



## به زراعی کشاورزی

دوره ۲۳ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۰

صفحه‌های ۳۷۷-۳۹۲

مقاله پژوهشی:

### تأثیر محلول پاشی با اسید آسکوربیک، اسید سالیسیلیک و متانول بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و کاهش خسارت تأخیر کاشت کلزا

سید احمد کالانتراحمادی<sup>۱\*</sup>، جهانفر دانشیان<sup>۲</sup>

۱. استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران.

۲. استاد، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۸/۰۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۱/۰۶

#### چکیده

این آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۹۴-۱۳۹۲) در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول اجرا شد. در کرت‌های اصلی سه تاریخ کاشت ۱۵ آبان‌ماه، ۵ آذرماه و ۲۵ آذرماه و در کرت‌های فرعی اسید آسکوربیک با غلظت ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر، سالیسیلیک اسید با غلظت ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میکرومولار، متانول با غلظت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی و شاهد به صورت محلول پاشی با آب مقطر مقایسه شد. اثر تاریخ کاشت و محلول پاشی و هم‌چنین اثر متقابل آن‌ها بر میزان پرولین، قندهای محلول، تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تاریخ کاشت و محلول پاشی نشان داد که بیش‌ترین تعداد خورجین در بوته (۶۸/۹۶) در تاریخ کاشت اول و محلول پاشی اسید آسکوربیک (۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) تشکیل شد. از نظر عملکرد دانه بین تاریخ کاشت‌های مختلف تفاوت معنی‌داری وجود داشت و عملکرد دانه در تاریخ کاشت‌های دوم و سوم در مقایسه با تاریخ کاشت اول به ترتیب به میزان ۱۴ و ۳۰ درصد کاهش یافت. هرچند محلول پاشی با تیمارهای آزمایشی در تمامی تاریخ کاشت‌ها موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد، اما کاربرد اسید آسکوربیک با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در تاریخ کاشت‌های اول و سوم و اسید سالیسیلیک با غلظت ۲۰۰ میکرومول و متانول (۱۰ درصد) در تاریخ کاشت دوم قابل توصیه است.

**کلیدواژه‌ها:** پرولین، تاریخ کاشت، عملکرد دانه، قندهای محلول، گرما.

### Effects of Foliar Application of Ascorbic Acid, Salicylic Acid and Methanol on Physiological Traits and Reducing the Damage Caused by Delayed Sowing Date in Canola

Seyed Ahmad Kalantar Ahmadi<sup>1\*</sup>, Ahmad Ali Shoushi Dezfouli<sup>2</sup>

1. Assistant Professor, Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezfoul, Iran.

2. Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran.

Received: March 25, 2020

Accepted: October 28, 2020

#### Abstract

The present experiment has been carried out as a split plot based on randomized complete block design with three replications in Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Dezfoul between 2012 and 2014. The main plots is consisted of 3 sowing dates (November 5, November 25, and December 15) with the sub plots including 10 levels of foliar application (100, 200, 300 mg.lit<sup>-1</sup> ascorbic acid, 100, 200, 300 μmol ascorbic acid, 10, 20, 30 vol% methanol, and the foliar application of distilled water as control treatment). The effect of sowing date and foliar application as well as their interaction has had significant effect on proline, soluble sugars, number of siliques per plant, and seed yield ( $P \leq 0.01$ ). Comparing means of sowing date  $\times$  foliar application shows that the maximum number of siliques per plant (68.96) has been formed in the first sowing date with the foliar application of ascorbic acid (300 mg.lit<sup>-1</sup>). There has been a significant difference between different sowing dates: the seed yield has decreased in the second and third sowing date, compared to the first one by 145% and 30%, respectively. However, foliar application of experimental treatments has increased the seed yield in all sowing dates, but it is recommended to use ascorbic acid (300 mg.lit<sup>-1</sup>) in the first and third sowing dates as well as salicylic acid (200 μmol) and methanol (10%) in the second sowing date.

**Keywords:** Heat, proline, seed yield, soluble sugars, sowing date.

## ۱. مقدمه

در اقلیم‌های گرم‌سیری، افزایش تشعشع و دما، مهم‌ترین فاکتورهایی هستند که در دوره رشد رویشی و زایشی بر رشد و عملکرد گیاه تأثیر می‌گذارند. آسیب‌های دمای بالا شامل سوختگی برگ‌ها و جوانه‌ها، پیرشدن و ریزش برگ‌ها، جلوگیری از رشد جوانه و ریشه، رنگ‌پریدگی و آسیب‌رساندن به میوه و کاهش عملکرد می‌باشد (Vollenweider & Gunthardt-Goerg, 2005).

اگرچه میزان حساسیت به دمای بالا در گونه‌های مختلف متفاوت است ولی طی فرایند تولید، یک دوره کوتاه‌مدت تنش گرما می‌تواند موجب افزایش میزان سقط جوانه‌های گل و گل‌های باز شده شود (Young *et al.*, 2004). مشخص شده است در صورتی که کلزای کشت‌شده سراسر دوره رشد خود را در دمای ۲۷ درجه سلسیوس روز و ۱۷ درجه سلسیوس شب سپری کرده باشد، تقریباً به‌طور کامل عقیم می‌شود (Morrison, 1993).

کاهش تشکیل بذر در گیاهان تحت تنش گرمایی در مراحل زایشی ناشی از کاهش قابلیت جوانه‌زنی گرده می‌باشد (Rotman *et al.*, 2003). تاریخ کاشت مناسب و گلدهی زود هنگام موجب می‌شود که مراحل غنچه‌دهی و شروع گلدهی با شرایط محیطی مطلوب (دما، تابش و رطوبت) مواجه شده و باعث شود که تعداد زیادی از سلول‌های مولد خورجین روی شاخه‌های اصلی و فرعی به مرحله باروری و تکامل برسند و در مقابل برخورد مراحل زایشی با گرمای زود هنگام اواخر فصل و بادهای خشک و گرم باعث کاهش تولید خورجین و عملکرد دانه می‌شود (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2014).

اسید آسکوربیک یکی از اجزای مهم سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانت است و به‌عنوان یک عامل در حذف گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) می‌باشد (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2015). گزارش شده است که کاربرد

اسید آسکوربیک باعث افزایش تجمع پرولین، رنگدانه‌ها و افزایش رشد و عملکرد دانه کلزا می‌شود (Sakr & Arafa, 2009; Kalantar Ahmadi *et al.*, 2017) و همچنین کاربرد اسید آسکوربیک موجب افزایش میزان پرولین در دماهای ۳۵ تا ۴۵ درجه سلسیوس می‌شود (Kumar *et al.*, 2011).

نقش اسید آسکوربیک در افزایش تجمع قندهای محلول را می‌توان به تأثیر مثبت اسید آسکوربیک در افزایش میزان کلروفیل‌ها و تأثیر آن در متابولیسم سلول و افزایش تقسیم و توسعه سلول نسبت داد (Gadallah, 2000). تحت شرایط تنش ملایم افزایش غلظت اسید سالیسیلیک کاربردی موجب کاهش غلظت قندهای محلول شد. به‌نظر می‌رسد که تحت چنین شرایطی اسید سالیسیلیک مصرف متابولیکی قندهای محلول را به‌منظور تشکیل سلول‌های جدید به‌عنوان مکانیسمی جهت تعدیل رشد به‌کار می‌برد (Khodary, 2004). محلول‌پاشی متانول موجب افزایش میزان قندهای محلول می‌شود (Bagheri *et al.*, 2014) و گیاهان قادر هستند متانول را به اسیدهای آمینه، اسیدهای آلی و قندها تبدیل کنند.

اسید آسکوربیک از طریق تأثیر بر افزایش رشد رویشی و تقسیم سلولی می‌تواند افزایش تعداد خورجین در بوته را سبب شود (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2017). افزایش رشد ناشی از اسید آسکوربیک در شرایط مطلوب و تنش به‌علت بیش‌تر شدن تقسیم و طول‌شدن سلولی می‌باشد و در نتیجه اثر مثبت اسید آسکوربیک بر رشد گیاه، افزایش تعداد خورجین را موجب شده است (Kamal *et al.*, 2017).

اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک مولکول سیگنال‌دهنده داخلی که موجب القای تحمل تنش‌های غیرزنده در گیاهان می‌شود، عمل می‌کند و کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک برای تنظیم فتوسنتز در گیاهان رشدیافته در

گیاهان است و نقش‌های متفاوتی در تحمل تنش‌های غیرزنده به‌عهده دارد. پرولین به‌عنوان ماده‌ای که در گیاهان تحت تنش، تجمع می‌یابد شناخته شده است (Kavi Kishore *et al.*, 2005). سنتز پرولین می‌تواند موجب کاهش پتانسیل احیای سلول تحت تنش حرارتی و سایر تنش‌های محیطی شود، که این امر موجب افزایش تحمل به گرما می‌گردد (Wahid, 2007). از آنجاکه تنش تولید رادیکال‌های آزاد را افزایش می‌دهد و از این طریق موجب وارد آمدن آسیب به غشای سلولی، عدم فعالیت آنزیم‌ها، نشت یون‌ها از سلول‌های گیاهی و تخریب تنظیم اسمزی می‌شود، بنابراین به‌طور طبیعی تجمع پرولین در سیتوزول برای تنظیم اسمزی سیتوپلاسم اتفاق می‌افتد (Ketchum *et al.*, 1991).

یکی از راه‌های افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در گیاهان استفاده از ترکیباتی مانند متانول، اتانول، پروپانول و بوتانول می‌باشد (Ramberg *et al.*, 2002) که نقش مهم این مواد جلوگیری از کاهش اثر تنش‌های القاشده به گیاه در انجام تنفس نوری آن‌هاست (Downie *et al.*, 2004). اثرات محرک و بازدارنده متانول به شدت، غلظت و زمان استفاده از متانول بستگی دارد (Dewez *et al.*, 2003). متانول از طریق بهبود فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و متابولیت‌ها (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2015) بهبود عملکرد دانه کلزا را به‌دنبال دارد (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2017).

در شرایط مطلوب کاربرد متانول از طریق افزایش تعداد خورجین (Zbiec *et al.*, 2003; Kalantar Ahmadi *et al.*, 2017) و وزن هزاردانه موجب افزایش عملکرد دانه کلزا می‌شود و تحت شرایط تنش به‌دلیل تأثیر مثبت در افزایش تجمع پرولین، کاروتنوئیدها، تعداد دانه در خورجین و وزن هزاردانه سبب افزایش عملکرد دانه کلزا می‌شود (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2017).

شرایط مطلوب و تنش گزارش شده است (Kalantar *et al.*, 2017). کاربرد اسید سالیسیلیک سبب بهبود رشد گیاه تحت تنش می‌شود و میزان جذب خالص دی‌اکسیدکربن را افزایش می‌دهد (Martel & Qaderi, 2016). اسید سالیسیلیک موجب افزایش میزان قندهای محلول، پرولین، عملکرد دانه و اجزای عملکرد در گیاه برنج تحت تنش گرما می‌شود (Zhang *et al.*, 2017).

اسید سالیسیلیک نیز از طریق نقش‌های فیزیولوژیکی متنوع از جمله رشد، القای گلدهی، حرکت روزنه‌ای، فتوسنتز و فعالیت‌های آنزیمی بر تعداد خورجین در بوته نیز تأثیرگذار می‌باشد (Hayat *et al.*, 2005).

به‌نظر می‌رسد که اسید سالیسیلیک در واکنش‌های ایجادشده توسط گیاهان به تنش گرمایی دخالت داشته باشد. اسید سالیسیلیک بخش مهمی از مسیرهای سیگنال‌دهی در واکنش به مقاومت سیستمیک اکتسابی محسوب می‌شود. اسید سالیسیلیک موجب پایداری فاکتورهای نسخه‌برداری شوک حرارتی شده و به آن‌ها کمک می‌کند تا عناصر شوک حرارتی را به پروموتورژن‌های وابسته به شوک حرارتی متصل نمایند. هم‌چنین امکان القای تحمل حرارتی بلندمدت که به‌نظر می‌رسد هر دو سیستم هوموستازی  $Ca^{2+}$  و آنتی‌اکسیدانت در آن دخالت دارند، توسط اسید سالیسیلیک وجود دارد و مجموعه این واکنش‌ها در بهبود عملکرد دانه سهیم هستند (Wahid *et al.*, 2007) و با نتایج این آزمایش هماهنگی دارد.

تجمع ترکیبات آلی از جمله قندهای محلول یکی از مکانیسم‌های سازگاری گیاهان تحت تنش‌های غیرزنده می‌باشد (Sairam & Tyagi, 2004) و تجمع قندهای محلول تحت شرایط تنش گرما در نیشکر گزارش شده است که این امر موجب افزایش تحمل به گرما می‌گردد (Wahid & Close, 2007).

پرولین یکی از مهم‌ترین متابولیت‌های ثانویه در

سال زراعی (۱۳۹۲-۹۳ و ۹۴-۱۳۹۳) در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۲ دقیقه، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه و ارتفاع ۸۲ متر از سطح دریا اجرا شد.

تیمارهای آزمایشی شامل تاریخ کاشت در سه سطح (۱۵ آبان، ۵ آذر و ۲۵ آذرماه) و مواد مؤثر بر رشد نیز در ۱۰ سطح شامل (اسید آسکوربیک با غلظت ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر، اسید سالیسیلیک با غلظت ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میکرومول، متانول با غلظت ۱۰ درصد، ۲۰ درصد و ۳۰ درصد حجمی، و شاهد به صورت محلول پاشی با آب مقطر) در کرت‌های فرعی مقایسه شدند. مواد مؤثر بر رشد تولید شرکت مرک آلمان بودند. تاریخ کاشت ۱۵ آبان‌ماه به‌عنوان شرایط مطلوب (شاهد) در نظر گرفته شد (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2014). مشخصات تیمارها در جدول (۱) ارائه شده است.

محلول پاشی با استفاده از سمپاش پشتی کتابی با نازل نوع سیلابی انجام شد. حجم پاشش برای هر کرت فرعی سه لیتر بود. محلول پاشی در دو مرحله غنچه‌دهی (کد ۳۱) و شروع گلدهی (کد ۶۱) انجام شد (Sylvester-Bradley & Makepeace, 1984).

رقم کلزای مورد آزمایش Hyola401 (شاهد منطقه، تیپ بهاره) بود. میزان بارندگی و دما در شکل (۱) آورده شده است.

محلول پاشی اسید آسکوربیک از طریق تأثیر بر فرایندهای فیزیولوژیکی از جمله تحرک فعالیت‌های تنفسی، تقسیم سلولی و فعالیت‌های آنزیمی موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود (El-Hamed *et al.*, 2004; Irfan *et al.*, 2006). افزایش وزن دانه ناشی از کاربرد اسید آسکوربیک نیز می‌تواند به دلیل افزایش فتوسنتز و انتقال آسیمیلات‌ها به دانه‌ها باشد (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2017).

توجه به تقویم زراعی خوزستان نشان می‌دهد که کشت‌های تأخیری محصولات پاییزه و از جمله کلزا از عملکرد دانه کم‌تری برخوردار می‌باشند. با توجه به این‌که کشت کلزا در تاریخ مطلوب تقریباً در ۲۰ درصد از زمین‌های استان خوزستان به دلیل تأخیر در برداشت محصولات تابستانه انجام نمی‌شود، بنابراین ارائه توصیه‌های مناسب در شرایط کشت تأخیری کلزا می‌تواند به کاهش خسارت ناشی از تأخیر در تاریخ کاشت کمک نماید. بنابراین، با توجه به وقوع دماهای بالا در اواخر زمستان و اوایل بهار در مناطق گرم جنوب کشور و حساس بودن کلزا نسبت به آن به‌ویژه در کشت‌های تأخیری، امکان کاهش میزان خسارت عملکرد دانه با کاربرد اسید آسکوربیک، اسید سالیسیلیک و متانول بررسی شد.

