

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

اردشیر پاپایی<sup>۱</sup>، مسعود رفیعی<sup>۲\*</sup>، علی خورگامی<sup>۱</sup>، کاظم طالشی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران.

<sup>۲\*</sup> بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران.

\*نویسنده مسئول. rafieemasoud@yahoo.com

### چکیده

به منظور بررسی واکنش بیوشیمیایی و عملکرد ارقام ماشک در شرایط دیم به خاکورزی و سالیسیلیک اسید، دو رقم ماشک مراغه و گچساران در چهار سطح محلول پاشی سالیسیلیک اسید صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی مولار به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل 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 میلی مولار سالیسیلیک اسید (۵/۸ میلی گرم بر گرم وزن تازه) و کمترین آن از روش خاکورزی مرسوم در رقم گچساران با کاربرد ۰/۵ و ۱/۰ میلی مولار سالیسیلیک اسید (۳/۴ میلی گرم بر گرم وزن تازه) حاصل شد. بیشترین میزان پراکسیداز اندام هوایی از روش کم خاکورزی در ارقام مراغه و گچساران (بدون تفاوت معنی‌دار به-ترتیب 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) به دست آمد. بیشترین میزان پروتئین خام دانه از روش خاکورزی مرسوم در رقم مراغه با کاربرد صفر و ۱/۰ میلی مولار 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 محلول پاشی سالیسیلیک اسید تا ۱/۵ میلی مولار، این دو صفت به ترتیب ۱۰/۵ 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 محلول پاشی ۱/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید با ایجاد شرایط مطلوب برای رشد، موجب کاهش محتوی پرولین و افزایش عملکرد دانه گردید.

واژه‌های کلیدی، آنتی اکسیدان، پروتئین، تنظیم اسمزی، کربوهیدرات‌ها، کشاورزی حفاظتی.

### مقدمه

طیف وسیعی از مناطق قابل کشت جهان دارای اقلیم خشک و نیمه خشک 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 (نجف‌زاده و رحمتی، ۱۳۹۳).

سازوکارهای آنزیمی و غیر آنزیمی در برابر تنش اکسیداتیو، یکی از ساز و کارهای حفاظتی گیاهان در مقابله با تنش خشکی است (Tian and Li, 2006). تلفیقی از فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان 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 اسیمیلایون 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 غیر زیستی 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 افزایش تثبیت دی اکسید 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 رویسکو و در نهایت تأمین بیشتر ATP و NADPH برای تثبیت کربن و تولید بیشتر آسمیلات 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 آنتی اکسیدانی 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 سالیسیلیک 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 محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در مقایسه با عدم محلول پاشی 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 محلول پاشی سالیسیلیک اسید سبب افزایش معنی دار تعداد برگ در بوته، پرولین، درصد و عملکرد اسانس در گیاه ربیحه گردید.

میزان رشد ریشه گیاهان زراعی با درجه تراکم خاک ارتباط معکوسی دارد، این ارتباط ممکن است تحت تأثیر روش های خاکورزی قرار گیرد. تراکم خاک موجب فعالیت کم تر ریشه و کاهش جذب عناصر می شود که نتیجه آن تولید روش ریشه ای عمدتاً سطحی تر در روش کم خاکورزی در مقایسه با خاکورزی مرسوم است (Rao and Dao, 1996). افزایش میزان پروتئین دانه گندم بهاره تحت تأثیر روش های خاکورزی متداول گزارش شده است. کاهش قابلیت تحرک نیتروژن در روش بدون خاکورزی نسبت به روش کم خاکورزی و خاکورزی مرسوم نیز ممکن است دلیلی بر کاهش درصد پروتئین دانه در روش بدون خاکورزی باشد (سپیده دم و رمودی، ۱۳۹۴؛ Wozniak et al., 2015).

زراعت دیم گیاهان از جمله ماشک تحت تأثیر خشک سالی است که یکی از بحران های کشور طی سال های اخیر به شمار می رود. در استان لرستان همانند بسیاری از مناطق کشور، علاوه بر کاهش میزان بارندگی، توزیع و شدت نامناسب آن نیز بر تولید گیاهان زراعی و علوفه ای از جمله ماشک در شرایط دیم تأثیر منفی می گذارد. از طرفی، خاکورزی حفاظتی در زراعت در راستای کشاورزی پایدار از اهداف سازمان ملل جهت بهبود خاک سلامت جامعه و حفظ محیط زیست می باشد. خاکورزی حفاظتی به منظور جایگزینی بخش یا کل خاکورزی مرسوم قابل توصیه است و سازگارتر با محیط زیست و کم هزینه تر می باشد (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 روش ها

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

خاک زراعی مزرعه که از عمق کافی برخوردار بود در سال قبل از آزمایش زیر کشت 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 به صورت اسپلینت پلات در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار در سه روش خاکورزی که محیط در نظر گرفته شدند، اجرا شد. محیط های خاکورزی شامل مرسوم (CT)، کم خاکورزی (MT) و بدون خاکورزی (NT) بود. در هر محیط، دو رقم ماشک مراغه و گچساران در کرت های اصلی و چهار سطح محلول پاشی سالیسیلیک اسید صفر (شاهد با محلول پاشی آب)، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی مولار در کرت های فرعی قرار گرفت. میزان بذر مصرفی دو رقم ماشک مراغه و گچساران (ارسالی از مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور) بر اساس تراکم ۶۷ بوته در متر مربع با توجه به وزن هزار دانه به ترتیب ۳۶ و ۶۸ گرم محاسبه شد.

## مجله فرایند و کارکرد گیاهی

جدول ۱-آمار هواشناسی در طی دوره رشد گیاه در سال زراعی ۱۳۹۵-۶ (ایستگاه هواشناسی ایمان آباد خرم آباد)

| ماه      | درجه حرارت (درجه سانتی گراد) |        |         |            |             | بارندگی<br>(میلی متر) |
|----------|------------------------------|--------|---------|------------|-------------|-----------------------|
|          | کمینه                        | بیشینه | میانگین | کمینه مطلق | بیشینه مطلق |                       |
| 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<br>(دسی زیمنس بر متر) | اسیدیته | کربن آلی<br>(درصد) | آهک  | فسفر | پتاسیم | آهن  | منگنز | روی  | مس   |
|-----------|----------------------------|---------|--------------------|------|------|--------|------|-------|------|------|
|           |                            |         |                    |      |      |        |      |       |      |      |
| رسی سیلتی | ۰/۵۵                       | ۷/۹     | ۰/۹۸               | ۱۵/۹ | ۶/۹  | ۳۵۵    | ۴/۲۴ | ۷/۶۸  | ۱/۴۶ | ۱/۳۶ |

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 گاوا آهن برگردان دار و دیسک، کم خاکورزی شامل شخم حفاظتی با چیزل پکر بود که پس از اولین بارندگی مؤثر و در خاک گاورو صورت گرفت. کاشت بذر در ۱۷ آبان ماه با دستگاه کاشت مستقیم ۱۱ ردیفه Aske-2000 ساخت شرکت سازه کشت بوکان صورت گرفت. بر اساس آزمون خاک، نیمی از کود نیتروژن و تمام کودهای فسفره و پتاسه به میزان ۲۰،۵۰،۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب 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. هیچ گونه آفت و بیماری در طول فصل رشد مشاهده نشد. وجین علف‌های هرز دو مرتبه به صورت دستی انجام شد.

