبران نمود (FAO, 2015). تنش خشکی مراحل نموی گیاه را تسریع نموده و تعداد روز تا گل دهی، غلاف دهی و رسیدگی را کاهش می دهد (Ortega *et al.*, 2011). ماده خشک تولیدی به طور عمده به توسعه سطح برگ، دوام سطح برگ و مصرف آب وابسته است، لذا کاهش عملکرد نخود در شرایط تنش خشکی بیشتر به

دلیل اثر منفی آن بر سطح برگ و سرعت رشد محصول اتفاق می افتد (Saman *et al.*, 2006). بررسی های مختلف حاکی از کاهش معنی دار عملکرد و اجزای عملکرد نخود در تنش کمبود آب است (Salam *et al.*, 2013; Saman *et al.*, 2006).

گزارش شده آبیاری تکمیلی در دوره رشد نخود موجب افزایش ارتفاع بوته، تعداد ساقه اولیه و ثانویه شده در نتیجه اجزای عملکرد و عملکرد دانه افزایش می یابد به طوری که آبیاری تکمیلی در دوره رشد به صورت نسبت های متفاوت از کل نیاز آبی، افت ۴۵ درصدی عملکرد نخود در کشت بدون آبیاری (دیم) به ۲۵ درصد کاهش داد (Oweis *et al.*, 2004).

از راه های مناسب کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی در گیاه کاستن از شدت تعرق است. مواد ضد تعرق با کاهش تلفات آب از سطح برگ، سرعت انتشار بخار آب از گیاه را تقلیل می دهند (Neyestani & Azimzadeh, 2005). این مواد به صورت لایه ای روی برگ های گیاه قرار گرفته و تا اندازه ای از خروج بخار آب حاصل از بافت های درونی گیاه جلوگیری کرده ولی مانع تبادل گازی گیاه نمی شوند (Glenn & Puterka, 2005). همچنین مواد شیمیایی ضد تعرق از طریق بستن نسبی روزنه ها و افزایش مقاومت به انتشار بخار آب از برگ ها، موجب افزایش پتانسیل آب درون سلول های برگ شده که لازمه رشد سلول های گیاهی است (Liu *et al.*, 2004). یکی از مواد ضد تعرق طبیعی کیتوزان است که به عنوان یک پلیمر طبیعی از طریق تجزیه

عملکرد پروتئین دانه تحت آبیاری شده است (Abu- Muriefah, ۲۰۱۳). محلول پاشی کیتوزان در ژنوتیپ های عدس (*Lens culinaris* L) در شرایط دیم نشان داد که تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت افزایش معنی داری داشته است (Jan- Mohammadi *et al.*, 2014). همچنین محلول پاشی کیتوزان بر برگ های بامیه (*Abelmoschus esculentus* L) موجب افزایش معنی دار ارتفاع گیاه، تعداد برگ در گیاه، بیوماس کل، سرعت رشد مطلق، سرعت رشد نسبی و فتوسنتز شده و عملکرد دانه را به میزان ۲۷/۹ درصد افزایش داده است (Mondal *et al.*, 2012). در تحقیقی دیگر نشان داده شد که کاربرد کیتوزان رشد ریشه، ساقه، وزن تر و خشک ساقه و ریشه، سطح برگ و میزان کلروفیل برگ را در لوبیا ارتقاء می دهد (Sheikha & Al- Maleki, 2011).

کائولین نیز یک ماده ی معدنی طبیعی ضد تعرق حاوی سیلیکات آلومینیوم بوده که قابل حل در آب و فاقد اثرات مخرب زیست محیطی است. ترکیب مذکور پوشش ذره ای کارآمد با ویژگی های منحصر به فرد ایجاد نموده که از نظر شیمیایی بی اثر است. پوشش ایجادشده توسط کائولین روی برگ منفذدار بوده و در تبادل گازی گیاه اختلالی بوجود نمی آورد. این ماده پرتوهای فعال فتوسنتزی را از خود عبور داده و تا حدودی مانع از عبور پرتوهای مادون قرمز و ماورای بنفش می شود (Glenn & Puterka, 2005). ترکیب مذکور در بازتاب تشعشعات مازاد رسیده به سطح برگ و در

گلوکوزامین حاصل از موجودات دریایی مانند میگو، خرچنگ و یا از دیواره سلولی قارچ ها فرآوری می شود (Rinaudo, 2006). کیتوزان و مشتقات آن غیر سمی، تجدید پذیر و دوست دار طبیعت می باشد. این ترکیب در برخی فعالیت های فیزیولوژیکی گیاه از قبیل مقاومت به شرایط نامساعد محیطی مشارکت داشته و تشدیدکننده مکانیزم های دفاعی و ارتقاء دهنده رشد گیاه است (Limpa- Navech *et al.*, 2008). کاربرد کیتوزان در شرایط تنش خشکی در گیاه قهوه (*Coffea canephora* L) سبب افزایش جذب مواد معدنی، تحریک رشد گیاهیچه، محتوای کلروفیل و کاروتنوئید ها در برگ، ارتفاع گیاه، قطر ساقه، سطح برگ و دوام سطح برگ و نیز کاهش تعرق از سطح برگ ها و در نهایت افزایش مقاومت به خشکی شده است (Nguyen *et al.*, 2011). در لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L) محلول پاشی برگی کیتوزان موجب افزایش تجمع مواد قابل حل سازگار در تنش خشکی شده که با کاهش پتانسیل اسمزی آب برگ، آماس مورد نیاز برای توسعه سلولی برگ را فراهم کرده و موجب افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، طول غلاف و قطر دانه در چنین شرایطی شده است (Farouk & Amira, 2013). همچنین محلول پاشی کیتوزان در لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) موجب افزایش ارتفاع گیاه، تعداد ساقه اولیه و ثانویه، سطح برگ، وزن تر و خشک ساقه، میزان کلروفیل، درصد پروتئین دانه، اجزای عملکرد و عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی و افزایش

در عملکرد سلول، تأخیر در پیری، کاهش در ریزش گل و کنترل اختلالات فیزیولوژیکی دخالت دارد. نقش یون کلسیم، به عنوان یک پیام بر ثانویه نیز در بسیاری از سیستم های بیولوژیکی شناخته شده که مرتبط با راه اندازی یک مسیر پیام رسانی انتقالی است (Hasegawa et al., 2000). کلسیم با سازوکارهای تنظیمی در گیاه ارتباط داشته و گیاهان را با شرایط نامساعد محیطی از جمله گرما، سرما، خشکی، شوری و فلزات سنگین تطابق می دهد (Jaleel et al., 2007; Cousson, 2009). کلرید کلسیم سبب افزایش معنی دار در تعداد گل آذین ها و موجب افزایش عملکرد دانه و اجزای عملکرد در شبدر مصری (*Trifolium alexandrinum* L) شده است (Balwinder et al., 2013). کلسیم اثرات نامطلوب تنش خشکی را در گراس (*Zoysia japonica* L) کاهش داده و موجب ارتقاء بیوماس، محتوای کلروفیل، پروتئین، فتوسنتز و کارایی مصرف آب شده است (Chengbin et al., 2013). محلول پاشی کلسیم در آفتابگردان وزن دانه، محتوای چربی و پروتئین دانه را در تنش خشکی افزایش و تحت آبیاری تکمیلی عملکرد پروتئین دانه را افزایش داده است (Hassan et al., 2011). کاربرد کلسیم در گندم بهاره نیز طی تنش خشکی رسیدگی فیزیولوژیکی را به تأخیر انداخته و نسبت ریشه به ساقه را در مراحل اولیه رشد گندم و محتوای رطوبت نسبی را در تمامی مراحل رشد افزایش داده و با تأخیر در پیری گیاه موجب افزایش دوام سطح برگ و در نهایت ارتقاء عملکرد نهایی دانه شده است (Ma et al., 2005).

نهایت کاهش بار گرمایی برگ نیز مؤثر بوده و موجب افزایش فتوسنتز خالص برگ می شود (Saour, 2005). محلول پاشی با کائولین روی گیاه زینتی (*Polianthes tuberosa* L) سبب افزایش محتوای کلروفیل شده و از فعالیت آنزیم کلروفیلاز کاسته که در نهایت موجب دوام بیشتر سطح برگ می شود، همچنین ماده مذکور با افزایش انعکاس نور و کاهش دمای برگ منجر به کاهش اثرات سوء تنش خشکی می گردد (Moftah & Al-Humaid., 2005). در گیاه کتان (*Linum usitatissimum* L) محلول پاشی کائولین موجب افزایش اجزای عملکرد شده که می تواند مرتبط با افزایش فتوسنتز به دلیل ارتقاء شرایط آبی گیاه و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی از برگ ها باشد (Gaballah & Abou-Leila, 2000). کائولین در لوبیا سبب افزایش معنی دار در اجزای عملکرد، عملکرد دانه و محتوای نیتروژن و درصد پروتئین دانه، کاهش اثر خشکی و افزایش عملکرد پروتئین دانه تحت شرایط آبیاری تکمیلی شده است (Yigitarslan, 2010).

از مواد کاهنده تنش، کلرید کلسیم است. یون کلسیم طی مسیر سیمپلاستی با کمک آکوپورین ها در سلول های مزوفیل برگ در حفظ و ارتقاء تورژانس سلول های برگ نقش ویژه ای ایفا می کند همچنین سبب افزایش جذب آب توسط ریشه از مسیر آپوپلاستی شده و در نهایت عملکرد طبیعی گیاه را بهبود می بخشد (Wahid et al., 2007; Gilliam et al., 2011). کلرید کلسیم در فرآیندهای بیوشیمیایی نیز مانند فسفریلاسیون پروتئین نقش داشته و

برگ و کارایی مصرف آب ارتقاء یافته است (Nawaz et al., ۲۰۱۵; Habibi, 2013).

با توجه به موارد مذکور هدف اصلی این تحقیق بررسی اثر همزمان مصرف مواد ضد تعرق و کاهنده تنش بر شاخص تداوم سطح برگ و چگونگی تاثیر آن بر کارایی مصرف آب و عملکرد نخود زراعی تحت رژیم های مختلف آبیاری بوده است.

