تاثیر انواع خاک پوش و شیوه کاشت بر فعالیت برخی از آنزیم‌های آنتی اکسیدانت و صفات فیزیولوژیک در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus*L.)

النار احمدخانی[۱]، سید منصور سیدنژاد[۲]، آزاده نیرومند*[۳] و علیرضا ابدالی مشهدی[۴]

۱) گروه زیست‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران.
۲) استاد گروه زیست‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران.
۳) استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
۴) دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران.
*نویسنده مسئول: a_niroomand@pnu.ac.ir

این مقاله برگرفته از رساله کارشناسی ارشد می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۶ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۸**

چکیده

خاک پوش‌ها با ایجاد پوشش بر روی خاک می‌توانند در حفظ رطوبت، دمای متعادل خاک، کاهش جمعیت علف‌های هرز و جلوگیری از فرسایش خاک اثرگذار باشند و رشد گیاه را بهبود بخشند. به‌منظور ارزیابی اثر خاک پوش‌های مختلف (عدم کاربرد، کاه و کلش گندم، پوشش سبز ماش، پلاستیک سفید و پلاستیک مشکی) و شیوه کاشت (کشت درون جوی، کشت روی پشته و روی سطح صاف) بر فعالیت برخی از آنزیم‌ها (کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، پراکسیداز)، مالون‌دی‌آلدئید، میزان کربوهیدرات‌های محلول و مقدار پروتئین‌های سیتوپلاسمی در آفتابگردان آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرحله گل‌دهی در تابستان ۱۳۹۷ در شهرستان باوی خوزستان اجرا شد. انجام آنالیز واریانس مشخص شد که اثر متقابل همه صفات بجز پروتئین‌های سیتوپلاسمی و کاتالاز معنی‌دار هستند. بیش‌ترین و کم‌ترین پروتئین‌های سیتوپلاسمی به‌ترتیب از کاربرد خاک پوش پلاستیک سیاه و سفید به‌دست آمد. بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت کاتالاز به‌ترتیب در شیوه کشت درون جوی و روی پشته مشاهده شد. بیشینه و کمینه غلظت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز، پراکسیداز و مالون‌دی‌آلدئید در ترکیبات تیماری متفاوت بود. بالاترین مقدار پروتئین سیتوپلاسمی و فعالیت کاتالاز به ترتیب با کاربرد خاک پوش پلاستیک سیاه و کشت در جوی به‌دست آمد. بالاترین مقادیر مالون‌دی‌آلدئید و کربوهیدرات‌های محلول با کاشت بر روی پشته و عدم کاربرد خاک‌پوش به‌دست آمد. بالاترین فعالیت آسکوربات پراکسیداز و کم‌ترین فعالیت پراکسیداز در کاشت درون جوی و پوشش سبز ماش مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، رنگیزه، کاتالاز و مالچ.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.5.0]

مقدمه

آفتابگردان[1] یک گیاه روغنی است که به‌دلیل داشتن دامنه سازگاری وسیع در بسیاری از کشورها از جمله ایران کشت می‌شود. استفاده فشرده و طولانی مدت از مواد شیمیایی زراعی مانند علف‌کش‌ها اثر منفی بر روی تنوع زیستی خاک، پایداری کشاورزی، ایمنی مواد غذایی، سلامتی انسان و دام و نیز فرآیندهای بیوشیمیایی دارد. تغییر در تنوع و ترکیب جامعه میکروبی مفید می‌تواند برای رشد و نمو گیاهچه با کاهش در دسترسی مواد مغذی و چه با افزایش بروز بیماری‌ها، نامطلوب باشد. در حال حاضر نیاز به تحقیقات کیفی، نوآورانه و تقاضا محور برای انجام پژوهش‌های سازگار با محیط‌زیست ضروری است (Meena *et al*., 2020). هر ماده‌ای که روی سطح خاک گذاشته شود یا رشد کند را می‌توان خاک پوش (مالچ) دانست هرچند برخی از خاک پوش‌ها سودمندی بیشتری دارند (Chalker-Scott, 2007). خاک پوش‌ها می‌توانند بر بهداشت خاک، دمای خاک، محتوای آب خاک، قابلیت دسترسی به مواد غذایی در خاک، پارامترهای رشد گیاه و مهار علف‌های هرز اثر مفید داشته باشند (Sharma and Bhardwaj, 2017). در آزمایشی کاربرد مالچ ورق پلاستیکی با مهار علف‌های هرز و حفظ رطوبت خاک باعث افزایش عملکرد آفتابگردان شد (Kumar *et al*., 2018). شیوه کاشت گیاهان از طریق ایجاد میکروکلیما می‌تواند بر رشد و نمو و عملکرد گیاهان اثر بگذارد. در آزمایشی بر روی آفتابگردان از میان شیوه‌های مختلف کاشت بالاترین تعداد برگ در بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه و محتوای روغن در شیوه کشت بر روی پشته گزارش شد (Sher *et al*., 2018). کاربرد مالچ‌های آلی می‌تواند باعث کاهش فرسایش خاک و روان‌آب شود (Li *et al*., 2020). در آزمایشی کاربرد انواع مالچ‌های پلاستیکی در ذرت شیرین باعث افزایش ارتفاع بوته، تأخیر ۹ و ۱۳ روزه به‌ترتیب در ظهور گل آذین نر و ظهور ابریشم بلال، افزایش طول، قطر و عملکرد بلال و نیز افزایش مقدار مواد جامد محلول در دانه شد (Ghimire *et al*., 2020). شیوه کاشت مناسب و نیز استفاده از خاک پوش می‌تواند باعث افزایش عملکرد شود. در آزمایشی بر روی آفتابگردان اثر شیوه کاشت به صورت جوی ـ پشته و مسطح و نیز اثر کاربرد خاک پوش کلش گندم (عدم کاربرد، پوشش ۵۰ و ۱۰۰ درصدی زمین) در طی دو سال در تهران و مشهد بررسی شد. نتایج نشان داد در هر دو سال آزمایش کشت جوی و پشته با پوشش کامل سطح زمین با کلش گندم بالاترین عملکرد دانه را داشت. در آزمایش دیگری کاربرد خاک پوش دمای خاک را کاهش و ذخیره آب خاک، کربن آلی و بیوماس جمعیت میکروبی را در خاک افزایش داد (Gholamhoseini *et al*., 2019). از سوی دیگر ارزیابی میزان فعالیت‌های آنزیمی و نیز محتوای برخی ترکیبات در گیاهان می‌تواند معیاری مناسب برای داشتن درک مناسب از تحت تنش بودن و شرایط رشد و نمو گیاه باشد. فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در سلول‌های گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد. نتایج

1- *Helianthus annuus* L

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.5.0]

تحقیقی بر روی آفتابگردان نشان داد غلظت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز) در شرایط تنش بالای رطوبتی از ۱۱ تا ۳۱ درصد و با کاربرد عناصر ریز مغذی (آهن، منگنز، روی و مس) از ۴۸ تا ۸۹ درصد افزایش یافت (Rahimizadeh *et al*., 2007). بنا بر برخی گزارش‌ها مقاومت به تنش خشکی در گیاه ارتباط مستحکم با فعالیت آنتی‌اکسیدانی مرتبط با آسکوربات دارد (Laxa *et al*., 2019). هم‌چنین در پژوهشی شوری باعث افزایش نشت الکترولیت و کاهش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز ، آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز در گیاهان آفتابگردان شد (Conceicao *et al*., 2019). در این ارتباط به منظور بررسی اثر انواع خاک پوش طبیعی، خاک پوش زنده و خاک پوش ورق پلاستیکی و نیز اثر شیوه کاشت بر برخی از فعالیت‌های آنزیمی و شاخص‌های فیزیولوژیک در آفتابگردان این آزمایش طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مرداد ماه ۱۳۹۶ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان با مختصات جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی و ۴۸ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی، با ارتفاع حدود ۲۰ متر از سطح دریا اجرا شد. بر اساس آمار هواشناسی بلندمدت، محل آزمایشدارای متوسط بارندگی سالیانه ۲۶۹ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت، حداکثر و حداقل درجه حرارت به ترتیب ۲۳، ۳۶و ۹/۵ درجه سلسیوس و از لحاظ اقلیمی در گروه مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارد. زمین محل آزمایش در سال‌های قبل به‌صورت آیش رها شده بود. برخی از ویژگی‌های خاک محل آزمایش در جدول۱ ارائه شده است. رقم آفتابگردان روغنی کشت شده فانتازیا و میان‌رس بود که از مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول تهیه گردید. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. ابعاد هر کرت چهار در چهار متر (۱۶ مترمربع) و در هر کرت (بجز تیمار کشت مسطح) پنج جوی و پشته با فاصله پشته ۷۵ سانتی‌متر قرار گرفت. فاصله بین دو کرت با یک خط نکاشت مشخص گردید و فاصله بین بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد. ردیف کاشت یک و پنج به‌عنوان حاشیه، ردیف دو و چهار به‌عنوان پشته‌های نمونه‌برداری و ردیف کاشت سه برای برداشت نهایی در نظر گرفته شد. فاکتورهای آزمایشی شامل انواع مالچ (عدم کاربرد (شاهد)، کاه و کلش گندم، پلاستیک سفید، پوشش سبز ماش[1] و پلاستیک مشکی) و الگوی کاشت (کشت درون جوی، کشت روی پشته و روی سطح صاف) بود. برای آماده‌سازی و تهیه زمین بعد آبیاری اولیه در حالت ظرفیت زراعی با گاو آهن برگردان‌دار و دو دیسک عمود برهم شخم زده شد. تسطیح خاک به‌وسیله ماله انجام گرفت. با استفاده از فارور، جوی و پشته‌ها و با استفاده از نهرکن، نهرها ایجاد شد. عملیات کاشت بذور در وسط پشته، روی پشته و روی سطح صاف انجام شد. فاصله بوته‌های روی ردیف کاشت

