فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۳، شماره ۵۹، فروردین و اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۳ صفحه: ۱۶۱-۱۷۷
https://doi.org/10.22034/13.59.161

مقاله پژوهشی

اثر خاک‌ورزی و سالیسیلیک اسید بر برخی از خصوصیات بیوشیمیایی دو رقم ماشک علوفه‌ای در شرایط دیم

اردشیر پاپایی[۱]، مسعود رفیعی*[۲]، علی خورگامی[۱] و کاظم طالشی[۱]

[۱] گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران

[۲] بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۱/۲۲)

چکیده

به‌منظور بررسی واکنش بیوشیمیایی و عملکرد ارقام ماشک در شرایط دیم به خاکورزی و سالیسیلیک اسید، دو رقم ماشک مراغه و گچساران در چهار سطح محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با چهار تکرار در سه محیط شامل خاکورزی مرسوم (شخم با گاوآهن برگردان‌دار و دیسک)، کم خاکورزی (شخم حفاظتی با چیزل‌پکر) و بدون خاکورزی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد بیشترین میزان پرولین اندام هوایی بدون تفاوت معنی‌دار از روش کم خاک‌ورزی در رقم مراغه با کاربرد صفر، ۰/۵ و ۱/۰ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۵/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) و کمترین آن از روش خاک‌ورزی مرسوم در رقم گچساران با کاربرد ۰/۵ و ۱/۰ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۳/۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) حاصل شد. بیشترین میزان پراکسیداز اندام هوایی از روش کم خاک‌ورزی در ارقام مراغه و گچساران (بدون تفاوت معنی‌دار به‌ترتیب ۱۵۲ و ۱۵۱ میکروگرم پروتئین بر دقیقه) و کمترین آن از روش خاک‌ورزی مرسوم در رقم مراغه بدون کاربرد سالیسیلیک اسید (۱۳۳ میکروگرم پروتئین بر دقیقه) به‌دست آمد. بیشترین میزان پروتئین خام دانه از روش خاک‌ورزی مرسوم در رقم مراغه با کاربرد صفر و ۱/۰ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۲۹/۲ درصد) و کمترین آن از روش کم خاک‌ورزی در رقم گچساران بدون کاربرد سالیسیلیک اسید (۲۵/۷ درصد) حاصل شد. روند تغییرات عملکرد دانه و پرولین اندام هوایی تحت تأثیر سالیسیلیک اسید نشان داد با افزایش محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید تا ۱/۵ میلی‌مولار، این دو صفت به‌ترتیب ۱۰/۵ افزایش و ۱۲/۳ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد داشتند. در مجموع نتایج نشان داد واکنش صفات بیوشیمیایی به خاکورزی، سالیسیلیک اسید و رقم متفاوت بود، اما روش کم خاک‌ورزی در رقم مراغه با محلول‌پاشی ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با ایجاد شرایط مطلوب برای رشد، موجب کاهش محتوی پرولین و افزایش عملکرد دانه شد.

کلمات کلیدی: آنتی‌اکسیدان، پروتئین، تنظیم اسمزی، کربوهیدرات‌ها، کشاورزی حفاظتی

مقدمه

طیف وسیعی از مناطق قابل کشت جهان دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک هستند و با توجه به محدود بودن منابع آبی در این مناطق، لازم است برای تأمین مواد غذایی مورد نیاز از کشاورزی دیم استفاده کنیم. زراعت دیم دارای تفاوت‌هایی با زراعت آبی از نظر نوع رقم و مدیریت‌های زراعی است

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: rafieemasoud@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

(نجف‌زاده و رحمتی، ۱۳۹۳).

سازوکارهای آنزیمی و غیرآنزیمی در برابر تنش اکسیداتیو، یکی از سازوکارهای حفاظتی گیاهان در مقابله با تنش خشکی است (Tian and Li, 2006). تلفیقی از فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند سوپراکسید دیسموتاز، گلوتامین ردوکتاز، کاتالاز و پراکسیداز، نقش مهمی در تحمل به تنش‌های محیطی در گیاهان مختلف است (Jithesh *et al.*, 2006). آنتی‌اکسیدان‌ها به‌طور مؤثری از آسیب‌های حاصل از اکسیداسیون ایجاد شده توسط رادیکال‌های آزاد می‌کاهند و یا متوقف می‌کنند و از این طریق به سلامت سلول‌ها کمک می‌کنند (بیات و سپهری، ۱۳۹۳). بین ژنوتیپ‌های لوبیا، سطوح تنش و اثرات متقابل آنها از لحاظ میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز تفاوت مشاهده شد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۷). میزان کلروفیل در گیاهان یکی از فاکتورهای مهم در حفظ ظرفیت فتوسنتزی است. تحت تنش خشکی مقدار کلروفیل در اثر عوامل مختلفی همچون کاهش اسیمیلاسیون کربن و افزایش گونه‌های فعال اکسیژن دچار تخریب شده و کاهش می‌یابد (Lawlor and Cornic, 2002).

سالیسیلیک اسید به‌عنوان یک سیگنال مولکولی مهم در پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی شناخته شده و در تنش‌های غیرزیستی به‌ویژه تنش خشکی افزایش می‌یابد. در آزمایشی افزایش سالیسیلیک اسید در گیاه ذرت باعث افزایش معنی‌دار سطح برگ و وزن خشک اندام‌های هوایی و مقدار کلروفیل کل در مقایسه با عدم مصرف سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی گردید (مهرابیان مقدم و همکاران، ۱۳۹۰). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که استفاده از سالیسیلیک اسید منجر به افزیش تثبیت دی‌اکسید کربن می‌شود که احتمالاً به علت تأثیر سالیسیلیک اسید در فرایندهای مختلف فتوسنتز شامل افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی و کاروتنوئیدها، افزایش کارایی فتوروش II، غلظت و فعالیت بیشتر آنزیم روبیسکو و در نهایت تأمین بیشتر ATP و NADPH برای تثبیت کربن و تولید بیشتر آسیمیلات باشد (Khan *et al.*, 2003). سالیسیلیک اسید به‌عنوان یکی از تنظیم‌کننده‌های رشدی محسوب می‌شود که بسته به غلظت، نوع گونه گیاهی، مرحله رشدی و شرایط محیطی، نقش مهمی در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیک گیاهان مثل رشد، جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی ایفا می‌کند (فرجی مهمانی و همکاران، ۱۳۹۵). از سوی دیگر سالیسیلیک اسید بازدارنده فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز از طریق افزایش آب اکسیژنه می‌شود (Dat *et al.*, 1998). سالیسیلیک اسید به‌عنوان یک ماده تنظیم‌کننده برخی فرایندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی با اثر بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و همچنین تنظیم‌کننده اسمزی مانند پرولین، خسارات ناشی از تنش خشکی را کاهش می‌دهد (Senaratna *et al.*, 2000). Hayat و همکاران (۲۰۰۷) با اعمال سالیسیلیک اسید به‌صورت اسپری روی گندم نشان دادند که در شرایط تنش خشکی، سالیسیلیک اسید با افزایش میزان کلروفیل برگ‌ها می‌تواند سبب افزایش فتوسنتز و بهبود جذب عناصر غذایی و افزایش رشد شود. تأثیر مثبت سالیسیلک اسید بر جذب عناصر غذایی در پنبه در شرایط تنش مشاهده شده است (Stevens *et al.*, 2006; Popova *et al.*, 2009).

میزان پرولین لوبیا در تیمار تنش خشکی و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در مقایسه با عدم محلول‌پاشی افزایش یافت (شوقیان و روزبهانی، ۱۳۹۶). Shakirova و همکاران (۲۰۰۳) گزارش نمودند سالیسیلیک اسید بر فتوسنتز و رشد گیاه تحت شرایط تنش، اثر مثبت دارد و در واقع سالیسیلیک اسید از طریق توسعه واکنش‌های دفاعی در مقابل تنش، نظیر افزایش تجمع پرولین، باعث تسریع در بهبود رشد پس از رفع تنش می‌شود. نتایج تحقیقات رمرودی و خمر (۱۳۹۲) بر گیاه ریحان نشان داد که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید سبب افزایش معنی‌دار تعداد برگ در بوته، پرولین، درصد و عملکرد اسانس در گیاه ریحان گردید.

میزان رشد ریشه گیاهان زراعی با درجه تراکم خاک ارتباط معکوسی دارد، این ارتباط ممکن است تحت تأثیر روش‌های خاکورزی قرار گیرد. تراکم خاک موجب فعالیت کمتر ریشه و کاهش جذب عناصر می‌شود که نتیجه آن تولید روش ریشه‌ای عمدتاً سطحی‌تر در روش کم‌خاکورزی در مقایسه با خاکورزی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

مرسوم است (Rao and Dao, 1996). افزایش میزان پروتئین دانه گندم بهاره تحت تأثیر روش‌های خاک‌ورزی متداول گزارش شده است. کاهش قابلیت تحرک نیتروژن در روش بدون خاک‌ورزی نسبت به روش کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم نیز ممکن است دلیلی بر کاهش درصد پروتئین دانه در روش بدون خاک‌ورزی باشد (سپیده‌دم و رمرودی، ۱۳۹۴؛ Wozniak *et al.*, 2015).