مواد و روش ها

آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی اکباتان واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی استان همدان با اقلیم سرد و خشک با متوسط بارندگی سالانه ۳۳۵ میلیمتر و رطوبت نسبی سالانه ۵۴ درصد (DNCYB, ۲۰۱۵) در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ بصورت اسپلیت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار با رقم آزاد نخود انجام شد. چهار رژیم آبیاری شامل بدون آبیاری (دیم)، یک بار آبیاری در مرحله ی گل دهی، یک بار آبیاری در مرحله ی غلاف دهی و دو بار آبیاری در مراحل گل دهی و غلاف دهی در کرت های اصلی، با سه سطح محلول پاشی مواد ضد تعرق به صورت عدم محلول پاشی مواد ضد تعرق (محلول پاشی با آب)، محلول پاشی کائولین (۵ درصد) و محلول پاشی کیتوزان (۲۰۰ میلی گرم در لیتر) و سه سطح محلول پاشی مواد کاهنده تنش شامل عدم محلول پاشی مواد کاهنده (محلول پاشی با آب)، محلول پاشی کلرید کلسیم (۵۰ میلی مولار) و محلول پاشی سلنات سدیم (۴۰ میلی گرم در لیتر) به صورت فاکتوریل در کرت های فرعی انجام گرفت. میانگین دما و بارندگی ماه های اسفند

سلنات سدیم یکی دیگر از مواد تخفیف دهنده تنش بوده که به صورت معدنی در خاک یافت شده و نقش بیولوژیکی ویژه ای در گیاه ایفا می کند (Germ et al., 2007). سلنیوم با برخی پروتئین ها ترکیب شده و تولید موادی بنام سلنو پروتئین می کند که آنزیم های آنتی اکسیدان از جمله آن ها می باشند (Xue et al., 2001). سلنیوم تحت شرایط تنش از تخریب کلروفیل جلوگیری و سبب بهبود فتوسنتز، تأخیر در پیری برگ شده و موجب افزایش تولید مواد فتوسنتزی و انتقال آن به دانه ها و در نتیجه افزایش عملکرد دانه می شود (Kuznetsov et al., ۲۰۰۳; Xue et al., 2001). محلول پاشی سلنیوم در شرایط تنش کم آبی در کدو (*Cucurbita pepo* L.) موجب کاهش اثرات مخرب تنش و بهبود صفاتی همچون رطوبت نسبی برگ، کمبود اشباع آب، محتوای پروتئین محلول دانه، اجزای عملکرد، عملکرد دانه گردید (Naeemi et al., 2012). استفاده از سلنات سدیم در شبدر شیرین (*Melilotus officinalis* L.) طی آبیاری کامل بر پتانسیل آب برگ تأثیری نداشته، اما در شرایط محدودیت آبیاری باعث بهبود پتانسیل آب برگ شده است (Kostopoulou et al., ۲۰۱۰). کاربرد سلنیوم در آفتابگردان در تنش خشکی، فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان را افزایش داده و محتوی آب نسبی برگ را حفظ کرده و در نهایت موجب افزایش عملکرد دانه شده است (Dadnia, 2012). گزارش شده با کاربرد سلنیوم در گندم و جو تحت تنش خشکی وزن خشک ریشه، اجزای عملکرد و عملکرد دانه افزایش یافته و میزان فتوسنتز، محتوای رطوبت نسبی

و کیتوزان با وزن مولکولی ۴۰۰ کیلو دالتون (Abu- Muriefah, 2013; Vito *et al.*, 2009) با سمپاش دستی روی برگ های گیاه انجام شد. در طی اجرای آزمایش در زمان کاشت، ۵۰ درصد گل دهی و ۵۰ درصد غلاف دهی از عمق توسعه ریشه (حدود ۹۰ درصد ریشه ها تا عمق ۵۰ سانتی متری خاک فعال هستند (Alizadeh, 2001), توسط اوگر نمونه برداری انجام و به مدت ۲۴ ساعت در آون ۱۰۴ درجه سانتیگراد خشک شد و درصد رطوبت وزنی موجود در خاک تعیین گردید. عمق آبیاری مورد نیاز تا رسیدن به ظرفیت مزرعه برای آبیاری بر اساس معادله (۱) محاسبه گردید (Alizadeh, 2001; Benami & Ofen, 1984).

$$Dn = (FC-WP) * D * BD * (1-ASM) / 100$$

(۱)

Dn = عمق آبیاری برای رسیدن به ظرفیت زراعی

بر حسب سانتی متر

FC = درصد رطوبت وزنی خاک در ظرفیت مزرعه.

WP = درصد وزنی رطوبت خاک در نقطه پژمردگی

ASM = درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری

تا تیرماه ایستگاه هواشناسی سینوپتیک اکباتان در (جدول ۱) آمده است. در پاییز عملیات تهیه زمین انجام شد. بذور در واحدهای آزمایشی شامل شش ردیف کاشت بطول شش متر و فواصل ردیف ۳۰ سانتی متر با تراکم ۳۱ بوته در مترمربع در عمق ۵ سانتی متری خاک در پانزدهم اسفند کشت گردید. کلیه بذور قبل از کاشت با استفاده از قارچ کش بنومیل به نسبت دو در هزار ضد عفونی شدند. بر اساس آزمایش خاک، کود سوپر فسفات تریپل و اوره مورد نیاز به ترتیب ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت به کرت ها داده شد (جدول ۲).

کنترل علف های هرز از طریق وجین دستی صورت گرفت. محلول پاشی مواد کاهنده تنش، شامل کلرید کلسیم و سلنات سدیم در دو مرحله یک بار قبل از گل دهی و بار دیگر بعد از گل دهی بوته ها طبق تحقیقات قبلی انجام شد (Amuthavali *et al.*, ۲۰۱۲; Nawaz *et al.*, 2015). به علت بیشترین مقدار تعرق در دوران غلاف بندی نخود، محلول پاشی مواد ضد تعرق در اواسط دوران مذکور توسط کائولین

جدول ۱- میانگین دما و بارندگی در فصل رشد نخود در ایستگاه اکباتان در سال زراعی ۹۴-۹۳

Table 1. Means of temperature and precipitation during the growing season of chickpea at Ekbatan station in 2015

ماه Month	میانگین درجه حرارت حداکثر (سانتی گراد) Mean of maximum temperature (c°)	میانگین درجه حرارت حداقل (سانتی گراد) Mean of minimum temperatue (c°)	بارندگی (میلی متر) Precipitation (mm)
February-March اسفند	12.33	-0.33	15
March-April فروردین	16.83	2.76	49.41
April-May اردیبهشت	24.67	6.86	4.2
May-June خرداد	32.39	11.36	0.2
June-July تیر	36.4	15.58	0

جدول ۲- ویژگی های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2. Physicochemical properties of the soil at the experimental location

عمق خاک	هدایت	واکنش	آهک	نیترژن	کربن آلی	فسفر	پتاس	شن	سیلت	رس	بافت خاک
Soil depth (cm)	EC (ds/cm)	pH	T.N.V (%)	N (%)	O.C (%)	P (ppm)	K (ppm)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil texture
0-30	2.22	8.25	7.5	0.05	0.54	5.6	461	48.126.6	25.3		Clay silt

ساتیگراد خشک شدند. نمونه های خشک شده با ترازوی حساس با دقت یک صدم گرم توزین و وزن آنها ثبت گردید.

شاخص دوام سطح برگ معادل سطح زیر منحنی شاخص سطح برگ طبق معادله ی (۲) محاسبه شد:

$$LAID = \sum_{i=1}^n ((LAI_1 + LAI_2)/2) \times T_{day} \quad (2)$$

به هنگام رسیدگی محصول، پس از حذف حاشیه از انتهای هر واحد آزمایشی، بوته های موجود در مساحتی به اندازه سه مترمربع شامل چهار ردیف وسطی هر کرت برداشت و عملکرد دانه اقتصادی و بیولوژیکی محاسبه شد. همچنین از هر کرت آزمایشی تعداد ۲۰ بوته بطور تصادفی انتخاب و تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، طول غلاف و قطر دانه شمارش و اندازه گیری شد. به منظور تعیین وزن صد دانه، از هر واحد آزمایشی چهار نمونه صد تایی شمارش شد و پس از توزین میانگین وزن صد دانه محاسبه گردید. برای اندازه گیری طول غلاف و قطر دانه از کولیس دیجیتال استفاده شد.

پس از اندازه گیری عملکرد دانه یا توجه به میزان آب مصرفی (میزان بارندگی و آبیاری در دوره رشد)، کارآیی مصرف آب برای هر یک

D = عمق توسعه ریشه بر حسب سانتی متر.

BD = چگالی مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب.

کل میزان آب مصرفی در تیمار بدون آبیاری بر اساس کل بارندگی در فصل زراعی و باقیمانده رطوبت در خاک به میزان ۱۰۹۰ متر مکعب و در تیمارهای آبیاری در مراحل گل دهی به میزان ۱۸۲۰ متر مکعب، غلاف دهی به میزان ۱۹۱۰ متر مکعب، گل دهی و غلاف دهی جمعاً به میزان ۲۵۹۰ متر مکعب بر اساس کل بارندگی در فصل زراعی، باقیمانده رطوبت در خاک و آبیاری ثبت شده به وسیله کنتور حجمی محاسبه شدند.

در هر واحد آزمایشی دو ردیف از هر طرف و ۵۰ سانتی متر از دو انتهای هر ردیف به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. به منظور اندازه گیری سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی نمونه برداری از پنج بوته به روش تخریبی در هر ۱۰ روز یک بار انجام گردید. شروع نمونه برداری از ۳۹ روز بعد از کاشت صورت گرفت و تا ۱۱۰ روز پس از کاشت ادامه یافت. پس از جدا کردن برگ ها سطح برگ با دستگاه سطح برگ سنج مدل (Delta- T Co.UK) اندازه گیری شد. سپس اجزای بوته به مدت ۴۸ ساعت در آون الکتریکی تهویه دار در دمای ۷۵ درجه

مرحله غلاف دهی و یک بار آبیاری در مرحله گل دهی با محلول پاشی کیتوزان و مصرف کلرید کلسیم، دارای بیشترین شاخص دوام سطح برگ بودند (جدول ۸). کمترین شاخص دوام سطح برگ در رژیم بدون آبیاری بدست آمد، در این رژیم نیز اثر مثبت محلول پاشی کیتوزان و مصرف کلرید کلسیم مشاهده شد (جدول ۸). همچنین در تنش خشکی به دلیل تسریع در مراحل رشد، سطح برگ توسعه چندانی نداشته و به تبع آن دوام سطح برگ کاهش می یابد. در چنین شرایطی پیری برگ تسریع شده و فتوسنتز جاری نمی تواند گیاه را در مراحل گل دهی و غلاف دهی حمایت کند. بدیهی است با اعمال آبیاری در مراحل گل دهی و غلاف دهی، از تخریب و شکسته شدن کلروفیل و کلروپلاست ها جلوگیری به عمل آمده که در نهایت سبب تاخیر در پیری برگ و افزایش شاخص دوام سطح برگ می گردد. در نوعی گیاه زینتی نیز کاربرد ماده ضد تعرق کائولین سبب افزایش شاخص دوام سطح برگ گردید (Moftah & Al- Humaid, 2005). در تحقیق حاضر نیز کاربرد ماده ضد تعرق کیتوزان و در مرحله بعد کائولین دوام سطح برگ را بهبود داد و با اعمال حداقل یک بار آبیاری، افزایش دوام شاخص سطح برگ کاملاً مشهود بود. قابل ذکر است اثرات مفید محلول پاشی کلسیم نیز بر شاخص سطح برگ گندم و سورگوم توسط دیگر محققین گزارش شده است (Ma et al., 2010, Sadeghi- Lotf- Abadi et al., 2005).

از تیمارهای آزمایشی با استفاده از معادله (۳) تعیین گردید (Ehdaei, 1995).

$$(۳) \text{ میزان آب مصرفی / عملکرد دانه} =$$

کارایی مصرف آب

اندازه گیری پروتئین دانه به روش کجگلدال انجام شد که پس از تعیین درصد نیتروژن دانه و احتساب ضریب (۶/۲۵) بدست آمد. (Ntanos & Koutroubas, 2002)

همچنین عملکرد پروتئین دانه از معادله (۴) بدست آمد.

$$(۴) \text{ عملکرد دانه} \times \text{درصد پروتئین دانه} =$$

عملکرد پروتئین دانه

محاسبات آماری و تجزیه داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS (Ver, 9.1) انجام شد. برای مقایسه میانگین داده ها از آزمون چند دامنه ای دانکن استفاده گردید.