1- *Vigna radiata*

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.5.0]

۱۹ سانتی‌متر و در هر حفره به عمق دو تا سه سانتی‌متر تعداد دو عدد بذر قرار داده شد. اولین آبیاری در تاریخ ۳۱ امرداد انجام شد. آبیاری‌های بعدی با توجه به نیاز گیاه انجام گرفت. تنک کردن (مرحله سه برگی) و وجین علف‌های هرز (به‌صورت مداوم) و دادن کودها و اعمال تیمارهای آزمایش با دست صورت گرفت. کود نیتروژن بنا به مقدار توصیه شده و با توجه به نیتروژن موجود در خاک از منبع اوره در سه مرحله سه تا چهار برگی، پیش از ساقه رفتن و گل‌دهی شامل ۷۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. توزیع کود سرک به‌صورت محلول در آب آبیاری انجام شد. کود فسفر به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع P_2O_5) و کود پتاس به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع K_2O) بر اساس توصیه‌های کودی آزمون خاک قبل از عملیات کاشت انجام گرفت. نمونه‌گیری‌ها در مرحله R4 که گل آذین شروع به باز شدن نموده و هنگام مشاهده مستقیم از بالا، گل‌های زبانه‌ای نابالغ دیده می‌شوند انجام شد (Schneiter and Miller, 1981). در این آزمایش رنگیزه‌ها، محتوای کربوهیدرات، پروتئین‌های سیتوپلاسمی و برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سنجش شدند.

جدول ۱: برخی از ویژگی‌های خاک محل آزمایش

عمق نمونه برداری	هدایت الکتریکی	اسیدیته	فسفر	پتاسیم	نیتروژن	ماده آلی	رس	سیلت	شن
(سانتی‌متر)	(دسی زیمس بر متر)		(میلی گرم بر کیلوگرم)				(درصد)		
۰-۳۰	۷/۳	۷/۳۲	۱۸/۳	۱۲۴	۰/۰۲۶	۱/۱	۴۲	۴۱	۱۷

مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی به روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) اندازه‌گیری شد. مقدار ۰/۲ گرم ماده تر گیاهی را با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد تا رسیدن به یک مخلوط همگن ساییده شد. سپس حجم عصاره به ۱۵ میلی‌لیتر رسانده و همگن حاصل به‌مدت ۲۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. در مرحله بعد، محلول رویی جدا گردید و میزان جذب نوری نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۴۶ و ۶۶۳ جهت تعیین مقدار کلروفیل a و b و ۴۷۰ نانومتر جهت تعیین مقدار کاروتنویید اندازه گیری شد. در نهایت با استفاده از فرمول‌های مربوطه میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تر محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری محتوای کربوهیدرات‌های محلول، ۰/۱ گرم از اندام‌های هوایی خشک شده گیاه به ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد اضافه و به‌مدت یک دقیقه با دستگاه ورتکس به‌شدت هم‌زده شدند. سپس به‌مدت ۱۵ دقیقه در ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و روشناورهای به‌دست‌آمده جدا گردید. این عمل سه بار تکرار شد و پس از تبخیر حلال، عصاره خشک باقی‌مانده در ون ظرف با آب مقطر حل و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. دو میلی‌لیتر از عصاره به‌دست‌آمده از هر نمونه، با یک میلی‌لیتر محلول فنل پنج درصد به لوله‌های آزمایش اضافه و لوله‌ها به‌شدت تکان داده شدند و بلافاصله پنج میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد به‌سطح محلول اضافه گردید. پس از گذشت مدت زمان ۴۰ دقیقه، جذب محلول‌ها در طول موج ۴۸۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.5.0]

خوانده شد. غلظت قند موجود در محلول با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز تعیین و نتایج حاصل بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن خشک نمونه محاسبه گردید (Dubois *et al*., 1956).

برای سنجش میزان پروتئین‌های سیتوپلاسمی از روش لوری اصلاح شده انجام شد. بدین منظور یک گرم از نمونه تر گیاه با پنج میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۰/۱ مولار (اسیدیته برابر ۷/۴) تا ایجاد یک مخلوط همگن ساییده شد. عصاره‌های پروتئینی حاصل به میکروتیوپ‌های مخصوص سانتریفیوژ منتقل و با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ یخچال‌دار در دمای چهار درجه سانتی‌گراد و با سرعت rpm ۱۵۰۰۰ به‌مدت ۲۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. برای سنجش میزان پروتئین عصاره-های استخراج شده، ابتدا عصاره‌های پروتئینی به نسبت ۱:۱۰ رقیق شد. از عصاره رقیق شده یک میلی‌لیتر به لوله آزمایش اضافه شد. سپس پنج میلی‌لیتر معرف ABC به لوله آزمایش اضافه و با محتویات لوله کاملاً مخلوط شد. به هر لوله سه میلی‌لیتر از معرف فولن رقیق شده اضافه شد. در پایان نمونه‌ها به‌مدت ۴۵ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شدند. پس از این مدت میزان جذب نوری آن‌ها در طول موج ۶۶۰ نانومتر خوانده شد. در نهایت با استفاده از معادله خط منحنی استاندارد، غلظت پروتئین هر نمونه بر حسب میلی‌گرم در لیتر و سپس در یک گرم وزن تر بافت گیاهی محاسبه شد (Lowry *et al*., 1951). جهت محاسبه میزان فعالیت آنزیم کاتالاز ابتدا ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۰/۰۵ مولار درون کووت ریخته شد و ۱۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه ۱درصد به آن اضافه گردید، بلافاصله ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره آنزیمی به آن افزوده شد. منحنی تغییرات جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در مدت زمان ۳ دقیقه (هر ۱۰ ثانیه یک جذب) رسم گردید. فعالیت آنزیم برحسب تغییرات واحد جذب در دقیقه به ازای هر میلی‌گرم پروتئین محاسبه گردید (Aebi, 1984). به‌منظور سنجش میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز ۲/۵ میلی‌لیتر از تامپون فسفات پتاسیم ۰/۵ مولار درون کووت ریخته شد، سپس ۱۰۰ میکرولیتر آسکوربات ۰/۵ میلی‌مولار به آن اضافه گردید. آن‌گاه ۱۰۰ میکرولیتر از محلول EDTA ۰/۱ میلی‌مولار به آن شد، سپس ۲۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه یک درصد اضافه شد. بعد از اضافه کردن ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی فوراً فعالیت آنزیم در طول موج ۲۹۰ نانومتر در ۳ دقیقه (هر ۱۰ ثانیه یک جذب) اندازه‌گیری گردید. فعالیت آنزیم بر حسب تغییرات واحد جذب در دقیقه به ازای هر میلی‌گرم پروتئین محاسبه گردید (Chen and Asada, 1989). اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز به این ترتیب انجام شد که دو میلی‌لیتر تامپون استات ۰/۲ مولار با ۰/۲ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۰/۳ درصد و ۰/۱ میلی‌لیتر بنزیدین ۰/۰۲ مولار محلول در متانول ۵۰ درصد در حمام یخ مخلوط شدند، سپس ۰/۱ میلی‌لیتر (۱۰۰ میکرولیتر) عصاره آنزیمی به آن اضافه شد. جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۳۰ نانومتر به‌مدت سه دقیقه (هر ۱۰ ثانیه یک جذب) ثبت گردید. بر اساس شیب منحنی جذب، فعالیت آنزیم بر حسب تغییرات واحد جذب در دقیقه به ازای هر میلی‌گرم پروتئین محاسبه شد (Hoyle, 1972). جهت سنجش