برای تهیه غلظت‌های مورد نظر سالیسیلیک اسید ابتدا وزن مولکولی سالیسیلیک اسید خالص را غلظت‌های مورد نظر ضرب شد و در یک لیتر آب مقطر در دمای بالا حل گردید 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 میلی مولار سالیسیلیک اسید، مقادیر ۱/۳۸، ۲/۷۶ و ۳/۱۴ گرم سالیسیلیک اسید خالص به ۱۰ لیتر آب مقطر ولرم اضافه شد و برای حل شدن بهتر، کمی اتانول به صورت تدریجی به محلول اضافه گردید. محلول پاشی در سه مرحله با فاصله ۱۰ روز از مرحله ساقه دهی در اواسط فروردین و در هنگام عصر انجام شد. کرت‌های شاهد به منظور یکنواختی با دیگر کرت‌های آزمایشی با آب مقطر محلول پاشی 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 به دست آمد.

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

### نتایج و بحث

**رنگیزه‌های فتوستتزی.** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان کلروفیل‌های  $a$  و  $a+b$  به طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول پاشی سالیسیلیک اسید و اثرات متقابل دو گانه خاک‌ورزی در رقم و خاک‌ورزی در سالیسیلیک اسید و میزان کلروفیل  $b$  تحت تأثیر خاک‌ورزی و محلول پاشی سالیسیلیک اسید و اثر متقابل دو گانه خاک‌ورزی در سالیسیلیک اسید قرار 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 خاک-ورزی در رقم گچساران (به ترتیب ۳/۴ و ۳/۸۶ میلی گرم بر گرم وزن تر) و کمترین آنها از روش کم خاک‌ورزی در رقم مراغه (به ترتیب ۲/۸۷ و ۳/۳۷ میلی گرم بر گرم وزن تر) حاصل شد (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر متقابل دو گانه خاک‌ورزی در محلول پاشی سالیسیلیک اسید نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل  $a$  و  $a+b$  از روش کم خاک‌ورزی با کاربرد یک و نیم میلی مولار سالیسیلیک اسید (به ترتیب ۳/۸۳ و ۴/۳۷ میلی گرم بر گرم وزن تر) و بیشترین میزان کلروفیل  $b$  از روش کم خاک-ورزی مرسوم با کاربرد یک و نیم میلی مولار سالیسیلیک اسید (۰/۶۲ میلی گرم بر گرم وزن تر) بدست آمد. کمترین میزان کلروفیل  $a$  و  $a+b$  از روش کم خاک‌ورزی و عدم کاربرد سالیسیلیک اسید (به ترتیب ۲/۴۰ و ۲/۸۹ میلی گرم بر گرم وزن تر) و کمترین میزان کلروفیل  $b$  از روش کم خاک‌ورزی با کاربرد نیم میلی مولار سالیسیلیک اسید (۰/۴۵ میلی گرم بر گرم وزن تر) حاصل شد (جدول ۶).

کلروفیل‌های  $a$  و  $b$  مهمترین رنگیزه فتوستتزی هستند که در فتوستتز به طور مستقیم نقش دارند. کاهش در میزان کلروفیل برگ سورگوم ناشی از تنش خشکی توسط الفی و عزیزی (۱۳۹۴) گزارش شده است. به نظر می رسد کاهش میزان کلروفیل به دلیل عدم سنتز این ماده و افزایش اتیلن در شرایط تنش باشد (Khan, 2000). میزان کلروفیل در گیاهان یکی از فاکتورهای مهم در حفظ ظرفیت فتوستتزی است. تحت تنش خشکی مقدار کلروفیل تحت عوامل مختلفی همچون کاهش

اسیمیلاسیون کربن و افزایش گونه های فعال اکسیژن دچار تخریب شده و کاهش می یابد (Lawlor and Cornic, 2002). با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک در هر دو شرایط تنش و بدون تنش رنگیزه های فتوسنتزی یونجه افزایش یافتند، بطوری که سطح ۳۵ درصد اسید سالیسیلیک بیشترین مقدار کلروفیل a و b و کل را به خود اختصاص داد (دولتمند شهری و حق شناس، ۱۳۹۶). El Tayeb (۲۰۰۵) نیز نشان داد که پرایم کردن بذرها با محلول سالیسیلیک اسید محتوای کلروفیل را افزایش می دهد. غلظت های پایین اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنی دار رنگدانه های فتوسنتزی در سویا و گندم گردید (Kim et al., 2003).