زراعت دیم گیاهان از جمله ماشک تحت تأثیر خشک‌سالی است که یکی از بحران‌های کشور طی سال‌های اخیر به‌شمار می‌رود. در استان لرستان همانند بسیاری از مناطق کشور، علاوه بر کاهش میزان بارندگی، توزیع و شدت نامناسب آن نیز بر تولید گیاهان زراعی و علوفه‌ای از جمله ماشک در شرایط دیم تأثیر منفی می‌گذارد. از طرفی، خاک‌ورزی حفاظتی در زراعت در راستای کشاورزی پایدار از اهداف سازمان ملل جهت بهبود خاک سلامت جامعه وحفظ محیط زیست است. خاک‌ورزی حفاظتی به‌منظور جایگزینی بخش یا کل خاک‌ورزی مرسوم قابل توصیه است و سازگارتر با محیط زیست و کم هزینه‌تر است (سرافراز، ۱۳۹۸).

این پژوهش با هدف بررسی کاربرد همزمان خاکورزی و سالیسیلیک اسید بر خصوصیات بیوشیمیایی و کیفی و عملکرد دو رقم ماشک تحت شرایط دیم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در منطقه کمالوند خرّم‌آباد انجام گرفت. منطقه دارای متوسط بارندگی سالانه ۴۸۲ میلی‌متر با اقلیم معتدل سرد، دمای متوسط سالانه ۱۷ درجه سانتی‌گراد و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۵۰ متر است. میزان بارندگی در سال اجرای آزمایش ۴۵۶ میلی‌متر بود (جدول ۱).

خاک زراعی مزرعه که از عمق کافی برخوردار بود در سال قبل از آزمایش زیرکشت گندم قرار داشت. نتایج مربوط به برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش از سطح خاک تا عمق ۳۰ سانتی متر در جدول ۲ نشان داده شده است.

آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با چهار تکرار در سه روش خاکورزی که محیط در نظر گرفته شدند، اجرا شد. محیط‌های خاکورزی شامل مرسوم (CT)، کم خاکورزی (MT) و بدون خاکورزی (NT) بود. در هر محیط، دو رقم ماشک مراغه و گچساران در کرت‌های اصلی و چهار سطح محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید صفر (شاهد با محلول‌پاشی آب)، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار در کرت‌های فرعی قرار گرفت. میزان بذر مصرفی دو رقم ماشک مراغه و گچساران (ارسالی از مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور) براساس تراکم ۶۷ بوته در متر مربع با توجه به وزن هزار دانه به‌ترتیب ۳۶ و ۶۸ گرم محاسبه شد.

هر روش خاکورزی (محیط) دارای عرض چهار و چهار دهم متر (رفت و برگشت تراکتور) و طول ۵۰ متر با فاصله بین روش‌های خاکورزی سه متر بود. در هر روش خاکورزی (محیط)، هر کرت فرعی (محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید) دارای طول ۴/۳۰ متر و عرض دو و نیم متر، فاصله بین کرت‌های اصلی یک متر، طول هر تکرار ۱۱/۵ متر، و فاصله بین تکرارها یک متر بود.

خاکورزی مرسوم شامل شخم با گاوآهن برگردان‌دار و دیسک، کم خاکورزی شامل شخم حفاظتی با چیزل‌پکر بود که پس از اولین بارندگی مؤثر و در خاک گاورو صورت گرفت. کاشت بذر در ۱۷ آبان‌ماه با دستگاه کاشت مستقیم ۱۱ ردیفه Aske-2000 ساخت شرکت سازه کشت بوکان صورت گرفت. براساس آزمون خاک، نیمی از کود نیتروژن و تمام کودهای فسفره و پتاسه به‌میزان ۲۰،۵۰، ۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب از منابع اوره، فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم همزمان با کاشت و نیم دیگر کود اوره در مرحله رشد سریع (۹۲ روز پس از اولین بارندگی مؤثر در مرحله سه برگ حقیقی) به صورت محلول‌پاشی مصرف شد. هیچ‌گونه آفت و بیماری در طول فصل رشد مشاهده نشد. وجین علف‌های هرز دو مرتبه به‌صورت دستی انجام شد.

برای تهیه غلظت‌های مورد نظر سالیسیلیک اسید ابتدا وزن مولکولی سالیسیلیک اسید خالص را غلظت‌های مورد نظر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

جدول ۱- آمار هواشناسی در طی دوره رشد گیاه در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ (ایستگاه هواشناسی ایمان‌آباد خرم‌آباد)

ماه	درجه حرارت (سانتی‌گراد)				بارندگی
	کمینه	بیشینه	میانگین	کمینه مطلق	بیشینه مطلق	(میلی‌متر)
آبان	۸/۴	۲۱/۹	۱۵/۱۵	۳/۵	۲۶/۴	۱/۱
آذر	۱/۳	۱۱/۸	۶/۵۵	-۶/۷	۱۷/۹	۷۶
دی	۱/۵	۱۱/۹	۶/۷	-۴/۷	۱۶/۴	۸۴/۵
بهمن	-۱/۹	۷/۸	۲/۹۵	-۱۶/۲	۱۳/۱	۸۶/۶
اسفند	۲/۱	۱۴/۳	۸/۲	-۹/۳	۲۱/۹	۶۷/۲
فروردین	۶/۸	۱۷/۷	۱۲/۲۵	۰/۶	۲۶/۷	۷۵/۶
اردیبهشت	۱۱/۹	۲۶	۱۸/۹۵	۳/۴	۳۰	۶۵/۹
خرداد	۱۲/۵	۳۱/۵	۲۲	۵/۲	۳۴/۸	۰

جدول ۲- نتایج تجزیه خاک مزرعه آزمایش

بافت خاک	شوری	اسیدیته	کربن آلی	آهک	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس
	(دسی‌زیمنس بر متر)		(درصد)		(میلی‌گرم بر کیلوگرم)					
رسی سیلتی	۰/۵۵	۷/۹	۰/۹۸	۱۵/۹	۶/۹	۳۵۵	۴/۲۴	۷/۶۸	۱/۴۶	۱/۳۶

ضرب شد و در یک لیتر آب‌مقطر در دمای بالا حل و با توجه به اینکه جرم مولکولی سالیسیلیک اسید ۱۳۸/۱۲ گرم بر مول است، برای تهیه محلول با غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، مقادیر ۱/۳۸، ۲/۷۶ و ۳/۱۴ گرم سالیسیلیک اسید خالص به ۱۰ لیتر آب‌مقطر ولرم اضافه شد و برای حل شدن بهتر، کمی اتانول به‌صورت تدریجی به محلول اضافه گردید. محلول‌پاشی در سه مرحله با فاصله ۱۰ روز از مرحله ساقه‌دهی در اواسط فروردین و در هنگام عصر انجام شد. کرت‌های شاهد به‌منظور یکنواختی با دیگر کرت‌های آزمایشی با آب‌مقطر محلول‌پاشی شد.

شروع گلدهی در رقم مراغه ۶ اردیبهشت و در رقم گچساران ۱۲ اردیبهشت سال ۱۳۹۶ بود و هر رقم پس از یک هفته به مرحله گلدهی کامل رسیدند. در زمان گلدهی، نمونه‌ای از برگ‌های بالایی پنج بوته از هر کرت جهت آنالیزهای بیوشیمیایی به آزمایشگاه منتقل گردید و میزان کلروفیل (Arnon, 1967)، آنزیم پراکسیداز (Mae-Adam and Nelson, 1992)، آنزیم کاتالاز (Dhindsa *et al.*, 1981)، پرولین (Bates *et al.*, 1973)، کربوهیدرات‌ها (Kochert, 1978) و پروتئین (Kjeldal, 1998) اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت (۱۷ خرداد پس از خشک شدن کامل بوته‌ها)، عملکرد دانه از توزین ۲ مترمربع از هر کرت به‌دست آمد.

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 صورت گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها به‌روش LSD در سطح احتمال پنج درصد با نرم‌افزار MSTATC و رسم نمودارها به وسیله نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

رنگیزه‌های فتوسنتزی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان کلروفیل‌های a و a+b به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و اثرات متقابل دوگانه خاک‌ورزی در رقم و خاک‌ورزی در سالیسیلیک اسید و میزان کلروفیل b تحت تأثیر خاک‌ورزی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و اثر متقابل دوگانه خاک‌ورزی در سالیسیلیک اسید قرار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی اندام هوایی ماشک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a+b	پراکسیداز	کاتالاز	پرولین
خاک‌ورزی	۲	۰/۰۵۱ ns	۰/۰۲۴**	۰/۰۱۲۹ ns	۱۵۶۸**	۲۷۸**	۱۵/۹۴**
تکرار (خاک‌ورزی)	۹	۰/۰۹۸۳	۰/۰۰۴۵۴۸	۰/۱۶۲۴۴	۲۷/۲۸۷	۹/۳۶۳۷	۰/۰۱۳۴۵
رقم	۱	۰/۵۴۵ ns	۰/۰۰۱۵۲ ns	۰/۴۸۸ ns	۳۰۴**	۰/۰۸۵ ns	۴/۸۰۸**
خاک‌ورزی×رقم	۲	۰/۷۹۸*	۰/۰۰۰۰۱۷ns	۰/۸۰۳*	۱۷۲*	۳۱/۸۶۹*	۱/۵۲۴**
خطای الف	۳	۰/۲۱۴	۰/۰۰۰۰۱۲	۰/۲۱۲۰۳	۳۷/۸۵۶	۲/۷۱۷۳۳۷	۰/۰۱۰۳۲۷
سالیسیلیک اسید	۳	۴/۲۰۴**	۰/۰۳۹**	۴/۹۲۲**	۲۸۰**	۱۲/۳۹۵ ns	۱/۳۲**
خاک‌ورزی×سالیسیلیک اسید	۶	۰/۴۸۰*	۰/۰۰۳*	*۰/۴۷۳	۱۴۸**	۲۳/۵۱۳ ns	۰/۴۳۰**
رقم × سالیسیلیک اسید	۳	۰/۲۷۸ ns	۰/۰۰۰۰۰۷ns	۰/۲۷۸۵ ns	۶۰/۴۷۶ ns	۱۶/۳۸۵ ns	۰/۱۱۴۶ ns
خاک‌ورزی×رقم ×سالیسیلیک اسید	۶	۰/۱۹۰۱ ns	۰/۰۰۰۰۲ ns	۰/۱۹۲۳ ns	۶۹/۵۳۱ ns	۱۸/۲۲۲ ns	۰/۸۰۱**
خطای ب	۶۰	۰/۱۸۹۶	۰/۰۰۱۲	۰/۱۹۰۹	۴۱/۳۹	۱۳/۶۴	۰/۰۵۳۲
ضریب تغییرات (٪)		۱۴/۱۴	۶/۷۸	۱۲/۲	۴/۴۵	۹/۳۳	۵/۳۵