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.5.0]

میزان مالون‌دی‌آلدئید به یک میلی‌لیتر محلول عصاره استخراج شده، یک میلی‌لیتر محلول ۰/۵ (W/V) درصد اسید تیوباربیتوریک حاوی اسید تری‌کلرواستیک (W/V) ۲۰ درصد اضافه گردید، سپس مخلوط حاصل در حمام آب با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳۰ دقیقه حرارت داده شد. مخلوط حاصل با دور ۴۰۰۰ به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید. جذب مخلوط در دو طول موج ۵۳۲ نانومتر (طول موج اختصاصی) و ۶۰۰ نانومتر (طول موج غیراختصاصی) خوانده شد و به شکل میلی‌مول بر گرم وزن تر محاسبه و گزارش گردید (Davey *et al*., 2005). تجزیه آماری داده‌ها، شامل تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها (روشLSD در سطح احتمال خطای پنج درصد) با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

محتوای کلروفیل

آنالیز واریانس کلروفیل و سایر صفات مورد بررسی نشان داد که اثر متقابل همه صفات به‌جز پروتئین‌های سیتوپلاسمی و کاتالاز معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که در کلروفیل کل و هم‌چنین کلروفیل a، بالاترین محتوای کلروفیل کل در کاشت روی پشته و پوشش سبز ماش و کم‌ترین کلروفیل کل در کشت درون جوی و عدم کاربرد مالچ به‌دست آمد که تفاوت ۵۵ درصدی داشتند (جدول ۳). شاید کشت بر روی پشته باعث شده باشد تا بخش بالایی ریشه گیاه هم از سمت بالا و هم از سمت کناره‌های پشته با اتمسفر تبادلات گازی انجام داده و تهویه هوا بهتر صورت بگیرد در صورتی که در کشت مسطح و کشت درون جوی از این منظر محدودیت بیشتری وجود دارد. لذا احتمال دارد تبادلات گازی و نیز تنفس ریشه در کشت بر روی پشته بهتر صورت گرفته و همین موضوع باعث افزایش محتوای کلروفیل کل گردیده باشد. خاک پوش با ایجاد لایه‌ای بر روی سطح خاک، رطوبت خاک را حفظ و شرایط بهتری را برای رشدونمو و جذب عناصر غذایی گیاه فراهم نموده و باعث افزایش شاخص کلروفیل برگ می‌گردد که این نیز افزایش جذب تشعشع فتوسنتزی را در پی دارد. هم‌چنین، باحفظ رطوبت بیشتر خاک، هدایت روزنه‌ای به‌طور قابل توجه و با تشدید تعرق باعث کاهش دمای سطح برگ شد. رنگ روشن خاک پوش هم‌چنین می‌تواند با کاهش تابش خالص خورشیدی منجربه کاهش دمای سطح برگ هم شود (نصیری و همکاران، ۱۳۹۶). از سوی دیگر با توجه به اینکه ماش جزء خانواده لگومینوز بوده و تثبیت زیستی نیتروژن را انجام می‌دهد، بنابراین احتمال دارد آفتابگردان از نیتروژن تثبیت شده توسط ماش استفاده کرده و فراهمی بیش‌تر نیتروژن باعث افزایش محتوای کلروفیل کل و کلروفیل a شده باشد. در آزمایشی کشت همراه ماش با آفتابگردان نسبت به گیاهان همراه دیگر (سویا و لوبیا) و شاهد به‌صورت معنی‌داری باعث افزایش غلظت کلروفیل کل و کلروفیل‌های a و b در برگ آفتابگردان شد (Hassanpour *et al*., 2014). در پژوهشی یونجه (از خانواده لگومینوز) و ذرت در مجاورت یکدیگر کشت شدند و با استفاده از نیتروژن نشان‌دار (^{15}N) مشخص شد که نیتروژن

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.5.0]

از یونجه به ذرت انتقال پیدا کرده است، دلیل اصلی انتقال بالای بدون حامل نیتروژن ممکن است به‌علت تماس نزدیک ریشه‌ها با یکدیگر باشد که می‌توانند گیاهان را تحریک کنند تا ترکیبات شامل نیتروژن بیشتری آزاد کنند و یا تولید ارتباطات میسیلیومی بین گیاهان را موجب شوند. علاوه بر این مورفولوژی ریشه و زیست توده بر جذب و استفاده از آب خاک و مواد غذایی تاثیر می‌گذارد و اجازه انتقالات بعدی بین گیاهان را فراهم می‌کند (Shao *et al*., 2020). در مورد کم‌ترین میزان کلروفیل در عدم کاربرد مالچ شاید تنش خشکی باعث ایجاد چنین شرایطی گردیده است از جمله دلایلی که برای کاهش محتوای کلروفیل در شرایط تنش خشکی عنوان شده می‌توان به تخریب غشاهای تیلاکوییدی کلروپلاست و اکسیداسیون نوری کلروفیل در اثر افزایش فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن اشاره کرد، به‌گونه‌ای که با افزایش شدت تنش خشکی یا کاهش پتانسیل آب خاک، روند تخریب پرولین یکی از اسید آمینه‌های رنگیزه کلروفیل نیز با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد. پرولین یکی از اسید آمینه‌های فعال در پدیده تنظیم اسمزی است که در ایجاد و حفظ فشار اسمزی درون گیاه نقش بسزایی دارد. پرولین و کلروفیل هر دو از پیش ماده گلوتامات به‌وجود می‌آیند. در شرایط خشکی میزان پرولین افزایش می‌یابد و شاید یکی از دلایل کاهش میزان کلروفیل، افزایش سنتز پرولین باشد. برخی محققان دلیل کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش خشکی را افزایش رادیکال‌های آزاد می‌دانند که منجربه پراکسیداسیون و در نهایت تجزیه کلروفیل می‌شود (Mahdinia Afra *et al*., 2020). کاهش در محتوای کلروفیل نیز می‌تواند به‌علت کاهش کاروتنوییدها باشد. از آنجایی که کاروتنوییدها دارای نقش حفاظتی برای مولکول کلروفیل هستند کم شدن مقدار آن‌ها در طی شرایط تغییر محیط باعث تشدید کاهش در محتوای کلروفیل می‌شود. مقدار کلروفیل b در ترکیب تیماری کاشت روی پشته به همراه پوشش سبز ماش کم‌ترین غلظت را دارا بود، درحالی‌که در همین ترکیب تیماری کلروفیل کل و کلروفیل a بیش‌ترین غلظت را داشتند و برعکس در ترکیب تیماری کشت درون جوی به‌همراه عدم کاربرد مالچ که کلروفیل b بیش-ترین غلظت را داشت کلروفیل کل و کلروفیل a کم‌ترین غلظت را داشتند. میان بیشترین و کم‌ترین غلظت کلروفیل b ۱۱۰ درصد اختلاف مشاهده شد (جدول ۳). این اختلاف شاید به این دلیل باشد که مسیر ساخت کلروفیل‌های a و b یکسان بوده و تغییر جهت در مسیر ساخت هرکدام از آن‌ها باعث کاهش ساخت دیگری خواهد شد. در آزمایشی بر روی گیاه *Cupressus sempervirens* رابطه معکوس بین مقدار کلروفیل a و کلروفیل b یافت شد و افزایش کلروفیل a منجر به کاهش میزان کلروفیل b گردید (Alkurdi and Supuka, 2015). با افزایش تشکیل ROS در کلروپلاست در اثر تنش خشکی، میزان تخریب غشاهای کلروپلاستی نیز افزایش می‌یابد. از این‌رو در اثر تنش خشکی تخریب کمپلکس پروتئینی کلروفیل a/b و در نتیجه کلروفیل b نیز افزایش پیدا می‌کند. افزایش نسبت کلروفیل a/b در اثر تنش خشکی نیز می‌تواند ناشی از این مسئله می‌باشد (امینی و همکاران، ۱۳۹۲).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1400.13.49.5.0]

