اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی کیتوزان بر عملکرد و رنگیزه‌های فتوسنتزی در آفتابگردان (*Heliantus unnuus* L.)

پرویز یداللهی‌ده‌چشمه*[۱]، علی‌اکبر باقری[۲]، ایوب امیری[۳] و صدیقه اسمعیل‌زاده‌بهابادی[۴]

۱) عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرکرد، شهرکرد، ایران.
۲ و ۳) دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه زابل، گروه زراعت و اصلاح نباتات، زابل، ایران.
۴) استادیار دانشگاه زابل، گروه زراعت و اصلاح نباتات، زابل، ایران.

* **نویسنده مسئول:** Parviz.yd@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۱۵ **تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۲/۲۹**

چکیده

با توجه به حجم بالای واردات روغن گیاهی در کشور و محدودیت منابع آبی، شناخت عوامل مؤثر بر تولید گیاهان زراعی در شرایط کم‌آبی اهمیت زیادی دارد. به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی کیتوزان در شرایط کم‌آبیاری بر ویژگی‌های کمی و کیفی آفتابگردان رقم آلستر، این آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ به‌صورت کرت‌های یک بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی زابل انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح آبیاری بر اساس ۲۵ درصد رطوبت قابل استفاده (تنش شدید)، ۵۰ درصد رطوبت قابل استفاده (تنش متوسط) و ۷۵ درصد رطوبت قابل استفاده (شاهد) به‌عنوان فاکتور اصلی و محلول‌پاشی کیتوزان در سه سطح صفر (شاهد)، دو گرم در لیتر و پنج گرم در لیتر به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. در این آزمایش تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و قطر طبق گردید، اما بر شاخص برداشت و درصد روغن اثر معنی‌داری مشاهده نشد. هم‌چنین محلول‌پاشی کیتوزان منجر به افزایش ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، قطر طبق و کلروفیل کل شد.

واژه‌های کلیدی: کم آبیاری، کیتوزان، اجزای عملکرد، آفتابگردان.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.6.6]

مقدمه

استفاده از دانه‌های روغنی در مصارف غذایی انسان‌ها و استفاده از کنجاله آن‌ها برای غذای دام و نیز مصرف آن‌ها در داروسازی، صابون‌سازی و سوخت باعث شد تا هم کشاورزان علاقه زیادی به کشت آن‌ها داشته باشند و هم اینکه دولت‌ها از کشت آن‌ها حمایت کنند (باقری، ۱۳۹۲). در این میان آفتابگردان یکی از عمده‌ترین دانه‌های روغنی در جهان می‌باشد که به دلیل مناسب بودن نیازهای زراعی، عملکرد بالای روغن، بالا بودن ارزش غذایی و فقدان عوامل ضد تغذیه‌ای، سطح زیر کشت آن افزایش یافته است (Kazi *et al*., 2002). ایران از جمله کشورهایی است که در کمربند مناطق خشک و بیابانی جهان واقع شده است (لشکری، ۱۳۹۲). از دیدگاه زراعی خشکی دوره‌ای همراه با کاهش رطوبت خاک و عملکرد محصول است (Ashok Mishra and Vijay Sing, 2010). بنابراین تنش کمبود آب اثرات فیزیولوژیکی مختلفی بر گیاه می‌گذارد که نوع و میزان خسارت آن به شدت و تحمل گیاه بستگی دارد (صفوی‌گردینی، ۱۳۹۲). در همین ارتباط Shamsi (۲۰۱۰) گزارش کرد که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری محتوای کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید را کاهش داد. علاوه بر این فرخی‌نیا و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش کردند که تنش خشکی در گیاه با کاهش آب برگ و در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها و افت فتوسنتز از یک سو و اثر بر فعالیت‌های آنزیمی و فرآیندهای مربوطه از سوی دیگر، موجب افت عملکرد دانه از طریق کاهش اجزای عملکرد می‌شود. کیتین که یکی از فراوان‌ترین پلی‌ساکاریدهای موجود در طبیعت می‌باشد، زنجیره پلیمری از ان- استیل‌گلوکوزامین بوده و با پروتئین‌ها و ترکیبات آلی دیگر همراه می‌باشد (Babel and Kurniawan, 2003). این ماده، ترکیب اصلی دیواره‌های سلولی برخی از جانوران از جمله خانواده خرچنگ مانند میگو، خرچنگ، حشرات، پاتوژن‌های گیاهی و میکروارگانسیم‌ها را تشکیل می‌دهد (Wang *et al*., 2003). در کشاورزی از کیتوزان برای پوشش دادن بذر، برگ و میوه، به‌عنوان کود و در کنترل آزادسازی ترکیبات شیمیایی سموم و تحریک جوانه‌زنی و رشد گیاه استفاده می‌شود (مهدوی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Devlieghere *et al*., 2004؛ Uthairatanakij *et al*., 2007). در سال‌های اخیر محققان بسیاری افزایش عملکرد و جوانه‌زنی در گیاهان را با کاربرد کیتوزان به اثبات رسانده‌اند (Guan *et al*., 2009؛ مهدوی و همکاران، ۱۳۹۲؛ امیری و همکاران، ۱۳۹۲). در همین ارتباط Boonlertnirunt و همکاران (۲۰۰۷) در آزمایشی اعلام کردند تیمار گیاه برنج با کیتوزان قبل از اعمال تنش کم‌آبیاری خسارت تنش خشکی را کاهش داد، لذا بررسی و ارزیابی نقش کیتوزان به‌عنوان راهبردی برای کاهش اثر منفی تنش در سایر گیاهان نیز از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار بوده و ضرورت انجام مطالعه پیش رو را مشخص می‌کند، بنابراین این پژوهش به منظور بررسی روابط تنش خشکی و محلول‌پاشی اسیدکیتوزان بر عملکرد و رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاه آفتابگردان انجام شد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.6.6]