*** و **، به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.**

ادامه جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی دانه ماشک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		پروتئین خام دانه	کربوهیدرات محلول دانه	کلسیم دانه	فسفر دانه	خاکستر دانه	عملکرد دانه
خاک‌ورزی	۲	۶/۸۷**	۳۲/۱**	۰/۱۹۰**	۰/۰۱۱۸۴۱ns	۲/۹۶۵**	۷۷۵۶۱**
تکرار (خاک‌ورزی)	۹	۰/۰۴۹۳	۰/۰۲۲۱۶	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۶۴۵	۰/۲۴۶۶	۳۶۰
رقم	۱	۴۲/۹۷**	۰/۱۹۸*	۰/۰۰۰۳۱ ns	۰/۰۲۱*	۱/۳۴۹*	۴۲۹۴۳۸۰**
خاک‌ورزی×رقم	۲	۰/۷۳۸*	۰/۰۱۰۹۶ ns	۰/۰۰۲۸۱ ns	۰/۰۰۱۳۹ ns	۰/۰۰۱۵ ns	۶۱۱۳۲۲**
خطای الف	۳	۰/۰۱۱۶۷	۰/۰۰۰۲۸	۰/۰۰۳۰۱	۰/۰۰۰۸۹۸	۰/۰۰۶۱	۱۹۷
سالیسیلیک اسید	۳	۴/۱۴۳**	۱/۰۲۰**	۰/۰۱۱*	۰/۰۱۳*	۳/۱۰۹**	۳۸۶۴۲**
خاک‌ورزی×سالیسیلیک اسید	۶	۱/۳۶۷**	۰/۲۲۸**	۰/۰۰۹۱۶ ns	۰/۰۰۲۰۵ ns	۰/۱۴۳۱ ns	۳۶۵۷**
رقم × سالیسیلیک اسید	۳	۰/۱۸۰۵ ns	۰/۰۰۲۶۸ ns	۰/۰۰۳۶ ns	۰/۰۰۳۲ ns	۰/۰۱۹۸ ns	۳۶۲۹**
خاک‌ورزی×رقم ×سالیسیلیک اسید	۶	۰/۵۷۸**	۰/۰۱۶۲ ns	۰/۰۱۳**	۰/۰۰۲۴ ns	۰/۰۰۱۷ ns	۵۵۸۸**
خطای ب	۶۰	۰/۱۵۵۳۷	۰/۰۴۲۸۵	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۴۱	۰/۲۳۲۵	۶۷۱
ضریب تغییرات (٪)		۱/۴۶	۱/۱۱	۶/۱۷	۱۵/۶	۱۵/۸۵	۱۶/۲

*** و **، به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.**

گرفت (جدول ۳).

مقایسه میانگین اثر متقابل دو گانه خاک‌ورزی در رقم نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a و a+b از روش کم خاک‌ورزی در رقم گچساران (به‌ترتیب ۳/۴ و ۳/۸۶ میلی‌گرم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

بر گرم وزن تر) و کمترین آنها از روش کم‌خاک‌ورزی در رقم مراغه (به‌ترتیب ۲/۸۷ و ۳/۳۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) حاصل شد (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر متقابل دو گانه خاک‌ورزی در محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a و a+b از روش کم خاک‌ورزی با کاربرد یک و نیم میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (به‌ترتیب ۳/۸۳ و ۴/۳۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و بیشترین میزان کلروفیل b از روش خاک‌ورزی مرسوم با کاربرد یک و نیم میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۰/۶۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بدست آمد. کمترین میزان کلروفیل a و a+b از روش کم خاک‌ورزی و عدم کاربرد سالیسیلیک اسید (به‌ترتیب ۲/۴۰ و ۲/۸۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کمترین میزان کلروفیل b از روش کم خاک‌ورزی با کاربرد نیم میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۰/۴۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) حاصل شد (جدول ۶).

کلروفیل‌های a و b مهمترین رنگیزه فتوسنتزی هستند که در فتوسنتز به‌طور مستقیم نقش دارند. کاهش در میزان کلروفیل برگ سورگوم ناشی از تنش خشکی توسط الفی و عزیزی (۱۳۹۴) گزارش شده است. به‌نظر می‌رسد کاهش میزان کلروفیل به‌دلیل عدم سنتز این ماده و افزایش اتیلن در شرایط تنش باشد (Khan *et al*., 2003). میزان کلروفیل در گیاهان یکی از فاکتورهای مهم در حفظ ظرفیت فتوسنتزی است. تحت تنش خشکی مقدار کلروفیل تحت عوامل مختلفی همچون کاهش اسیمیلاسیون کربن و افزایش گونه‌های فعال اکسیژن دچار تخریب شده و کاهش می‌یابد (Lawlor and Cornic, 2002). با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک در هر دو شرایط تنش و بدون تنش رنگیزه‌های فتوسنتزی یونجه افزایش یافتند، بطوریکه سطح ۳۵ درصد اسید سالیسیلیک بیشترین مقدار کلروفیل a و b و کل را به خود اختصاص داد (دولتمند شهری و حق‌شناس، ۱۳۹۶). El Tayeb (۲۰۰۵) نیز نشان داد که پرایم کردن بذرها با محلول سالیسیلیک اسید محتوای کلروفیل را افزایش می‌دهد. غلظت‌های پایین اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنی‌دار رنگدانه‌های فتوسنتزی در سویا و گندم گردید (Kim *et al*., 2003).

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان اندام هوایی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان پراکسیداز اندام هوایی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر خاک‌ورزی، رقم و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و اثرات متقابل دو گانه خاک‌ورزی در رقم و خاک‌ورزی در سالیسیلیک اسید قرار گرفت، اما تنها اثر خاک‌ورزی بر میزان کاتالاز اندام هوایی معنی‌داری شد (جدول ۳).

در میان سطوح خاک‌ورزی، بیشترین میزان کاتالاز اندام هوایی از روش خاک‌ورزی مرسوم (۴۲/۹ میکروگرم پروتئین بر دقیقه) و کمترین میزان کاتالاز بدون تفاوت معنی‌دار از روش کم و بدون خاک‌ورزی (به‌ترتیب ۳۸/۴ و ۳۷/۳ میکروگرم پروتئین بر دقیقه) بدست آمد (جدول ۴).

مقایسه میانگین اثر متقابل دو گانه خاک‌ورزی در محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید نشان داد که بیشترین میزان پراکسیداز اندام هوایی از روش کم خاک‌ورزی با کاربرد یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۱۵۸ میکروگرم پروتئین بر دقیقه) و کمترین میزان پرولین اندام هوایی از روش خاک‌ورزی مرسوم بدون کاربرد سالیسیلیک اسید (۱۳۴ میکروگرم پروتئین بر دقیقه) حاصل شد (جدول ۶).

مقایسه میانگین اثر متقابل دو گانه خاک‌ورزی در رقم نشان داد که بیشترین میزان پراکسیداز اندام هوایی بدون تفاوت معنی‌دار از روش کم خاک‌ورزی در ارقام مراغه و گچساران (به‌ترتیب ۱۵۲ و ۱۵۱ میکروگرم پروتئین بر دقیقه) و کمترین میزان پراکسیداز اندام هوایی از روش خاک‌ورزی مرسوم در رقم مراغه بدون کاربرد سالیسیلیک اسید (۱۳۳ میکروگرم پروتئین بر دقیقه) حاصل شد (جدول ۶). سازوکارهای آنزیمی و غیرآنزیمی در برابر تنش اکسیداتیو، یکی از سازوکارهای حفاظتی گیاهان در مقابله با تنش خشکی است (Tian and Li, 2006).