محتوای کاروتنویید

بیش‌ترین غلظت کاروتنویید در کشت بر روی پشته با مالچ پلاستیک سفید به دست آمد که با کم‌ترین غلظت آن در ترکیب تیماری کشت در جوی و کاربرد مالچ پلاستیک سفید ۷۵۰ درصد اختلاف داشت (جدول ۳). با توجه به اینکه میان بیش‌ترین و کم‌ترین ترکیب تیماری، مالچ پلاستیک سفید مشترک بود، لذا این تفاوت را می‌توان تا حدود زیادی به شیوه کشت بر روی پشته و درون جوی نسبت داد. رنگ روشن خاک پوش هم‌چنی نمی‌تواند با کاهش تابش خالص خورشیدی منجربه کاهش دمای سطح برگ هم شود. کاروتنوییدها، رنگیزه‌های فتوسنتزی هستند که نقش مهمی در حفاظت رنگیزه کلروفیل تحت شرایط استرس دارند که این عمل را با خاموش‌سازی واکنش‌های فتودینامیک که منتهی به از دست رفتن کلروفیل می‌شود، انجام می‌دهند (Zargari *et al*., 2020). در آزمایشی غلظت کاروتنویید در گلرنگ تحت تنش شوری بیشتر از شرایط عدم تنش شوری بود (Taheri *et al*., 2018). لذا احتمال دارد به‌علت بالاتر بودن تجمع املاح بر روی نوک پشته میزان شوری افزایش یافته باشد و همین موضوع باعث افزایش غلظت کاروتنویید در کشت بر روی پشته شده باشد. گیاهان جهت مقابله با تنش‌های اکسیداتیو ناشی از رادیکال‌های فعال اکسیژن، دارای سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی می‌باشند. کاروتنوییدها جز سیستم آنتی‌اکسیدانی غیر آنزیمی هستند.

کربوهیدرات‌های محلول

کم‌ترین کربوهیدرات‌های محلول در کشت بر روی پشته به همراه خاک‌پوش کلش گندم و بیش‌ترین کربوهیدرات‌های محلول در کشت بر روی پشته و با عدم کاربرد خاک‌پوش مشاهده شد که تفاوت ۳۶۴ درصدی میان آن‌ها مشاهده شد (جدول ۳). با توجه به اینکه کشت بر روی پشته در کم‌ترین و بیش‌ترین کربوهیدرات‌های محلول مشترک بود لذا تفاوت این دو ترکیب تیماری تا حدود زیادی به‌علت عدم کاربرد و کاربرد خاک‌پوش بود. بالا بودن کربوهیدرات‌های محلول می‌تواند به‌علت وجود تنش نیز حاصل می‌گردد. انباشت قندهای محلول در شرایط تنش، علاوه بر نقش‌های فیزیولوژیک مهمی که از نظر تأمین انرژی دارد، می‌تواند سبب کاهش پتانسیل آب گیاه و تداوم جذب آب و در نتیجه افزایش میزان تحمل گیاه به خشکی گردد. تجمع و انباشتگی کربوهیدرات‌ها نقش مهمی در حفاظت، تنظیم اسمزی و جذب و هدایت آب در گیاه دارد. تجمع قندهای محلول ساختار ماکرومولکول‌ها را حفظ می‌کند و از تغییر شکل و تخریب آن‌ها جلوگیری می‌کند. در مواجه گیاه با شرایط شدید تغییر محیط قندها به‌حدی در سیتوپلاسم تجمع می‌یابند که یک ساختار کریستالی شبکه‌ای به نام گلس را ایجاد می‌کنند. این ساختارها فضای پری را در سلول ایجاد می‌کنند و از تخریب سلول‌ها ممانعت به عمل می‌آورند (کرم پور، ۱۳۹۶). در آزمایشی مقدار کربوهیدرات‌های محلول در چهار هیبرید آفتابگردان تحت تنش خشکی افزایش یافت (Plesniear *et al*., 1995). لذا عدم وجود خاک پوش ممکن است باعث افزایش تنش و افزایش

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.5.0]

کربوهیدرات‌های محلول شده باشد. در آزمایشی بر روی لوبیا با افزیش شدت و مدت تنش خشکی مقدار کربوهیدرات‌های محلول افزایش یافت (Boroujerdnia *et al*., 2016). شاید عدم وجود خاک پوش باعث افزایش تبخیر و تعرق گردیده و همین موضوع باعث افزایش تنش خشکی و بالا رفتن مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آفتابگردان شده باشد. غلظت کربوهیدرات محلول نشان دهنده فعالیت فیزیولوژیک گیاه است. کاهش میزان کربوهیدرات محلول ممکن است به‌علت افزایش تنفس و کاهش تثبیت دی‌اکسیدکربن در اثر تخریب کلروفیل طی تغییر شرایط محیطی باشد. تولید مواد فتوسنتزی جاری گیاه ممکن است به‌علت وقوع تنش‌های محیطی و در نتیجه کاهش هدایت روزنه‌ای و اسیمیلاسیون دی-اکسیدکربن کاهش یابد (نیرومند و همکاران، ۱۳۹۶). هم‌چنین این کاهش به‌دلایل متعددی از جمله آسیب دستگاه فتوسنتزی، هم‌چنین نیاز کم به مواد فتوسنتزی به دلیل کاهش رشد در گیاه یا به‌علت مصرف قندها در جهت سنتز پروتئین‌ها و پلی‌پپتیدها باشد (Zargari *et al*., 2020).

پروتئین‌های سیتوپلاسمی

اثر اصلی خاک پوش بر پروتئین‌های سیتوپلاسمی معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار پروتئین‌های سیتوپلاسمی به ترتیب با کاربرد پلاستیک سیاه‌وسفید با ۴۰ درصد اختلاف به‌دست آمد (جدول ۴). تنش‌های محیطی (زیستی و غیرزیستی) می‌توانند باعث سنتز پروتئین‌های نوین در گیاهان شوند. این پروتئین‌ها ممکن است برای بقا در شرایط نامساعد محیطی ارزشمند باشند (Romero-Romero *et al*., 2002). بنابراین خاک‌پوش پلاستیک سیاه ممکن است شرایط میکروکلیمایی ایجاد نموده باشد که باعث افزایش پروتئین‌های سیتوپلاسمی گردد. تنش‌های اسمزی می‌توانند منجر به تغییر در غلظت پروتئین‌های سیتوپلاسمی شوند، که بر تعادل آنزیم‌ها و در نتیجه عملکرد آن‌ها تأثیر می‌گذارد (Poolman *et al*., 2002). افزایش سنتز پروتئین‌ها و پپتیدها یکی از پاسخ‌های گیاهان به استرس‌های محیطی است. این پروتئین‌ها می‌توانند شامل فیتوکلات‌ها، هوموفیتوکلات‌ها، متالوپروتئین‌های گیاهی، پروتئین‌های مرتبط با پاتوژن‌ها، پروتئین‌های شوک حرارتی و آنزیم‌های دخیل در دفاع آنتی‌کسیدانی باشند (نیرومند و همکاران، ۱۳۹۶). علاوه بر این گزارشاتی مبنی بر کاهش میزان mRNA مسئول بیوسنتز روبیسکو با افزایش سن برگ وجود دارد و از آنجایی که روبیسکو فراوان‌ترین پروتئین موجود در سلول‌های گیاهی است، کاهش سنتز آن موجب کاهش قابل توجهی در میزان پروتئین می‌شود. در شرایط تغییر محیط رویش گیاه، پروتئین استرومای کلروپلاست به‌ویژه آنزیم روبیسکو به‌وسیله رادیکال‌های فعال اکسیژن به‌صورت غیرآنزیم تخریب می‌شوند، هم‌چنین که در برگ گونه‌ای از لوبیا بین کاهش میزان پروتئین محلول کل و فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین همبستگی وجود دارد. با افزایش سن برگ توان دفاعی سلول کاهش یافته و میزان تولید اکسیدان‌ها بیش از جمع‌آوری آن‌ها می‌باشد. بنابراین در مراحل

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.5.0]

بعدی زندگی گیاه توانایی محافظتی در مقابل رادیکال‌های اکسیژن فعال کاهش و سلول دچار تنش اکسیداتیو می‌شود، در چنین شرایطی فعالیت طبیعی سلول و به‌دنبال آن ماکرومولکول‌ها از جمله پروتئین‌ها کم می‌شوند (نادری و همکاران، ۱۳۹۳). بنابراین احتمال دارد خاک‌پوش‌ها از طریق کاهش دمای سطح خاک از میزان تبخیر از طریق لوله‌های کاپیلاری خاک و به‌دنبال آن تجمع نمک در سطح خاک کاسته و با کاهش شدت تنش‌های اسمزی در خاک شور بر غلظت پروتئین‌های سیتوپلاسمی اثر بگذارد.