نتایج و بحث

شاخص دوام سطح برگ

اثر رژیم های آبیاری، مواد ضد تعرق و کاهنده تنش و همچنین اثر متقابل آنها بر شاخص دوام سطح برگ در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). مقایسه های اثرات اصلی در جدول ۴ و اثرات متقابل بین تیمارهای مورد بررسی در جدول های ۵، ۶، ۷ و ۸ آمده است.

در بررسی اثرات متقابل سه جانبه رژیم آبیاری، مواد کاهنده تنش و ضد تعرق مشاهده شد رژیم دو بار آبیاری با محلول پاشی کیتوزان و مصرف کلرید کلسیم نسبت به سایر تیمارها بیشترین شاخص دوام سطح برگ را داشت و پس از آن به ترتیب رژیم یک بار آبیاری در

طول غلاف

2008). نتایج بررسی حاضر نشان داد با دو بار آبیاری در مراحل گل و غلاف، کاربرد کیتوزان و کلرید کلسیم اثر مطلوبی بر دوره زایشی داشته و موجب افزایش ابعاد غلاف و به خصوص طول آن گردیده است. این امر می تواند عمدتاً به فراهمی رطوبت در مرحله زایشی و افزایش مواد فتوسنتزی برای توسعه و تقسیم سلولی، افزایش ماده خشک بوته و در نهایت انتقال بیشتر مواد به غلاف مرتبط باشد.

قطر دانه به طور معنی داری تحت تأثیر رژیم های آبیاری، مواد ضد تعرق و کاهنده تنش و اثر متقابل آن ها در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). با افزایش آب قابل دسترس در تیمارهای آزمایشی قطر دانه افزایش یافت. همچنین در بین مواد ضد تعرق و کاهنده تنش، کیتوزان و کلرید کلسیم بیشترین تأثیر را بر افزایش قطر دانه داشتند. بیشترین قطر دانه در رژیم دو بار آبیاری با کاربرد کیتوزان و کلرید کلسیم به دست آمد. در رژیم یک بار آبیاری مرحله گل دهی با کاربرد کیتوزان و محلول پاشی کلرید کلسیم نسبت به سلنات سدیم تفاوت معنی داری در قطر دانه مشاهده شد ولی در شرایط بدون آبیاری با کاربرد کیتوزان، تفاوتی بین محلول پاشی کلرید کلسیم و سلنات سدیم در این خصوص ملاحظه نشد (جدول ۸). به طور کلی در تنش خشکی آخر فصل با کاهش دوره پرشدن دانه، ابعاد دانه از جمله قطر دانه کاهش می یابد. به نظر می رسد بهبود انتقال مواد به اندام مخزن توسط کلرید کلسیم، سبب افزایش قطر دانه شده باشد. در شبدر مصری نیز کاربرد کلرید کلسیم سبب

طول غلاف به طور معنی داری تحت تأثیر اثرات رژیم های آبیاری، مواد ضد تعرق، کاهنده تنش و اثرات متقابل آن ها در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). اثرات متقابل عوامل مورد بررسی حاکی از افزایش نسبی طول غلاف در رژیم های دو بار آبیاری و پس از آن یک بار آبیاری در مرحله غلاف دهی است، به طوری که بیشترین طول غلاف در رژیم دو بار آبیاری با محلول پاشی کیتوزان و مصرف کلرید کلسیم حاصل شد (جدول ۸). در آبیاری مرحله غلاف دهی تفاوتی بین مصرف کلرید کلسیم و سلنات سدیم با محلول پاشی کیتوزان مشاهده نشد و هر دو تیمار موجب افزایش طول غلاف شدند. در رژیم یک بار آبیاری در مرحله گل دهی محلول پاشی کیتوزان همراه با کلرید کلسیم بیشترین اثر را بر طول غلاف نسبت به مصرف با سلنات سدیم داشت. اگر چه رژیم بدون آبیاری سبب کاهش طول غلاف گردید ولی اثر مثبت کیتوزان به همراه مصرف کلرید کلسیم و به دنبال آن مصرف سلنات سدیم در افزایش نسبی طول غلاف در رژیم آبی مذکور نیز مشاهده شد.

افزایش طول غلاف تحت تنش خشکی با کاربرد کیتوزان در گیاه لوییا چشم بلبلی قبلاً گزارش شده است (Farouk & Amira, 2013). همچنین مصرف کلرید کلسیم در گیاه (*Zojsia japonica* L) سبب افزایش طول خوشه گردید (Chengbin *et al.*, 2013). گزارش شده کاربرد سلنات سدیم نیز در گیاه کلزا می تواند سبب افزایش طول غلاف گردد (Pazouki *et al.*,

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعیات) برخی صفات مورد مطالعه در نخود
Table 3. Analysis of variance (mean squares) for some of the studied traits in chickpea

متغیرات S.O.V	دفعه آزادی d.f	طول غلاف Pod length	قطر دانه Seed diameter	تعداد غلاف در تعداد غلاف per plant	تعداد دانه در تعداد دانه در Seed number per plant	بوته بوته Seed number per plant	درصد پروتئین دانه Seed protein percent	عملکرد پروتئین دانه Seed protein yield	عملکرد Seed yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	کارایی مصرف آب Water use efficiency
تکرار Replication	2	71.08**	0.3153**	0.0892**	9.75**	7.08**	0.5590**	0.0314**	0.5583**	2.203**	0.0163**
رژیم آبیاری Irrigation regime	3	1157.34**	36.95**	8.31**	790.4**	930.87**	48.23**	3.35**	93.85**	275.21**	0.6948**
اشتباه (۱) Error(1)	6	0.1105	0.0046	0.0008	0.2346	0.4485	0.0233	0.0016	0.0411	0.1180	0.0005
ضدتوق Anti-transpiration	2	79.38**	0.1141**	0.024**	1.17**	3.14**	0.1807**	0.0162**	0.2977**	0.6693 ^{ns}	0.0092**
کاهنده تنش Stress ameliorator	2	424.78**	2.36**	0.5093**	41.61**	46.41**	4.27**	0.2635**	4.51**	8.45**	0.1381**
ضدتوق Anti-transpiration × Stress ameliorator	4	39.04**	0.2730**	0.052**	4.35**	5.56**	0.4128**	0.0011*	0.0208**	0.1222**	0.0008*
کاهنده تنش × Anti-transpiration × Irrigation regime	6	4.90**	0.0075**	0.0037**	0.2141*	0.2002*	0.073**	0.0040**	0.0785*	0.9684*	0.0016*
آبیاری × Stress ameliorator × Irrigation regime	6	16.02**	0.0356**	0.0015**	0.0941*	0.2664*	0.0209*	0.0307**	0.5590*	1.28**	0.0152**
کاهنده تنش × Anti-transpiration × Stress ameliorator × Irrigation regime	12	4.62**	0.0061**	0.0031**	0.0915*	0.1358*	0.0153*	0.00098*	0.0202*	0.0694*	0.0001*
اشتباه (۲) Error(2)	64	0.131	0.0009	0.0004	0.1085	0.4872	0.0078	0.0015	0.0382	0.3002	0.0008
C.V(%)	12.1	6.8	5.5	9.24	8.5	8.5	10.08	16.7	14.2	15.4	20.21

ns: non-significant, * and **: significant at 0.05 & 0.01 probability levels, respectively.

ns: non-significant, * and **: significant at 0.05 & 0.01 probability levels, respectively

اثر مواد نمک، تغذیه و کاهنده تنش، بیولوژیکی بر ...

جدول ۴- اثرات رژیم آبیاری، مواد ضدتعرق و کاهنده تنش بر برخی صفات نخود

Table 4. Effects of irrigation regimes, anti-transpiration substances and stress ameliorators on some of the studied traits in chickpea

تیمار	تیمار	طول غلاف (میلی متر)	قطر دانه (میلی متر)	تعداد دانه در بوته تعداد غلاف	درصد پروتئین دانه	عملکرد پروتئین دانه	عملکرد دانه (گرم در بوته)	عملکرد بیولوژیکی (گرم در بوته)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)		
Treatment	تیمار	طول غلاف (میلی متر)	قطر دانه (میلی متر)	تعداد دانه در بوته پر در بوته	Seed number /plant	Seed protein percent	Seed protein (گرم در بوته) yield (gr/plant)	Seed yield (gr/plant)	Biological yield (gr/plant)	Water use efficiency (kg/m ³)	
رژیم آبیاری	I1	39.75 ^d	15.92 ^d	6.46 ^d	5.03 ^d	5.05 ^d	22.78 ^a	0.2516 ^d	1.10 ^d	4.33 ^d	0.31 ^d
	I2	29.16 ^e	16.70 ^e	6.97 ^e	11.25 ^e	11.46 ^e	21.86 ^b	0.6023 ^e	2.75 ^e	7.88 ^e	0.47 ^e
	I3	50.65 ^b	17.42 ^b	7.48 ^b	13.93 ^b	14.41 ^b	20.84 ^c	0.7989 ^b	3.83 ^b	9.28 ^b	0.62 ^b
	I4	55.37 ^a	18.67 ^a	7.71 ^a	17.91 ^a	19.07 ^a	19.67 ^d	1.0900 ^a	5.54 ^a	12.00 ^a	0.66 ^a
مواد ضد تعرق	A1	47.83 ^b	17.13 ^c	7.13 ^c	11.93 ^b	12.39 ^b	21.21 ^c	0.6743 ^b	3.26 ^b	8.34 ^a	0.51 ^b
	A2	47.93 ^b	17.16 ^b	7.16 ^b	11.97 ^b	12.28 ^b	21.29 ^b	0.6731 ^b	3.24 ^b	8.25 ^a	0.51 ^b
	A3	50.45 ^a	17.24 ^a	7.18 ^a	12.24 ^a	12.83 ^a	21.35 ^a	0.7105 ^a	3.41 ^a	8.52 ^a	0.53 ^a
Anti-transpiration substances	F1	45.20 ^c	16.89 ^c	7.02 ^c	10.82 ^c	11.02 ^c	20.94 ^c	0.5897 ^c	2.90 ^c	7.81 ^b	0.45 ^c
	F2	52.06 ^a	17.39 ^a	7.25 ^a	12.87 ^a	13.32 ^a	21.63 ^a	0.7534 ^a	3.57 ^a	8.67 ^a	0.56 ^a
	F3	48.94 ^b	17.25 ^b	7.19 ^b	12.40 ^b	12.97 ^b	21.29 ^b	0.7148 ^b	3.44 ^b	8.63 ^a	0.54 ^b
Stress ameliorators	I1	47.83 ^b	17.13 ^c	7.13 ^c	11.93 ^b	12.39 ^b	21.21 ^c	0.6743 ^b	3.26 ^b	8.34 ^a	0.51 ^b
	I2	47.93 ^b	17.16 ^b	7.16 ^b	11.97 ^b	12.28 ^b	21.29 ^b	0.6731 ^b	3.24 ^b	8.25 ^a	0.51 ^b
	I3	50.45 ^a	17.24 ^a	7.18 ^a	12.24 ^a	12.83 ^a	21.35 ^a	0.7105 ^a	3.41 ^a	8.52 ^a	0.53 ^a

I1: عدم آبیاری، I2: یکبار آبیاری در مرحله گل دهی، I3: یکبار آبیاری در مرحله غلاف دهی، I4: دوبار آبیاری در مراحل گل دهی و غلاف دهی

I1: no irrigation, I2: one-time irrigation at flowering stage, I3: one-time irrigation at podding stage, I4: twice irrigation at flowering and podding stages

A1: عدم محلول پاشی، A2: محلول پاشی کائولین، A3: محلول پاشی کیتوزان.