مواد و روش‌ها

برای مطالعه اثر محلول‌پاشی کیتوزان در شرایط محدود آبیاری بر عملکرد و رنگدانه‌های فتوسنتزی آفتابگردان (*Helianthus annuus*) رقم آلستر، این آزمایش به‌صورت کرت‌های یکبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی زابل واقع در چاه‌نیمه انجام شد. بافت خاک محل آزمایش لومی رسی بود و میزان متوسط رطوبت قابل دسترس گیاه از تفاوت آب خاک در نقطه رطوبت قابل استفاده برابر ۰/۲۳۲ مترمکعب خاک تعیین گردید. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش در جدول ۱ ارایه شده است:

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش

بافت خاک	pH	درصد شوری (EC)	رطوبت FC	رطوبت PWP	نیتروژن	کربن	C/N	فسفر	پتاسیم	سدیم
		(دسی‌زیمنس بر متر)	(درصد)					(میلی‌گرم در کیلوگرم)		
لومی شنی	۸/۴	۱/۴۶	۲۳/۰۹	۱۵/۴۱	۰/۰۵	۰/۴۷	۹/۴	۹/۲	۱۱۵	۳۸/۷

فاکتورهای آزمایش در سه سطح تنش خشکی بر اساس ۱- آبیاری بر اساس ۲۵ درصد رطوبت قابل استفاده (تنش شدید)، ۲- آبیاری بر اساس ۵۰ درصد رطوبت قابل استفاده (تنش متوسط) و ۳- آبیاری بر اساس ۷۵ درصد رطوبت قابل استفاده (شاهد) به‌عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی کیتوزان در سه سطح صفر (شاهد)، دو گرم در لیتر و پنج گرم در لیتر نیز به‌عنوان عامل فرعی بودند. بعد از آماده‌سازی کرت‌های آزمایشی به طول ۳/۵ متر و عرض ۲/۵ متر با فاصله ردیف کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر انجام گرفت. اولین آبیاری برای تمام تیمارها بلافاصله بعد از کاشت اعمال گردید. پس از استقرار کامل بوته‌ها اقدام به اعمال تیمارهای تنش کم‌آبیاری گردید. برای اعمال تیمارهای عدم تنش و تنش از دستگاه رطوبت‌سنج (TDR) استفاده شد. محلول‌پاشی کیتوزان طی دو مرحله در فصل رشد گیاه (شروع گل‌دهی و گل‌دهی کامل) انجام شد. محلول‌پاشی‌ها در ساعت ۵ بعد از ظهر و در هوای ملایم و صاف با استفاده از سم‌پاش دستی اعمال گردید، به‌طوری‌که برگ‌های گیاه کاملاً خیس شده و به منظور بهبود جذب برگی کیتوزان، از تریتون X100 با غلظت ۰/۰۱ درصد به‌عنوان روکنشگر[1] استفاده شد. در زمان برداشت بعد از حذف اثر حاشیه، از هر کرت پنج گیاه به‌طور تصادفی برداشت شد و جهت اندازه‌گیری ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، قطر طبق و درصد روغن مورد استفاده قرار گرفت.

[1] Surfactant

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1393.6.21.6.6]

ارتفاع بوته در گیاه با اندازه‌گیری فاصله محل برش تا طبق به‌دست آمد. جهت اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه بوته‌ها از مساحت یک مترمربع در داخل هر کرت برداشت شدند و پس از خشک شدن در معرض آفتاب برای محاسبه عملکرد دانه و بیولوژیک مورد استفاده قرار گرفتند.