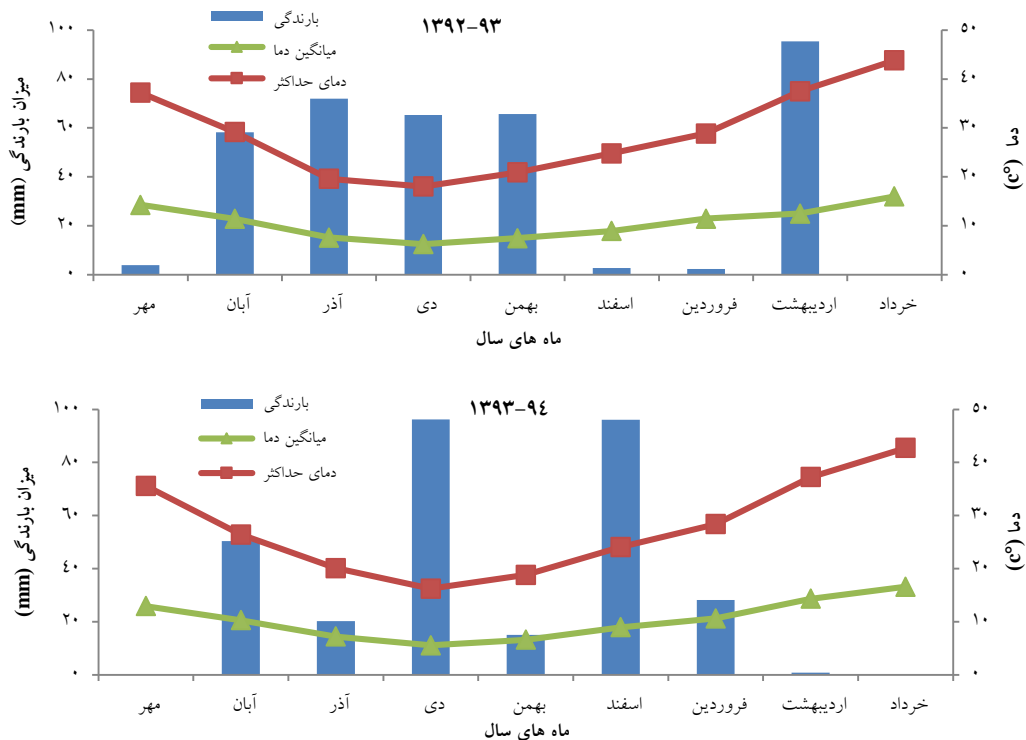
## ۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو

جدول ۱. مشخصات تیمارهای آزمایشی

H1: تاریخ کاشت ۱۵ آبان (شاهد)	H2: تاریخ کاشت ۵ آذر (تنش ملایم گرما)	H3: تاریخ کاشت ۲۵ آذر (تنش شدید گرما)
AsA1: 100 mg.lit <sup>-1</sup> اسید آسکوربیک	AsA2: 200 mg.lit <sup>-1</sup> اسید آسکوربیک	AsA3: 300 mg.lit <sup>-1</sup> اسید آسکوربیک
Sa1: 100μ mol اسید سالیسیلیک	Sa2: 200μ mol اسید سالیسیلیک	Sa3: 300μ mol اسید سالیسیلیک
Me1: 10% متانول	Me2: 20% متانول	Me3: 30% متانول
Control: محلول پاشی با آب مقطر (شاهد)		

تأثیر محلول پاشی با اسید آسکوربیک، اسید سالیسیلیک و متانول بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و کاهش خسارت تأخیر کاشت کلزا



شکل ۱. میانگین دمای هوا و بارندگی محل اجرای آزمایش (۱۳۹۲ تا ۱۳۹۴)

از کاشت بذر، علف‌کش ترفلان به میزان دو لیتر در هکتار به صورت خاک کاربرد مصرف شد و سپس با استفاده از فاروئر ردیف‌های کاشت با عرض ۷۵ سانتی‌متر ایجاد شدند. آرایش کاشت به صورت دو ردیف روی پشته با میزان مصرف بذر ۶ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. هر کرت فرعی شامل چهار پشته شش متری بود. هر کرت فرعی با یک پشته به صورت نکاشت از کرت فرعی کناری جدا شد. عملیات داشت در طول فصل رشد برحسب نیاز انجام گرفت. میزان بارندگی و دما در طول دو سال آزمایش در شکل (۱) ارائه شده است.

وضعیت دما در طول مراحل گلدهی، خورجین‌دهی و پرشدن دانه در جدول‌های (۳) و (۴) ارائه شده است و دمای بالاتر از ۲۸ درجه سلسیوس به عنوان درجه حرارت آستانه تنش (Ghobadi et al., 2006) کلزای بهاره در نظر گرفته شد.

خاک محل آزمایش دارای بافت لومی-رسی با اسیدیته ۷/۶۴ و هدایت الکتریکی ۰/۵۷ دسی‌زیمنس بر متر بود. براساس نتایج تجزیه خاک میزان مواد آلی خاک ۰/۷۲ درصد، فسفر ۸/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و پتاسیم ۱۷۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل به صورت پایه به خاک داده شد. مقدار نیتروژن مصرفی نیز ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار (از منبع اوره) بود. کود نیتروژن در سه مرحله (یک سوم قبل از کاشت، یک سوم در مرحله ساقه‌رفتن و یک سوم در اوایل گلدهی) به‌طور مساوی مصرف شد.

زمین مزرعه آزمایشی در سال اول و قبل از زراعت کلزا، زیر کشت گندم بود. در پایان سال اول آزمایش، در فصل تابستان، گیاه ماش در مزرعه کشت شده بود و پس از برداشت محصول آن، سال دوم آزمایش اجرا شد. قبل

در خورجین و وزن هزاردانه، تعداد ۱۰ بوته به صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و صفات مذکور اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری تعداد دانه در خورجین، ۱۰۰ عدد خورجین از ۱۰ بوته انتخابی جدا شده و دانه‌های آن‌ها با استفاده از دستگاه بذر شمار الکتریکی (مدل CONTADOR، ساخت کشور آلمان) شمارش شده و بعد از میانگین‌گیری، تعداد دانه در خورجین محاسبه شد. پس از حذف دو خط کناری هر کرت و یک متر ابتدا و انتهای هر کرت، محصول ۴/۸ مترمربع از هر کرت برداشت و عملکرد دانه بر مبنای رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد.

جهت ارزیابی یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی آزمون بارتلت انجام گرفت و نتایج کای اسکور نشان‌دهنده یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی در دو سال آزمایش بود. برای صفاتی که اثر متقابل سال در تاریخ کاشت در محلول‌پاشی معنی‌دار نشد، میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت در محلول‌پاشی ارائه شد. تجزیه آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۲) و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

### ۳. نتایج و بحث

#### ۱.۳. پرولین و قندهای محلول

تجزیه مرکب آزمایش نشان داد که اثر سال و هم‌چنین اثر متقابل سال در محلول‌پاشی و سال در تاریخ کاشت در محلول‌پاشی بر پرولین معنی‌دار نبود. اثر ساده تاریخ کاشت، محلول‌پاشی و اثر متقابل تاریخ کاشت در محلول‌پاشی بر پرولین معنی‌دار شد (جدول ۲).

پرولین (۰/۸۶ میکروگرم در گرم وزن تر) در تاریخ کاشت دوم و کاربرد اسید سالیسیلیک (۲۰۰ میکرومول) مشاهده شد و با تاریخ کاشت سوم در یک گروه آماری

اندازه‌گیری پرولین با استفاده از جوان‌ترین برگ‌ها در مرحله گلدهی انجام گرفت. به این صورت که مقدار ۰/۱ گرم بافت برگی در ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳/۳ درصد ساییده شده و با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس در لوله جداگانه دیگری، به ۲ میلی‌لیتر از عصاره حاصل، ۲ میلی‌لیتر معرف ناین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال خالص اضافه شد و لوله‌ها به مدت یک ساعت در بن‌ماری قرار گرفتند.

پس از اضافه کردن ۴ میلی‌لیتر تولوئن به هر کدام از لوله‌ها، به مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه ورتکس شد. پس از تشکیل دو فاز جداگانه، فاز بالایی رنگی، با دقت جدا و مقدار جذب در دستگاه اسپکتروفتومتری با طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد (Bates et al., 1973).