بین ژنوتیپ‌های لوبیا، سطوح تنش و اثرات متقابل آنها از لحاظ تغییرپذیری فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز تفاوت مشاهده شد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۷). هنگامی که گیاه در معرض تنش قرار می‌گیرد سالیسیلیک اسید موجب فعال‌سازی مکانیسم دفاع آنتی‌اکسیدانی می‌شود (Borsani *et al*., 2001).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده خاکورزی، رقم و سالیسیلیک اسید بر صفات بیوشیمیایی اندام هوایی ماشک

تیمارها		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a+b	پراکسیداز اندام هوایی	کاتالاز اندام هوایی
		(میلی‌گرم بر گرم وزن تازه)			(OD میکروگرم پروتئین در دقیقه)	
خاک‌ورزی	خاکورزی مرسوم	۳/۰۴۱^{a}	۰/۵۴۷^{a}	۳/۵۹۰	۱۳۷/۵^{c}	۴۲/۹^{a}
	کم خاکورزی	۳/۱۲۱^{a}	۰/۴۹۶^{b}	۳/۶۱۸	۱۵۱/۵^{a}	۳۸/۴^{b}
	بدون خاکورزی	۳/۰۷۳^{a}	۰/۴۹۶^{b}	۳/۵۷۹	۱۴۳/۶^{b}	۳۷/۳^{b}
LSD (%5)			۰/۰۱۸		۳/۲۱۷	۱/۸۴۶
رقم	مراغه	۳/۰۰۳	۰/۵۲۰	۳/۵۲۴	۱۴۲/۴^{b}	۳۹/۵
	گچساران	۳/۱۵۴	۰/۵۱۲	۳/۶۶۷	۱۴۶/۰^{a}	۳۹/۵
محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید	۰/۰	۲/۵۲۰^{c}	۰/۴۸۴^{c}	۳/۰۰۵^{c}	۱۴۸/۰^{a}	۴۰/۳
	۰/۵	۲/۹۹۵^{b}	۰/۴۸۲^{c}	۳/۴۷۷^{b}	۱۴۳/۲^{b}	۳۸/۸
	۱/۰	۳/۳۸۸^{a}	۰/۵۳۲^{b}	۳/۹۲۱^{a}	۱۴۵/۶^{ab}	۳۹/۹
	۱/۵	۳/۴۱۱^{a}	۰/۵۶۶^{a}	۳/۹۷۸^{a}	۱۴۰/۰^{c}	۳۹/۱
LSD (%5)		۰/۲۵۱	۰/۰۲۰	۰/۲۸۲	۳/۷۱۵	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند (LSD %5).

ادامه جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده خاکورزی، رقم و سالیسیلیک اسید بر صفات بیوشیمیایی دانه ماشک

تیمارها		پروتئین خام	کربوهیدرات	کلسیم	فسفر	خاکستر
				(درصد)		
خاک‌ورزی	خاکورزی مرسوم	۲۷/۵^{a}	۱۷/۵۱^{c}	۰/۹۸۴^{a}	۰/۴۲۸	۲/۸۳۱^{b}
	کم خاکورزی	۲۶/۶^{c}	۱۹/۵۱^{a}	۰/۸۳۲^{c}	۰/۳۹۰	۳/۳۹^{a}
	بدون خاکورزی	۲۶/۸^{b}	۱۸/۵۸^{b}	۰/۸۹۱^{b}	۰/۴۰۹	۲/۹۰۱^{b}
LSD (%5)		۰/۱۹۷	۰/۱۰۵	۰/۰۲۷		۰/۲۴۱
رقم	مراغه	۲۷/۶^{a}	۱۸/۸۵^{a}	۰/۹۰۴	۰/۴۲۴^{a}	۲/۹۲^{b}
	گچساران	۲۶/۳^{b}	۱۸/۴۹^{b}	۰/۹۰۱	۰/ ۳۹۴^{b}	۳/۱۵^{a}
محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید	۰/۰	۲۶/۶^{b}	۱۸/۳۲^{b}	۰/۸۷۹^{b}	۰/۳۸۱^{b}	۲/۷۹^{b}
	۰/۵	۲۶/۶^{b}	۱۸/۳۹^{b}	۰/۹۳۱^{a}	۰/۴۰۱^{ab}	۲/۷۹^{b}
	۱/۰	۲۷/۳^{a}	۱۸/۶۶^{a}	۰/ ۹۰۸^{ab}	۰/۴۱۶^{ab}	۳/۰۰^{b}
	۱/۵	۲۷/۳^{a}	۱۸/۷۵^{a}	۰/ ۸۹۲^{b}	۰/۴۳۷^{a}	۳/۵۵^{a}
LSD (%5)		۰/۲۲۸	۰/۱۲۰	۰/۰۳۲	۰/۰۳۷	۰/۲۷۸

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند (LSD %5).

آنتی‌اکسیدان‌ها به‌طور مؤثری آسیب‌های حاصل از اکسیداسیون ایجادشده توسط رادیکال‌های آزاد را کاهش و یا متوقف می‌کنند و از این طریق به سلامت سلول‌ها کمک می‌کنند (بیات و سپهری، ۱۳۹۳). تلفیقی از فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان هم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه خاک‌ورزی در رقم بر برخی صفات بیوشیمیایی اندام هوایی ماشک

تیمارها		کلروفیل a	کلروفیل a+b	پراکسیداز
خاک‌ورزی	رقم	(میلی گرم بر گرم وزن تازه)		
خاک‌ورزی مرسوم	مراغه	۳/۱۰۱^{b}	۳/۶۵۴^{ab}	۱۳۳/۲^{c}
	گچساران	۲/۹۸۲^{bc}	۳/۵۲۵^{bc}	۱۴۱/۹^{b}
کم خاک‌ورزی	مراغه	۲/۸۷۲^{c}	۳/۳۷۲^{c}	۱۵۱/۶^{a}
	گچساران	۳/۳۷۰^{a}	۳/۸۶۳^{a}	۱۵۱/۴^{a}
بدون خاک‌ورزی	مراغه	۳/۰۳۷^{bc}	۳/۵۴۶^{bc}	۱۴۲/۵^{b}
	گچساران	۳/۱۱۰^{b}	۳/۶۱۲^{b}	۱۴۴/۷^{b}
LSD (%5)		۰/۲۱۹۹	۰/۲۱۰۶	۵/۰۰۱۸

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند (LSD %5).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه خاک‌ورزی در سالیسیلیک اسید بر برخی صفات بیوشیمیایی اندام هوایی و دانه ماشک

تیمارها		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a+b	پراکسیداز اندام هوایی	کربوهیدرات دانه
خاک‌ورزی	سالیسیلیک اسید (میلی‌مولار)		(میلی‌گرم بر گرم وزن تازه)			(درصد)
خاک‌ورزی مرسوم	۰/۰	۲/ ۶۵۲^{efg}	۰/۴۹۷$^{c-f}$	۳/۱۴۹^{efg}	۱۴۲/۸^{c}	۱۷/۲^{h}
	۰/۵	۲/۸۴۱^{def}	۰/۴۹۹$^{c-f}$	۳/۳۴۱^{def}	۱۳۴/۰^{f}	۱۷/۵^{g}
	۱/۰	۳/۴۴۱^{b}	۰/۵۷۷^{ab}	۴/۰۱۹^{ab}	۱۳۵^{ef}	۱۷/۷^{g}
	۱/۵	۳/۲۳۱^{bc}	۰/۶۱۷^{a}	۳/۸۴۸^{b}	۱۳۷/۶^{def}	۱۷/۶^{g}
کم خاک‌ورزی	۰/۰	۲/۳۹۵^{g}	۰/۴۸۹^{def}	۲/۸۸۵^{g}	۱۵۵/۳^{ab}	۱۹/۳^{bc}
	۰/۵	۲/۹۵۹^{cde}	۰/۴۵۲^{f}	۳/۴۱۱^{cde}	۱۵۲/۲^{b}	۱۹/۱^{c}
	۱/۰	۳/۲۹۹^{bc}	۰/۵۰۸^{cde}	۳/۸۰۷^{b}	۱۵۷/۶^{a}	۱۹/۵^{b}
	۱/۵	۳/۸۳۲^{a}	۰/۵۳۵^{bcd}	۴/۳۶۷^{a}	۱۴۰/۹^{cde}	۱۹/۹^{a}
بدون خاک‌ورزی	۰/۰	۲/۵۱۳^{fg}	۰/۴۶۷^{ef}	۲/۹۸۰^{fg}	۱۴۶/۰^{c}	۱۸/۴^{f}
	۰/۵	۳/۱۸۴^{bcd}	۰/۴۹۴$^{c-f}$	۳/۶۷۹^{bcd}	۱۴۳/۴^{c}	۱۸/۴^{ef}
	۱/۰	۳/۴۲۵^{b}	۰/۵۱۱^{cde}	۳/۹۳۷^{b}	۱۴۳/۵^{c}	۱۸/۷^{d}
	۱/۵	۳/۱۷۱^{bcd}	۰/۵۴۷^{bcd}	۳/۷۱۹^{bc}	۱۴۱/۵^{cd}	۱۸/۶^{de}
LSD (%5)		۰/۳۷۷۲	۰/۰۵۶	۰/۳۷۷	۰/۲۸۳۹	۰/۱۷۰۲

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند (LSD %5).

چون سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، گلوتامین ردوکتاز، کاتالاز، پراکسیداز فاکتور مهمی در تحمل به تنش‌های محیطی در گیاهان مختلف است (Jithesh *et al.*, 2006). از سوی دیگر سالیسیلیک اسید بازدارنده فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز است، زیرا سبب افزایش آب اکسیژنه می‌شود و افزایش آن اثر بازدارنده بر فعالیت کاتالاز دارد (Dat

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

et al., 1998).

پروتئین خام و کلسیم دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان پروتئین خام دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر خاک‌ورزی، رقم و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و اثرات متقابل دو گانه خاک‌ورزی در رقم و خاک‌ورزی در سالیسیلیک اسید و اثر متقابل سه گانه خاک‌ورزی در رقم در سالیسیلیک اسید قرار گرفت (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان کلسیم دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر خاک‌ورزی و سالیسیلیک اسید و اثر متقابل سه گانه خاک‌ورزی در رقم در سالیسیلیک اسید قرار گرفت (جدول ۳).

مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه خاک‌ورزی در رقم در سالیسیلیک اسید نشان داد که بیشترین میزان پروتئین خام دانه از روش خاک‌ورزی مرسوم در رقم مراغه و بدون و با کاربرد یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۲۹/۲ درصد) و کمترین میزان پروتئین خام دانه از روش کم خاک‌ورزی در رقم گچساران با بدون کاربرد سالیسیلیک اسید (۲۵/۷ درصد) حاصل شد (شکل ۱)، اما بیشترین میزان کلسیم دانه از روش خاک‌ورزی مرسوم در رقم گچساران با کاربرد یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۱/۰۵ درصد) و کمترین میزان کلسیم دانه از روش کم خاک‌ورزی در رقم مراغه بدون کاربرد سالیسیلیک اسید (۰/۷۴ درصد) حاصل شد (شکل ۱).

پسابیدگی سبب تجزیه پروتئین‌ها و تخریب کمپلکس ماکرومولکول‌ها و توقف ساخت معمولی مجموعه پروتئین‌ها در مرحله ترجمه می‌گردد (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). اثر تنش خشکی بر پروتئین برگ نشان داد که میزان پروتئین برگ در شرایط تنش نسبت به شرایط نرمال حدود ۱۲ درصد افزایش نشان داد (رضایی و یوسفی‌راد، ۱۳۹۴).

افزایش میزان پروتئین دانه گندم بهاره تحت تأثیر روش‌های خاکورزی متداول گزارش شده است (سپیه‌دم و رمرودی، ۱۳۹۴؛ Wozniak *et al.*, 2015). کاهش قابلیت تحرک نیتروژن در روش بدون خاکورزی نسبت به روش کم‌خاکورزی و خاکورزی مرسوم نیز ممکن است، عامل کاهش درصد پروتئین دانه در روش بدون خاکورزی باشد. میزان پروتئین دانه کلزا در شرایط تنش خشکی و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در مقایسه با عدم محلول‌پاشی افزایش نشان داد (عزتی و همکاران، ۱۳۹۸).

تأثیر سالیسیلیک اسید بر افزایش مقدار نیترات و افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردکتاز و محافظت از این آنزیم در برابر غیرفعال‌شدن نیز از دلایل افزایش مقدار پروتئین در گیاهان تیمارشده با سالیسیلیک اسید ذکر شده است (Hayat and Ahmad, 2007; Sharma and Shanker, 2005). Abdel-Wahed (۲۰۰۶) گزارش کرد که اسپری برگی سالیسیلیک اسید سبب افزایش قابل توجهی در قند، پروتئین و روغن در دانه ذرت شد، در حالیکه غلظت‌های بالاتر سالیسیلیک اسید مقادیر این ترکیبات را کاهش داد.

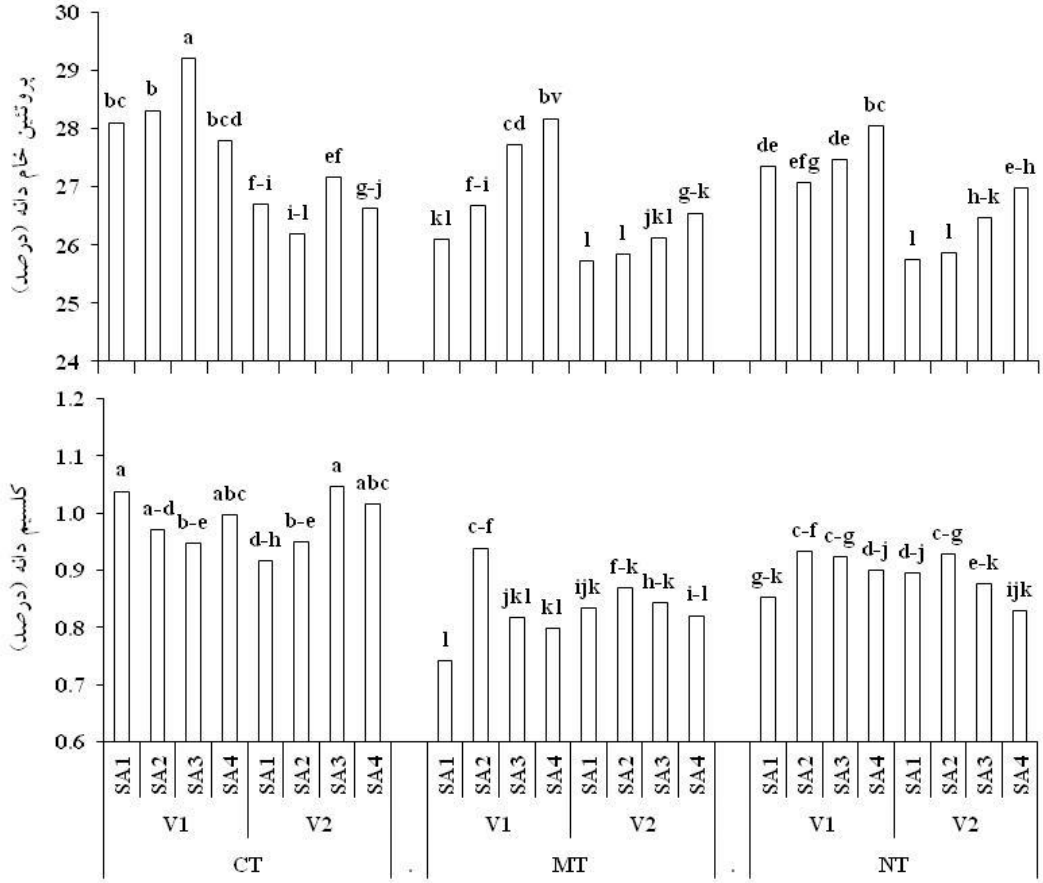
بیشترین میزان پتاسیم کل، آهن، مس، منیزیم و اندام هوایی پسته با محلول‌پاشی شده با اسید سالیسیلک یک میلی‌مولار با دور آبیاری شش روز در میان مشاهده شد (شمشیری و همکاران، ۱۳۹۴). سالیسیلیک اسید با بهبود جذب عناصر غذایی در شرایط تنش خشکی و شوری، افزایش رشد را به‌همراه دارد (Eraslan *et al.*, 2007).

کربوهیدرات محلول و فسفر دانه: میزان کربوهیدرات محلول دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر خاک‌ورزی، رقم و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و اثر متقابل دوگانه خاک‌ورزی در محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید قرار گرفت و میزان فسفر دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید واقع شد (جدول ۳).

در میان ارقام، بیشترین میزان کربوهیدرات محلول و فسفر دانه از رقم مراغه (به‌ترتیب ۱۸/۶ و ۰/۴۲ درصد) و کمترین آن از رقم گچساران (به‌ترتیب ۱۸/۵ و ۰/۳۹ درصد) بدست آمد (جدول ۴). در میان سطوح محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید، بیشترین میزان فسفر دانه از کاربرد یک و نیم میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۰/۴۴ درصد) و کمترین آن از عدم کاربرد سالیسیلیک اسید (۰/۳۸ درصد) بدست آمد (جدول ۴).

مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه خاک‌ورزی در سالیسیلیک اسید نشان داد که بیشترین میزان کربوهیدرات

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه خاک‌ورزی در رقم در سالیسیلیک اسید بر پروتئین خام دانه و کلسیم دانه ماشک. CT، MT و NT، به‌ترتیب خاک‌ورزی مرسوم، کم خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی؛ V1 و V2، به‌ترتیب ارقام مراغه و گچساران؛ SA1 الی SA4، به‌ترتیب محلول‌پاشی صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار میلی‌مولار سالیسیلیک اسید. میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند (LSD %5).

محلول دانه از روش کم خاک‌ورزی با کاربرد یک و نیم میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۱۹/۹ درصد) و کمترین میزان کربوهیدرات محلول دانه از روش خاک‌ورزی مرسوم بدون کاربرد سالیسیلیک اسید (۱۷/۲ درصد) حاصل شد (جدول ۶).

به‌گزارش سپهوند و جعفری (۱۳۹۳) رابطه بین عملکرد علوفه با کربوهیدارت‌های محلول منفی و با درصد فیبر خام مثبت و معنی‌دار و همبستگی بین قابلیت هضم و درصد ADF و بین پروتئین خام با کربوهیدرات‌های محلول منفی و معنی‌دار بود. Abdel-Wahed (۲۰۰۶) گزارش کرد که اسپری برگی سالیسیلیک اسید سبب افزایش قابل توجهی در قند، پروتئین و روغن در دانه ذرت شد، در حالیکه غلظت‌های بالاتر سالیسیلیک اسید مقادیر این ترکیبات را کاهش داد.

رشد و فعالیت ریشه و در نتیجه جذب عناصر می‌تواند در کشت مستقیم به‌دلیل تراکم لایه سطحی خاک محدودتر گردد (Rao and Dao, 1996). بیشترین میزان فسفر اندام هوایی پسته با محلول‌پاشی شده با اسید سالیسیلک یک میلی‌مولار با دور آبیاری شش روز در میان مشاهده شد (شمشیری و همکاران، ۱۳۹۴). در یک آزمایش کاربرد غلظت‌های بالای اسید سالیسیلک در گیاه گندم سبب افزایش جذب فسفر گردید (Sahu *et al.*, 2010).