جهت اندازه‌گیری محتوای کلروفیل قسمتی از برگ، همراه با ۰/۵ گرم سولفات‌منیزیم و ۲۰ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد که به تدریج اضافه می‌شد، در داخل یک هاون چینی به خوبی ساییده شدند. بعد از تهیه عصاره برگ، آن را از کاغذ صافی گذرانده سپس نمونه‌ها به مدت ۲ دقیقه در ۲۵۰۰ دور سانتریفیوژ گردید تا عصاره یکنواختی از هر نمونه به‌دست آمد. سپس طیف جذبی عصاره توسط دستگاه اسپکتروفتومتر، مدل شمادزو UV 160 در طول موج‌های ۶۶۵، ۶۴۵ و ۶۷۰ برای اندازه‌گیری کلروفیل a، b و کل قرائت گردید و محتوای کلروفیل برگ‌ها با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد (Prochazka, 1998):

معادله ۱: $Chl\ a = (12.19\ A665) - (3.45\ A645)$

معادله ۲: $Chl\ b = (21.99\ A645 - 5.32\ A665)$

معادله ۳: $Chl\ t = Chl\ a + Chl\ b$

درصد روغن با استفاده از دستگاه سوکسله و میزان کلروفیل با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری گردید.

تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع

بر اساس نتایج تجزیه واریانس جدول ۲ اثر تنش خشکی بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تنش خشکی (تنش شدید) باعث کاهش ۳۳/۶۳ درصدی در ارتفاع گیاه نسبت به سطح اول (بدون تنش) شد (جدول ۳). تنش خشکی از طریق کاهش سرعت رشد گیاه موجب کاهش ارتفاع می‌شود (رستمی و همکاران، ۱۳۸۲). در همین ارتباط فرخی‌نیا و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش کردند که تنش خشکی در مرحله رشد رویشی اغلب سبب کاهش ارتفاع گیاه می‌شود. کیتوزان باعث افزایش معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) در ارتفاع گیاه شد، به‌طوری‌که بیش‌ترین ارتفاع با میانگین ۱۵۳/۶۶ سانتی‌متر در سطح سوم کیتوزان (پنج گرم در لیتر) و کم‌ترین آن با ۲۶/۴۶ درصد کاهش متعلق به سطح اول (شاهد) بود (جدول‌های ۲ و ۳). در همین راستا Guan و همکاران (۲۰۰۹) در آزمایشی بر ذرت به این نتیجه رسیدند که کاربرد کیتوزان رشد و عملکرد را به ترتیب به میزان ۲۱ و ۱۷ درصد افزایش می‌دهد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.6.6]

وزن هزار دانه

اثر تنش خشکی ($p<۰/۰۵$) و محلول‌پاشی کیتوزان ($p<۰/۰۱$) بر وزن هزار دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). مشاهده می‌شود که تنش خشکی شدید باعث کاهش ۲۱/۷۹ درصدی وزن هزار دانه نسبت به شرایط آبیاری مطلوب با میانگین ۷۷ گرم شد (جدول ۳). ژنوتیپ‌های مختلف از نظر تجمع ماده خشک و تسهیم آن به اندام‌های گیاهی تفاوت‌های زیادی را نشان می‌دهند (Koutroubas *et al*., 2004). از سوی دیگر تنش خشکی در مرحله گل‌دهی موجب عدم رشد دانه در میوه و کاهش دانه‌های تشکیل یافته می‌شود. اثر این تنش در مرحله پر شدن دانه‌ها بسیار بارز است، چون عملکرد بالقوه بسته به وزن هزار دانه می‌باشد که این موضوع مستلزم تجمع مواد فتوسنتزی در دانه‌ها می‌باشد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲). در همین راستا محققین به کاهش وزن هزار دانه با اعمال تنش رطوبتی در گیاه آفتابگردان و گلرنگ اذعان داشته‌اند که با نتایج ما در مطالعه حاضر مطابقت دارد (حیدری و کرمی، ۱۳۹۲؛ کارگر، ۱۳۹۲). اعمال کیتوزان باعث افزایش معنی‌داری در وزن هزار دانه شد، به‌طوری‌که با افزایش مصرف کیتوزان وزن هزار دانه نیز افزایش یافت و بیش‌ترین وزن هزار دانه در سطح سوم کیتوزان (پنج گرم در لیتر) مشاهده شد (جدول ۲). در همین ارتباط در آزمایشی که امیری و همکاران (۱۳۹۲) روی گلرنگ انجام دادند، بیان کردند که با افزایش مصرف کیتوزان وزن هزار دانه نیز افزایش می‌یابد.