مالون‌دی‌آلدهید

بیشترین غلظت مالون‌دی‌آلدهید در کشت بر روی پشته و عدم کاربرد خاک‌پوش به دست آمد (جدول ۳). در شرایط کشت بر روی پشته تجمع نمک بر روی بالای پشته متمرکز می‌شود و همین موضوع باعث تشدید تنش شوری بر روی پشته می‌گردد و این می‌تواند باعث افزایش تنش شوری به‌ویژه در اوایل رشد گیاه شود و به دنبال تنش شوری ممکن است غلظت مالون‌دی‌آلدهید افزایش یابد. تحقیقات نشان داده رادیکال‌های فعال اکسیژن در طی تغییر محیط‌زیست گیاه افزایش می‌یابند که با تغییر خصوصیات غشاء در حین تنش، تعادل متابولیسمی بهم خورده و با افزایش متابولیت‌های سمی، آسیب‌های ثانوی در گیاه ایجاد می‌گردد رادیکال‌های فعال اکسیژن بسیار واکنشگر بوده و می‌تواند با خارج کردن پروتون از فسفولیپیدهای غشا موجب تشکیل رادیکال فعال اسید چرب شوند. رادیکال فعال اسید چرب در حضور اکسیژن با تولید پراکسید اسید چرب می‌تواند ضمن تخریب چربی‌ها و پروتئین‌ها رادیکال‌های بیشتری تولید نماید. بروز پراکسیداسیون در مولکول‌های چربی غشاء موجب اختلال در نفوذپذیری و یکپارچگی غشاء سلولی و کاهش شاخص پایداری آن می‌گردد. آلدهیدها که از جمله محصولات عمده واکنش‌های پراکسیداسیون لیپیدها هستند و به‌عنوان شاخص انجام این واکنش‌ها اندازه‌گیری می‌شوند. از مهم‌ترین آلدهیدها، مالون‌دی‌آلدهید می‌باشد. افزایش مالون‌دی‌آلدهید ممکن است به‌دلیل کاهش قدرت فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی برای از بین بردن گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر باشد (غفاری‌زاده، ۱۳۹۴). در آزمایشی بر روی آفتابگردان محتوای مالون‌دی‌آلدهید به‌طور معنی‌داری در تنش شوری در کلیه ارقام افزایش یافت (Taher *et al*., 2018). در گیاهچه و ارقام کلزا نیز با افزایش سطوح شوری غلظت مالون‌دی-آلدهید افزایش یافت (Razavizadeh *et al*., 2013; Chamheidar, 2018). کم‌ترین مالون‌دی‌آلدهید در کشت بر روی پشته به همراه خاک‌پوش پلاستیک سفید مشاهده شد (جدول ۳). ممکن است که خاک‌پوش پلاستیک سفید از طریق کاهش تبخیر از سطح خاک روند انتقال نمک توسط لوله‌های کاپیلاری را به سطح پشته به میزان بالا کاهش داده و از تجمع نمک بر روی پشته بکاهد و از بروز تنش شوری تا حدود زیادی جلوگیری نماید و در نتیجه مالون‌دی‌آلدهید افزایش نیابد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.5.0]

جدول ۲: تجزیه واریانس مربوط به صفات موردبررسی در مرحله گل‌دهی آفتابگردان

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		کلروفیل کل	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	پروتئین‌های سیتوپلاسمی	کربوهیدرات‌های محلول	مالون‌دی‌آلدئید	آسکوربات پراکسیداز	پراکسیداز	کاتالاز
بلوک	۲	۰/۰۰۳۲^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۱۶^{ns}	۰/۰۰۵۹^{ns}	۴/۳۴^{ns}	۸/۰۲^{ns}	۳/۲۴^{ns}	۰/۰۰۰۵۶۴۴۹^{ns}	۰/۰۰۰۰۵۰۲۰^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۲۶۹^{ns}
خاک‌پوش	۴	۰/۱۸۷۳**	۰/۰۳۱۴۷**	۰/۰۱۹۱**	۰/۱۵۸۵**	۳۵۲**	۲۸۱**	۳۰/۱^{ns}	۰/۰۰۲۰۰۱۹۸*	۰/۰۰۰۳۱۷۷۶^{ns}	۰/۰۰۰۰۱۱۵۵^{ns}
شیوه کاشت	۲	۰/۰۲۹۵**	۰/۰۷۶۶**	۰/۰۲۳۰**	۰/۱۴۶۶**	۲۸/۰^{ns}	۱۵۵**	۱۹۰**	۰/۰۰۸۸۴۷۴۰**	۰/۰۰۲۰۲۰۷۸**	۰/۰۰۰۰۳۵۵۱*
خاک‌پوش × شیوه کاشت	۸	۰/۰۴۴۸**	۰/۰۸۳۷**	۰/۰۰۷۶**	۰/۱۶۰۴**	۲۶/۲^{ns}	۱۵۱**	۳۸۲**	۰/۰۰۱۴۱۳۵۷*	۰/۰۰۰۸۹۱۷۰**	۰/۰۰۰۰۱۱۸۶^{ns}
خطا	۲۸	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۱۸	۲۳/۷	۶/۲۳	۱۲/۹	۰/۰۰۰۵۸۵۴۵	۰/۰۰۰۱۲۱۸۱	۰/۰۰۰۰۰۷۷۹
ضریب تغییرات (٪)		۴/۵۴	۶/۴۳	۱۰/۴	۸/۹۱	۱۰/۱	۱۴/۳	۱۱/۹	۵۸/۶	۶۸/۵	۵۸/۵

^{ns}، ** و *: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱ و ۵ درصد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.5.0]

جدول۳: مقایسه میانگین برهم‌کنش الگوی کاشت و خاک‌پوش بر برخی از صفات فیزیولوژیک آفتابگردان

شیوه کاشت	خاک‌پوش	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل a (میلی‌گرم برگرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کاروتنویید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کربوهیدرات‌های محلول (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)	مالون‌دی‌آلدئید (میلی‌مول بر گرم وزن تر)	آسکوربات‌پراکسیداز (تغییرات جذب در دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین)	پراکسیداز (تغییرات جذب در دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین)
مسطح	عدم کاربرد	۱/۱۴^{edf}	۰/۸۷^{de}	۰/۲۶^{efg}	۰/۴۵^{e}	۱۵/۵^{d}	۲۰/۲^{d}	۰/۰۳۱۲۰^{bcd}	۰/۰۰۶۷۳۷^{cd}
	پوشش سبز ماش	۱/۱۰^{gf}	۰/۷۶^{gh}	۰/۳۴^{bcd}	۰/۵۳^{d}	۱۲/۹^{ed}	۳۰/۲^{b}	۰/۰۱۴۳۷^{d}	۰/۰۰۶۴۴۵^{cd}
	کاه و کلش گندم	۱/۰۶^{fgh}	۰/۷۶^{gfh}	۰/۲۹^{efd}	۰/۸۴^{a}	۶/۷۰^{f}	۲۱/۵^{cd}	۰/۰۳۰۹۲^{bcd}	۰/۰۰۵۲۶۴^{cd}
	پلاستیک سیاه	۱/۴۲^{bc}	۱/۲۱^{bc}	۰/۲۰^{h}	۰/۵۲^{d}	۱۲/۹^{ed}	۲۷/۹^{bc}	۰/۰۷۲۷۷^{ab}	۰/۰۰۸۷۹۰^{cd}
	پلاستیک سفید	۱/۱۴^{edf}	۰/۸۶^{ef}	۰/۲۸^{efg}	۰/۲۱^{h}	۲۳/۴^{bc}	۴۱/۸^{a}	۰/۰۲۴۰۷^{cd}	۰/۰۰۶۶۶۳^{cd}
درون جوی	عدم کاربرد	۰/۹۹^{h}	۰/۵۷^{i}	۰/۴۲^{a}	۰/۲۵^{gh}	۱۶/۶^{d}	۲۷/۹^{bc}	۰/۰۶۶۵۶^{abc}	۰/۰۰۲۸۳۹^{d}
	پوشش سبز ماش	۱/۲۰^{ed}	۰/۸۵^{efg}	۰/۳۵^{bc}	۰/۳۱^{fg}	۱۰/۲^{ef}	۱۸/۹^{d}	۰/۱۰۳۴۲^{a}	۰/۰۰۱۷۳۶^{d}
	کاه و کلش گندم	۱/۱۲^{efg}	۰/۸۱^{efg}	۰/۳۰^{cde}	۰/۵۴^{d}	۲۱/۶^{c}	۳۰/۷^{b}	۰/۰۷۲۷۲^{ab}	۰/۰۱۰۷۶۶^{cd}
	پلاستیک سیاه	۱/۴۸^{ab}	۱/۲۴^{ab}	۰/۲۳^{gh}	۰/۶۴^{c}	۸/۹۳^{ef}	۲۱/۹^{cd}	۰/۰۸۳۷۱^{a}	۰/۰۲۰۱۷۱^{bcd}
	پلاستیک سفید	۱/۱۴^{def}	۰/۷۶^{gh}	۰/۳۸^{ab}	۰/۱۰^{i}	۲۸/۶^{a}	۳۹/۳^{a}	۰/۰۱۴۵۸^{d}	۰/۰۲۶۶۷۳^{bc}
روی پشته	عدم کاربرد	۱/۱۳^{def}	۰/۸۰^{efg}	۰/۳۳^{cd}	۰/۲۵^{gh}	۳۰/۵^{a}	۴۲/۹^{a}	۰/۰۲۲۳۲^{cd}	۰/۰۳۹۱۵۸^{b}
	پوشش سبز ماش	۱/۵۴^{a}	۱/۳۳^{a}	۰/۲۱^{h}	۰/۵۷^{cd}	۲۷/۴^{ab}	۳۹/۶^{a}	۰/۰۲۱۱۹^{cd}	۰/۰۶۵۹۷۷^{a}
	کاه و کلش گندم	۱/۰۴^{gh}	۰/۷۰^{h}	۰/۳۳^{bcd}	۰/۳۸^{ef}	۶/۵۷^{f}	۴۰/۹^{a}	۰/۰۲۵۷۰^{cd}	۰/۰۰۸۷۲۲^{cd}
	پلاستیک سیاه	۱/۳۵^{c}	۱/۱۴^{c}	۰/۲۰^{h}	۰/۷۳۷۰۴^{b}	۱۶/۳^{d}	۳۲/۰^{b}	۰/۰۲۰۶۰^{cd}	۰/۰۲۲۷۲۶^{bcd}
	پلاستیک سفید	۱/۲۲^{d}	۰/۹۶^{d}	۰/۲۵^{fgh}	۰/۸۵^{a}	۲۲/۹^{c}	۱۵/۴^{d}	۰/۰۱۵۱۸^{d}	۰/۰۰۸۹۴۶^{cd}