خاکستر دانه: نتایج تجزیه واریانس ساده نشان داد که میزان خاکستر دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات خاک‌ورزی، رقم و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید قرار گرفت (جدول ۳). در میان سطوح خاک‌ورزی، بیشترین میزان خاکستر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

دانه از روش کم خاک‌ورزی (۳/۳۹ درصد) و کمترین آن بدون تفاوت معنی‌دار از خاک‌ورزی مرسوم و بدون خاک‌ورزی (به‌ترتیب ۲/۸۳ و ۲/۹۰ درصد) بدست آمد (جدول ۴). در میان ارقام، بیشترین میزان خاکستر دانه از رقم گچساران (۳/۱۵ درصد) و کمترین آن از رقم مراغه (۲/۹۲ درصد) بدست آمد (جدول ۴). در میان سطوح محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید، بیشترین میزان خاکستر دانه از کاربرد یک و نیم میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۳/۵۵ درصد) و کمترین آن بدون تفاوت معنی‌دار میان دیگر سطوح از عدم کاربرد سالیسیلیک اسید (۲/۷۹ درصد) بدست آمد (جدول ۴).

در آزمایش دیگر میزان ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، الیاف خام و خاکستر به‌ترتیب، ۹۳/۳۴، ۷۸/۹۹، ۲۲/۹۷، ۹/۵، ۱/۳۴ و ۱۱/۰۱ درصد گزارش شد (طباطبایی، ۱۳۸۱). تفاوت در ترکیبات شیمیایی دانه ناشی از تفاوت در شرایط محیطی، نوع خاک، واریته و عملیات کشاورزی انجام شده می‌باشد (Khanum *et al.*, 2007). تفاوت در ترکیبات شیمیایی دانه ناشی از تفاوت در شرایط محیطی، نوع خاک، واریته و عملیات کشاورزی انجام شده است (Amin *et al.*, 2007).

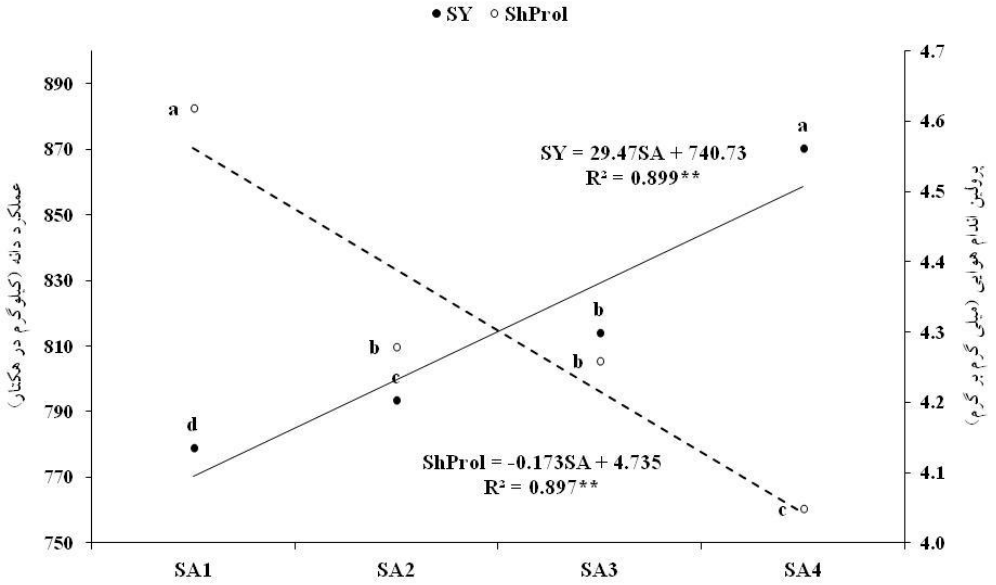
پرولین اندام هوایی و عملکرد دانه و روند تغییرات آنها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان پرولین اندام هوایی به دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات ساده خاک‌ورزی، رقم و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و اثرات متقابل دو گانه خاک‌ورزی در رقم و خاک‌ورزی در سالیسیلیک اسید و اثر متقابل سه گانه خاک‌ورزی در رقم در سالیسیلیک اسید قرار گرفت (جدول ۳). عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات ساده خاک‌ورزی، رقم و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و اثرات متقابل دو گانه خاک‌ورزی در رقم، خاک‌ورزی در سالیسیلیک اسید و رقم در سالیسیلیک اسید و اثر متقابل سه گانه خاک‌ورزی در رقم در سالیسیلیک اسید قرار داشت (جدول ۳).

روند تغییرات عملکرد دانه ماشک تحت تأثیر سالیسیلیک اسید نشان داد که عملکرد دانه با افزایش محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید از یک رابطه خطی معنی‌دار و مثبت (R^2= 0.899**) پیروی نمود و از ۷۷۹ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد به ۸۷۰ کیلوگرم در هکتار در بالاترین سطح کاربرد سالیسیلیک اسید (۱۱/۶ درصد افزایش) رسید (شکل ۲). بر خلاف عملکرد دانه، روند تغییرات پرولین اندام هوایی با افزایش محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید از یک رابطه خطی معنی‌دار و منفی (R^2= 0.897**) پیروی نمود و در بالاترین سطح کاربرد سالیسیلیک اسید، ۱۲/۳ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد (شکل ۲). هر چند برخی محققین نقش مثبت سالیسیلیک اسید در تعدیل تنش خشکی را به افزایش پرولین توسط این شبه هورمون نسبت داده‌اند (رمرودی و خمر، ۱۳۹۲؛ Senaratna *et al.*, 2000)، اما نتایج ما نشان داد که کاربرد سالیسیلیک اسید با ایجاد شرایط مطلوب برای رشد (شوقیان و روزبهانی، ۱۳۹۶؛ Shakirova *et al.*, 2003)، موجب تعدیل تنش در گیاه گردیده و گیاه دیگر ضرورتی در تولید بیشتر پرولین به‌منظور تنظیم اسمزی نداشته است؛ و از طرفی با تأثیر مثبت بر رشد، عملکرد دانه را بهبود بخشیده است.

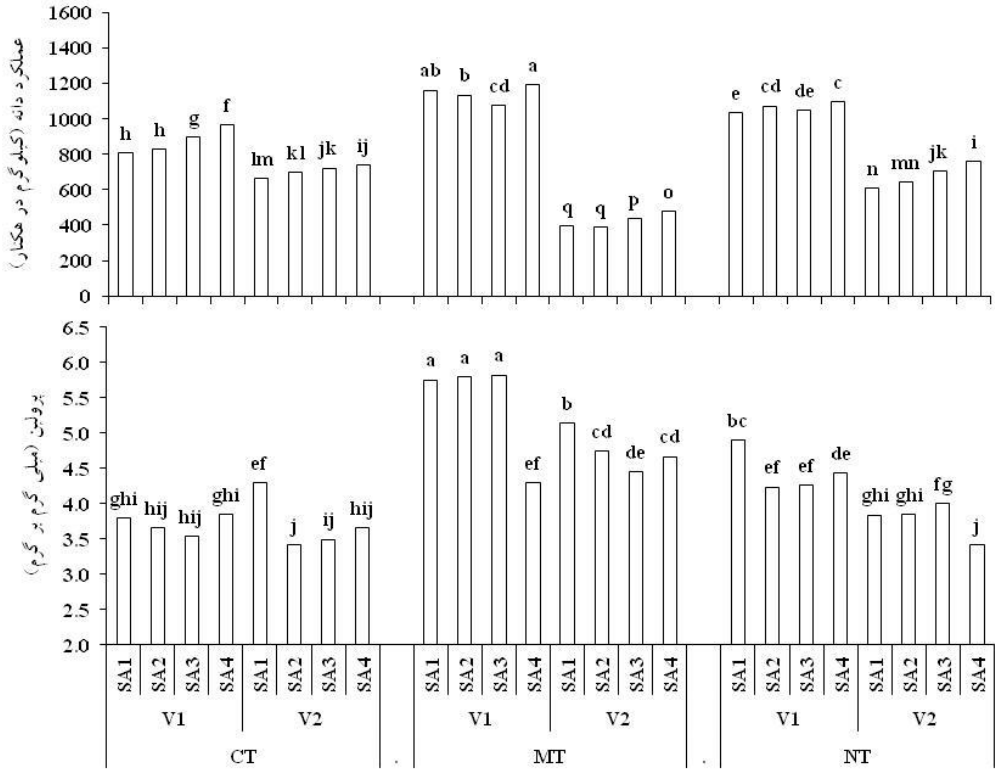
مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه خاک‌ورزی در رقم در سالیسیلیک اسید نشان داد که بیشترین میزان پرولین اندام هوایی بدون تفاوت معنی‌دار از روش کم خاک‌ورزی در رقم مراغه و بدون کاربرد و با کاربرد نیم میلی‌مولار و یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۵/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) و کمترین میزان پرولین اندام هوایی از روش خاک‌ورزی مرسوم در رقم گچساران با کاربرد نیم و یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۳/۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) حاصل شد (شکل ۳)؛ اما بیشترین عملکرد دانه از روش کم خاک‌ورزی در رقم مراغه با محلول‌پاشی یک و نیم میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۱۱۹۱ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد دانه از روش کم خاک‌ورزی در رقم گچساران با نیم میلی‌مولار محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید (۳۸۹ کیلوگرم در هکتار) و یا بدون محلول‌پاشی حاصل شد (شکل ۳).