قطر طبق

اعمال تنش خشکی ($p <۰/۰۱$) و کیتوزان ($p <۰/۰۱$) بر قطر طبق گیاه آفتابگردان معنی‌دار شد (جدول ۲). افزایش تنش خشکی قطر طبق را کاهش داد، به‌طوری‌که کم‌ترین قطر طبق در تیمار تنش خشکی شدید با ۲۵ درصد رطوبت قابل استفاده مشاهده شد (جدول ۳). کاهش قطر طبق در این تیمار نسبت به آبیاری مطلوب در حدود ۲۳/۹۶ درصد بود. توضیح اینکه چنانچه تنش در مرحله زایشی رخ دهد کاهش قطر طبق به واسطه کاهش دوره پر شدن دانه‌ها و کاهش وزن دانه‌ها قابل توجیح است. در همین زمینه کاهش وزن دانه در اثر تنش کم آبی توسط برخی محققان اعلام شده است (حیدری و کرمی، ۱۳۹۲). اعمال کیتوزان در این آزمایش باعث افزایش قطر طبق شد. با افزایش کیتوزان از صفر به پنج گرم در لیتر، قطر طبق ۳۲/۹۳ درصد افزایش یافت (جدول ۳). با توجه به نقش مثبت کیتوزان در عملکرد گیاه در این آزمایش افزایش قطر طبق به‌عنوان که ممکن است با عملکرد دانه مرتبط باشد قابل توجیح است. شایان ذکر است افزایش تحریک‌کنندگی رشد و تولید عملکرد با کاربرد کیتوزان توسط محققان بسیاری به اثبات رسیده است (Mondal *et al*., 2012؛ امیری و همکاران، ۱۳۹۲).

عملکرد بیولوژیک، دانه و شاخص برداشت

اثر تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی دار بود، به‌طوری‌که افزایش تنش خشکی منجر به کاهش صفات مذکور گردید (جدول ۲). در این آزمایش عملکرد بیولوژیک در شرایط آبیاری بر اساس ۵۰

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1393.6.21.6.6]

و ۲۵ درصد رطوبت قابل استفاده به ترتیب کاهش ۱۱/۷۸ و ۲۱/۹۷ درصدی را نسبت به شاهد (۷۵ درصد رطوبت قابل استفاده) نشان داد (جدول ۳). کاهش عملکرد در این مرحله ممکن است به واسطه کاهش تعداد دانه در طبق حاصل شود (رستمی و همکاران، ۱۳۸۲). در روندی مشابه عملکرد بیولوژیک، کم‌ترین عملکرد دانه درتنش شدید (۲۵ درصد رطوبت قابل استفاده) با میانگین ۲۳۲۲ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که باعث کاهش ۲۰/۳۱ درصدی نسبت به شاهد (۲۹۱۴ کیلوگرم در هکتار) گردید (جدول ۳). تنش خشکی در گیاه با کاهش آب برگ و در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها و افت فتوسنتز از یک سو و متأثر کردن فعالیت‌های آنزیمی و فرآیندهای مربوطه از سوی دیگر، موجب افت عملکرد دانه از طریق کاهش اجزای عملکرد می‌شود (فرخی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۰). در موضعی مشابه کافی و رستمی (۱۳۸۸) گزارش کردند کمبود آب و بروز تنش خشکی در محیط رشد گلرنگ باعث کاهش اندازه گیاه و وزن خشک اندام‌ها، تغییر رنگ برگ‌ها، کم شدن دوام سطح برگ‌ها، کاهش عملکرد و شاخص برداشت می‌شود. شاخص برداشت تحت اثر دور آبیاری قرار نگرفت (جدول ۲). با این حال بیش‌ترین شاخص برداشت در تنش شدید مشاهده شد که نسبت به شاهد (عدم تنش) شاخص برداشت در حدود ۴/۵۰ درصد بیش‌تر بود (جدول ۳). شاخص برداشت نشان‌دهنده‌ی انتقال ماده‌ی خشک به قسمتی از گیاه است که برداشت می‌شود (کوچکی و خلقانی، ۱۳۷۴). در این آزمایش اعمال کیتوزان باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد بیولوژیک ($p <$ ۰/۰۱) و عملکرد دانه ($p <$ ۰/۰۵) شد (جدول ۲). کاربرد پنج گرم در لیتر کیتوزان باعث افزایش ۱۷/۳۷ درصدی در میزان عملکرد بیولوژیک و ۱۳/۲۲ درصدی در عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۳). تا به حال سازوکار عمل کیتوزان روی رشد ناشناخته باقی مانده است. احتمالا این ترکیب ممکن است سیگنالی را برای سنتز هورمون‌های گیاهی مانند جیبرلین القا کند و رشد و نمو گیاه توسط بعضی مسیرهای سیگنالینگ مربوط به بیوسنتز اکسین، از طریق مسیر وابسته به تریپتوفان افزایش دهد (Uthairatanakij *et al*., 2007).