A1: no spraying, A2: spraying with kaolin, A3: spraying with chitosan

F1: عدم محلول پاشی، F2: محلول پاشی کلرید کلسیم، F3: محلول پاشی سلنات سدیم.

F1: no spraying, F2: spraying with calcium chloride, F3: spraying with sodium selenate

میانگین های با حروف مشابه برای هر اثر اصلی در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی دار ندارند.

Means for each main effect with similar letters in each column are not significantly different at the 5% probability level (Duncans MRT).

جدول ۵- اثرات متقابل رژیم آبیاری و مواد ضد تعرق بر برخی از صفات نخود

Table 5. Interaction effects of irrigation regimes and anti-transpiration substances on some of the studied traits in chickpea

رژیم آبیاری	مواد ضد تعرق	شاخص دوام سطح برگ	طول غلاف (میلی متر)	قطر دانه (میلی متر)	تعداد غلاف	تعداد دانه در	درصد	عملکرد پروتئین	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	بر مصرف آب (کیلوگرم)
Irrigation regimes	Anti-transpiration substances	Pod length (mm)	Seed diameter (mm)	Full pod number /plant	Seed number /plant	Seed protein percent	Seed yield (gr/plant)	Biological yield (gr/plant)	Water use efficiency (kg/m ³)		
I1	A1	39.07 ^k	15.85 ^j	6.42 ^j	4.83 ^g	4.86 ^c	22.60 ^c	0.2363 ^g	1.04 ^f	4.20 ^d	0.29 ^g
	A2	39.72 ^j	15.90 ⁱ	6.46 ⁱ	4.84 ^g	4.87 ^c	22.76 ^b	0.2408 ^{fg}	1.05 ^f	4.17 ^d	0.30 ^g
	A3	40.47 ⁱ	16.00 ^h	6.50 ^h	5.42 ^f	5.42 ^e	22.97 ^a	0.2775 ^f	1.20 ^f	4.61 ^d	0.34 ^f
I2	A1	48.67 ^g	16.67 ^g	6.94 ^g	11.30 ^e	11.53 ^d	21.81 ^c	0.6023 ^c	2.75 ^c	7.97 ^c	0.47 ^c
	A2	48.06 ^h	16.69 ^g	6.96 ^f	11.21 ^e	11.28 ^d	21.91 ^d	0.5939 ^c	2.70 ^c	7.78 ^c	0.46 ^c
	A3	50.74 ^e	16.76 ^f	7.01 ^e	11.25 ^e	11.57 ^d	21.85 ^{de}	0.6105 ^c	2.78 ^c	7.89 ^c	0.47 ^c
I3	A1	49.47 ^f	17.40 ^e	7.46 ^d	13.84 ^d	14.31 ^{bc}	20.84 ^f	0.7998 ^{cd}	3.78 ^{cd}	9.28 ^b	0.62 ^{cd}
	A2	49.26 ^f	17.41 ^{de}	7.48 ^d	13.75 ^d	14.10 ^c	20.85 ^f	0.7813 ^d	3.74 ^d	9.10 ^b	0.61 ^d
	A3	53.22 ^d	17.44 ^d	7.49 ^d	14.20 ^c	14.81 ^b	20.82 ^f	0.8256 ^c	3.95 ^c	9.44 ^b	0.64 ^{bc}
I4	A1	54.10 ^c	18.60 ^c	7.68 ^c	17.75 ^b	18.85 ^a	19.59 ^h	1.0600 ^b	5.45 ^b	11.90 ^a	0.65 ^{ab}
	A2	54.66 ^b	18.66 ^b	7.74 ^a	17.91 ^{ab}	18.86 ^a	19.66 ^h	1.0700 ^b	5.46 ^b	11.96 ^a	0.66 ^{ab}
	A3	57.36 ^a	18.76 ^a	7.71 ^b	18.08 ^a	19.53 ^a	19.76 ^g	1.1200 ^a	5.69 ^a	12.14 ^a	0.68 ^a

I1: عدم آبیاری، I2: یکبار آبیاری در مرحله غلاف دهی، I3: یکبار آبیاری در مراحل گل دهی و غلاف دهی

A1: no irrigation, A2: one-time irrigation at flowering stage, A3: one-time irrigation at podding stage, I4: twice irrigation at flowering and podding stages

A1: no spraying, A2: spraying with kaolin, A3: spraying with chitosan

میانگین‌های با حروف مشابه برای هر اثر اصلی در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی دار ندارند.

Means for each main effect with similar letters in each column are not significantly different at the 5% probability level (Duncans MRT).

جدول ۶- اثرات متقابل رژیم آبیاری و مواد کاهش دهنده تنش بر برخی از صفات نخود

Table 6. Interaction effects of irrigation regimes and stress ameliorators on some of the studied traits in chickpea

رژیم آبیاری	Stress ameliorators	شاخص دوام سطح مواد کاهش دهنده تنش	طول غلاف (میلی متر)	قطر دانه (میلی متر)	تعداد غلاف بر بوته	تعداد دانه در تعداد غلاف	بوته	درصد پروتئین دانه	عملکرد پروتئین دانه (گرم در بوته)	عملکرد دانه (گرم در بوته)	عملکرد بیولوژیکی (گرم در بوته)	آب (کیلوگرم بر متر مکعب)
Irrigation regimes	Stress ameliorators	برگی (شاخص سطح برگ در روز)	Pod length (mm)	Seed diameter (mm)	Full pod number /plant	Seed number /plant	Seed number /plant	Seed protein percent	Seed protein yield (gr/plant)	Seed yield (gr/plant)	Biological yield (gr/plant)	Water use efficiency (kg/m ³)
I ₁	F ₁	36.34 ^k	15.71 ^l	6.31 ^a	3.86 ^l	3.86 ^h	22.48 ^c	0.1797 ^j	0.79 ^h	3.37 ^f	0.23 ⁱ	
		41.88 ⁱ	16.07 ^l	6.58 ^j	5.88 ^j	5.91 ^g	23.09 ^a	0.3045 ⁱ	1.31 ^g	4.96 ^e	0.37 ^g	
		41.04 ^j	15.97 ^k	6.49 ^k	5.34 ^k	5.38 ^g	22.75 ^b	0.2705 ⁱ	1.18 ^g	4.66 ^e	0.34 ^h	
	F ₂	46.36 ^h	16.40 ^l	6.84 ⁱ	10.06 ⁱ	10.21 ^f	21.52 ^f	0.5221 ^h	2.42 ^f	7.50 ^d	0.41 ^f	
		52.32 ^d	16.94 ^g	7.07 ^g	12.02 ^g	12.26 ^{de}	22.18 ^e	0.6581 ^{gh}	2.96 ^e	8.09 ^c	0.50 ^e	
		48.80 ^g	16.78 ^h	7.01 ^h	11.67 ^h	11.92 ^e	21.88 ^e	0.6266 ^g	2.86 ^e	8.06 ^c	0.49 ^e	
	F ₃	46.45 ^h	17.16 ^f	7.35 ^f	12.56 ^f	12.89 ^d	20.47 ⁱ	0.6888 ^f	3.36 ^d	8.59 ^c	0.55 ^d	
		55.96 ^c	17.59 ^d	7.56 ^d	14.85 ^d	15.41 ^c	21.15 ^g	0.8785 ^d	4.15 ^c	9.72 ^b	0.67 ^a	
		49.54 ^f	17.50 ^e	7.52 ^e	14.37 ^e	14.92 ^c	20.88 ^h	0.8295 ^e	3.97 ^e	9.52 ^b	0.65 ^b	
I ₄	F ₃	51.67 ^e	18.31 ^c	7.59 ^c	16.79 ^c	17.85 ^b	19.27 ⁱ	0.9683 ^c	5.02 ^b	11.80 ^a	0.60 ^c	
		58.08 ^a	18.95 ^a	7.80 ^a	18.74 ^a	19.70 ^a	20.08 ^j	1.1700 ^a	5.83 ^a	11.91 ^a	0.70 ^a	
		56.37 ^b	18.76 ^b	7.74 ^b	18.20 ^b	19.68 ^a	19.66 ^k	1.1300 ^b	5.75 ^a	12.30 ^a	0.69 ^a	

I₁: عدم آبیاری، I₂: یکبار آبیاری در مرحله گل دهی، I₃: یکبار آبیاری در مرحله غلاف دهی، I₄: دوبار آبیاری در مراحل گل دهی و غلاف دهی

F₁: no irrigation, F₂: one-time irrigation at flowering stage, F₃: one-time irrigation at podding stage, F₄: twice irrigation at flowering and podding stages

F₁: عدم محلول پاشی، F₂: محلول پاشی کلرید کلسیم، F₃: محلول پاشی سولفات سدیم.

F₁: no spraying, F₂: spraying with calcium chloride, F₃: spraying with sodium selenate

میانگین های با حروف مشابه برای هر اثر اصلی در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی دار ندارند.

Means for each main effect with similar letters in each column are not significantly different at the 5% probability level (Duncans MRT).

جدول ۷- اثرات متقابل مواد ضد تعرق و کاهش تنش بر برخی از صفات نژود

Table 7. Interaction effects of anti-transpiration substances and stress ameliorators on some of the studied traits in chickpea

مواد ضد تعرق Anti-transpiration Substances	مواد کاهش تنش Stress ameliorators	شاخص دوام سطح برگ (شاخص سطح برگ در روز) LAI (LAI/Day)	طول غلاف (میلی متر) Pod length (mm)	قطر دانه (میلی متر) Seed diameter (mm)	تعداد غلاف بر در بوته full pod number /plant	تعداد دانه در بوته Seed number /plant	درصد پروتئین دانه Seed protein percent	عملکرد پروتئین دانه (گرم در بوته) Seed protein yield (gr/plant)	عملکرد دانه (گرم در بوته) Seed yield (gr/plant)	عملکرد بیولوژیکی (گرم در بوته) Biological yield (gr/plant)	آب مصرفی کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب) Water use efficiency (kg/m ³)	
A1	F1	46.08 ^g	17.00 ^g	7.06 ^f	11.33 ^f	11.78 ^c	21.07 ^e	0.6301 ^f	3.07 ^d	8.10 ^{bc}	0.47 ^d	
	F2	49.92 ^d	17.27 ^d	7.20 ^e	12.43 ^{cd}	12.91 ^b	21.47 ^e	0.7176 ^{de}	3.42 ^{bc}	8.48 ^b	0.54 ^b	
	F3	47.48 ^f	17.11 ^f	7.13 ^e	12.02 ^e	12.46 ^b	21.09 ^e	0.6752 ^e	3.28 ^c	8.44 ^b	0.51 ^c	
	A2	F1	44.85 ^h	16.90 ^h	7.05 ^f	10.85 ^g	11.14 ^d	20.95 ^f	0.5880 ^g	2.89 ^e	7.79 ^{cd}	0.45 ^e
		F2	51.09 ^c	17.38 ^c	7.26 ^b	12.69 ^{bc}	13.03 ^b	21.62 ^b	0.7357 ^c	3.48 ^b	8.52 ^b	0.55 ^b
		F3	47.83 ^e	17.21 ^e	7.17 ^d	12.23 ^{de}	12.66 ^b	21.31 ^d	0.6957 ^{de}	3.35 ^{bc}	8.45 ^b	0.52 ^{bc}
	A3	F1	44.67 ^h	16.77 ⁱ	6.96 ^g	10.28 ^h	10.69 ^d	20.78 ^g	0.5511 ^h	2.73 ^e	7.54 ^d	0.42 ^f
		F2	55.17 ^a	17.51 ^a	7.30 ^a	13.50 ^a	14.02 ^a	21.79 ^a	0.8068 ^a	3.79 ^a	9.02 ^a	0.60 ^a
		F3	51.50 ^b	17.44 ^b	7.27 ^b	12.94 ^b	13.80 ^a	21.48 ^c	0.7736 ^b	3.69 ^a	9.01 ^a	0.58 ^a

A1: عدم محلول پاشی، A2: محلول پاشی کائولین، A3: محلول پاشی کیتوزان.