## مجله فرایند و کارکرد گیاهی

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی اندام هوایی و دانه ماشک

| میانگین مربعات       |                      |                      |                      |                        |                      | درجه آزادی  | منابع تغییرات               |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|-------------|-----------------------------|
| پرولین               | کانالاز              | پراکسیداز            | کلروفیل a+b          | کلروفیل b              | کلروفیل a            | اندام هوایی | اندام هوایی                 |
| ۱۵/۹۴**              | ۲۷۸**                | ۱۵۶۸**               | ۰/۰۱۲۹ <sup>ns</sup> | ۰/۰۲۴**                | ۰/۰۵۱ <sup>ns</sup>  | ۲           | خاک‌ورزی                    |
| ۰/۰۱۳۴۵              | ۹/۳۶۳۷               | ۲۷/۲۸۷               | ۰/۱۶۲۴۴              | ۰/۰۰۴۵۴۸               | ۰/۰۹۸۳               | ۹           | تکرار (خاک‌ورزی)            |
| ۴/۸۰۸**              | ۰/۰۸۵ <sup>ns</sup>  | ۳۰۴**                | ۰/۴۸۸ <sup>ns</sup>  | ۰/۰۰۱۵۲ <sup>ns</sup>  | ۰/۵۴۵ <sup>ns</sup>  | ۱           | رقم                         |
| ۱/۵۲۴**              | ۳۱/۸۶۹*              | ۱۷۲*                 | ۰/۸۰۳*               | ۰/۰۰۰۰۱۷ <sup>ns</sup> | ۰/۷۹۸*               | ۲           | خاک‌ورزی×رقم                |
| ۰/۰۱۰۳۲۷             | ۲/۷۱۷۳۳۷             | ۳۷/۸۵۶               | ۰/۲۱۲۰۳              | ۰/۰۰۰۰۱۲               | ۰/۲۱۴                | ۳           | خطای الف                    |
| ۱/۳۲**               | ۱۲/۳۹۵ <sup>ns</sup> | ۲۸۰**                | ۴/۹۲۲**              | ۰/۰۳۹**                | ۴/۲۰۴**              | ۳           | سالیسیلیک اسید              |
| ۰/۴۳۰**              | ۲۳/۵۱۳ <sup>ns</sup> | ۱۴۸**                | *۰/۴۷۳               | ۰/۰۰۳*                 | ۰/۴۸۰*               | ۶           | خاک‌ورزی×سالیسیلیک اسید     |
| ۰/۱۱۴۶ <sup>ns</sup> | ۱۶/۳۸۵ <sup>ns</sup> | ۶۰/۴۷۶ <sup>ns</sup> | ۰/۲۷۸۵ <sup>ns</sup> | ۰/۰۰۰۰۰۷ <sup>ns</sup> | ۰/۲۷۸ <sup>ns</sup>  | ۳           | رقم × سالیسیلیک اسید        |
| ۰/۸۰۱**              | ۱۸/۲۲۲ <sup>ns</sup> | ۶۹/۵۳۱ <sup>ns</sup> | ۰/۱۹۲۳ <sup>ns</sup> | ۰/۰۰۰۰۰۲ <sup>ns</sup> | ۰/۱۹۰۱ <sup>ns</sup> | ۶           | خاک‌ورزی×رقم×سالیسیلیک اسید |
| ۰/۰۵۳۲               | ۱۳/۶۴                | ۴۱/۳۹                | ۰/۱۹۰۹               | ۰/۰۰۱۲                 | ۰/۱۸۹۶               | ۶۰          | خطای ب                      |
| ۵/۳۵                 | ۹/۳۳                 | ۴/۴۵                 | ۱۲/۲                 | ۶/۷۸                   | ۱۴/۱۴                |             | ضریب تغییرات (%)            |

ادامه جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس ساده صفات بیوشیمیایی اندام هوایی و دانه ماشک

| میانگین مربعات |                      |                        |                       |                       |                      | درجه آزادی  | منابع تغییرات               |
|----------------|----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-------------|-----------------------------|
| عملکرد دانه    | خاکستر دانه          | فسفر دانه              | کلسیم دانه            | کربوهیدرات محلول دانه | پروتئین خام دانه     | اندام هوایی | اندام هوایی                 |
| ۷۷۵۶۱**        | ۲/۹۶۵**              | ۰/۰۱۱۸۴۱ <sup>ns</sup> | ۰/۱۹۰**               | ۳۲/۱**                | ۶/۸۷**               | ۲           | خاک‌ورزی                    |
| ۳۶۰            | ۰/۲۴۶۶               | ۰/۰۰۶۴۵                | ۰/۰۰۲۱                | ۰/۰۲۲۱۶               | ۰/۰۴۹۳               | ۹           | تکرار (خاک‌ورزی)            |
| ۴۲۹۴۳۸۰**      | ۱/۳۴۹*               | ۰/۰۲۱*                 | ۰/۰۰۰۳۱ <sup>ns</sup> | ۰/۱۹۸*                | ۴۲/۹۷**              | ۱           | رقم                         |
| ۶۱۱۳۲۲**       | ۰/۰۰۱۵ <sup>ns</sup> | ۰/۰۰۱۳۹ <sup>ns</sup>  | ۰/۰۰۲۸۱ <sup>ns</sup> | ۰/۰۱۰۹۶ <sup>ns</sup> | ۰/۷۳۸*               | ۲           | خاک‌ورزی×رقم                |
| ۱۹۷            | ۰/۰۰۶۱               | ۰/۰۰۰۸۹۸               | ۰/۰۰۳۰۱               | ۰/۰۰۰۴۸               | ۰/۰۱۱۶۷              | ۳           | خطای الف                    |
| ۳۸۶۴۲**        | ۳/۱۰۹**              | ۰/۰۱۳*                 | ۰/۰۱۱*                | ۱/۰۲۰**               | ۴/۱۴۳**              | ۳           | سالیسیلیک اسید              |
| ۳۶۵۷**         | ۰/۱۴۳۱ <sup>ns</sup> | ۰/۰۰۲۰۵ <sup>ns</sup>  | ۰/۰۰۹۱۶ <sup>ns</sup> | ۰/۲۲۸**               | ۱/۳۶۷**              | ۶           | خاک‌ورزی×سالیسیلیک اسید     |
| ۳۶۲۹**         | ۰/۰۱۹۸ <sup>ns</sup> | ۰/۰۰۳۲ <sup>ns</sup>   | ۰/۰۰۳۶ <sup>ns</sup>  | ۰/۰۰۲۶۸ <sup>ns</sup> | ۰/۱۸۰۵ <sup>ns</sup> | ۳           | رقم × سالیسیلیک اسید        |
| ۵۵۸۸**         | ۰/۰۰۱۷ <sup>ns</sup> | ۰/۰۰۲۴ <sup>ns</sup>   | ۰/۰۱۳**               | ۰/۰۱۶۲ <sup>ns</sup>  | ۰/۵۷۸**              | ۶           | خاک‌ورزی×رقم×سالیسیلیک اسید |
| ۶۷۱            | ۰/۲۳۲۵               | ۰/۰۰۴۱                 | ۰/۰۰۳۱                | ۰/۰۴۲۸۵               | ۰/۱۵۵۳۷              | ۶۰          | خطای ب                      |
| ۱۶/۲           | ۱۵/۸۵                | ۱۵/۶                   | ۶/۱۷                  | ۱/۱۱                  | ۱/۴۶                 |             | ضریب تغییرات (%)            |

این مقاله نهایی نیست و پس از انتشار تغییراتی خواهد داشت.