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس ارتفاع گیاه، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش خشکی و محلول‌پاشی کیتوزان

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	وزن هزاردانه	قطر طبق	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت
تکرار	۲	۱۳۷۲/۲۵	۷۸/۸۱	۱۹۶/۰۳	۱۱۶۶۳۰۸/۲۶	۶۱۲۶۰/۱۱	۱۹/۰۵
تنش خشکی (ST)	۲	۶۸۸۰/۴۸**	۶۳۶/۰۳**	۸۷/۷۰**	۱۸۲۱۹۳۴۶/۲۶**	۸۳۰۳۷۴/۷۷**	۴/۶۳^{ns}
خطای فرعی	۴	۲۶۲/۴۸	۵۵/۸۷	۶/۳۷	۹۵۵۴۲۴/۵۹	۶۴۹۴۰/۲۲	۱۳/۸۸
کیتوزان (k)	۲	۳۷۲۸/۲۵**	۷۸۴/۰۳**	۱۸۶/۹۲**	۱۲۲۴۹۸۷۴/۳۷**	۳۰۷۶۲۷*	۱۸/۸۲^{ns}
ST × k	۴	۱۶۶/۸۱^{ns}	۸۲/۲۵^{ns}	۸/۴۳^{ns}	۱۰۳۰۲۳۶/۸۷^{ns}	۱۶۵۶۱۱/۶۱^{ns}	۱۱/۴۳^{ns}
خطای کل	۱۲	۲۳۲/۵۷	۴۹/۱۲	۱۰/۳۷	۹۴۰۰۲۵/۴۳	۶۵۱۵۰/۷۹	۹/۲۶
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۱/۴۸	۱۰/۱۶	۱۳/۹۷	۸/۴۴	۹/۸۹	۱۳/۳۸

ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.6.6]

جدول ۳: مقایسه میانگین ارتفاع گیاه، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش خشکی و محلول‌پاشی کیتوزان

تیمار	ارتفاع (سانتی‌متر)	وزن هزاردانه (گرم)	قطر طبق (سانتی‌متر)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
آبیاری (رطوبت قابل استفاده)						
٪۷۵	۱۶۲/۵۵a	۷۷/۰۰a	۲۶/۰۰a	۱۲۹۳۵a	۲۹۱۴a	۲۲/۴۸a
٪۵۰	۱۲۸b	۶۹/۵۵ab	۲۳/۳۳a	۱۱۴۱۱b	۲۴۹۹b	۲۲/۱۶a
٪۲۵	۱۰۷/۸۸b	۶۰/۲۲b	۱۹/۷۷b	۱۰۰۹۲c	۲۳۲۲b	۲۳/۵۴a
کیتوزان (گرم در لیتر)						
شاهد	۱۱۳/۰۰b	۵۹/۵۵b	۱۸/۵۵c	۱۰۱۴۰b	۲۴۰۹b	۲۴/۱۱a
۲	۱۳۱/۷۷b	۶۹/۰۰ab	۲۲/۸۸b	۱۲۰۲۷a	۲۵۴۹ab	۲۱/۲۲a
۵	۱۵۳/۶۶a	۷۸/۲۲a	۲۷/۶۶a	۱۲۲۷۲a	۲۷۷۶a	۲۲/۸۵a

حروف مشابه در هر ستون به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

در نتایجی مطابق پژوهش حاضر، Mondal و همکاران (۲۰۱۲) در بامیه، Sheikha و AL-Malki (۲۰۰۹) در باقلا و امیری و همکاران (۱۳۹۲) در گلرنگ به این نتیجه رسیدند که افزایش مصرف کیتوزان باعث افزایش در عملکرد می‌شود. اعمال کیتوزان در این آزمایش باعث افزایش شاخص برداشت شد ولی از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۲). می‌توان عدم تأثیرپذیری شاخص برداشت را حاکی از آن دانست که دو بخش زایشی و رویشی آفتابگردان احتمالاً به یک اندازه تحت تأثیر کیتوزان قرار می‌گیرند.