A1: no spraying, A2: spraying with kaolin, A3: spraying with chitosan

F1: عدم محلول پاشی، F2: محلول پاشی کرید کلسیم، F3: محلول پاشی سلنات سدیم.

F1: no spraying, F2: spraying with calcium chloride, F3: spraying with sodium selenate

میانگین های با حروف مشابه برای هر اثر اصلی در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی دار ندارند.

Means for each main effect with similar letters in each column are not significantly different at the 5% probability level (Duncans MRT).

جدول ۸- اثرات متقابل رژیم آبیاری، مواد ضدتعرق و کاهنده تنش بر برخی از صفات نخود

Table 8. Interaction effects of irrigation regimes, anti-transpiration substances and stress ameliorators on some of the studied traits in chickpea

رژیم آبیاری Irrigation regimes	مواد ضد تعرق Anti-transpiration substances	مواد کاهنده تنش Stress ameliorators	شاخص دوام سطح برگ (شاخص سطح برگ در روز) LAID (LAI/Day)	طول غلاف (میلی متر) Pod length (mm)	قطر دانه (میلی متر) Seed diameter (mm)	تعداد غلاف پر در بوته Full pod number/plant	تعداد دانه در بوته Seed number /plant
I ₁	A ₁	F ₁	37.35 ^u	15.67 ^z	6.35 ^y	4.06 ^u	4.06 ^{pq}
		F ₂	40.58 ^s	15.94 ^z	6.50 ^v	5.56 ^{rs}	5.63 ^{no}
		F ₃	39.29 ^t	15.86 ^z	6.42 ^x	4.86 ^t	4.90 ^{op}
	A ₂	F ₁	37.34 ^u	15.70 ^z	6.31 ^z	3.93 ^u	3.93 ^{pq}
		F ₂	40.24 ^s	16.06 ^y	6.62 ^u	5.53 ^s	5.53 ^{no}
		F ₃	41.58 ^r	15.93 ^z	6.46 ^w	5.06 st	5.16 ^{op}
	A ₃	F ₁	34.32 ^v	15.66 ^z	6.28 ^z	3.60 ^u	3.60 ^q
		F ₂	44.84 ^p	16.21 ^y	6.63 ^u	6.56 ^q	6.56 ⁿ
		F ₃	42.26 ^q	16.14 ^y	6.61 ^u	6.10 ^{qr}	6.10 ^{no}
I ₂	A ₁	F ₁	48.18 ^k	16.51 ^v	6.87 ^s	10.90 ⁿ	11.16 ^{kl}
		F ₂	50.22 ⁱ	16.84 ^s	7.02 ^p	11.53 ^m	11.93 ^{ijk}
		F ₃	47.62 ^{kl}	16.65 ^u	6.94 ^r	11.46 ^m	11.50 ^{jk}
	A ₂	F ₁	45.53 ^o	16.39 ^w	6.85 ^s	10.00 ^o	10.10 ^{lm}
		F ₂	51.44 ^h	16.93 ^r	7.06 ^o	12.03 ^{lm}	12.13 ^{ijk}
		F ₃	47.22 ^{lm}	16.74 ^t	6.98 ^q	11.60 ^m	11.63 ^{ijk}
	A ₃	F ₁	45.36 ^{op}	16.29 ^x	6.79 ^t	9.30 ^p	9.36 ^m
		F ₂	55.31 ^d	17.04 ^q	7.14 ^m	12.50 ^{kl}	12.73 ^{hij}
		F ₃	51.56 ^h	16.95 ^r	7.10 ⁿ	11.96 ^{lm}	12.63 ^{hij}
I ₃	A ₁	F ₁	45.60 ^o	17.29 ^o	7.42 ^j	13.14 ^j	13.54 ^{gh}
		F ₂	53.44 ^f	17.51 ^l	7.53 ^{gh}	14.40 ^{hi}	15.09 ^{ef}
		F ₃	49.36 ^j	17.40 ⁿ	7.47 ⁱ	13.97 ⁱ	14.29 ^{fg}
	A ₂	F ₁	46.40 ⁿ	17.18 ^p	7.34 ^k	12.64 ^{jk}	12.85 ^{hi}
		F ₂	54.51 ^e	17.59 ^k	7.56 ^{fg}	14.56 ^{gh}	14.98 ^{ef}
		F ₃	46.89 ^{mn}	17.46 ^m	7.51 ^h	14.05 ^{hi}	14.48 ^{fg}
	A ₃	F ₁	47.35 ^{lm}	17.00 ^q	7.29 ^l	11.92 ^{lm}	12.29 ^{hijk}
		F ₂	59.95 ^b	17.68 ^j	7.61 ^e	15.60 ^f	16.16 ^e
		F ₃	52.36 ^g	17.63 ^{jk}	7.57 ^{ef}	15.09 ^{fg}	16.00 ^e
I ₄	A ₁	F ₁	53.19 ^f	18.45 ^g	7.58 ^{ef}	17.23 ^d	18.36 ^{cd}
		F ₂	55.47 ^d	18.81 ^d	7.76 ^c	18.23 ^{bc}	19.00 ^c
		F ₃	53.64 ^f	18.54 ^f	7.68 ^d	17.79 ^c	19.18 ^c
	A ₂	F ₁	50.14 ⁱ	18.34 ^h	7.70 ^d	16.83 ^{de}	17.69 ^d
		F ₂	58.20 ^c	18.94 ^c	7.79 ^{bc}	18.66 ^b	19.46 ^{abc}
		F ₃	55.66 ^d	18.70 ^e	7.72 ^d	18.22 ^{bc}	19.39 ^{bc}
	A ₃	F ₁	51.67 ^h	18.14 ⁱ	7.49 ^{hi}	16.30 ^e	17.50 ^d
		F ₂	60.58 ^a	19.11 ^a	7.84 ^a	19.35 ^a	20.62 ^a
		F ₃	59.82 ^b	19.03 ^b	7.81 ^b	18.60 ^b	20.47 ^{ab}

I₁: عدم آبیاری، I₂: یکبار آبیاری در مرحله گل دهی، I₃: یکبار آبیاری در مرحله غلاف دهی، I₄: دوبار آبیاری در مراحل گل دهی و غلاف دهی.

I₁: no irrigation, I₂: one-time irrigation at flowering stage, I₃: one-time irrigation at podding stage, I₄: twice irrigation at flowering and podding stages

A₁: عدم محلول پاشی، A₂: محلول پاشی کائولین، A₃: محلول پاشی کیتوزان.

A₁: no spraying, A₂: spraying with kaolin, A₃: spraying with chitosan

F₁: عدم محلول پاشی، F₂: محلول پاشی کلرید کلسیم، F₃: محلول پاشی سلنات سدیم.

F₁: no spraying, F₂: spraying with calcium chloride, F₃: spraying with sodium selenate

میانگین های با حروف مشابه برای هر اثر اصلی در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی دار ندارند.

Means for each main effect with similar letters in each column are not significantly different at the 5% probability level (Duncans MRT).

ادامه جدول ۸- اثرات متقابل رژیم آبیاری، مواد ضد تعرق و کاهش تنش بر برخی از صفات نخود

Continued Table 8. Interaction effects of irrigation regimes, anti-transpiration substances and stress ameliorators on some of the studied traits in chickpea

رژیم آبیاری Irrigation regimes	مواد ضد تعرق Anti-transpiration substances	مواد کاهش تنش Stress ameliorators	درصد پروتئین دانه Seed protein percent	عملکرد پروتئین دانه (گرم در بوته) Seed protein yield (gr/plant)	عملکرد دانه (گرم در بوته) Seed yield (gr/plant)	عملکرد بیولوژیکی (گرم در بوته) Biological yield (gr/plant)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم عملکرد بیولوژیکی بر متر مکعب) Water use efficiency (kg/m ³)
I ₁	A ₁	F ₁	22.56 ^d	0.1915 ^{vw}	0.8489 st	3.58 ^{lm}	0.24 ^t
		F ₂	22.80 ^c	0.2794 st	1.23 ^{qr}	4.70 ^{jk}	0.35 ^{rs}
		F ₃	22.44 ^d	0.2381 ^{tuv}	1.05 ^{rst}	4.34 ^{kl}	0.30 ^s
	A ₂	F ₁	22.47 ^d	0.1830 ^{vw}	0.8144 st	3.32 ^m	0.23 ^t
		F ₂	23.05 ^b	0.2823 st	1.22 ^{qr}	4.69 ^{jk}	0.35 ^{rs}
		F ₃	22.78 ^c	0.2572 ^{stu}	1.12 ^{rs}	4.50 ^{jkl}	0.32 ^s
	A ₃	F ₁	22.42 ^d	0.1645 ^w	0.7341 ^t	3.20 ^m	0.21 ^t
		F ₂	23.44 ^a	0.3518 ^r	1.50 ^q	5.50 ^j	0.43 ^{nop}
		F ₃	23.06 ^b	0.3162 ^{rs}	1.37 ^{qr}	5.15 ^{jk}	0.39 ^{pqr}
I ₂	A ₁	F ₁	21.69 ^g	0.5771 ^{op}	2.66 ^{no}	7.96 ^{ghi}	0.45 ^{mno}
		F ₂	22.14 ^e	0.6343 ^{lmno}	2.86 ^{lmn}	8.05 ^{ghi}	0.49 ^{klmn}
		F ₃	21.61 ^g	0.5955 ^{no}	2.75 ^{mn}	7.91 ^{ghi}	0.47 ^{lmn}
	A ₂	F ₁	21.57 ^g	0.5180 ^{pq}	2.40 ^{op}	7.50 ^{hi}	0.41 ^{opq}
		F ₂	22.21 ^e	0.6525 ^{lmn}	2.93 ^{lmn}	8.00 ^{ghi}	0.50 ^{ijklm}
		F ₃	21.95 ^f	0.6113 ^{mno}	2.78 ^{mn}	7.85 ^{hi}	0.48 ^{klmn}
	A ₃	F ₁	21.30 ^h	0.4711 ^q	2.21 ^p	7.05 ⁱ	0.38 ^{qr}
		F ₂	22.19 ^e	0.6874 ^{kl}	3.09 ^{klm}	8.21 ^{gh}	0.53 ^{ijk}
		F ₃	22.07 ^{ef}	0.6731 ^{klm}	3.04 ^{klm}	8.42 ^{efgh}	0.52 ^{jkl}
I ₃	A ₁	F ₁	20.64 ^m	0.7321 ^{jk}	3.54 ^{ij}	8.94 ^{cdefg}	0.58 ^{hi}
		F ₂	21.07 ^{ij}	0.8515 ^{hi}	4.04 ^{gh}	9.68 ^{bc}	0.66 ^{defg}
		F ₃	20.82 ^l	0.7859 ^{ij}	3.77 ^{hi}	9.25 ^{bcdef}	0.62 ^{fgh}
	A ₂	F ₁	20.53 ^m	0.6884 ^{kl}	3.35 ^{jk}	8.55 ^{defgh}	0.54 ^{ij}
		F ₂	21.15 ^{hi}	0.8535 ^{hi}	4.03 ^{gh}	9.46 ^{bcd}	0.66 ^{defg}
		F ₃	20.85 ^{kl}	0.8019 ⁱ	3.84 ^{hi}	9.31 ^{bcde}	0.63 ^{efgh}
	A ₃	F ₁	20.25 ^h	0.6458 ^{lmno}	3.18 ^{kl}	8.27 ^{fgh}	0.52 ^{jkl}
		F ₂	21.23 ^h	0.9305 ^g	4.38 ^f	10.05 ^b	0.71 ^{abc}
		F ₃	20.98 ^{jk}	0.9005 ^{gh}	4.29 ^{fg}	10.03 ^b	0.70 ^{abcd}
I ₄	A ₁	F ₁	19.40 ^{rs}	1.01 ^{ef}	5.25 ^{cd}	11.93 ^a	0.63 ^{efgh}
		F ₂	19.87 ^p	1.10 ^{cd}	5.56 ^{bc}	11.51 ^a	0.67 ^{cdef}
		F ₃	19.50 ^r	1.08 ^{de}	5.54 ^{bc}	12.28 ^a	0.67 ^{cdef}
	A ₂	F ₁	19.25 st	0.9624 ^{fg}	4.99 ^{de}	11.80 ^a	0.60 ^{gh}
		F ₂	20.05 ^o	1.15 ^{bc}	5.75 ^b	11.93 ^a	0.69 ^{abcd}
		F ₃	19.68 ^q	1.11 ^{cd}	5.64 ^b	12.16 ^a	0.68 ^{bcde}
	A ₃	F ₁	19.18 ^t	0.9228 ^g	4.81 ^e	11.67 ^a	0.58 ^{hi}
		F ₂	20.31 ⁿ	1.25 ^a	6.91 ^a	12.30 ^a	0.74 ^a
		F ₃	19.80 ^{pq}	1.20 ^{ab}	6.08 ^a	12.45 ^a	0.73 ^{ab}