برای اندازه‌گیری قندهای محلول ابتدا ۰/۵ گرم از بافت برگی در هاون چینی کاملاً هم‌وزن گردید. سپس ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد به آن اضافه و به مدت ۳۰ ثانیه ورتکس شد. مایع رویی جدا و به لوله دیگری منتقل شده و سپس دو بار و در هر بار ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد به بخش جامد باقی‌مانده اضافه شد و کاملاً شست‌وشو گردید. بخش مایع رویی به لوله آزمایش منتقل شد و ۱۵ میلی‌لیتر عصاره به‌دست آمد (کلیه موارد فوق در حمام یخ و نور کم انجام شد). عصاره حاصل، به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. بعد از جداسازی روشناور (Super natant)، ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی انتخاب و داخل لوله‌های آزمایشی ریخته شد. سپس ۳ میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه‌شده به آن اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد. در پایان میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد (Irigoyen et al., 1992).

برای اندازه‌گیری تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه

تأثیر محلول پاشی با اسید آسکوربیک، اسید سالیسیلیک و متانول بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و کاهش خسارت تأخیر کاشت کلزا

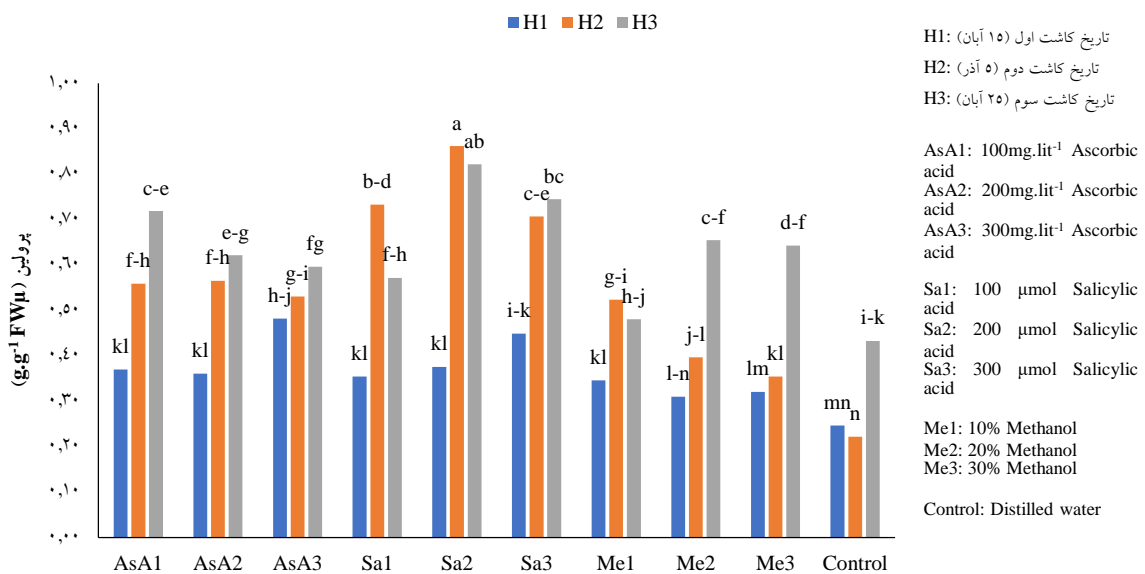
اسید سالیسیلیک (۲۰۰ میکرومول) بر تجمع پرولین بیش‌تر از سایر تیمارها بود. استفاده نکردن از مواد مؤثر در رشد هم در شرایط مطلوب و هم تنش کاهش میزان پرولین را به همراه داشت (شکل ۲).

قرار گرفت. حداقل میزان پرولین (۰/۲۲ میکروگرم در گرم وزن تر) نیز متعلق به تاریخ کاشت دوم و استفاده نکردن از مواد مؤثر در رشد بود (شکل ۲). در شرایط تنش ملایم و شدید گرما تأثیر محلول پاشی

جدول ۴. تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه در دو سال زراعی (۹۴-۱۳۹۲)

منابع تغییرات	درجه آزادی	پرولین	قندهای محلول	تعداد شاخه فرعی	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزاردانه	عملکرد دانه
سال	۱	۰/۰۰۰۰۲ns	۰/۰۰۰۰۲ns	۱/۹۱*	۱۲۱/۱۹ns	۰/۰۰۷ns	۰/۰۰۸ns	۵۹۶۲۳ns
خطا	۴	۰/۰۰۰۶۲	۰/۰۰۰۵۴	۰/۱۹	۳۱/۷۷	۰/۰۱	۰/۲۱	۲۶۰۱۸۹۵
تنش گرما	۲	۱/۱۲**	۱/۱۱**	۱/۸۵**	۶۱۳۵**	۰/۳۳**	۸/۸۹**	۱۷۱۷۴۵۲۱**
تنش گرما × سال	۲	۰/۰۲۰۶*	۰/۰۰۱۴ns	۱/۶۸*	۳/۳۲ns	۰/۰۰۷ns	۰/۲۸ns	۳۳۸۰۵۶ns
خطا	۸	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۳۱	۰/۲۴	۷۹/۰۵	۰/۰۳	۱/۳۹	۷۲۱۸۸۸
محلول پاشی	۹	۰/۲۱۱۹**	۰/۰۳۱۵**	۱/۴۲**	۹۵۷/۵۳**	۰/۰۲**	۱/۴۲**	۱۹۴۹۸۲۲**
محلول پاشی × سال	۹	۰/۰۰۲۸ns	۰/۰۰۱ns	۰/۱۲ns	۱۹/۸۵ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۳ns	۶۳۰۶۸ns
تنش گرما × محلول پاشی	۱۸	۰/۰۵۷۲**	۰/۰۳۷**	۱/۳۱**	۳۵۵/۵۹**	۰/۰۰۸ns	۰/۴۵ns	۶۱۳۳۹۵**
سال × تنش گرما × محلول پاشی	۱۸	۰/۰۰۳۴ns	۰/۰۰۱ns	۰/۲۸ns	۱۱/۳۶ns	۰/۰۰۰۵ns	۰/۰۱ns	۸۰۳۳۸ns
خطا	۱۰۸	۰/۰۰۶۶	۰/۰۰۲۸	۰/۳۶	۱۱۵/۸۹	۰/۰۰۵	۰/۲۸	۲۰۸۵۳۰
ضریب تغییرات		۱۵/۸۵	۱۸/۲۲	۱۴/۱۷	۲۲/۹۱	۱۲/۵۵	۱۶/۷۹	۱۴/۷۰

ns, \*, \*\* به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی دار.



شکل ۲. اثر متقابل تاریخ کاشت و محلول پاشی مواد مؤثر در رشد بر میزان پرولین در دو سال آزمایش

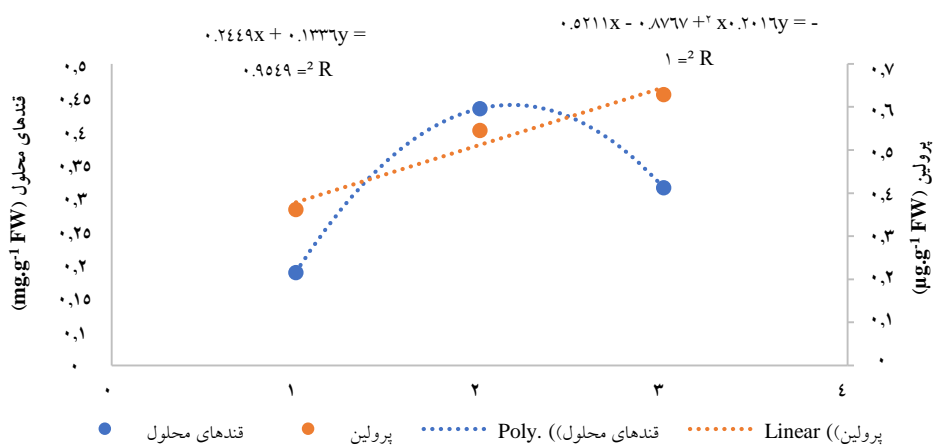
قندهای محلول معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل تاریخ کاشت و محلول‌پاشی مواد مؤثر در رشد در دو سال آزمایش نشان داد که میزان قندهای محلول در تاریخ کاشت‌های دوم و سوم نسبت به تاریخ کاشت اول بیش‌تر بود. بیش‌ترین میزان قندهای محلول در تاریخ کاشت دوم و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک (۱۰۰ میکرو مول) و متانول (۳۰ درصد وزن حجمی) مشاهده شد. کم‌ترین میزان قندهای محلول در تاریخ کاشت اول و کاربرد اسید سالیسیلیک (۱۰۰ میکرومول) اختصاص یافت، که با تیمار شاهد (آب مقطر) در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۴).