در هر ستون و برای میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($LSD_{0.05}$).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1400.13.49.5.0]

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

ممانعت از ایجاد سمیت توسط انواع اکسیژن واکنش دهنده[1] (ROS) به‌علت نقش موثر آن‌ها در رشدونمو گیاه حائز اهمیت است. گیاهان جهت مقابله با تنش‌های اکسیداتیو ناشی از رادیکال‌های فعال اکسیژن دارای سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی می‌باشند. سیستم آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی شامل ترکیباتی از قبیل توکروفرول‌ها، کاروتنویید (ترکیبات آبگریز)، گلوتاتیون و اسید آسکوربات (ترکیبات آب‌دوست) می‌باشد و سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی شامل آنزیم‌هایی از قبیل پراکسیداز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز است. سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد. دسته اول با رادیکال‌های آزاد اکسیژن واکنش می‌دهد و غلظت آن‌ها را در سطوح پایین نگه می‌دارد (مانند کاتالاز و پراکسیداز) و دیگری آنتی‌اکسیدان‌های اکسید شده را احیاء می‌کند (مانند آسکوربات پراکسیداز). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی قادر به جابه‌جا کردن، حذف و خنثی‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن هستند. پیش از این تصور بر این بود که کلروپلاست‌ها منابع اصلی تولید گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر در سلول‌های گیاهی هستند، اما نتایج تحقیقات جدید نشان داده است که میتوکندری‌ها، پراکسیزوم‌ها و گلیاکسیزوم‌ها نیز در تولید سطوح بالایی از این رادیکال‌ها نقش داشته و در مکانیسم‌های مرگ برنامه‌ریزی شده سلولی شرکت کرده، مجموعه فرآیندهایی را به‌همراه می‌اندازند که نتیجه آن مرگ برنامه‌ریزی شده سلول است.

آسکوربات پراکسیداز

بیش‌ترین غلظت آسکوربات پراکسیداز در کشت درون جوی و خاک‌پوش سبز ماش با کم‌ترین غلظت آن در کشت مسطح و خاک‌پوش سبز ماش حدود ۶۰۰ درصد اختلاف داشت (جدول ۳). این دو ترکیب تیماری که بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت را دارا بودند در شیوه کشت اختلاف داشته و در خاک‌پوش ماش سبز مشترک بودند، بنابراین تفاوت این دو ترکیب تیماری تا حدود زیادی به‌علت تفاوت در شیوه کاشت بوده است. هنگامی‌که گیاهان در معرض تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند تولید گونه‌های اکسیژن واکنش دهنده افزایش می‌یابد که می‌تواند آسیب قابل توجهی به سلول‌ها وارد کند. دفاع آنتی‌اکسیدانی گیاه می‌تواند اکسیژن واکنش دهنده را سم‌زدایی کند. آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز با استفاده از آسکوربات نقش مهمی در تبدیل H_2O_2 به H_2O دارند. ایزوفرم‌های مختلف آسکوربات پراکسیداز در محفظه‌های درون سلولی مجزا مانند کلروپلاست‌ها، میتوکندری‌ها، پراکسیزوم و سیتوزول وجود دارند. بیان ژن‌های آسکوربات‌پراکسیداز در پاسخ به تنش‌های زنده و غیرزنده و هم‌چنین در طول رشد گیاه تنظیم می‌شود که به‌طور مستقیم در محافظت از سلول‌های گیاهی در برابر شرایط نامساعد محیطی نقش دارند (Caverzan *et al*., 2012). آسکوربات پراکسیدازها یک

1- Reactive Oxygen Species

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.5.0]

نقش کلیدی در پاکسازی اکسیژن واکنش دهنده و حفاظت سلول‌ها در مقابل اثرهای مخرب آن در جلبک و گیاهان عالی دارند. این آنزیم نقش مهمی در فعالیت روزنه‌ها از طریق تنظیم غلظت H_2O_2 در سلول گیاهان تحت تنش شوری دارند، زیرا که غلظت این ترکیب به‌عنوان یکی از سیگنال‌های مهم در به حرکت درآوردن سلول‌های محافظ روزنه عمل می‌کند (منتظری‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۲). اینکه آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مورد بررسی در این آزمایش در ترکیبات تیماری متفاوت دارای بالاترین و کم‌ترین غلظت‌ها بودندف شاید به‌این‌علت باشد که بیان ژن‌های آن ممکن است تحت تأثیر نوع تنش (زیستی، غیر زیستی) و نیز شدت و زمان بروز تنش (مراحل مختلف رشد و نمو) متفاوت باشد. در آزمایشی بر روی ژنوتیپ‌های گندم با افزایش تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز کاهش یافت، علت این کاهش عدم تعادل اجزای مکانسیم‌های دفاعی است که سبب عملکرد ضعیف آن‌ها می‌شود. بدین ترتیب با تجمع فرم‌های فعال اکسیژن، نقاط کلیدی متابولیسم و مکانیسم‌های دفاعی سلول مورد حمله قرار گرفته و این عوامل سبب کاهش فعالیت آنزیم شده است (حسن‌پور لسکو کلایه و همکاران، ۱۳۹۴). در آزمایشی بر روی ژنوتیپ‌های گندم در مرحله گل‌دهی مشخص شد با افزایش سطوح تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (Naderi Zarnaghi and Valizadeh, 2014). بنابراین میکروکلیمای ایجاد شده توسط خاک‌پوش و شیوه کاشت می‌تواند بر میزان شدت تنش‌های وارد شده بر گیاه تأثیر گذاشته و میزان فعالیت آسکوربات پراکسیداز را تغییر دهد.