کلروفیل a، b و کل

با توجه به جدول ۴ مشاهده می‌شود که تنش خشکی اثر معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بر کلروفیل a و b در گیاه آفتابگردان داشت. به‌طوری‌که با افزایش تنش خشکی، کلروفیل a کاهش یافت و بیش‌ترین کلروفیل a متعلق به تیمار شاهد بود. هم‌چنین سطح سوم تنش خشکی (۲۵ درصد رطوبت قابل استفاده) باعث کاهش ۲۵/۶۳ درصدی کلروفیل b نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۵). نتایج آزمایش حیدری (۱۳۹۰) روی گیاه ریحان نیز نشان دهنده کاهش کلروفیل a و b تحت تنش خشکی است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. کلروفیل کل نیز تحت اثر تنش کم آبی کاهش معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) یافت (جدول ۴). طبق جدول ۵ مشاهده می‌شود که سطح سوم تنش خشکی (تنش شدید) نسبت به شاهد باعث کاهش ۲۵/۹۷ درصدی در کلروفیل کل شد. توضیح این که کاهش فتوسنتز تحت اثر افزایش دور آبیاری به دلیل اختلال در فرآیندهای شیمیایی مسیر فتوسنتزی است. هرچند فتوسیستم II تا حد زیادی نسبت به خشکی متحمل است، اما تنش خشکی می‌تواند مانع انتقال الکترون در این نظام شود، از این رو از کارایی فتوسنتز کاسته می‌شود (لشکری، ۱۳۹۲). علاوه بر این در شرایط تنش، کمبود آب باعث تجزیه کلروفیل گردیده و گلوتامات که پیش ماده کلروفیل و پرولین است در اثر این تنش به پرولین تبدیل شده و در نتیجه از محتوی کلروفیل کاسته می‌گردد (Lawlor and Cornic,

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.6.6]

2002). پیش از این نیز پژوهش محققان کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی را در اثر تنش خشکی در آفتابگردان به اثبات رسانده‌اند (حیدری و کرمی، ۱۳۹۲).

جدول ۴: نتایج تجزیه واریانس بر کلروفیل a، b، کل و درصد روغن آفتابگردان در شرایط تنش خشکی و محلول‌پاشی کیتوزان

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	درصد روغن
بلوک	۲	۲۱/۱۱	۲/۷۸	۳۹/۱۹	۶/۲۵
تنش خشکی(ST)	۲	۱۲/۳۲*	۶/۱۶*	۳۴/۸۸**	۳/۴۰ns
خطای فرعی	۴	۲/۰۹	۰/۴۹	۴/۲۴	۱۳/۸۴
کیتوزان(k)	۲	۷/۵۷ns	۱/۱۰۲ns	۱۲/۱۶*	۱/۲۱ns
ST× k	۴	۰/۱۰۶ns	۰/۴۰۱ns	۰/۱۴ns	۴/۴۲ns
خطای کل	۱۲	۲/۰۵	۱/۲۳	۲/۴۶	۱۲/۹۴
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۹/۹۳	۲۶/۶۹	۱۳/۸۱	۱۱/۳۲

ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

جدول ۵: مقایسه میانگین بر کلروفیل a، b، کل و درصد روغن آفتابگردان در شرایط تنش خشکی و محلول‌پاشی کیتوزان

تیمار	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	درصد روغن
آبیاری (رطوبت قابل استفاده)				
FC ٪۷۵	۸/۵۲a	۵/۱۱a	۱۳/۶۳a	۳۲/۴۴a
FC ٪۵۰	۶/۷۸ab	۳/۵۷b	۱۰/۳۶b	۳۱/۵۷a
FC ٪۲۵	۶/۲۹b	۳/۸b	۱۰/۰۹b	۳۱/۲۵a
کیتوزان (گرم در لیتر)				
شاهد	۶/۳۳a	۴/۱۶a	۱۰/۵۱b	۳۱/۶۱a
۲	۷/۰۷a	۳/۸۱a	۱۰/۸۹b	۳۱/۴۸a
۵	۸/۱۷a	۴/۵۱a	۱۲/۶۸a	۳۲/۱۷a