با تأخیر در کاشت میزان تولید قندهای محلول افزایش یافت و با تأخیر بیش‌تر از میزان تولید آن کاسته شد. تغییرات قندهای محلول با تاریخ کاشت از یک معادله سهمی پیروی کرد (شکل ۳). به‌نظر می‌رسد مکانیسم افزایش تولید قندهای محلول برای کاهش خسارت تنش از کارایی کم‌تری در تاریخ کاشت سوم نسبت به دوم برخوردار باشد. به‌عبارت دیگر، با افزایش شدت تنش تأثیر فعالیت این مکانیسم در کاهش خسارت تنش کاهش یافت. بنابراین در مقایسه با پرولین به‌نظر می‌رسد که قندهای محلول نقش کم‌تری در کاهش خسارت تنش داشته باشد.

به‌طورکلی، تأخیر در کاشت سبب افزایش میزان پرولین شد. میزان تجمع پرولین در شرایط تنش ملایم و شدید گرما در مقایسه با شرایط مطلوب به‌ترتیب به میزان ۵۰ و ۷۳ درصد افزایش یافت و از یک رابطه خطی پیروی کرد (شکل ۳).

کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش غلظت پرولین می‌شود (Eraslan et al., 2007)، که با نتایج این آزمایش هماهنگی دارد. Hara et al. (2012) نیز گزارش کردند که القای تولید پرولین توسط اسید سالیسیلیک ممکن است در توسعه واکنش‌های ضدخسارت تنش نقش داشته باشد. وقوع تنش گرما در کشت‌های تأخیری نه تنها سبب ایجاد خسارت مستقیم تنش گرما در گیاه شد، بلکه با توسعه شدت تنش ثانویه خشکی، کاهش بیش از پیش عملکرد را به‌دنبال داشت. استفاده از راه‌کارهای مختلف که سبب کاهش خسارت تنش‌های اولیه یا ثانویه در گیاه شود، می‌تواند افزایش عملکرد را در پی داشته باشد. افزایش غلظت مواد اسمزی مانند پرولین و قندهای محلول در این شرایط نشان‌دهنده انطباق گیاه برای کاهش میزان خسارت می‌باشد.

تجزیه مرکب آزمایش در دو سال نشان داد که اثر تاریخ کاشت، محلول‌پاشی و هم‌چنین اثر متقابل آن‌ها بر



شکل ۳. رابطه رگرسیونی بین تاریخ کاشت و تولید پرولین و قندهای محلول



تأثیر محلول پاشی با اسید آسکوربیک، اسید سالیسیلیک و متانول بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و کاهش خسارت تأخیر کاشت کلزا

آسکوربیک (۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و اسید سالیسیلیک (۱۰۰ میکرومول) بالاترین تعداد شاخه فرعی را دارا بودند (شکل ۵). تاریخ کاشت‌های نامناسب باعث کاهش تعداد شاخه در بوته و تعداد خورجین در گیاه می‌شود (Kalantar et al., 2014).

#### ۴.۳. تعداد خورجین در بوته

اثر ساده تاریخ کاشت، محلول پاشی و هم‌چنین اثر متقابل تاریخ کاشت در محلول پاشی بر تعداد خورجین در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر متقابل تاریخ کاشت در محلول پاشی در دو سال آزمایش نشان داد که بیش‌ترین تعداد خورجین در بوته (۶۸/۹۶) در تاریخ کاشت اول و محلول پاشی اسید آسکوربیک (۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) مشاهده شد. کم‌ترین تعداد خورجین در بوته (۱۸/۹۱) نیز به تاریخ کاشت سوم و محلول پاشی با آب مقطر اختصاص یافت (شکل ۶).

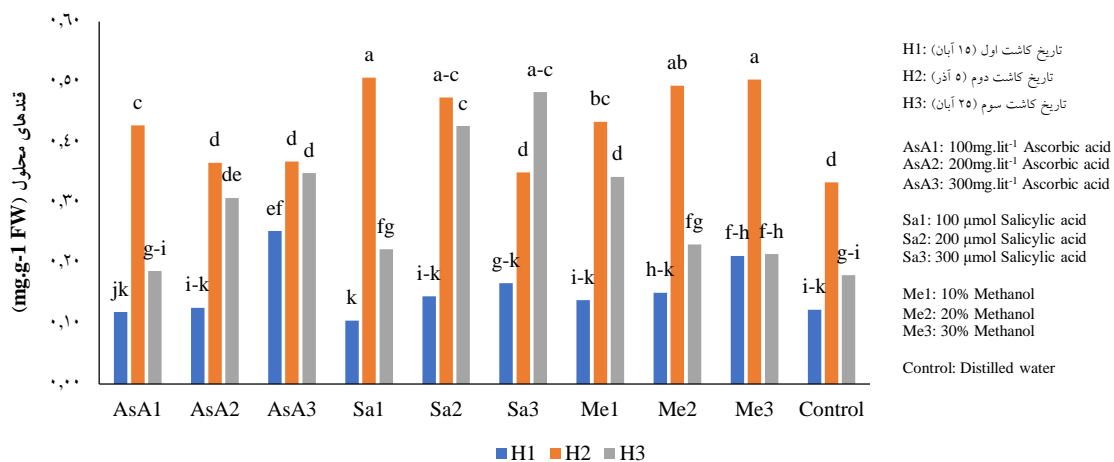
کاهش تعداد خورجین در بوته در تاریخ کاشت‌های دوم و سوم به دلیل کاهش طول دوره گلدهی (جدول ۳) و طول دوره رشد (جدول ۴)، تعداد روز با دمای بالاتر از درجه حرارت آستانه تنش (۲۸/۳ درجه سلسیوس) بود.

در این آزمایش الگوی تجمع متابولیت‌ها (قندهای محلول و پرولین) نسبت به تیمارهای اعمال‌شده متفاوت می‌باشد و می‌توان گفت که گیاه در شرایط مختلف از مکانیسم‌های متفاوتی تبعیت می‌کند.

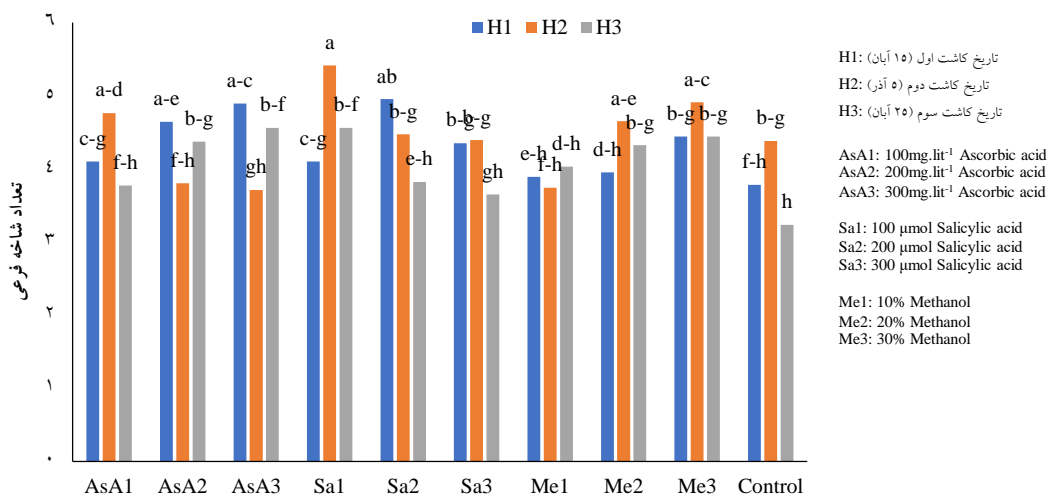
افزایش سطح این مواد نشان‌دهنده آن است که این مکانیسم در بازه دمایی محیط آزمایش به‌صورت فعال عمل کرده است.