پراکسیداز

بیش‌ترین غلظت پراکسیداز با کاشت روی پشته و خاک‌پوش سبز ماش و کم‌ترین غلظت از شیوه کاشت در درون جوی و خاک‌پوش سبز ماش به دست آمد (جدول ۳). این دو ترکیب تیماری فقط در شیوه کاشت اختلاف داشتند و خاک‌پوش ماش سبز در هر دو مشترک بود، بنابراین احتمال دارد این اختلاف ناشی از شیوه کاشت و اثر آن بر گیاه باشد. فعالیت آنزیم پراکسیداز را می‌توان به آسانی در تمام طول عمر گیاهان مختلف از مراحل اولیه جوانه‌زنی تا مرحله پیری از طریق کنترل طویل شدن یاخته‌ای، مکانیسم‌های دفاع و چندین عملکرد دیگر تشخیص داد (نیرومند و همکاران، ۱۳۹۶). گزارش‌های زیادی در مورد افزایش فعالیت پراکسیداز در شرایط تنش غیرزنده در گیاهان مختلف مانند آفتابگردان وجود دارد (Gunes *et al*., 2008). در ارقام گندم نیز تنش آبی (در شرایط قطع آبیاری در انتهای فصل رشد) باعث افزایش پراکسیداز گردید (Teimouri *et al*., 2020). تغییرات بسیاری در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاهان تحت تنش از جمله تنش شوری نمایان شده است. در پژوهشی بر روی آفتابگردان، فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی تحت تنش شوری افزایش یافت (Taher *et al*., 2018). این موضوع می‌تواند ناشی از افزایش بیان ژن‌های کد کننده آنزیم پراکسیداز و یا اینکه پایداری مولکول‌های پروتئینی این آنزیم در مقابل تخریب اکسنده ناشی از افزایش سن سلول باشد. آنزیم

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.5.0]

پراکسیداز با سم‌زدایی پراکسید هیدروژن و حذف مالون‌دی‌آلدئید نقش مهم و کلیدی در محافظت گیاه در برابر تنش ایفا می‌کند(نیرومند و همکاران، ۱۳۹۶).

کاتالاز

اثر اصلی شیوه کشت بر فعالیت کاتالاز اثر معنی‌دار داشت (جدول ۲). بالاترین فعالیت کاتالاز در کشت درون جوی مشاهده شد که با کم‌ترین میزان فعالیت کاتالاز در کشت روی پشته ۷۵ درصد اختلاف داشت (جدول ۵). کاتالاز یکی از مهم‌ترین آنزیم‌های جمع‌آوری کننده پراکسید هیدروژن به‌شمار می‌آید که افزایش فعالیت این آنزیم باعث مقاومت گیاه در شرایط تنش و در نتیجه موجب افزایش عملکرد محصول می‌شود. در شرایط عادی رشد، بسیاری از فرایندهای متابولیک در گیاهان باعث تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌شوند، اما گیاهان مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانی کارآمدی برای رادیکال‌های اکسیژن دارند. در شرایط تنش میزان گونه‌های فعال اکسیژن افزایش یافته و به‌دنبال آن فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی افزایش می‌یابد (چاوشی و همکاران، ۱۳۹۸). احتمال دارد در شیوه کشت درون جوی از لحاظ عواملی مانند نوسانات دمایی خاک در طی روز، اسیدیته، غلظت و فراهمی عناصر و میزان تهویه گازها در خاک، با دو روش کشت دیگر تفاوت وجود داشته باشد و برآیند این تفاوت‌ها باعث افزایش فعالیت کاتالاز در روش کشت در جوی نسبت به دو روش دیگر شده باشد. با توجه به اینکه این آنزیم در پاکسازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول نقش دارد، لذا با افزایش فعالیت این آنزیم‌ها در اثر تنش خشکی از تولید گونه‌های اکسیژن فعال جلوگیری شده و این عمل موجب می‌شود تا از پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء، تخریب پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک جلوگیری شده و در نهایت میزان ماده خشک گیاه بالا رفته و عملکرد محصول بالا برود (حسن‌پور لسکو کلایه و همکاران، ۱۳۹۴). میان شیوه‌های کشت روی پشته و کشت مسطح از نظر فعالیت کاتالاز تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۵). در آزمایشی فعالیت کاتالاز در ارقام مختلف گندم تحت شرایط قطع آبیاری در انتهای فصل رشد بسیار متفاوت بود و در برخی از ارقام تا ۴۶۶ درصد افزایش و در برخی دیگر تا ۴۲ درصد کاهش نشان داد (Teimouri *et al*., 2020).

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر اصلی خاک‌پوش بر پروتئین‌های سیتوپلاسمی

خاک‌پوش	پروتئین‌های سیتوپلاسمی (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
شاهد	۴۵/۱ ^{bc}
پوشش سبز ماش	۴۸/۴^{b}
کاه و کلش گندم	۴۷/۲^{b}
پلاستیک سیاه	۵۸/۱^{a}
پلاستیک سفید	۴۱/۳^{c}

در ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($LSD_{0.05}$).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1400.13.49.5.0]

جدول ۵ : مقایسه میانگین اثر اصلی شیوه کاشت بر کاتالاز

شیوه کشت	کاتالاز (تغییرات جذب در دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین)
مسطح	۰/۰۰۴۰۴۵ [b]
درون جوی	۰/۰۰۶۵۳۴ [a]
روی پشته	۰/۰۰۳۷۱۳ [b]

در ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($LSD_{0.05}$).

نتیجه‌گیری

در مجموع کاربرد انواع خاک‌پوش و شیوه‌های مختلف کاشت می‌تواند در مقیاس میکرواقلیم بر ایجاد شرایط مطلوب‌تر برای رشد گیاه نقش داشته و با کاهش شرایط نامناسب و تنش‌های محیطی بر فعالیت سیستم‌های آنزیمی اثر گذار باشد، به‌ویژه موجب کاهش غلظت برخی از آنزیم‌هایی که در شرایط تنش افزایش می‌یابند، گردد. از آنجایی‌که سطوح هر یک از تیمارها می‌توانند بر عوامل محیطی‌زیستی و غیر زیستی مانند جمعیت علف‌های هرز، رطوبت خاک، شوری خاک، تهویه خاک، جمعیت و فعالیت میکروارگانیزم‌های خاک و محیط ریزوسفر اثرات متفاوت بگذارند، لذا اثر اصلی و متقابل تیمارها نیز بر فعالیت آنزیم‌ها متفاوت بود.

منابع

امینی، ز. و حداد، ر. ۱۳۹۲. نقش رنگیزه های فتوسنتزی و آنزیمهای آنتی اکسیدان در مقابل تنش اکسیداتیو. نشریه پژوهش های سلولی مولکولی (زیست شناسی ایران). ۲۶ (۳): ۲۶۲-۲۵۱.

چاوشی، م.، نجفی،ف.، سلیمی،ا. و انگجی، ع. ۱۳۹۸. اثر نیتریک اکساید بر کاهش تنش اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی در گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). نشریه پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران). ۳۲ (۳): ۶۸۶-۶۹۷.

حسن‌پور لسکو کلایه،ک.، احمدی،ج.، دانشیان، ج. و حاتمی، ص. ۱۳۹۴. بررسی تغییرات میزان کلروفیل، پروتئین و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در گندم دوروم تحت تنش خشکی. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. ۷(۱۵): ۸۷-۸۶.

کرم‌پور، م. ۱۳۹۶. بررسی اثر افشانه برگی غلظت‌های مختلف عصاره پسماند زیتون بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ارقام حمر، فیروزان و هویزه گیاه برنج. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده علوم پایه.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.5.0]

غفاری زاده، ا. ۱۳۹۴. تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای *Nizamuddinia zanardinii* بر شاخص های رشد، بیوشیمیایی و فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه گندم رقم چمران ۲. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز. دانشکده علوم پایه.

منتظری‌نژاد، س.، سلوکی ،م. و فاخری، ب. ۱۳۹۲. فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (Cm APX) و میزان بیان ژن کد کننده آن تحت تنش شوری در توده های خربزه (*Cucumis melo* L.) بومی سیستان. نشریه مهندسی ژنتیک و ایمنی زیستی. ۲ (۲): ۱۵۴-۱۴۵.

نادری زرنقی، ر. و ولیزاده، م. ۱۳۹۳. بررسی فعالیت آنزیم های گلوتاتیون ردوکتاز و آسکوربات پراکسیداز در ژنوتیپ های گندم تحت تنش خشکی در مرحله گل دهی. نشریه فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۶ (۲۳): ۹۷-۸۵.

نصیری، م.، زارع حقی، د. و نیشابوری، م.۱۳۹۶. تاثیر سطوح خاک‌پوش پومیس و کم‌آبیاری بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد ذرت (*Zea mays* L.). نشریه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۲ (۵۰):۲۳۰-۲۱۷.

نیرومند، ا.، سیدنژاد، س،م.، ابراهیم پور، ف.، گیلانی، ع. و بخشی خانیکی، غ. ۱۳۹۶. مطالعه نقش احتمالی تفاله زیتون به‌عنوان کود الی بر میزان رشد گیاهچه برنج. مجله پژوهش‌های گیاهی (زیست شناسی ایران). ۴ (۳۰): ۹۵۷-۹۴۸.