I₁: عدم آبیاری، I₂: یکبار آبیاری در مرحله گل دهی، I₃: یکبار آبیاری در مرحله غلاف دهی، I₄: دوبار آبیاری در مراحل گل دهی و غلاف دهی

A₁: عدم محلول پاشی، A₂: محلول پاشی کائولین، A₃: محلول پاشی کیتوزان

F₁: عدم محلول پاشی، F₂: محلول پاشی کلرید کلسیم، F₃: محلول پاشی سلفات سدیم

F₁: no spraying, F₂: spraying with calcium chloride, F₃: spraying with sodium selenate

میانگین های با حروف مشابه برای هر اثر اصلی در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی دار ندارند.

Means for each main effect with similar letters in each column are not significantly different at the 5% probability level (Duncans MRT).

با بهبود شرایط آبی گیاه همزمان با مصرف کیتوزان و کلرید کلسیم، تعداد گل های بارور افزایش یافته و به کمک افزایش دوام سطح برگ در نهایت سبب افزایش تعداد غلاف در بوته شده است.

تعداد دانه در بوته

تعداد دانه در بوته به طور معنی داری تحت تأثیر رژیم های مختلف آبیاری، مواد ضد تعرق و کاهنده تنش و اثرات متقابل مواد ضد تعرق با کاهنده تنش در سطح یک درصد قرار گرفت و اثرات رژیم های آبیاری با مواد ضد تعرق و کاهنده تنش و نیز اثرات سه گانه آن ها اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد نشان دادند (جدول ۳). بیشترین تعداد دانه در بوته با رژیم دو بار آبیاری و محلول پاشی کیتوزان به همراه کلرید کلسیم حاصل شد که تفاوت معنی داری با مصرف سلنات سدیم و نیز با محلول پاشی کائولین به همراه کلرید کلسیم نداشت (جدول ۸). در رژیم های یک بار آبیاری غلاف دهی و گل دهی با محلول پاشی کیتوزان بیشترین تعداد دانه در بوته با مصرف کلرید کلسیم و سلنات سدیم بدست آمد. کمترین تعداد دانه در بوته در شرایط بدون آبیاری حاصل شد، قابل ذکر است در چنین شرایطی محلول پاشی کیتوزان با مصرف کلرید کلسیم بر افزایش تعداد دانه در بوته بیشتر مؤثر بود (جدول ۸).

به طور کلی تعداد دانه در بوته یکی از اجزای مهم عملکرد دانه در گیاه نخود محسوب می شود. آبیاری در مراحل گل دهی و غلاف دهی به همراه مصرف کیتوزان و یا کائولین شرایط رطوبتی گیاه را از طریق تخفیف عوامل

افزایش اندازه دانه طی تنش خشکی گردید (Balwinder *et al.*, ۲۰۱۳). افزایش قطر دانه با کاربرد کیتوزان نیز در عدس مشاهده شده است (Jan- Mohammadi *et al.*, 2014).

تعداد غلاف پر در بوته

تعداد غلاف در بوته به عنوان مهمترین جزء عملکرد دانه نخود، به طور معنی داری در سطح یک درصد تحت تأثیر رژیم های آبیاری، مواد ضد تعرق و کاهنده تنش و اثرات متقابل مواد ضد تعرق و کاهنده تنش قرار گرفت. اثرات دوگانه رژیم های آبیاری با مواد ضد تعرق و یا با مواد کاهنده تنش و همچنین اثرات سه گانه رژیم های آبیاری با مواد ضد تعرق و کاهنده تنش بر تعداد غلاف پر در بوته در سطح پنج درصد اختلاف معنی دار نشان دادند (جدول ۳). در رژیم دو بار آبیاری با محلول پاشی کیتوزان و مصرف کلرید کلسیم تعداد غلاف پر در بوته بیشتر از سایر تیمارها بود (جدول ۸). در رژیم آبیاری مرحله غلاف دهی تفاوتی بین مصرف کلرید کلسیم و سلنات سدیم با محلول پاشی کیتوزان بدست نیامد ولی، در آبیاری مرحله گل دهی محلول پاشی کیتوزان نسبت به کائولین همراه با مصرف کلرید کلسیم برتری نسبی در این خصوص وجود داشت. در شرایط بدون آبیاری گرچه کمترین تعداد غلاف پر در بوته حاصل شد ولی بر هم کنش محلول پاشی کیتوزان با کلرید کلسیم و سلنات سدیم اثر مثبتی بر ارتقاء این صفت در رژیم آبی مذکور داشت (جدول ۸). در لوبیا نیز کاربرد کیتوزان سبب افزایش تعداد غلاف در بوته شده است (Abu- Muriefah, ۲۰۱۳). به نظر می رسد

۸). در رژیم یک بار آبیاری مرحله گل دهی، بین تیمارهای محلول پاشی کیتوزان با مصرف کلرید کلسیم و یا مصرف سلنات سدیم، همچنین محلول پاشی کائولین با کلرید کلسیم و یا مصرف سلنات سدیم، و مصرف انفرادی کلرید کلسیم و سلنات سدیم تفاوت آماری مشاهده نشد. علاوه بر کیتوزان که با کاهش تعرق از سطح برگها، شرایط آبی گیاه را ارتقاء داد، کائولین نیز به عنوان یک ضد تعرق در حفظ شرایط آبی گیاه و افزایش ساخت مواد فتوسنتزی مؤثر بود و عملکرد دانه در بوته را تا حدودی افزایش داد. کاربرد کائولین در گیاه کتان، نیز به طور مشابهی سبب افزایش عملکرد دانه تحت تنش خشکی شده است (Gaballah & Abou- Leila, ۲۰۰۰). از سوی دیگر گزارش شده یون کلسیم با افزایش استحکام ساختار دیواره و پایداری غشاء سلولی، از طریق کاهش پراکسیداسیون لیپیدها مؤثر بوده و با تنظیم انتقال مواد سبب افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی و کاهش تنش اکسیداتیو با حذف رادیکال های آزاد می شود (Rentel & knight, 2004). در رژیم بدون آبیاری گرچه کمترین عملکرد دانه حاصل شد ولی با محلول پاشی کیتوزان و کلرید کلسیم و یا سلنات سدیم، افزایش در عملکرد دانه مشاهده گردید (جدول ۸). اصولاً با کمبود آب خاک در اواخر فصل رشد، کاهش عملکرد دانه به دلیل کاهش دوره پرشدن دانه، کمبود ذخایر فتوسنتزی و در نهایت کاهش وزن دانه اتفاق می افتد (Farouk & Amira, 2013; Chengbin *et al.*, 2013).

درصد پروتئین دانه

محدودکننده روزنه ای و غیر روزنه ای بهبود داده و با افزایش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی تعداد مخازن بیشتری را در بوته ایجاد کرده است. این امر علاوه بر افزایش تعداد گل ها در بوته، می تواند با بهبود شرایط برای افزایش هسته های زایشی بارور در تخمدان گل ها مرتبط باشد (Nguyen *et al.*, 2011). همچنین طی آبیاری مرحله زایشی در گیاه کتان با کاربرد کلرید کلسیم و در جو با استفاده از سلنات سدیم اثرات مثبت ترکیبات مذکور در افزایش تعداد دانه در بوته مشاهده شده است (Gaballah & Abou- Leila, ۲۰۰۰, Habibi, 2013). در این تحقیق نیز در استفاده از کلرید کلسیم و تا حدودی مصرف سلنات سدیم، افزایش تعداد دانه در بوته ملاحظه شد که در رژیم های مختلف آبیاری در مصرف توام با کیتوزان نمود بیشتری داشتند.

عملکرد دانه

نتایج نشان داد بین رژیم های مختلف آبیاری، مواد ضد تعرق و کاهنده تنش و اثر متقابل مواد ضد تعرق با کاهنده تنش اختلاف معنی داری در سطح یک درصد برای عملکرد دانه وجود دارد. اثرات دو گانه مواد ضد تعرق با رژیم آبیاری، مواد کاهنده تنش با رژیم آبیاری و اثرات سه گانه بین تیمارها نیز در سطح پنج درصد برای عملکرد دانه معنی دار شد (جدول ۳).

در رژیم دو بار آبیاری با محلول پاشی کیتوزان و کلرید کلسیم افزایش ۵۸ درصدی نسبت به رژیم یک بار آبیاری (مرحله غلاف دهی) در عملکرد دانه مشاهده شد (جدول

آبیاری، مواد ضد تعرق و کاهنده تنش و اثر متقابل رژیم آبیاری در مواد کاهنده تنش در سطح یک درصد قرار گرفت. همچنین در برهمکنش مواد ضد تعرق با کاهنده تنش، رژیم آبیاری با مواد ضد تعرق و اثرات متقابل سه گانه آن ها اختلاف معنی داری در سطح پنج درصد وجود داشت (جدول ۳).