حروف مشابه در هر ستون به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

استفاده از کیتوزان باعث افزایش در کلروفیل a و b شد، اما این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود، هم‌چنین اعمال کیتوزان منجر به افزایش معنی دار کلروفیل کل ($p<۰/۰۵$) گردید (جدول ۴). به‌طوری‌که سطح سوم کیتوزان (پنج گرم در لیتر) نسبت به شاهد ۱۷/۱۱ درصد افزایش را نشان داد (جدول ۵). به نظر می‌رسد کیتوزان در غلظت‌های پایین، با از بین بردن رادیکال‌های آزاد به‌طور مستقیم و یا توسط آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، از اکسیداسیون چربی‌ها جلوگیری نموده و باعث کاهش پرولین و قندهای محلول در گیاه می‌گردد (مهدوی و همکاران، ۱۳۹۲)، در نتیجه با توجه به پیش ماده مشترک پرولین، کربوهیدرات با رنگیزه‌های فتوسنتزی، افزایش کلروفیل قابل توجیح می‌باشد. در همین راستا نتایج آزمایش Sheikha و AL-Malki (۲۰۰۹) روی باقلا نشان می‌دهد که مصرف کیتوزان باعث افزایش کلروفیل a ، b و کل در باقلا می‌شود که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. علاوه بر این محققان اعلام کردند کاربرد کیتوزان باعث کاهش اثر منفی تنش خشکی بر کلروفیل و افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌گردد (Gornik *et al*., 2008).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.6.6]

درصد روغن

نتایج تجزیه واریانس این آزمایش نشان می‌دهد هیچ‌کدام از تیمارهای اعمال شده بر درصد روغن از لحاظ آماری اثر معنی‌داری نداشتند (جدول ۴). در مورد اثر تنش خشکی بر درصد روغن گزارش‌های ضد و نقیضی وجود دارد. اصولاً درصد روغن یک صفت کمی است و توسط چندین ژن کنترل می‌شود، بنابراین آسیب دیدن تعداد زیادی از ژن‌های کنترل کننده در اثر تنش خشکی، بعید به نظر می‌رسد. از این رو کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی جزئی است (لشکری، ۱۳۹۲). در موضعی مشابه با نتایج این مطالعه، فرخی‌نیا و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند درصد روغن تحت اثر تنش خشکی و عوامل محیطی قرار نمی‌گیرد. افت درصد روغن در اثر تنش خشکی شدید در مقایسه با تنش خشکی ملایم نسبتاً بالاتر است که نشان می‌دهد، اگر شدت تنش زیاد نباشد، اثر چندانی بر درصد روغن دانه نخواهد داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از این تحقیق به‌طور خلاصه نشان داد که اگرچه دور آبیاری می‌تواند بر عملکرد و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه آفتابگردان اثر بگذارد، ولی میزان اثر آن بر هر یک از ویژگی‌ها متفاوت بود. محلول‌پاشی کیتوزان نیز موجب افزایش اکثر صفات مورد بررسی گردید. شایان ذکر است کاربرد کیتوزان در این مطالعه اثر معنی‌داری در کاهش اثرات منفی تنش خشکی نداشت، لذا برای اطمینان از اثر مثبت محلول‌پاشی این ماده در شرایط تنش، نیاز به مطالعات بیش‌تر می‌باشد.

منابع

امیری، ا.، اسمعیل‌زاده‌مهابادی، ص. و سیروس‌مهر، ع.ر. ۱۳۹۲. تأثیر محلول‌پاشی کیتوزان بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ در شرایط تنش خشکی. همایش ملی مهندسی و مدیریت کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار، دانشگاه شهید مفتح همدان، ۲۲ اسفندماه، همدان، ایران. ص: ۲۲۸-۲۲۵.

باقری، ع.ا. ۱۳۹۲. تأثیر کود نیتروژن و محلول‌پاشی روی بر ویژگی‌های کمی و کیفی آفتابگردان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل. ۸۵ ص.

حیدری، م. و کرمی، ا.و. ۱۳۹۲. تأثیر تنش خشکی و سویه‌های مایکوریزا بر عملکرد، رنگیزه‌های فتوسنتزی آفتابگردان. مجله تنش‌های محیطی در گیاهان زراعی. ۶ (۱): ۲۶-۱۷.

رستمی، م.، میرزایی، ر. و کافی، م. ۱۳۸۲. ارزیابی مقاومت به خشکی در چهار رقم گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در مرحله جوانه زنی. هفتمین کنفرانس بین المللی توسعه مناطق خشک. ۲۳ تا ۲۶ شهریور ۱۳۸۲، تهران، ایران. ص: ۱۲۸-۱۲۵.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.6.6]

صفوی‌گردینی، م. ۱۳۹۲. تأثیر پلیمر سوپر جاذب، پتاسیم و کود دامی بر مقاومت کدوی پوست کاغذی به تنش خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل. ۹۲ ص.

فرخی‌نیا، م.، رشدی، م.، پاسبان‌اسلام، ب. و ساسان‌دوست، ر. ۱۳۹۰. بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد گلرنگ بهاره تحت تنش کمبود آب. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۲ (۳): ۵۵۳-۵۴۵.