افزایش عملکرد دانه ذرت (بیات و سپهری، ۱۳۹۳)، عملکرد دانه کلزا (عزتی و همکاران، ۱۳۹۸)، لوبیا (شوقیان و روزبهانی، ۱۳۹۶) ناشی از محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک پیش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]



شکل ۲- روند تغییرات عملکرد دانه (SY) و پرولین اندام هوایی (Prol) ماشک در سطوح مختلف سالیسیلیک اسید. SA1 الی SA4، به ترتیب محلول‌پاشی صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار میلی‌مولار سالیسیلیک اسید. میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند (LSD %5).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه خاک‌ورزی در رقم در سالیسیلیک اسید بر پرولین اندام هوایی و عملکرد دانه ماشک، CT، MT و NT، به‌ترتیب خاک‌ورزی مرسوم، کم خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی؛ V1 و V2، به‌ترتیب ارقام مراغه و گچساران؛ SA1 الی SA4، به ترتیب محلول‌پاشی صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار میلی‌مولار سالیسیلیک اسید. میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند (LSD %5).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

از این گزارش شده است.

برخی آزمایشات، بالاترین عملکرد دانه و روغن بالنگوی شهری (سرافراز، ۱۳۹۸) و بیشترین عملکرد دانه گندم بهاره و پائیزه (سپیه‌دم و رمرودی، ۱۳۹۴؛ Wozniak *et al.*, 2015) را در روش خاکورزی مرسوم نشان داده‌اند. ناکافی بودن ویژگی‌های فیزیکی مؤثر بر انتقال آب در خاک، هوادهی نامناسب برای روش ریشه و افزایش علف‌های هرز می‌تواند از علل کاهش عملکرد دانه در روش‌های خاکورزی حفاظتی عنوان شود (Rao and Dao, 1996). درحالیکه آزمایشات دیگر در گندم (امینی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Lopez–Bellide *et al.*, 2005; Alijani *et al.*, 2015) همانند این آزمایش در ماشک، حاکی از برتری خاکورزی حفاظتی نسبت به مرسوم است. دلیل این تفاوت‌ها، نوع عملیات خاکورزی و نحوه تأثیر شخم بر رشد ریشه، میزان آب در دسترس و اندازه خاک دانه‌های لایه متراکم خاک و مصرف کودهای شیمیایی قطعاً تأثیرگذار است.

نتیجه‌گیری

در مجموع مشخص شد که خاکورزی مرسوم بیشترین مقدار کلروفیل b، کاتالاز اندام هوایی، پروتئین خام دانه، کلسیم دانه و پرولین را نشان داد، اما در کم خاک‌ورزی بیشترین مقدار پراکسیداز اندام هوایی، کربوهیدرات دانه، خاکستر دانه و عملکرد دانه مشاهده شد. کاهش عملکرد دانه در خاک‌ورزی مرسوم نشان‌دهنده تشدید تنش خشکی در شرایط دیم نسبت به خاک‌ورزی حفاظتی (کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی) بود. در کم‌خاک‌ورزی فعالیت آنتی‌اکسیدانی از طریق سرکوب کاتالاز و افزایش پراکسیداز اندام هوایی کارآمد بود و بیشترین خاکستر دانه، کربوهیدرات دانه و عملکرد دانه را به‌همراه داشت. افزایش پروتئین خام دانه در خاک‌ورزی مرسوم و برعکس افزایش کربوهیدرات دانه در کم‌خاک‌ورزی نشانگر همبستگی منفی میان این دو صفت بود. رقم مراغه هر چند مقدار پراکسیداز اندام هوایی کمتری داشت، اما از قدرت تنظیم اسمزی (مقدار پرولین) بالاتری برخوردار بود که منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه آن نسبت به رقم گچساران شد. کاربرد سالیسیلیک اسید با تعدیل تنش موجب افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، پروتئین خام، کربوهیدرات، فسفر و خاکستر دانه و در نهایت عملکرد دانه شد. در مجموع روش کم‌خاک‌ورزی با استفاده از رقم مراغه با محلول‌پاشی ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید جهت زراعت این گیاه علوفه‌ای در شرایط دیم منطقه پیشنهاد می‌شود.

منابع

الفی، شهرام، و عزیزی، فرهاد (۱۳۹۴). بررسی اثر تنش خشکی و استفاده از زئولیت بر برخی صفات کمی و کیفی سه رقم ذرت، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، شهر ری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

امینی، عادل، رجایی، مجید، و فارسی‌نژاد، کریم (۱۳۹۳). تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم. *مجله اکوفیزیولوژی گیاهی*، ۱۶(۳)، ۲۷-۳۸. DOR: 20.1001.1.20085958.1393.6.16.3.8

بیات، سمیه، و سپهری، علی (۱۳۹۳). اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر عملکرد دانه و انتقال مجدد ماده خشک ذرت در شرایط تنش خشکی. *مجله تحقیقات غلات*، ۴، ۱۲۷-۱۳۹. DOR: 20.1001.1.22520163.1393.4.2.4.0

حیدری، مریم، طالعی، علی‌رضا، و عباسی، و علی‌رضا (۱۳۹۷). بررسی تأثیر تنش خشکی بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های پاداکسنده در ژنوتیپ‌های لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.). مجله *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۴۹(۱)، ۲۷-۱۱. https://doi.org/10.22059/IJFCS.2017.209308.654148

دولتمند شهری، نرگس، و حق‌شناس، مسعود (۱۳۹۶). اثر مقادیر مختلف رطوبتی خاک در سطوح مختلف سالیسیلیک اسید بر فعالیت آنزیمی و ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی یونجه. *فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی*، ۳۳، ۹۹-۱۱۹. DOR:

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

20.1001.1.2008403.1396.9.33.7.2

رضایی، علی، و یوسفی‌راد، مجتبی (۱۳۹۴). بررسی عملکرد و اجزای عملکرد، پروتئین و پرولین ذرت علوفه‌ای تحت شرایط تنش خشکی. *سومین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی*، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ۹۷-۹۳. https://www.sid.ir/paper/851141/fa

رمرودی، محمود، و خمر، علی‌رضا (۱۳۹۲). اثرات متقابل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و تیمارهای مختلف آبیاری بر برخی ویژگی‌های کمی، کیفی و تنظیم‌کننده‌های اسمزی ریحان. *نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژیکی گیاهان*، ۱(۱)، ۳۲-۱۹. http://arpe.gonbad.ac.ir/article-1-53-en.html

سرافراز، زینب (۱۳۹۸). بررسی واکنش توده‌های مختلف بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica*) به روش‌های مختلف خاک‌ورزی در شرایط دیم در منطقه خرم‌آباد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته زراعت. دانشگاه شاهد.

سپهوند، علی، و جعفری، علی‌اشرف (۱۳۹۳). بررسی عملکرد، کیفیت علوفه در ۱۴ توده بومی گاودانه (*Vicia ervillia*) در شرایط آبی و دیم خرم‌آباد. *نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی)*، ۱۰۲، ۳۰-۲۰. https://civilica.com/doc/1403537

سپیده‌دم، سهیل، و رمرودی، محمود (۱۳۹۴). تأثیر روش‌های خاک‌ورزی و کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و پروتئین دانه گندم. *نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی*، ۲(۲)، ۴۶-۳۳. http://arpe.gonbad.ac.ir/article-1-162-en.html

شمشیری، محمد حسین، حسنی، محمدرضا، کریمی، حمیدرضا، و اسماعیل‌زاده، مجید (۱۳۹۴). بررسی اثرات میکوریز آرباسکولار و اسید سالیسیلیک بر میزان عناصر غذایی دانهال پسته اهلی رقم ارباقی (*Pistacia vera* c.v Abaregi) در شرایط تنش خشکی. *نشریه تولیدات گیاهی*، ۳۸(۱)، ۷۵-۹۰. https://doi.org/10.22055/ppd.2015.11133

شوقیان، محسن، و روزبهانی، آرش (۱۳۹۶). اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر صفات مورفوفیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز در شرایط تنش خشکی. *فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی*، ۹، ۱۳۱-۱۴۸. DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.8.5

طباطبایی، محمد مهدی، عربی حسن علی کیانی، نعمت‌اله، ساکی، علی اصغر، و کفیل‌زاده، فرخ (۱۳۸۱). تعیین ارزش غذایی ماشک و گاودانه به روش in vitro. *دانش کشاورزی*، ۲، ۸۲-۸۳. https://civilica.com/doc/486304

عزتی، ناصر، ملکی، عباس، و فتحی، امین (۱۳۹۸). تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک بر عملکرد کمی و کیفی کلزا (*Brassica napus*). *نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۵۶، ۹۴-۱۰۹. https://journals.iau.ir/article_671941_fce589d3a9e8abc4b6814bcd8b8717fc.pdf

فرجی مهمانی، عزیزه، اسماعیل‌پور، بهروز، سفیدکن، فاطمه، و خرم‌دل، سرور (۱۳۹۵). اثر محلول‌پاشی با غلظت‌های سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر خصوصیات رشدی و عملکرد مرزه. *نشریه پژوهش‌های زراعی ایران*، ۱۴(۱)، ۸۵-۷۳. https://doi.org/10.22067/GSC.V14I1.33631

کافی، محمد، برزویی، اعظم، صالحی، معصومه، کمندی، علی، معصومی، علی، و نباتی، جعفر (۱۳۸۸). فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.