بیشترین عملکرد پروتئین دانه در رژیم دو بار آبیاری با محلول پاشی کیتوزان و مصرف کلرید کلسیم بدست آمد و با مصرف سلنات سدیم تفاوتی نداشت (جدول ۸). در رژیم یک بار آبیاری مرحله غلاف دهی نیز نتیجه مشابه بود. در رژیم یک بار آبیاری مرحله گل دهی بین محلول پاشی کیتوزان با مصرف کلرید کلسیم و یا مصرف سلنات سدیم، محلول پاشی کائولین با مصرف کلرید کلسیم و یا مصرف سلنات سدیم و نیز مصرف انفرادی کلرید کلسیم تفاوتی مشاهده نشد. هرچند کمترین عملکرد پروتئین دانه در رژیم بدون آبیاری بدست آمد ولی محلول پاشی کیتوزان و کاربرد کلرید کلسیم در افزایش عملکرد پروتئین دانه موثر بود (جدول ۸). از آنجائی که عملکرد پروتئین دانه عمدتاً تحت تأثیر عملکرد دانه است، از این رو با افزایش دفعات آبیاری و کاربرد کیتوزان و کلرید کلسیم عملکرد پروتئین دانه نیز به طور نسبی افزایش یافته است.

عملکرد بیولوژیک

بین رژیم های مختلف آبیاری و مواد کاهنده تنش و همچنین برهم کنش مواد ضد تعرق با کاهنده های تنش و برهم کنش رژیم آبیاری با کاهنده های تنش در سطح یک درصد اختلاف

درصد پروتئین دانه تحت تأثیر معنی دار رژیم های آبیاری، مواد ضد تعرق و کاهنده تنش، اثر متقابل مواد ضد تعرق با کاهنده تنش و اثر متقابل مواد ضد تعرق با رژیم آبیاری در سطح یک درصد قرار گرفت. همچنین برهمکنش مواد کاهنده تنش با رژیم آبیاری و اثرات سه گانه تیمارها در سطح پنج درصد اختلاف معنی دار بود (جدول ۳). نتایج حاکی از بیشترین درصد پروتئین دانه در رژیم بدون آبیاری با محلول پاشی کیتوزان و مصرف کلرید کلسیم و در مرحله بعد با مصرف سلنات سدیم است (جدول ۸). محلول پاشی کیتوزان و کلرید کلسیم در رژیم های یک بار آبیاری گل دهی و یا غلاف دهی و رژیم دو بار آبیاری در مراحل گل دهی و غلاف دهی نسبت به شرایط بدون آبیاری، درصد پروتئین دانه را به ترتیب ۴، ۸ و ۱۲ درصد نسبت به شرایط بدون آبیاری کاهش دادند (جدول ۸).

به نظر می رسد طی تنش رطوبتی در زمان پرشدن دانه، انتقال مواد به خصوص نیتروژن که نقش اساسی در تولید و تشکیل پروتئین دانه دارد زودتر و به مقدار بیشتری انجام شده و انتقال مجدد نیتروژن نیز به سمت مخازن دانه تسریع می گردد. از سوی دیگر کلرید کلسیم با افزایش تحمل به خشکی، درصد پروتئین دانه را افزایش می دهد (Hassan et al., 2011). همچنین گزارش شده در شرایط محدودیت رطوبت، با کاهش قطر دانه درصد پروتئین دانه افزایش پیدا می کند (Naeemi et al., ۲۰۱۲).

عملکرد پروتئین دانه

عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر رژیم

(*et al.*, 2015) کاربرد کیتوزان موجب افزایش عملکرد بیولوژیک طی تنش خشکی شده است. کیتوزان با حفظ رطوبت گیاه، موجب افزایش محتوای کلروفیل، کارایی سیستم فتوسنتزی و انتقال مواد گردیده و قادر است میران تجمع کل ماده خشک در شرایط تنش را بهبود بخشد (*et al.*, 2012 Mondal). یون کلسیم نیز با مکانیزم های تنظیمی تحمل به خشکی و از طریق بستن نسبی روزنه ها با حفظ پتانسیل آب گیاه، شرایط مناسبی را برای مقابله با تنش خشکی مهیا می کند (Hasegawa *et al.* ۲۰۰۰). در تحقیقات انجام شده روی آفتابگردان (*Hassan et al.*, 2011) و گندم (Ma *et al.*, ۲۰۰۵) افزایش عملکرد بیولوژیکی تحت شرایط تنش آبی با کاربرد کلرید کلسیم تاکید شده است. همچنین گزارش شده سلنات سدیم در تنش کم آبی از کاهش کلروفیل جلوگیری و سبب بهبود فتوسنتز و تأخیر در پیری برگ می شود لذا در افزایش تجمع ماده خشک گیاه نقش مهمی را ایفا می کند (Germ *et al.*, ۲۰۱۵; Nawaz *et al.*, ۲۰۰۷).

کارایی مصرف آب

اثر رژیم آبیاری، مواد ضد تعرق، مواد کاهنده تنش و برهم کنش مواد ضد تعرق با کاهنده تنش اختلاف معنی داری در سطح یک درصد در کارایی مصرف آب داشتند. همچنین برهم کنش رژیم آبیاری در مواد ضد تعرق و یا مواد کاهنده تنش و نیز اثرات سه گانه آن ها در سطح پنج درصد معنی داری بودند (جدول ۳). رژیم دو بار آبیاری در مراحل گل و غلاف و یک بار آبیاری مرحله غلاف دهی با محلول

معنی داری در عملکرد بیولوژیک مشاهده شد. همچنین اثر برهم کنش رژیم آبیاری با مواد ضد تعرق و اثرات سه گانه رژیم آبیاری، مواد ضد تعرق و کاهنده های تنش اختلاف معنی داری را در سطح پنج درصد برای عملکرد بیولوژیک نشان دادند (جدول ۳).

در رژیم دو بار آبیاری محلول پاشی مواد ضد تعرق و کاهنده تنش تاثیری در افزایش عملکرد بیولوژیک نداشت ولی در رژیم یک بار آبیاری در مرحله غلاف دهی استفاده از مواد ضد تعرق و محلول پاشی کلرید کلسیم و سلنات سدیم تاثیر قابل توجهی در افزایش عملکرد بیولوژیک داشتند (جدول ۸). در رژیم یک بار آبیاری مرحله گل دهی مصرف کلرید کلسیم و سلنات سدیم در سطوح مختلف مواد ضد تعرق تفاوت چندانی در عملکرد بیولوژیک ایجاد نکرد ولی اثر برهم کنش کیتوزان و مواد ضد تعرق در افزایش عملکرد بیولوژیک کاملاً مشهود بود. در رژیم بدون آبیاری کمترین عملکرد بیولوژیک حاصل شد و محلول پاشی کیتوزان به همراه مصرف کلرید کلسیم و به دنبال آن مصرف سلنات سدیم در افزایش نسبی عملکرد بیولوژیک در شرایط دیم موثر بود (جدول ۸).

تنش خشکی با کاهش سطح برگ و تسریع در پیری و ریزش برگ ها و در نتیجه کاهش سرعت رشد گیاه سبب کاهش وزن خشک گیاه و عملکرد بیولوژیک می شود. گزارش شده در عدس (Jan- Mohammadi *et al.*, 2014)، بامیه (*et al.*, 2012 Mondal) و در گیاه (*Physalis peruviana* L.) (Segura- Monroy)

(Mohammadi et al., 2014).

نتیجه گیری

به طور کلی در این پژوهش در رژیم های مختلف آبیاری، محلول پاشی کیتوزان و کلرید کلسیم نسبت به مصرف کائولین و سلنات سدیم تاثیر بیشتری بر اغلب صفات مورد بررسی داشتند. محلول پاشی کیتوزان به همراه کلرید کلسیم تاثیر مثبتی بر روند توسعه سطح برگ داشت و از پیری زودرس برگ ها به خصوص در مراحل زایشی جلوگیری و سبب بهبود دوام سطح برگ در انتهای فصل رشد و در نتیجه افزایش کارایی مصرف آب گیاه نخود رقم آزاد شد. بیشترین شاخص دوام سطح برگ، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب با رژیم دو بار آبیاری در مراحل (گل دهی و غلاف دهی) و محلول پاشی کیتوزان با مصرف کلرید کلسیم بدست آمد. در رژیم آبیاری مرحله غلاف دهی با محلول پاشی کیتوزان و مصرف کلرید کلسیم نسبت به رژیم بدون آبیاری، افزایش ۱۹۲ درصدی در عملکرد دانه و ۶۵ درصدی در کارایی مصرف آب مشاهده شد که تاثیر بیشتر آبیاری مرحله غلاف دهی نسبت به آبیاری مرحله گل دهی نخود را در شرایط آب و هوایی مورد مطالعه را نشان می دهد.

بنابراین با توجه به کمبود نزولات جوی در طول فصل رشد به خصوص وقوع خشکی در انتهای فصل، می توان از رژیم یک بار آبیاری در مرحله غلاف دهی با محلول پاشی کیتوزان و کلرید کلسیم با غلظت های به کاررفته جهت افزایش عملکرد نخود بهره برد هرچند که در صورت تامین آب، انجام دو بار آبیاری در

پاشی کیتوزان و مصرف کلرید کلسیم بیشترین کارایی مصرف آب را داشتند هرچند با مصرف سلنات سدیم تفاوتی مشاهده نشد. قابل ذکر است در رژیم آبیاری مرحله گل دهی، محلول پاشی کیتوزان با کلرید کلسیم و یا سلنات سدیم، و همچنین محلول پاشی کائولین با کلرید کلسیم و سلنات سدیم اثر یکسانی بر کارایی مصرف آب داشتند. در رژیم بدون آبیاری (دیم) نیز محلول پاشی کیتوزان با کلرید کلسیم در بین تیمارها بیشترین کارایی مصرف آب را داشت ولی با مصرف سلنات سدیم تفاوتی نداشت (جدول ۸).

افزایش در کارایی مصرف آب در گیاه لوییا با کاربرد کیتوزان و در گیاه زینتی (*Polianthes tuberosa* L) با کاربرد کائولین نیز مشاهده شده است (Abu-Moftah & Al-Humaid, ۲۰۰۵; Muriefah, 2013). همچنین در گیاه جو کاربرد سلنات سدیم، سبب افزایش کارایی مصرف آب در شرایط تنش خشکی گردیده است (Habibi, 2013). در این تحقیق در رژیم های مختلف آبیاری، محلول پاشی کیتوزان به همراه مصرف کلرید کلسیم نسبت به سایر تیمارها، در افزایش نسبی کارایی مصرف آب بیشتر موثر بود. از آن جا که تولید ماده خشک به مصرف آب در گیاه وابسته است با استفاده از مواد ضد تعرق و کاهنده های تنش، تعرق کاهش و پتانسیل آب برگ حفظ می شود. با ارتقای شرایط آبی گیاه، تقسیم سلولی و تولید مواد فتوسنتزی در کانوپی افزایش و به تبع آن تجمع ماده خشک کل و عملکرد گیاه زیاد می شود و در نهایت منجر به ارتقاء کارایی مصرف آب می گردد (Jan-

مراحل گل دهی و غلاف دهی توصیه می شود. پیشنهاد می شود در تحقیقات بعدی از غلظت های متفاوت با غلظت های به کار رفته در این آزمایش از مواد ضد تعرق کیتوزان و یا کاهنده تنش کلرید کلسیم بر روی ارقام نخود بررسی شود.