#### ۳.۳. تعداد شاخه فرعی

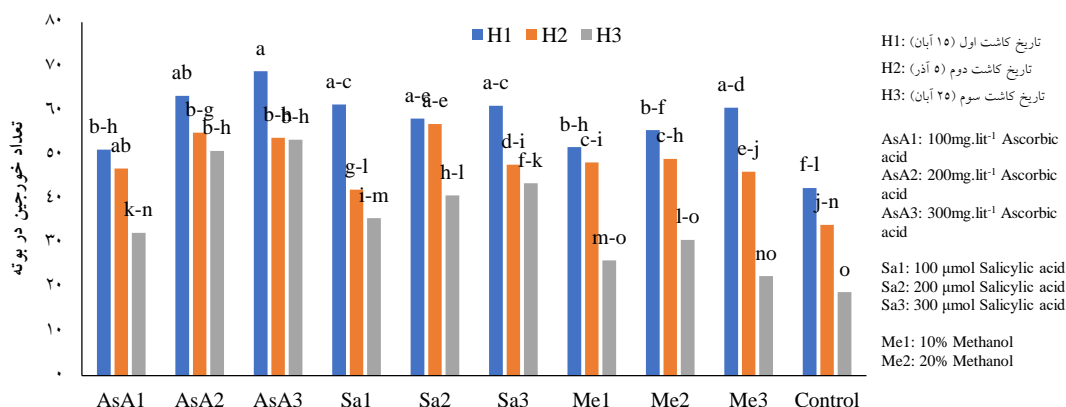
تجزیه مرکب آزمایش بیان‌گر معنی‌دار بودن اثر ساده سال، تاریخ کاشت و محلول پاشی بر شاخه فرعی بود. اثر متقابل سال در تاریخ کاشت و تاریخ کاشت در محلول پاشی نیز معنی‌دار شد (جدول ۲). میانگین‌های مربوط به اثر متقابل تاریخ کاشت و محلول پاشی مواد مؤثر بر رشد در دو سال آزمایش نشان داد که بیش‌ترین تعداد شاخه فرعی (۵/۴۱) در تاریخ کاشت دوم و محلول پاشی اسید سالیسیلیک (۱۰۰ میکرومول) مشاهده شد (شکل ۵). کم‌ترین تعداد شاخه فرعی (۳/۲۳) نیز متعلق به تاریخ کاشت سوم (تنش شدید گرما) و محلول پاشی با آب مقطر بود (شکل ۵). در تاریخ کاشت سوم (تنش شدید) تیمارهای محلول پاشی اسید



شکل ۴. اثر متقابل تاریخ کاشت و محلول پاشی مواد مؤثر بر رشد در میزان قندهای محلول در دو سال آزمایش



شکل ۵. اثر متقابل تاریخ کاشت و محلول پاشی مواد مؤثر در رشد بر تعداد شاخه فرعی در دو سال آزمایش



شکل ۶. اثر متقابل تاریخ کاشت و محلول پاشی مواد مؤثر در رشد بر تعداد خورجین در بوته در دو سال آزمایش

جدول ۳. وضعیت دما در طول دوره گلدهی و تعداد روز با میزان دمای بیش تر و کم تر از آستانه (۲۸ درجه سلسیوس) در مرحله

گلدهی تاریخ کاشت های مختلف در دو سال آزمایش

تاریخ کاشت	طول دوره گلدهی (روز)		دمای حداقل		دمای حداکثر		میانگین دما		تعداد روز با دمای کم تر از ۲۸ درجه		تعداد روز با دمای بیش تر از ۳۰ درجه	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
۱۵ آبان	۳۹	۵۰	۸/۷	۷/۹۷	۲۲/۱۵	۲۰/۵	۱۶/۴۵	۱۵/۴۵	۳۹	۵۰	-	-
۵ آذر	۳۴	۳۴	۸/۶	۱۱	۲۲/۴	۲۱/۹۵	۱۶/۴۵	۱۵/۵	۱۶	۳۲	۲	۲
۲۵ آذر	۲۰	۲۱	۱۲/۲	۱۳/۶	۲۴/۸	۲۶/۵	۲۰/۰۵	۱۸/۵	۱۷	۱۸	۳	۳

تأثیر محلول پاشی با اسید آسکوربیک، اسید سالیسیلیک و متانول بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و کاهش خسارت تأخیر کاشت کلزا

جدول ۴. وضعیت دما در طول دوره خورجین‌دهی و پرشدن دانه و تعداد روز با میزان دمای حداکثر متفاوت در مراحل خورجین‌دهی و پرشدن دانه تاریخ کاشت‌های مختلف در دو سال آزمایش

تاریخ کاشت	زمان برداشت		طول دوره خورجین‌دهی و پرشدن دانه (day)		دمای حداقل	دمای حداکثر	میانگین دما	تعداد روز		تعداد روز		تعداد روز با دمای بیش‌تر از ۳۰ درجه				
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم				با دمای ۲۸-۳۰ درجه	با دمای ۳۰-۲۸ درجه							
۱۵ آبان	۱۶ اردیبهشت	۱۱ اردیبهشت	۸۰	۹۰	۱۲/۸۷	۱۴	۲۷/۳۲	۲۸/۲	۲۰/۱	۲۱/۳۴	۴۵	۶۹	۳	۹	۳۲	۱۲
۵ آذر	۲۱ اردیبهشت	۱۶ اردیبهشت	۷۴	۷۰	۱۵/۰۶	۱۳/۳۶	۲۹/۸۶	۲۸/۸۶	۲۲/۴۶	۲۱/۱	۲۹	۴۰	۳	۱۰	۴۲	۲۰
۲۵ آذر	۲۵ اردیبهشت	۱۹ اردیبهشت	۶۹	۶۰	۱۶/۳	۱۴/۴	۳۱/۸۵	۳۰/۰۳	۲۴/۰۷	۲۲/۲۳	۱۹	۲۶	۳	۹	۴۷	۲۵

در شرایط مطلوب (تاریخ کاشت اول) اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک وجود نداشت غلظت ۱۰۰ میکرومول اسید سالیسیلیک از تأثیر بیش‌تری بر تعداد خورجین در بوته (۲۷ درصد افزایش نسبت به شاهد) برخوردار بود، اما در تاریخ کاشت‌های دوم و سوم تعداد خورجین در بوته نسبت به غلظت‌های بالای اسید سالیسیلیک واکنش مثبت نشان داد. در تاریخ کاشت دوم بالاترین تعداد خورجین در بوته به تیمار محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (۳۰۰ میکرومول) اختصاص یافت. در گیاه برنج تحت تنش گرما کاربرد اسید سالیسیلیک (۱-۱۰/۱ میلی‌مولار) دانه‌بندی و قابلیت زنده ماندن دانه‌گرده را به‌طور معنی‌دار افزایش می‌دهد. غلظت ۱۰ میلی‌مولار از تأثیرگذاری بالاتری برخوردار می‌باشد و حتی غلظت‌های ۵۰ میلی‌مولار نیز از اثر بازدارندگی برخوردار نمی‌باشند. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک قبل از وقوع گرما نیز قابلیت زنده‌ماندن دانه‌های گرده در گندم را افزایش می‌دهد (Feng et al., 2018).

متانول نیز از طریق تأثیر بر مسیرهای مختلف متابولیسمی مانند رشدونمو و فعال‌شدن ژن‌های درگیر در بیوسنتز اسید جاسمونیک (Gout et al., 2000) و مکانیسم‌های دفاعی موجب افزایش تعداد خورجین در بوته و در نهایت عملکرد دانه کلزا می‌شود (Kalantar et al., 2017; Zbiec et al., 2003).

افزایش دما تأثیر مثبتی در شروع گلدهی دارد، گل‌های اولیه پس از تشکیل و تلقیح خورجین‌هایی بارور تولید می‌کنند، درحالی‌که ممکن است گل‌هایی که بعداً تلقیح می‌شوند، قادر به انجام این کار نباشند. از بین‌رفتن دانه‌های گرده یا عدم توانایی مادگی در جذب دانه گرده، مانع از تشکیل خورجین می‌شود. نتایج مشابهی توسط Faratull et al. (2004) نیز گزارش شد.

وضعیت دما در طول دوره گلدهی و هم‌چنین پایداری دمای بالا از جمله عوامل مؤثر در تلقیح گل‌ها و تبدیل آن‌ها به خورجین می‌باشد. شکل (۱) نشان می‌دهد که افزایش دما به‌صورت مداوم رخ داده است و با توجه به این امر می‌توان اظهار داشت که اگر عدم تولید گل در نتیجه تنش گرمایی تنها دلیل کاهش تولید میوه و بذری دوره تنش بود، تولید میوه و بذر می‌باید در همان روزی که این تنش برطرف شد، از سر گرفته می‌شد (Young et al., 2004).

محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک در هر سه تاریخ کاشت افزایش تعداد خورجین در بوته را به‌دنبال داشت و با افزایش غلظت به تأثیر آن افزوده شد. اسید آسکوربیک با افزایش تقسیم و طول‌شدن سلول‌ها توسعه رویشی را در گیاه سبب می‌شود (Kamal et al., 2017). کاهش خسارت‌های تنش دمایی با نقش آنتی‌اکسیدانی این ترکیب نه تنها به‌طور مستقیم سبب بهبود رشد سلولی می‌شود، بلکه با تأثیر بر میزان پرولین بهبود نمو زایشی را نیز در گیاه به‌دنبال دارد.

### ۵.۳. تعداد دانه در خورجین

اثر ساده تاریخ کاشت و محلول‌پاشی بر تعداد دانه در خورجین معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر ساده تاریخ کاشت نشان داد که بیش‌ترین (۳۰/۱۶) و کم‌ترین (۲۸/۱۱) تعداد دانه در خورجین به‌ترتیب به شرایط مطلوب (تاریخ کاشت اول) و تاریخ کاشت سوم اختصاص یافت (جدول ۵).

هرچند که تغییر تعداد دانه در خورجین بیش‌تر تحت تأثیر ویژگی‌های ژنتیکی است، اما در این آزمایش تأخیر در تاریخ کاشت و تنش گرمای ناشی از آن موجب کاهش تعداد دانه در خورجین شد. این نتایج با یافته‌های Woods *et al.* (1991) مطابقت داشت. کم‌ترین تعداد دانه در خورجین (۲۶/۳۹) به استفاده‌نکردن از مواد مؤثر در رشد (محلول‌پاشی با آب مقطر) اختصاص یافت (جدول ۵).  
تعداد دانه در خورجین تحت تأثیر دو عامل تلقیح گل و وجود آسیمیلات کافی برای تشکیل دانه قرار دارد. در صورت تلقیح موفق، محدودیت در تولید مواد فتوسنتزی و عرضه آن به سمت خورجین‌ها عامل اصلی در سقط دانه در خورجین در تنش گرما می‌باشد (Warner & Erwin, 2005).

### ۶.۳. وزن هزاردانه

اثر تاریخ کاشت و محلول‌پاشی بر وزن هزاردانه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با تأخیر در کاشت وزن هزاردانه نیز کاهش یافت. حداکثر (۳/۵۴ گرم) و حداقل (۲/۷۷ گرم) وزن هزاردانه به‌ترتیب به تاریخ کاشت اول و تاریخ کاشت سوم اختصاص یافت (جدول ۵). دمای بالاتر در تاریخ کاشت‌های دوم و سوم در مقایسه با تاریخ کاشت اول (جدول ۴) در مراحل خورجین‌دهی و پرشدن دانه سبب کاهش وزن هزاردانه شد. افزایش دما سبب افزایش سرعت پرشدن دانه می‌شود، اما طول دوره پرشدن دانه را کاهش می‌دهد، بنابراین در دماهای بالا افزایش سرعت پرشدن دانه

برای جبران کاهش مدت زمان دوره پرشدن دانه کافی نیست و در نتیجه وزن دانه کاهش می‌یابد.

جدول ۵. مقایسه میانگین‌های اثر ساده تاریخ کاشت (تنش گرما) و محلول‌پاشی مواد مؤثر در رشد در دو سال آزمایش

تیمارهای آزمایشی	تعداد دانه در خورجین	وزن هزاردانه (gr)
تنش گرما		
تاریخ کاشت مطلوب (H1)	۳۰/۱۶a	۳/۵۴a
تنش ملایم گرما (H2)	۲۸/۱۸b	۳/۲۲b
تنش شدید گرما (H3)	۲۸/۱۱b	۲/۷۷c
محلول‌پاشی		
AsA1	۲۹/۶۷a	۳/۲۸a
AsA2	۲۸/۵۵a	۳/۴۰a
AsA3	۲۸/۷۷a	۳/۲۵a
Sa1	۲۹/۲۵a	۳/۴۵a
Sa2	۲۸/۲۳ab	۳/۲۸a
Sa3	۲۸/۵۵a	۲/۷۷b
Me1	۲۹/۲۸a	۳/۲۶a
Me2	۲۹/۴۱a	۳/۳۰a
Me3	۲۹/۳۷a	۳/۲۳a
Control	۲۶/۳۹b	۲/۵۷b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند از نظر آماری در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون چنددامنه‌ای دانکن).

وزن هزاردانه بستگی به میزان دمای هوا در موقع پرشدن دانه دارد که اگر دما بالا و رطوبت هوا کم باشد، سرعت و میزان انتقال مواد به دانه کم و در نتیجه وزن هزاردانه کاهش پیدا می‌کند (Sinaki *et al.*, 2007). بین تیمارهای مختلف محلول‌پاشی مواد مؤثر در رشد کاربرد اسید سالیسیلیک (۳۰۰ میکرومول) کاهش وزن هزاردانه را موجب شد و با محلول‌پاشی با آب مقطر (شاهد) در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۵). از آنجایی‌که وزن هزاردانه آخرین بخش عملکرد بوده و روند تغییرات آن به مقدار زیادی تحت

عقیم شدن دانه‌های گرده یا صدمه دیدن تخمدان و کاهش ظرفیت گیاه جهت نگهداری خورجین‌ها و دانه‌ها پس از گرده‌افشانی باشد. همچنین اثر تنش گرما در اوایل گلدهی با کاهش وزن دانه و کاهش تعداد دانه در خورجین مشخص می‌شود (Morrison & Stewart, 2002).

پاسخ گیاه نسبت به تنش از طرق مختلف انجام می‌شود. مقایسه همبستگی بین عملکرد دانه و میزان پرولین در تاریخ‌های مختلف کاشت نشان داد که رابطه مثبت و معنی‌داری بین میزان پرولین و عملکرد دانه به‌ترتیب در تاریخ‌های کشت اول تا سوم وجود داشت (\*\* $r=0/78$ ، \* $r=0/634$  و \* $r=0/751$ ). درحالی‌که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان قند و عملکرد دانه فقط در تاریخ کاشت اول دیده شد (\* $r=0/635$ ) (اعداد ارائه نشده‌اند).

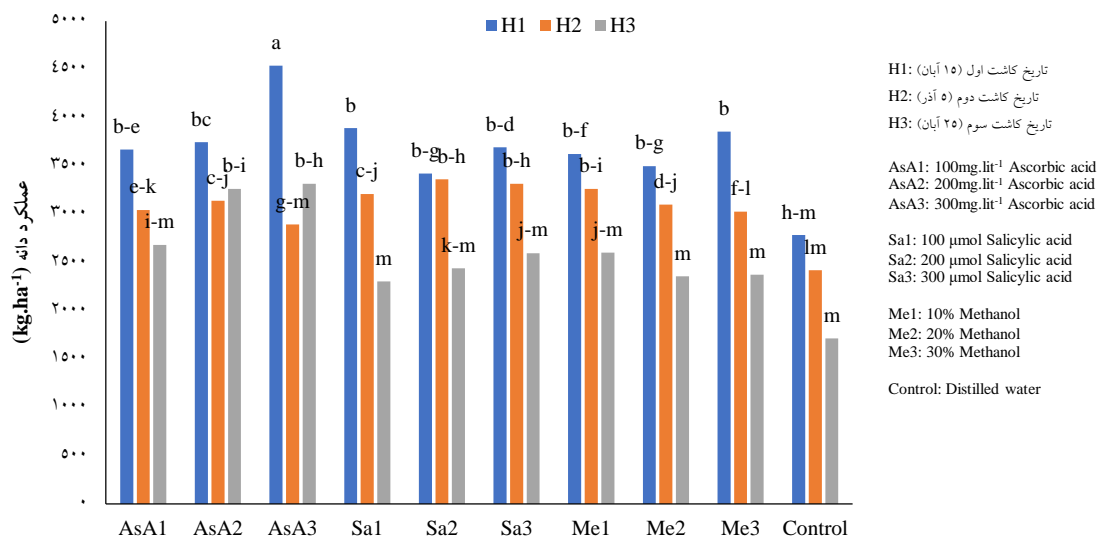
با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در تاریخ کاشت مناسب، استفاده از اسید آسکوربیک (۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) سبب بیش‌ترین افزایش عملکرد دانه شده است. علاوه بر این، کلیه سطوح تیماری عملکردی بیش‌تر از شاهد داشتند. در تاریخ کاشت ۵ آذرماه با مصرف اسید سالیسیلیک (۲۰۰ میکرومول) و متانول (۱۰ درصد) می‌توان حداکثر عملکرد دانه را به‌دست آورد. در تاریخ کاشت سوم کلیه سطوح مواد مؤثر بر رشد به‌جز اسید آسکوربیک با غلظت‌های ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیش‌ترین عملکرد دانه را تولید کردند. بنابراین پاسخ تاریخ کاشت ۲۵ آذرماه نسبت به مصرف مواد مؤثر بر رشد متفاوت بود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده برای تاریخ‌های کشت مناسب (۱۵ آبان‌ماه) یا بسیار تأخیری (۲۵ آذرماه) کاربرد اسید آسکوربیک (۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و در تاریخ‌های کمی تأخیری (۵ آذرماه) کاربرد اسید سالیسیلیک (۲۰۰ میکرومول) و متانول (۱۰ درصد) مناسب می‌باشد. با توجه به تأثیر مثبت مواد مؤثر بر رشد بر بهبود عملکرد دانه و افزایش درآمد حاصل استفاده از این مواد مناسب می‌باشد.