پس انتشار



## مجله فرایند و کارکرد گیاهی

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

| تیماها                     | کلروفیل a                  | کلروفیل b                  | کلروفیل a+b                | پراکسیداز اندام هوایی          | کاتالاز اندام هوایی            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| (میلی گرم بر گرم وزن تازه) | (میلی گرم بر گرم وزن تازه) | (میلی گرم بر گرم وزن تازه) | (میلی گرم بر گرم وزن تازه) | (OD میکروگرم پروتئین در دقیقه) | (OD میکروگرم پروتئین در دقیقه) |
| خاکورزی مرسوم              | ۳/۰۴۱ <sup>a</sup>         | ۰/۵۴۷ <sup>a</sup>         | ۳/۵۹۰                      | ۱۳۷/۵ <sup>c</sup>             | ۴۲/۹ <sup>a</sup>              |
| کم خاکورزی                 | ۳/۱۲۱ <sup>a</sup>         | ۰/۴۹۶ <sup>b</sup>         | ۳/۶۱۸                      | ۱۵۱/۵ <sup>a</sup>             | ۳۸/۴ <sup>b</sup>              |
| بدون خاکورزی               | ۳/۰۷۳ <sup>a</sup>         | ۰/۴۹۶ <sup>b</sup>         | ۳/۵۷۹                      | ۱۴۳/۶ <sup>b</sup>             | ۳۷/۳ <sup>b</sup>              |
| LSD (%5)                   | ۰/۰۱۸                      |                            |                            | ۳/۲۱۷                          | ۱/۸۴۶                          |
| رقم                        |                            |                            |                            |                                |                                |
| مراغه                      | ۳/۰۰۳                      | ۰/۵۲۰                      | ۳/۵۲۴                      | ۱۴۲/۴ <sup>b</sup>             | ۳۹/۵                           |
| گچساران                    | ۳/۱۵۴                      | ۰/۵۱۲                      | ۳/۶۶۷                      | ۱۴۶/۰ <sup>a</sup>             | ۳۹/۵                           |
| محلول پاشی                 | ۰/۰                        | ۰/۴۸۴ <sup>c</sup>         | ۳/۰۰۵ <sup>c</sup>         | ۱۴۸/۰ <sup>a</sup>             | ۴۰/۳                           |
| سالیسیلیک اسید             | ۰/۵                        | ۰/۴۸۳ <sup>c</sup>         | ۳/۴۷۷ <sup>b</sup>         | ۱۴۳/۰ <sup>b</sup>             | ۳۸/۸                           |
|                            | ۱/۰                        | ۰/۵۳۲ <sup>b</sup>         | ۳/۹۲۱ <sup>a</sup>         | ۱۴۵/۶ <sup>ab</sup>            | ۳۹/۹                           |
|                            | ۱/۵                        | ۰/۵۶۶ <sup>a</sup>         | ۳/۹۷۸ <sup>a</sup>         | ۱۴۰/۰ <sup>c</sup>             | ۳۹/۱                           |
| LSD (%5)                   | ۰/۲۵۱                      | ۰/۰۲۰                      | ۰/۲۸۲                      | ۳/۷۱۵                          |                                |

ادامه جدول ۴- مقایسه میانگین صفات بیوشیمیایی اندام هوایی و دانه ماشک

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

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

## مجله فرایند و کارکرد گیاهی

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

| تیمارها       | رقم     | کلروفیل a                  | کلروفیل a+b                | پراکسیداز اندام هوایی      |
|---------------|---------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|               |         | (میلی گرم بر گرم وزن تازه) | (میلی گرم بر گرم وزن تازه) | (میلی گرم بر گرم وزن تازه) |
| خاکورزی مرسوم | مراغه   | ۳/۱۰۱ <sup>b</sup>         | ۳/۶۵۴ <sup>ab</sup>        | ۱۳۳/۳ <sup>c</sup>         |
|               | گچساران | ۲/۹۸۲ <sup>bc</sup>        | ۳/۵۲۵ <sup>bc</sup>        | ۱۴۱/۹ <sup>b</sup>         |
| کم خاکورزی    | مراغه   | ۲/۸۷۲ <sup>c</sup>         | ۳/۳۷۲ <sup>c</sup>         | ۱۵۱/۶ <sup>a</sup>         |
|               | گچساران | ۳/۳۷۰ <sup>a</sup>         | ۳/۸۶۳ <sup>a</sup>         | ۱۵۱/۴ <sup>a</sup>         |
| بدون خاکورزی  | مراغه   | ۳/۰۳۷ <sup>bc</sup>        | ۳/۵۴۶ <sup>bc</sup>        | ۱۴۲/۵ <sup>b</sup>         |
|               | گچساران | ۳/۱۱۰ <sup>b</sup>         | ۳/۶۱۲ <sup>b</sup>         | ۱۴۴/۷ <sup>b</sup>         |
| 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  | سالیسیلیک         | کلروفیل a                  | کلروفیل b                  | کلروفیل a+b                | پراکسیداز اندام هوایی      | کربوهیدرات دانه    |
|----------|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|
|          |                   | (میلی گرم بر گرم وزن تازه) | (میلی گرم بر گرم وزن تازه) | (میلی گرم بر گرم وزن تازه) | (میلی گرم بر گرم وزن تازه) | (درصد)             |
| خاکورزی  | اسید (میلی مولار) | ۲/۶۵۲ <sup>efg</sup>       | ۰/۴۹۷ <sup>c-f</sup>       | ۳/۱۴۹ <sup>efg</sup>       | ۱۴۲/۸ <sup>c</sup>         | ۱۷/۲ <sup>h</sup>  |
|          | ۰/۵               | ۲/۸۴۱ <sup>def</sup>       | ۰/۴۹۹ <sup>c-f</sup>       | ۳/۳۴۱ <sup>def</sup>       | ۱۳۴/۰ <sup>f</sup>         | ۱۷/۵ <sup>g</sup>  |
| مرسوم    | ۱/۰               | ۳/۴۴۱ <sup>b</sup>         | ۰/۵۷۷ <sup>ab</sup>        | ۴/۰۱۹ <sup>ab</sup>        | ۱۳۵ <sup>ef</sup>          | ۱۷/۷ <sup>g</sup>  |
|          | ۱/۵               | ۳/۲۳۱ <sup>bc</sup>        | ۰/۶۱۷ <sup>a</sup>         | ۳/۸۴۸ <sup>b</sup>         | ۱۳۷/۶ <sup>def</sup>       | ۱۷/۶ <sup>g</sup>  |
| کم       | ۰/۰               | ۲/۳۹۵ <sup>g</sup>         | ۰/۴۸۹ <sup>def</sup>       | ۲/۸۸۵ <sup>g</sup>         | ۱۵۵/۳ <sup>ab</sup>        | ۱۹/۳ <sup>bc</sup> |
|          | ۰/۵               | ۲/۹۵۹ <sup>cde</sup>       | ۰/۴۵۲ <sup>f</sup>         | ۳/۴۱۱ <sup>cde</sup>       | ۱۵۲/۲ <sup>b</sup>         | ۱۹/۱ <sup>c</sup>  |
| خاکورزی  | ۱/۰               | ۳/۲۹۹ <sup>bc</sup>        | ۰/۵۰۸ <sup>cde</sup>       | ۳/۸۰۷ <sup>b</sup>         | ۱۵۷/۶ <sup>a</sup>         | ۱۹/۵ <sup>b</sup>  |
|          | ۱/۵               | ۳/۸۳۲ <sup>a</sup>         | ۰/۵۳۵ <sup>bcd</sup>       | ۴/۳۶۷ <sup>a</sup>         | ۱۴۰/۹ <sup>cde</sup>       | ۱۹/۹ <sup>a</sup>  |
| بدون     | ۰/۰               | ۲/۵۱۳ <sup>fg</sup>        | ۰/۴۶۷ <sup>ef</sup>        | ۲/۹۸۰ <sup>fg</sup>        | ۱۴۶/۰ <sup>c</sup>         | ۱۸/۴ <sup>f</sup>  |
|          | ۰/۵               | ۳/۱۸۴ <sup>bcd</sup>       | ۰/۴۹۴ <sup>c-f</sup>       | ۳/۶۷۹ <sup>bcd</sup>       | ۱۴۳/۴ <sup>c</sup>         | ۱۸/۴ <sup>ef</sup> |
| خاکورزی  | ۱/۰               | ۳/۴۲۵ <sup>b</sup>         | ۰/۵۱۱ <sup>cde</sup>       | ۳/۹۳۷ <sup>b</sup>         | ۱۴۳/۵ <sup>c</sup>         | ۱۸/۷ <sup>d</sup>  |
|          | ۱/۵               | ۳/۱۷۱ <sup>bcd</sup>       | ۰/۵۴۷ <sup>bcd</sup>       | ۳/۷۱۹ <sup>bc</sup>        | ۱۴۱/۵ <sup>cd</sup>        | ۱۸/۶ <sup>de</sup> |
| LSD (%5) |                   | ۰/۳۷۷۲                     | ۰/۰۵۶                      | ۰/۳۷۷                      | ۰/۲۸۳۹                     | ۰/۱۷۰۲             |