لامعی هروان، جواد، و اسماعیلی آفتابدری، محمد (۱۳۹۳). تأثیر کود سبز خلر و ماشک بر برخی ویژگی‌های خاک و عملکرد سیب زمینی و گندم. *نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)*، ۲۸(۴)، ۶۱۶-۶۰۷. https://doi.org/10.22092/IJSR.2015.100850

مهرابیان مقدم، نجمه، آروین، محمد جواد، خواجویی‌نژاد، غلامرضا، و مقصودی، کبری (۱۳۹۰). اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در مزرعه. *مجله به‌زراعی نهال و بذر*، ۲-۲۷(۱)، ۵۵-۴۱. https://sppj.areeo.ac.ir/article_110423_7d1db49e49deb0f56d4b4a9ab3866157.pdf

نجف‌زاده، رقیه، و رحمتی، مصطفی (۱۳۹۳). مدیریت و بهره‌وری آب باران در کشاورزی. *مجله علمی – ترویجی سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۳(۲)، ۴۰-۳۱. https://civilica.com/doc/1730821

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

Abdel- Wahed, M. S. A., Amin, A. A., & Rashed, M. (2006). Physiological effect of some chemical constituents of yellow maize plants. *World Journal of Agricultural Sciences*, *2*(2), 149-155. https://www.idosi.org/wjas/wjas2(2)/4.pdf

Alijani, Kh., Bahrani, M. J., & Kazmini, S. A. (2011). Effect of tillage and corn residue on the growth, yield and yield components of wheat. *Iranian Journal of Field Research*, *9*(3), 486-493. https://doi.org/10.22067/GSC.V9I3.11984

Amin, A. A., Rashad, E. S., & El-Abagy, H. M. (2007). Physiological effect of indole-3- butyric acid and salicylic acid on growth, yield and chemical constituents of onion plants. *Journal of applied Sciences Research*, *3*, 1554-1563. https://doi.org/10.4236/ajps.2007.11008

Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, *23*, 112-121. https://www.ijsr.net/archive/v4i11/NOV151021.pdf

Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, *39*, 205-207. https://doi.org/10.1007/BF00018060

Borsani, O., Valpuesta, V., & Botella, M. A. (2001). Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings. *Plant Physiology*, *126*, 1024-1030. https://doi.org/10.1104/pp.126.3.1024

Dat, J. F., Lopez-Degado, H., Foyer, C. H., & Scott, I. M. (1998). Parallel changes in hydrogen peroxide and catalase during thermo-tolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedling. *Plant Physiology*, *116*, 1351-1357. https://doi.org/10.1104/pp.116.4.1351

Dhindsa, R. S., Dhindsa, P., & Thorpe, A. T. (1981). Leaf senescence correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation and decrease levels of superoxide dismutase and catalase. *Journal of Experimental Botany*, *32*, 93-101. https://doi.org/10.1093/jxb/32.1.93

El Tayeb, M. A. (2005). Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulator*, *45*, 215-224. https://doi.org/10.1007/s10725-005-4928-1

Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A., & Alpaslan, M. (2007). Impact of exogenous salicylic acid on growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. *Scientia Horticulturae, 113*, 120-128. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.03.012

Hayat, S, & Ahmad, A. (2007). Salicylic Acid, a Plant Hormone. Springer.

Jithesh, M. N., Prashanth, S. R., Sivaprakash, K. R., & Parida, A. K. (2006). Antioxidative response mechanisms in halophytes, their role in stress defense. *Journal of Genetics*, *85*, 237-254. https://doi.org/10.1007/BF02935340

Khan, W., Prithviraj, B., & Smith, D. L. (2003). Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Plant Physiology*, *160*, 485-492. https://doi.org/10.1078/0176-1617-00865

Khanum, S. A., Yaqoob, T., Sadaf, S., Hussain, M., Jabbar, M. A., Hussain, H. N., Kausar, R., & Rehman, S. (2007). Nutritional evalution of varius feedstuffs for livestock production using in vitro gas method. *Pakistan Vetenary Journal*, *27*(3), 129-133. http://www.pvj.com.pk/Abstract/27_3/7.htm

Kim, H., Lim, T., Ch., Han, J., & Kim, Jin, Ch. (2003). Effects of salicylic acid on paraquat tolerace in *Arabhdopsis thaliana* plants. *Plant Physiology*, *46*, 31-37. https://doi.org/10.5322/JES.2007.16.12.1345

Kjeldal, S. E. (1998). An investigation of several psychological factors impinging on the perception of fresh fruits and vegetables. Ph.D Thesis, University of New England, Australia.

Kochert, G. (1978). Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method. In: Hand book of Physiological Method Helebust, (ed. Craig, J. S.) Pp. 56-97. Cambridge University Press, Cambridge.

Lawlor, D. W, & Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell and Environment*, *25*, 275-294. https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00814.x

Lopez –Bellide, L., Lopez-Bellido, R. J., Castillo, J. E., & Lopez- Bellido, F. J. (2005). Effect of tillage, crop rotation, and nitrogen fertilization on wheat under rainfed Mediterranean conditions. *Agronomy Journal*, *92*, 1054-1063. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00137-8

Mae-Adam, J. W, & Nelson Sharp, C. J. (1992). Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall Fese Ue. *Journal of Plant Physiology*, *99*, 872-878. https://doi.org/10.1104/pp.99.3.872

Popova, L. P., Maslenkova, L. T., Yordanova, R. Y., Ivanova, A. P., Krantev, A. P., Szalai, G., & Janda, T. (2009). Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, *47*, 224-231. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2008.11.007

Rao, S. C, & Dao, T. H. (1996). Nitrogen placement and tillage effects on dry matter and nitrogen accumulation and redistribution in winter wheat. *Agronomy Journal*, *188*, 10281-1032. https://ijpp.gau.ac.ir/article_2046_c9a467be05f49a2f178834c7376bf26d.pdf

Ryan, J., Estefan, G., & Rashid, A. (2007). Soil and plant analysis laboratory manual. ICARDA. https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqw2orz553k1w0r45))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2356297

Sahu, G. K., Manoranjan, K., & Sabat, S. C. (2010). Alteration in phosphate uptake potential of wheat plants co-cultivated with salicylic acid. *Journal of Plant Physiology*, *167*, 326-328.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.09.012

Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E., & Dixon, K. (2000). Acetyl salicylic acid (asprin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulator*, *30*, 157-161. https://doi.org/10.1023/A,1006386800974

Shakirova, F. M, & Bezrukova, M. V. (2003). Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. *Biology Bulletin*, *24*, 109-112. https://doi.org/10.22059/JCI.2017.60421

Sharma, P, & Shanker, R. (2005). Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. *Plant Growth Regulation*, *46*, 209-221. https://doi.org/10.1007/s10725-005-0002-2

Stevens, J., Senaratna, T., & Sivasithamparam, K. (2006). Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma), associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilization. *Journal of Plant Growth Regulation, 49*, 77-83. https://doi.org/10.1007/s10725-006-0019-1

Tian, X, & Li, Y. (2006). Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seedlings. *Biological Plantarum*, *50* (4), 775-778. https://doi.org/10.1007/s10535-006-0129-7

Wozniak, A., Wesolowski, M., & Soroka, M. (2015). Effect of long-term reduced tillage on grain yield, grain quality and weed infestation of spring wheat. *Journal of Agriculture Science and Technology*, *17*, 899-908. DOR: 20.1001.1.16807073.2015.17.4.3.0

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

Effect of tillage and salicylic acid on some of biochemical traits of two varieties of fodder vetch under rainfed condition

Ardeshir Papaiee[1], Masoud Rafiee[2*], Ali Khorgami[1], Kazem Taleshi[1]

[1] Department of Agronomy and plant breeding, Khorramabad branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran
[2] Crop and Horticultural Science Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREO, Khorramabad, Iran
(Received: 2022/09/20, Accepted: 2023/04/11)

Abstract

In order to investigate the biochemical respnces and performance of two vetch cultivars to tillage and salicylic acid in dry conditions, two vetch cultivars of Maragheh and Gachsaran were sprayed at four levels of salicylic acid 0, 0.5, 1 and 1.5 mM, were investigated as a split plot in the form of randomized complete block design with four replications in three environments including conventional tillage (ploughing with reversible plow and disc), low tillage (protection plowing with chisel packer) and no tillage. The results showed that the highest amount of proline in shoot was without significant difference from the low tillage method in Maragheh variety with the application of zero, 0.5 and 0.1 mM salicylic acid (5.8 mg/g fresh weight), and the lowest was obtained from conventional tillage method in Gachsaran cultivar with application of 0.5 and 0.1 mM salicylic acid (3.4 mg/g fresh weight). The highest amount of shoot peroxidase from the low tillage method in Maragheh and Gachsaran cultivars (without significant difference, 152 and 151 micrograms of protein per minute, respectively) and the lowest was obtained from the conventional tillage method in Maragheh cultivar without the use of salicylic acid (133 micrograms of protein per minute). The highest amount of raw seed protein from conventional tillage method in Maragheh variety with application of zero and 0.1 mM salicylic acid (29.2%) and the lowest amount was achieved from low tillage method in Gachsaran variety without application of salicylic acid (25.7%). The trend of changes in seed yield and shoot proline under the influence of salicylic acid showed that by increasing salicylic acid application up to 1.5 mM, these two traits increased by 10.5% and decreased by 12.3% compared to the control treatment. In total, the results showed that the reactions of biochemical traits to tillage, salicylic acid and variety were different, but the method of low tillage in Maragheh cultivar with foliar spraying of 1.5 mM salicylic acid by creating favorable conditions for growth caused a decrease in proline content and increased grain yield.

Keywords: Antioxidant, Carbohydrates, Conservation agriculture, Osmotic regulation, Protein

Corresponding author, Email: rafieemasoud@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]