فرخی‌نیا، م.، رشدی، م.، پاسبان‌اسلام، ب. و ساسان‌دوست، ر. ۱۳۸۸. بررسی اثرات تنش خشکی بر عملکرد دانه و برخی صفات رویشی گلرنگ بهاره. مجله پژوهش در علوم زراعی. ۲ (۵): ۱۱-۱.

کارگر، ف. ۱۳۹۲. تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی متانول بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل. ۱۱۰ ص.

کافی، م. و رستمی، م. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن ارقام گلرنگ در شرایط آبیاری با آب شور. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۵ (۱): ۱۳۲-۱۲۱.

کوچکی، ع. و خلقانی، ج. ۱۳۷۴. شناخت مبانی تولید محصولات زراعی (نگرشی اکوفیزیولوژیک). (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۰۰ ص.

کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ.ح. ۱۳۸۲. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). چاپ دهم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ ص.

لشکری، ف. ۱۳۹۲. تأثیر پلیمر سوپر جاذب، پتاسیم و کود دامی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی کارلا در دورهای مختلف آبیاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل. ۱۱۲ ص.

مهدوی، ب.، مدرس‌ثانوی، س. ع.، علیخانی، م.آ. و شریفی، م. ۱۳۹۲. اثر غلظت‌های کیتوزان بر جوانه‌زنی بذر و آنزیم‌های آنتی اکسیدانت گلرنگ در شرایط کم آبی. مجله پژوهش‌های گیاهی. ۲۶ (۳): ۳۶۵-۳۵۲.

Ashok Mishra, K. and Vijay Sing, P. 2010. A review of drought concepts. Journal of Hydrology 1: 1-15.

Babel, S. and Kurniawan, T.A. 2003. Low-cost adsorbents for heavy metals uptake from contarninated water; A Review. Journal of Hazardous Materials 97: 219- 243.

Boonlertnirunt S., Sarobol, E.D., Meechoui, S. and Sooksathan, I. 2007. Drought recovery and grain yield potential of rice after chitosan application. Kasetsart Journal 41: 1-6.

Devlieghere, F., Vermeulen A. and Debevere J. 2004. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. Food Microbiology 703-714.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.6.6]

Gornik, K., Grzesik, M. and Duda, B.R. 2008. The Effect of chitosan on rooting of grapevine cuttings and on subsequent plant growth under drought and temperature stress. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research 16: 333-343.

Guan, Y.J., Hu, J., Wang, X.J. and Shao, C.X. 2009. Seed priming with chitosan improves maize stress germination and seedling growth in relation to physiology changes under low temperature. Journal of Zhejiang University- Science 10: 427-433.

Heidari, M. 2011. Effect of salinity on growth, chlorophyll content and osmotic components of two cultivars of basil (*Basilicum ocimum* L.). Africa Journal of Biotechnology 11(2): 379- 384.

Kazi, B.R., Oad, F.C., Jamro, G.H., Jamali, L.A. and Oad, N.L. 2002. Effect of water stress on the growth, yield and oil content of sunflower. Pakistan Journal of Applied Sciences 2 (5): 550-552.

Koutroubas, S.D., Papacosta, D.K. and Doitsinis, A. 2004. Cultivar and seasonal effects on the contribution of pre-anthesis assimilates to safflower yield. Field Crops Research 90: 263–274.

Lawlor, D.W. And Cornic, G. 2002. Photosynthetic cabon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant, Cell and Environment 25: 275-294.

Mondal, M.M.A., Malek, M.A., Puteh, A.B., Ismail, M.R., Ashrafuzzaman, M. and Naher, L. 2012. Effect of foliar application of chitosan on growth and yield in okra. Australian Journal of Crop Sciences, AJCS 6 (5): 918-921.

Prochazka, S., Machaackova, I., Kreekule, J. and Sebanek, J. 1998. Plant physiology. Academia. Praha 484 Pp.

Shamsi, K. 2010. The effect of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrate and cholorophyll of bread wheat cultivars. Journal of Animal and Plant 3: 1051-1060.

Sheikha, S.A.K. and AL-Malki, F.M. 2009. Growth and chlorophyll Responses of Bean Plants to the Chitosan Applications. European Journal of Scientific Research 50: 124-134.

Uthairatanakij, A., Texeira Da Silva, G.A. and Obsuwan, K. 2007. Chitosan for improving orchid production and quality. Orchid Science and Biotechnology 1 (1): 1-5.

Wang, Xh.H., Li, D.P., Wang, W.G., Feng, Q.L., Cui, F.Z., Xu, Y.X., Song, X.H. and Vander Werf, M. 2003. Cross linked collagen/chitosan matrix for artificial livers. Biomaterials 24: 3213- 3220.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.6.6]