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

**آنزیم‌های آنتی اکسیدان 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 پروتئین 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 غیر آنزیمی در برابر تنش اکسیداتیو، یکی از ساز و کارهای 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). آنتی‌اکسیدان‌ها به‌طور مؤثری آسیب‌های حاصل از اکسیداسیون ایجاد شده 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 آنتی اکسیدان هم 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 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).

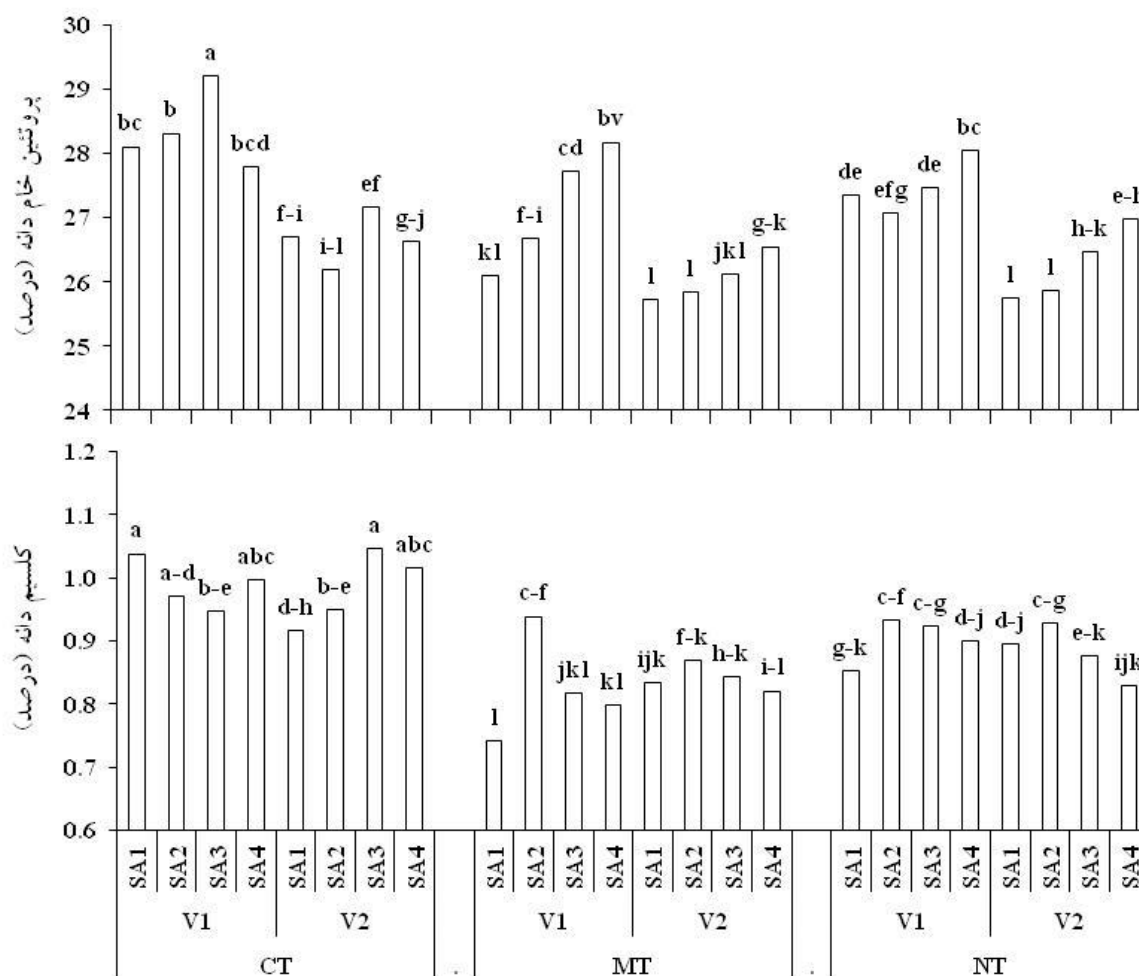
مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه خاک‌ورزی در رقم در سالیسیلیک اسید نشان داد که بیشترین میزان پروتئین خام دانه از روش خاک‌ورزی مرسوم در رقم مراغه و بدون و با کاربرد یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۲۹/۲ درصد) و کمترین میزان پروتئین خام دانه از روش کم خاک‌ورزی در رقم گچساران با بدون کاربرد سالیسیلیک اسید (۲۵/۷ درصد) حاصل شد (شکل ۱۱).

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).

پسبیدگی سبب تجزیه پروتئین‌ها و تخریب کمپلکس ماکرومولکول‌ها و توقف ساخت معمولی مجموعه پروتئین‌ها در مرحله ترجمه می‌گردد (کافی و همکاران، ۱۳۷۹). 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، ۱۳۹۶).