سپاس گزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه بوعلی سینا، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان و مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کرج که در پیشبرد این پژوهش نهایت همکاری و مساعدت را به عمل آوردند، تشکر و قدردانی می شود

Reference.

- Abu- Muriefah, S. S. 2013. Effect of chitosan on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Plants grown under water stress conditions. International Research Journal of Agriculture Science and Soil Science, 3 (6): 192- 199.
- Alizade, A. 2001. Plant, Water and Soil Realationship, Razavi Qods Astan Press(In Persian).
- Amuthavalli, P., Anba, D., and Sivasankara- Moorthy, S. 2012. Effect of calcium chloride on growth and Biochemical constituents of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under salt stress. International Journal of Research in Botany, 2 (3): 9- 12.
- Balwinder, K., Yadvinder, S., Ram, H., and Sarlach, R. S. 2013. Enhancing seed yield and quality of Egyption clover (*Trifolium alexandrinum* L.) with foliar application of bio- regulators. Field Crops Research, 146: 25- 30.
- Benami, A., and Ofen, A. 1984. Irrigation Engineering: Sprinkler, Trickle, Surface Irrigation : Principles, Design and Agricultural Practices. Irrigation Engineering Scientific Publications, 257 Pages.
- Chengbin, Xu., Xuemei. Li., and Lihong, Zh. 2013. The effect of calcium chloride on growth, photosynthesis, and antioxidant responses of (*Zojsia japonica* L.) under drought conditions. PLOS ONE, 8 (7): 1- 10.
- Cousson, A. 2009. Involvement of phospholipase C- independent calcium mediated abscisic acid signaling during Arabidopsis response to drought. Biologia plantarum, 53: 53- 62.
- Dadnia, M. R. 2012. Effect of water deficit and selenium spraying on some of antioxidant enzymes activities on oil sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars. Crop Phsiology, Journal.Islamic Azad University, Ahwaz Unit, 4 (14): 71-81(In Persian).
- Drought National Center of the Year Book (DNCYB). Meteorological organization of Iran. 2015. 15 pages (In Persian).
- Ehdaei, B. 1995. Variation in water use efficiency and its components in wheat: Pot and field experiment. Crop Science, 35: 1617- 1626.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2015. The FAOSTAT Database. Available at Web site. <http://www.FaoStat.Fao.org/default.aspx>.
- Farouk, S. and Amira, M. S. A. Q. 2013. Osmotic adjustment and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in response to drought stress and chitosan. Indian Journal of Applied Research, 3 (10): 1-6.
- Gaballah, M. S and Abou- Leila, B. 2000. The response of flax (*Linum usitatissimum* L.) plant grown under saline condition to gypsum application in addition to kaolin spray. Egyptian Journal of Applied Science, 15 (1): 326- 331.

- Germ, M., Kreft, I., Stibilj, V., and Urbane- Bercic, O. 2007. Combined effects of selenium and drought on photosynthesis and mitochondrial respiration in potato. *Plant Physiology and Biochemistry*, 45 (2): 162- 167.
- Gilligham, M., Dayod, M., Hocking, B. J., Xu, B., and Conn, S. J., et al. 2011. Calcium delivery and storage in plant leaves: exploring the link with water flow. *Journal of Experimental Botany* . 62 (7): 2233- 2250.
- Glenn, D. M. and Puterka, G. J. 2005. Partide Films: A New Technology for Agriculture. *Horticultural Reviews*, 31:1- 44.
- Gunes, A., Cicek, N., Inal, A., Alppaslan, M., Eraslan, F., Guneri E., and Guzelordu, T. 2006. Genotypic response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre- and post- anthesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. *Plant and Soil and Environment*, 52: 868- 876.
- Habibi, G. 2013. Effect of drought stress and selenium spraying on photosynthesis and antioxidant activity of spring barley. *Acta Agriculturae Slovenica*, 101 (1): 31- 39.
- Hassan, N. M., El- Sayed, A. K. A., Ebeid, H. T., and. Alla, M. M. N. 2011. Molecular aspects in elevation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) tolerance to drought by boron and calcium foliar sprays. *Acta Physiologia Plantarum*, 33: 593- 600.
- Hasegawa, P., Bressan. R. A., Zhu, J. K., and Bohnert, H. J. 2000. Plant cellular and molecular reponses to high salinity. *Ann. Rev. Physiology and Molecular. Biology of Plants*, 51: 463- 499.
- Jaleel, C. A., Manivannan P., Sankar B., Kishorekamar, A., Gopi, R., et al. 2007. Water deficit stress mitigation by calcium chloride in (*Cartharanthus roseus* L.): Effects on oxidative stress, proline metabalism and indole alkaloid accumulation. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 60: 110- 116.
- Jan- Mohammadi, M., Mostafavi, H., and Kazemi, H. 2014. Effect of chitosan application on the performance of lentil genotypes under rainfed conditions. *Acta Technologica Agriculture*, 4: 86- 90.
- Kanouni, H. G., Ahmadi, M. K., Sabaghpour, S. H., Malhotra, R. S., and Ketata, H. 2003. Evaluation of spring sowed chickpea varieties for drought tolerance. *International Chickpea Conference*, Raipur, Chhattisgrah, India.
- Kostopoulou, P., Barbayiannis, N., and Basile, N. 2010. Water relations of yellow sweetclover under the synergy of drought and selenium addition. *Plant Soil*, 330: 65- 71.
- Kuznetsov, V. V., Kholodova, V. P., and Yagodin, B. A. 2003. Selenium regulates the water status of plants exposed to drought. *Doklady. Biological Science*,

- 390: 266- 268.
- Limpa-Navech, P., Chaijasuta, S., Vong-Promek, R., Pich- Yangkura, R., Khunwasi, C., Chadehanwa, S., *et al.* 2008. Effect of chitosan on floral production, gene expression and anatomical changes in the *Dendrobium* orchid. *Scientia Horticulture*, 116: 65- 72.
- Liu, F., Jensen, C. R. and Andersen. M. N. 2004. Pod set related to photosynthetic rate and endogenous abscisic acid in soybean subjected to different water regimes and exogenous ABA and BA at early reproductive stages. *Annual Botany*, 94 (3): 405- 411.
- Ma, R., Zhang, M, Li, B., Du, G., Wang, J., and Chan, J. 2005. The effects of exogenous Ca^{2+} on endogenous polyamine levels and drought resistant traits of spring wheat grown under arid conditions. *Journal of Arid Environments*, 63:177- 190.
- Moftah, A. E., and AL- Humaid, A. R. 2005. Effects of anti- transpirants on water relations and photosynthetic rate of cultivated tropical plant (*Polianthes tuberosa* L.). *Polish Journal of Ecology*, 53 (2): 165- 175.
- Mondal, M. M. A., Malek, M. A., Puteh, A. B., *et al.* 2012. Effect of foliar application of chitosan on growth and yield in okra. *Australian Journal of Crop. Science*, 6 (5): 918- 921.
- Naeemi, M., Akbari, G. H. A., Shirani- Rad, A. H., and Hassan- Loo, T. 2012. Effect of zeolite application and selenium spraying on water relation traits and antioxidant enzymes in medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) under water deficit stress conditions. *Journal of Crops Improvement*, 14 (1): 67- 81(In Persian with English Summary).
- Nawaz, F., Ahmad, R., Ashraf, M. Y., Waraich, E. A., and Khan, S. Z. 2015. Effect of selenium foliar spray on physiological and biochemical processes and chemical constituents of wheat under drought stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 113: 191- 200.
- Neyestani E., and Azimzadeh, M. 2005. Evaluation of drought tolerance of fifteen lentil (*Lens Culinaris* L.) genotype. *Journal of Agricultural Land and Drought*, 12: 69- 77. (In Persian).
- Nguyen, A. D., Vo- Thi, P. K., and Tran, T. D. 2011. Research on impact of chitosan oligomers on biophysical characteristics, growth, development and drought resistance of coffee. *Carbohydrate Polymers*, 84: 751- 755.
- Ntanos, D. A., and. Koutroubas. S. D. 2002. Dry matter and N accumulation and translocation for indiza and japonica rice mediterranean conditions. *Field Crops Research*, 74: 93- 101.
- Ortega, P., Jose, F. Grageda, G., and Morales, G. 2011. Effect of sowing dates,

- irrigation, Plant densities and genotypes on chickpea in sonora, Mexico. International Chickpea and Pigeonpea Newsletter, 3: 24- 26.
- Oweis, T., Hachum, A., and Pala, M. 2004. Water use efficiency of winter sown chickpea under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management. 66: 163- 179.
- Pazouki, A., Shirani- Rad, A. H., Habibi, D., Pak- Nejad, F., and Nasri, M. 2008. Study of drought stress and selenium spraying on seed yield and yield components of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars in Shahr- E- Ray. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding, 4 (1):61- 73 (In Persian).
- Rentel, M. C., and Knight, M. R. 2004. Oxidative stress induced calcium signaling in Arabidopsis. Plant Physiology, 135:1471- 1479.
- Rinaudo, M. 2006. Chitin and chitosan: properties and application. Progress in Polymer Science, 32: 603- 632.
- Sadegi- Lotf- Abadi, S., Kafi, M. A., and Khazaei, H. R. 2010. Effects of calcium, potassium and method of application on sorghum (*Sorghum bicolor* L.) morphological and physiological traits in the presence of salinity. Journal of Water and Soil, 24 (2): 385-393 (In Persian with English Summary).
- Salam, M. A., Ahmed, S., Shahjahan, M., Islam, M. S., and Hossein, M. F. 2013. Response of chickpea varieties to different levels of irrigation in high barind tract. International Journal of Sustainable Agriculture and Technology: 2: 32- 39.
- Saman, M., Sepehri, A., Ahmadvand, G., and Sabaghpour. S. H. 2006. Effect of irrigation on growth and yield of four cultivars chickpea in grain filling and podding stages. Journal of Agriculture Research, 7: 1- 15 (In Persian).
- Saour, G. 2005. Efficiency of kaolin particle film and selected insecticides against pistachio psyllid *Agonoscena targio nii* (*Homoptera: Psyllidae*) infestation. Crop Protection, 24: 711- 717.
- Segura- Monroy, S., Uribe- Vallejo, A., Ramirez- Godoy, A., and Restrepo- Diaz, H. 2015. Effect of kaolin application on growth, water use efficiency, and leaf epidermis characteristics of (*Physalis peruviana* L.) seedling under two irrigation regimes. Journal of Agricultural Science and Technology, 17: 1585- 1596.
- Sheikha S. A., and Al- Malki F. M. 2011. Growth and chlorophyll responses of bean plants to chitosan applications. European Journal of Scientific Research, 50 (1): 124- 134.
- Vito, C, Bernardo, P., and Rossella, A. 2009. Kaolin based particle film technology affects tomato physiology yield and quality. Environmental and Experimental Botany, 66: 279- 288.

- Wahid, A., Gelani, S. Ashraf, M., and Foolad, M. R. 2007. Heat tolerance in plants: An Overview. *Environmental and Experimental Botany*, 61: 199- 223.
- Xue, T. L., Hartikainen, H., and Pironen. V. 2001. Antioxidative and growth promoting effects of selenium on senescing lettuce. *Plant Soil*, 273: 55- 61.
- Yigitarslan, U. 2010. Effect of kaolin application of yield, yield components and grain quality in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Master thesis. Graduate School of Natural and Applied Sciences. Department of Field Crops, Ankara, Turkey, 38 pages.