Aebi, H. 1984. Catalase in vitro. Methods in enzymology.105:121-126.

Alkurdi, M. I. and Supuka, J. 2015. Assessment of Cupressus sempervirens L. hardiness through carbohydrates and pigments content in the leaves. Acta Scientiarum Polonorum.14(2): 3-16.

Boroujerdnia, M., Bihamta, M., AlamiSaid, k. and Abdossi, V. 2016. Effect of drought tension on proline content, soluble carbohydrates, electrolytes leakage and relative water content of bean (*Phaseolus vulgaris L.*). Crop Physiology Journal. 8 (29): 23-41.

Caverzan, A., Passaia, G., Rosa, S., Ribeiro, C., Lazzarotto, F.and Margis-Pinheiro, M. 2012. Plant responses to stresses: role of ascorbate peroxidase in the antioxidant protection. Molecular Biology. 35 (4): 1011-1019.

Chalker-Scott, L. 2007. Impact of mulches on landscape plants and the environment—AReview Of Environmental Horticulture. 25 (4): 239-249.

Chamheidar, H. and Farhoudi, R. 2018. Investigation the effect of salinity tension on photosynthesis and antioxidant enzymes activity of canola cultivars in vegetative growth stage. Crop Physiology Journal. 10 (39): 23-39.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.5.0]

Chen, G.-N. and Asada, K. 1989. Ascorbate peroxidase in tea leaves: occurrence of two isozymes and the differences in their enzymatic and molecular properties. Plant and Cell Physiology. 30(7): 987-998.

Conceicao, S. S., d Oliveira Neto, C. F., Marques, E. C., Barbosa, A. V. C., Galvao, J. R., d. Oliveira, T. B., Okumura, R. S., Martins, J. T. d. S., Costa, T. C., Gomes-Filho, E. J. A. O. A. and Science, S. 2019. Silicon modulates the activity of antioxidant enzymes and nitrogen compounds in sunflower plants under salt stress. Archives Of Agronomy and Soil Science. 65 (9): 1237-1247.

Davey, M.W., Stals, E., Panis, B., Keulemans, J. and Swennen, R.L. 2005. High-throughput determination of malondialdehyde in plant tissues. Analytical Biochemistry. 347 (2): 201-207.

Dubois, M., Gilles, A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry. 28(3): 350-356.

Ghimire, S., Scheenstra, E. and Miles, C.A. 2020. Soil-biodegradable mulches for growth, yield, and quality of sweet corn in a Mediterranean-type climate. Horticulture Science. 55(3): 317–325.

Gholamhoseini, M., Dolatabadian, A. and Habibzadeh, F. 2019. Ridge-Furrow Planting System and Wheat Straw Mulching Effects on Dryland Sunflower Yield, Soil Temperature, and Moisture. Agronomy Journal. 111(6): 3383-3392.

Gunes, A., Pilbeam, D.J., Inal, A. and Coban, S. 2008. Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: Growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. Science and Plant Analysis. 39 (13-14): 1885-1903.

Hassanpour, A., Zahedi, M., Khoshgoftarmanesh, A.H. 2014. Effects of companion crops (bean, soybean and mungbean) on uptake of cadmium from soil by corn and sunflower as the main crops. Journal of Water and Soil Science. 18(68): 227-242.

Hoyle, M. C. 1972. Indoleacetic acid oxidase: a dual catalytic enzyme. Plant Phisiology. 50(1): 15-18.

Kumar, T., Asadul Haque, M., Saiful Islam, M., Fazlul Hoque, M. and Jodder, R. 2018. Effect of polythene mulch on growth and yield of Sunflower (*Helianthus annuus*). Archives of Crop Science.2(1): 38-46.

Laxa, M., Liebthal, M., Telman, W., Chibani, K. and Dietz, K.J. 2019. The role of the plant antioxidant system in drought tolerance.Antioxidants. 8(4): 94.

Li, R., Li, Q. and Pan, L. 2020. Review of organic mulching effects on soil and water loss. Archives of Agronomy and Soil Science. 1-16.

Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Method Enzymology. 148: 350-382.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.5.0]

Lowry, O. H., Rosebroiugh, N. J., Farr, A. L. and Randall, R. J. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. Journal of Biological Chemistry. 193: 265-275.

Mahdinia Afra, J., Niknezhad, Y., Fallah, H. and Barari Tari, D. 2020. Effect of different sources of organic and chemical fertilizers on some of physiological parameters of different rice (*Oryza sativa L.*) cultivars in drought tension conditions. Crop physiology Journal. 12(45): 25-44.

Meena, R.S., Kumar, S., Datta, R., Lal, R., Vijayakumar, V., Brtnicky, M., Sharma, M.P., Yadav, G.S., Jhariya, M.K., Jangir, C.K., Pathan, S.I., Dokulilova, T., Pecina, V. and Marfo, T.D. 2020. Impact of agrochemicals on soil microbiota and management: A review. Land. 9 (2): 34.

Naderi Zarnaghi, R. and Valizadeh, M. 2014. Investigation the activity of Glutathione Reductase and Ascorbate Peroxidase enzymes in wheat genotypes under drought tension in flowering stage. Crop Physiology Journal. 6(23): 85-97.

Plesnicar, M., Sakac, Z., Pankovic, D. and Cupina, T. 1995. Responses of photosynthesis and carbohydrate accumulation in sunflower leaves to short-term water stress. Helia. 18 (22): 25-36.

Poolman, P., Blount, P., Folgering J. H. A., Frieen R. H. E., Moe, P. C. and Heide, T. 2002. How do membrane proteins sense water stress. Molecular Microbiology. 44(4): 889-902.

Rahimizadeh, M., Habibi, D., Madani, H., Mohammad, G.N., Mehraban, A. and Sabet, A.M. 2007. The Effectof Micronutrients on Antioxidant Enzyms Metabolism in Sunflower (*Helianthus annuus L.*) Under Drought Stress. Helia. 30(47): 167-174.

Razavizadeh R., Kazemzadeh, M. and Enteshari, S. 2013. The effect of paclobutrazol on some physiological indices of rapeseed *(Brassica napus L.*) seedlings in salinity stress conditions. Crop Physiology Journal. 5(19): 35-48.

Romero-Romero, T., Anaya, A.L. and Cruz-Ortega, R. 2002. Screening for effects of phytochemical variability on cytoplasmic protein synthesis pattern of crop plants. Journal of Chemical Ecology. 28 (3): 617-629.

Schneiter, A.A. and Miller. J.F. 1981. Description of sunflower growth stages 1.Crop Science. 21 (6): 901-903.

Shao, Z., Wang, X., Gao, Q., Zhang, H., Yu, H., Wang, Y., Zhang, J., Nasar, J. and Gao, Y. 2020. Root Contact between Maize and Alfalfa Facilitates Nitrogen Transfer and Uptake Using Techniques of Foliar 15N-Labeling.Agronomy. 10 (3): 1-18.

Sharma, R. and Bhardwaj, S. 2017. Effect of mulching on soil and water conservation-A review. Agricultural Reviews. 38 (4): 311-315.

Sher, A., Suleman, M., Qayyum, A., Sattar, A., Wasaya, A., Ijaz, M. and Nawaz, A. 2018. Ridge sowing of sunflower (*Helianthus annuus L.*) in a minimum till system improves the

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.5.0]

productivity, oil quality, and profitability on a sandy loam soil under an arid climate. Environmental Science and Pollution Research. 25 (12): 11905-11912.

Taher, M., Beyaz, R., Javani, M., Gursoy, M. and Yildiz, M. 2018. Morphological and biochemical changes in response to salinity in sunflower (*Helianthus annus L.*) cultivars. Italian Journal of Agronomy. 13 (2): 141-147.

Taheri, S., Gholami, A., Abasdokht, H. and Makaria, H. 2018. Response of yield, yield components and seed quality of safflower cultivars to water deficit tension and seed priming. Crop Physiology Journal. 10 (38): 39-58.

Teimouri, N., Saeidi, M., Ghobadi, M. E. and Sasani, S. 2020. The effect of cut of irrigation at the end of the growing season on grain yield and some physiological characteristics of bread wheat cultivars. Crop Physiology Journal. 12 (46): 111-129.

Zargari, F., Pourakbar, L., Salehi-Lisar, S.Y., Razeghi, J. and Motafakker Azad, R. 2020. Effect of arsenate different levels on germination, growth and some physiological parameters of Alfalfa (Medicago sativa L.). Crop Physiology Journal. 12 (45): 5-23.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.5.0]