افزایش میزان پروتئین دانه گندم بهاره تحت تأثیر روش‌های خاک‌ورزی متداول گزارش شده است (سپیده‌دم و مرمودی، 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 محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در مقایسه با عدم محلول پاشی افزایش نشان داد (عزتی و همکاران، ۱۳۹۸). تأثیر سالیسیلیک اسید بر افزایش مقدار نیترات و افزایش فعالیت آنزیم نیترات رداکتاز و محافظت از این آنزیم در برابر غیر فعال شدن نیز از دلایل افزایش مقدار پروتئین در گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید ذکر شده است (Hayat and Ahmad, 2007; Sharma and Shanker, 2005; Abdel-Wahed, 2006). گزارش کرد که اسپری برگی سالیسیلیک اسید سبب افزایش قابل توجهی در قند، پروتئین و روغن در دانه ذرت شد، در حالی که غلظت‌های بالاتر سالیسیلیک اسید مقادیر این ترکیبات را کاهش داد.

بیشترین میزان پتاسیم کل، آهن، مس، منیزیم و اندام هوایی پسته با محلول پاشی شده با اسید سالیسیلیک 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 به همراه دارد (Eraslan et al., 2007).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه خاکورزی در رقم در سالیسیلیک اسید بر پروتئین خام دانه و کلسیم دانه ماشک. CT, MT و NT, به ترتیب خاکورزی مرسوم، کم خاکورزی و بدون خاکورزی؛ V1 و V2, به ترتیب ارقام مراغه و گچساران؛ SA1, الی SA4, به ترتیب محلول پاشی ۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید. میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی دار ندارند (LSD %5).

**کربوهیدرات محلول و فسفر دانه، میزان کربوهیدرات محلول دانه به طور معنی داری تحت تأثیر خاکورزی، رقم و محلول پاشی سالیسیلیک اسید و اثر متقابل دو گانه خاکورزی در محلول پاشی سالیسیلیک اسید قرار گرفت و میزان فسفر دانه به طور معنی داری تحت تأثیر رقم و محلول پاشی سالیسیلیک اسید واقع شد (جدول ۳).**

در میان ارقام، بیشترین میزان کربوهیدرات محلول و فسفر دانه از رقم مراغه (به ترتیب ۱۸/۶ و ۰/۴۲ درصد) و کمترین آن از رقم گچساران (به ترتیب ۱۸/۵ و ۰/۳۹ درصد) بدست آمد (جدول ۴). در میان سطوح محلول پاشی سالیسیلیک اسید، بیشترین میزان فسفر دانه از کاربرد یک و نیم میلی مولار 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 محلول دانه از روش کم خاک‌ورزی با کاربرد یک و نیم میلی مولار 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).

به گزارش سپهوند و جعفری (۱۳۹۳) رابطه بین عملکرد علوفه با کربوهیدرات‌های 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. عبدالواحد (۲۰۰۶) گزارش کرد که اسپری برگی سالیسیلیک اسید سبب افزایش قابل توجهی در قند، پروتئین و روغن در دانه ذرت شد، در حالی که غلظت‌های بالاتر سالیسیلیک اسید مقادیر این ترکیبات را کاهش داد.

رشد و فعالیت ریشه و در نتیجه جذب عناصر می‌تواند در کشت مستقیم به دلیل تراکم لایه سطحی خاک محدودتر گردد (Rao and Dao, 1996). بیشترین میزان فسفر اندام هوایی پسته با محلول پاشی شده با اسید سالیسیلیک یک میلی مولار با دور آبیاری شش روز در میان مشاهده شد (شمشیری و همکاران، ۱۳۹۴). در یک آزمایش کاربرد غلظت‌های بالای اسید سالیسیلیک 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 دانه از روش کم خاک‌ورزی (۳/۳۹ درصد) و کمترین آن بدون تفاوت معنی‌دار از خاک‌ورزی مرسوم و بدون خاک‌ورزی (به ترتیب 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 میلی مولار 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، لیاف خام و خاکستر به ترتیب، ۹۳/۳۴، ۷۸/۹۹، ۲۲/۹۷، ۹/۵، ۱/۳۴ و ۱۱/۰۱ درصد گزارش گردید (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 می‌باشد (Amin et al., 2007).

**پرویلین اندام هوایی و عملکرد دانه و روند تغییرات آنها.** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان پرویلین اندام هوایی به دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات ساده خاک‌ورزی، رقم و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و اثرات متقابل دو گانه خاک-ورزی 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 خاک-ورزی 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 محلول پاشی سالیسیلیک اسید از یک رابطه خطی معنی دار 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). هرچند برخی محققین نقش مثبت سالیسیلیک اسید در تعدیل تنش خشکی را به افزایش پرولین توسط این شبه هورمون نسبت داده‌اند (رمروودی و خمر (۱۳۹۲)؛ Senaratna et al., 2000)، اما نتایج ما نشان داد که کاربرد سالیسیلیک اسید با ایجاد شرایط مطلوب برای رشد (شوقیان و روزبهرانی، ۱۳۹۶؛ Shakirova et al., 2003)، موجب تعدیل تنش در گیاه گردیده و گیاه دیگر ضرورتی در تولید بیشتر پرولین به منظور 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 معنی دار از روش کم خاک‌ورزی در رقم مراغه و بدون کاربرد و با کاربرد نیم میلی مولار و یک میلی مولار سالیسیلیک اسید (۵/۸ میلی گرم بر گرم وزن تازه) و کمترین میزان پرولین اندام هوایی از روش خاک‌ورزی مرسوم در رقم گچساران با کاربرد نیم و یک میلی مولار سالیسیلیک اسید (۳/۴ میلی گرم بر گرم وزن تازه) حاصل شد (شکل ۳)؛ اما بیشترین عملکرد دانه از روش کم خاک‌ورزی در رقم مراغه با محلول پاشی یک و نیم میلی مولار سالیسیلیک اسید (۱۱۹۱ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد دانه از روش کم خاک‌ورزی در رقم گچساران با نیم میلی مولار محلول پاشی سالیسیلیک اسید (۳۸۹ کیلوگرم در هکتار) و یا بدون محلول پاشی حاصل شد (شکل ۳).

افزایش عملکرد دانه ذرت (بیات و سپهری، ۱۳۹۳)، عملکرد دانه کلزا (عزتی و همکاران، ۱۳۹۸)، لوبیا (شوقیان و روزبهرانی، ۱۳۹۶) ناشی از محلول پاشی اسید سالیسیلیک پیش از این گزارش شده است. برخی آزمایشات، بالاترین عملکرد دانه و روغن بالنگوی شهری (سرافراز، ۱۳۹۸) و بیشترین عملکرد دانه گندم بهاره و پائیزه (سپه‌دم و رمروودی، 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-Bellido 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.

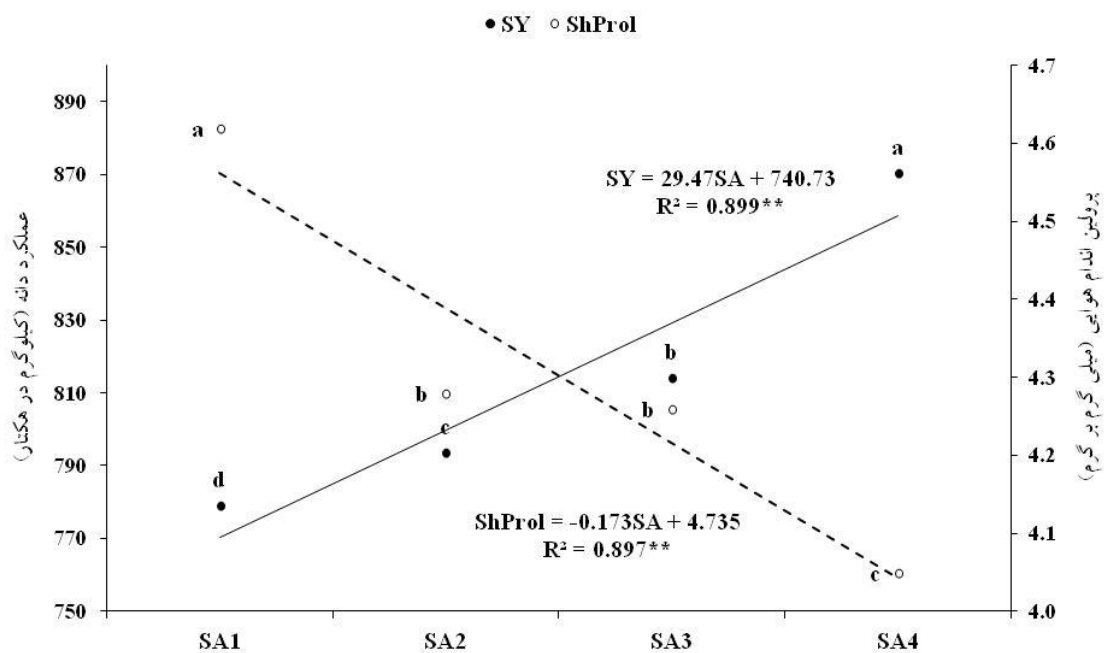
نتیجه‌گیری، در مجموع مشخص شد که خاک‌ورزی مرسوم بیشترین مقدار کلروفیل b، کاتالاز اندام هوایی، پروتئین خام دانه، کلسیم دانه و پرولین را نشان داد، اما در کم خاک‌ورزی بیشترین مقدار پراکسیداز اندام هوایی، کربوهیدرات دانه، خاکستر دانه و عملکرد دانه مشاهده شد. کاهش عملکرد دانه در خاک‌ورزی مرسوم نشان‌دهنده تشدید تنش خشکی در شرایط دیم نسبت به خاک‌ورزی حفاظتی (کم خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی) بود. در کم خاک‌ورزی فعالیت آنتی اکسیدانی از طریق سرکوب کاتالاز و افزایش پراکسیداز اندام هوایی کارآمد بود و بیشترین خاکستر دانه، کربوهیدرات دانه و عملکرد دانه را به همراه داشت. افزایش پروتئین خام دانه در خاک‌ورزی مرسوم و برعکس افزایش کربوهیدرات دانه در کم خاک‌ورزی نشانگر

## مجله فرایند و کارکرد گیاهی

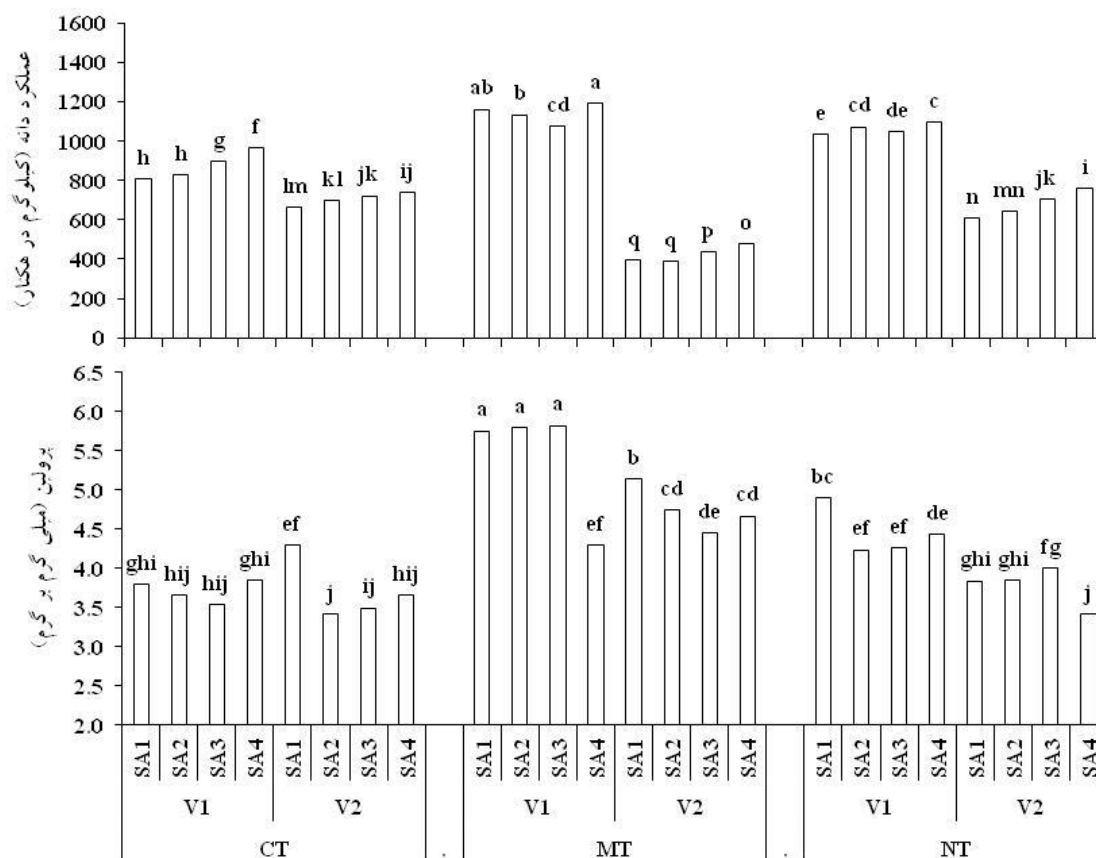
همبستگی منفی میان این دو صفت بود. رقم مراغه هرچند مقدار پراکسیداز اندام هوایی کمتری داشت، اما از قدرت تنظیم اسمزی (مقدار پرولین) بالاتری برخوردار بود که منجر به افزایش معنی دار عملکرد دانه آن نسبت به رقم گچساران شد. کاربرد سالیسیلیک اسید با تعدیل تنش موجب افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، پروتئین خام، کربوهیدرات، فسفر و خاکستر دانه و در نهایت عملکرد دانه شد. در مجموع روش کم خاک‌ورزی با استفاده از رقم مراغه با محلول‌پاشی ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید جهت زراعت این گیاه علوفه‌ای در شرایط دیم منطقه پیشنهاد می‌شود.

پس از انتشار





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



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه خاکورزی در رقم در سالیسیلیک اسید بر پروتئین اندام هوایی و عملکرد دانه ماشک، CT، MT و NT، به ترتیب خاکورزی مرسوم، کم خاکورزی و بدون خاکورزی؛ V1 و V2، به ترتیب ارقام مراغه و گچساران؛ SA1، SA4، به ترتیب محلول پاشی ۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید. میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند (LSD %5).

- الفی، شهرام و عزیزی، فرهاد (۱۳۹۴). بررسی اثر تنش خشکی و استفاده از ژئولیت بر برخی صفات کمی و کیفی سه رقم ذرت، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، شهر ری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
- امینی، عادل، رجایی، مجید و فارسی‌نژاد، کریم (۱۳۹۳). تاثیر 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 محلول پاشی اسیدسالیسیلیک 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، 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/UFCS.2017.209308.654148>
- دولتمندشهری، نرگس، و حق شناس، 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: 20.1001.1.2008403.1396.9.33.7.2
- رمودی، 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 اکوفیزیولوژی گیاهان*، ۱(۱)، ۱۹-۳۲. <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. پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته زراعت. دانشگاه شاهد. ۹۶ صفحه.
- سپیده‌دم، سهیل، و رمودی، 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، حسینی، محمدرضا، کریمی، حمیدرضا، و اسماعیل زاده، مجید (۱۳۹۴). بررسی اثرات میکوریز ارباسکولار و اسید سالیسیلیک بر میزان عناصر غذایی دانه‌ها 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 محلول پاشی 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 گاوآینه به روش *in vitro*. *دانش کشاورزی*، ۲، ۸۲-۸۳. <https://civilica.com/doc/486304>
- عزتی، ناصر، ملکی، عباس، و فتحی، امین (۱۳۹۸). تاثیر تنش خشکی و محلول پاشی 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](https://journals.iau.ir/article_671941_fce589d3a9e8abc4b6814bcd8b8717fc.pdf)

- فرجی مهمانی، عزیزه، اسماعیل پور، بهروز، سفیدکن، فاطمه، و خرم دل، سرور (۱۳۹۵). اثر محلول پاشی با غلظت های سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر خصوصیات رشدی و عملکرد مرزه. *نشریه پژوهش های زراعی ایران*، ۱۴(۱)، ۷۳-۸۵. <https://doi.org/10.22067/GSC.V14I1.33631>
- کافی، محمد، برزویی، اعظم، صالحی، معصومه، کمندی، علی، معصومی، علی و نباتی، جعفر (۱۳۸۸). فیزیولوژی تنش های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.
- لامعی هروان، جواد، و اسماعیلی آفتابدری، محمد (۱۳۹۳). تأثیر کود سبز خلر و ماشک بر برخی ویژگی های خاک و عملکرد سیب زمینی و گندم. *نشریه پژوهش های خاک (علوم خاک و آب)*، ۲۸(۴)، ۶۰۷-۶۱۶. <https://doi.org/10.22092/IJSR.2015.100850>
- مهربان مقدم، نجمه، آروین، محمد جواد، خواجهی نژاد، غلامرضا و مقصودی، کبری (۱۳۹۰). اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در مزرعه. *مجله به زراعی نهال و بذر*، ۲-۲۷(۱)، ۴۱-۵۵. [https://sppj.areeo.ac.ir/article\\_110423\\_7d1db49e49deb0f56d4b4a9ab3866157.pdf](https://sppj.areeo.ac.ir/article_110423_7d1db49e49deb0f56d4b4a9ab3866157.pdf)
- نجف زاده، رقیه، و رحمتی، مصطفی (۱۳۹۳). مدیریت و بهره وری آب باران در کشاورزی. *مجله علمی - ترویجی سامانه های سطوح آبگیر باران*، ۳(۲)، ۳۱-۴۰. <https://civilica.com/doc/1730821>
- 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](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. 97-99. Hoyle, M.C. 1972. Indole acetic acid oxidase, a dual catalytic enzyme. *Plant Physiology*, 50, 15-18. <https://doi.org/10.1007/1-4020-5184-0>
- 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 evaluation of various feedstuffs for livestock production using in vitro gas method. *Pakistan Veterinary Journal*, 27(3), 129-133. [http://www.pvj.com.pk/Abstract/27\\_3/7.htm](http://www.pvj.com.pk/Abstract/27_3/7.htm)
- Kim, H., Ch. Lim, T. Han, J. & Kim, Ch. Jin. (2003). Effects of salicylic acid on paraquat tolerance in *Arabidopsis 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. Unpublished Ph.D Thesis, University of New England, Australia.
- Kochert, G. (1978). Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method. In, Helebus, Journal of Agricultural Science, J. S. (ed), Hand book of Physiological Method, 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 -Bellido, 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](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 Fescue. *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](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](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. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.09.012>
- Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. & Dixon, K. (2000). Acetyl salicylic acid (aspirin) 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. and 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

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

Ardeshir Papaiee<sup>1</sup>, Masoud Rafiee<sup>2\*</sup>, Ali Khorgami<sup>1</sup>, Kazem Taleshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Agronomy and plant breeding, Khorramabad branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran.

<sup>2</sup>Crop and Horticultural Science Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREO, Khorramabad, Iran.

\*Corresponding author, rafieemasoud@yahoo.com

### Abstract:

In order to investigate the biochemical responses 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 a randomized complete block design with four replications in three environments, including conventional tillage (ploughing with a reversible plow and disc), low tillage (protection plowing with chisel packer) and no tillage. The results showed that the highest amount of proline in the shoot was obtained without significant difference from the low tillage method in the 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 the conventional tillage method in the Gachsaran cultivar with the application of 0.5 and 0.1 mM salicylic acid (3.4 mg/g fresh weight). The highest amount of shoot peroxidase was obtained 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 was obtained from the conventional tillage method in the Maragheh variety with the application of zero and 0.1 mM salicylic acid (29.2%), and the lowest amount was achieved from the low tillage method in the Gachsaran variety without the application of salicylic acid (7/25 percent). 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 the 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