تأثیر دیگر بخش‌های عملکرد قرار می‌گیرد. به‌نظر می‌رسد که تولید دانه کم‌تر در خورجین می‌تواند با افزایش وزن هزاردانه در ارتباط باشد (Faratull et al., 2004). اثر مثبت اسید آسکوربیک (Dolatabadian et al., 2010)، اسید سالیسیلیک (Abo-Hamed et al., 1990) و متانول (Paknejad et al., 2009) از طریق تأثیر آن‌ها در القای تحمل به تنش و تخصیص مواد پرورده فتوسنتزی به دانه‌های در حال رشد موجب افزایش وزن هزاردانه می‌شوند (Moradi Tochae et al., 2018).

### ۷.۳. عملکرد دانه

براساس نتایج تجزیه مرکب اثر سال بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود. اثر ساده تاریخ کاشت، محلول پاشی و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل تاریخ کاشت و محلول پاشی مواد مؤثر در رشد بر عملکرد دانه در دو سال آزمایش نیز نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه (۴۵۴۰ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت اول به محلول پاشی اسید آسکوربیک (۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) اختصاص یافت (شکل ۷).

در تاریخ کاشت دوم محلول پاشی اسید سالیسیلیک (۳۰۰ میکرومول) از تأثیر بهتری بر افزایش عملکرد دانه در مقایسه با اسید آسکوربیک برخوردار بود. به‌طور کلی، استفاده نکردن از مواد مؤثر بر رشد در تمام تاریخ کاشت‌های مورد آزمایش کاهش عملکرد دانه را به‌دنبال داشت (شکل ۷). افزایش عملکرد دانه ناشی از کاربرد اسید آسکوربیک (۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در تاریخ کاشت اول و کاربرد اسید سالیسیلیک (۳۰۰ میکرومول) در تاریخ کاشت دوم را می‌توان به تأثیر مثبت این مواد در افزایش تعداد خورجین در بوته نسبت داد. تأخیر در تاریخ کاشت و اثرات تنش گرمای ناشی از آن در دوره زایشی در گیاه کلزا می‌تواند به‌صورت کاهش تعداد گل، تعداد خورجین، کاهش باروری گل‌ها به‌دلیل



شکل ۷. اثر متقابل تاریخ کاشت و محلول‌پاشی مواد مؤثر در رشد بر عملکرد دانه در دو سال آزمایش

#### ۴. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج آزمایش حاضر، توصیه می‌شود که در اقلیم خوزستان از کاشت کلزا در آذرماه اجتناب شود و کاربرد مواد مؤثر بر رشد هم در تاریخ کاشت مطلوب (۱۵ آبان‌ماه) و هم کشت‌های تأخیری بهبود عملکرد دانه را به‌دنبال دارد.

کاربرد اسید آسکوربیک، اسید سالیسیلیک و متانول به‌ترتیب به میزان ۳۵، ۲۵ و ۲۷ درصد موجب افزایش عملکرد دانه شدند و بر این اساس کاربرد آن‌ها اقتصادی بوده و توصیه می‌شود.

#### ۵. تشکر و قدردانی

از مدیریت محترم مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول که امکانات اجرای این پژوهش را فراهم نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

#### ۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

#### ۷. منابع

- Abo-Hamed, S. A., Younis, M. E., El-Shahaby, O. A., & Haroun, S. A. (1990). Plant growth, metabolism and adaptation in relation to stress conditions. IX. Endogenous levels of hormones, minerals and organic solutes in *Pisum sativum* plants as affected by salinity. *Phyton*, 30, 187-193.
- Bagheri, H. R., Moghadam, A. R. L., & Afshari, H. (2014). The effects of foliar application of methanol on growth and secondary metabolites in lavender. *International Journal of Basic and Applied Science*, 8, 150-152.
- Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-208.
- Dewez, D., Dautremepuits, C., Jeandet, P., Vernet, G., Popovic, R. (2003). Effects of Methanol on Photosynthetic Processes and Growth of *Lemna gibba*. *Photochemistry and photobiology*, 78, 420-424.
- Dolatabadian, A., Modarres Sanavy, S. A. M., Asilan, K. S. (2010). Effect of Ascorbic Acid Foliar Application on Yield, Yield Component and several Morphological Traits of Grain Corn under Water Deficit Stress Conditions. *Notulae Scientia Biologicae*, 2(3), 45-50.
- Downie, A., Miyazaki, S., Bohnert, H., John, P., Coleman, J., Parry, M., Haslam, R. (2004). Expression profiling of the response of *Arabidopsis thaliana* to methanol stimulation. *Phytochemistry*, 65(16), 2305-2316.

- El-Hamed, A. M., S. H. Sarhan, Abd El-Salam, H. Z. (2004). Evaluation of some organic acids as foliar application on growth, yield and some nutrient contents of wheat. *Journal of Agricultural Science Mansoura University*, 29, 2475-2481.
- Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A., Alpaslan, M., (2007). Impact of exogenous salicylic acid on the growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. *Scientia horticulturae*, 113, 120-128.
- Faratull, A. H., Sardar, A., Farman, U. (2004). Comparative yield potential and other quality characteristics of advanced lines of Rapeseed. *International Journal of Agriculture & Biology*, 6, 203-205.
- Feng, B., Zhang, C., Chen, T., Zhang, X., Tao, L., & Fu, G. (2018). Salicylic acid reverses pollen abortion of rice caused by heat stress. *BMC plant biology*, 18(1), 1-16.
- Gadallah, M. A. A. (2000). Effects of acid mist and ascorbic acid treatment on the growth, stability of leaf membranes, chlorophyll content and some mineral elements of *Carthamus tinctorius*, the safflower. *Water, Air, and Soil Pollution*, 118, 311-327.
- Ghobadi, M., Bakhshandeh, A., Fathi, G., Gharineh, M. H., Alami-Saeed, K., & Naderi, A. (2006). Effects of sowing date and heat stress during flowering on yield and yield components in canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 8(1), 46-58. (In Persian).
- Gout, E., Aubert, S., Bliigny, R., Rébeillé, F., Nonomura, A. R., Benson, A. A., & Douce, R. (2000). Metabolism of methanol in plant cells. Carbon-13 nuclear magnetic resonance studies. *Plant Physiology*, 123(1), 287-296.
- Hara, M., Furukawa, J., Sato, A., Mizoguchi, T., & Miura, K. (2012). Abiotic stress and role of salicylic acid in plants. *Abiotic Stress Responses in Plants*. Springer, pp. 235-251.
- Hayat, S., Fariduddin, Q., Ali, B., & Ahmad, A. (2005). Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. *Acta Agronomica Hungarica*, 53, 433-437.
- Irfan, A., S. M. A. Basra, F. Mahammed, Nawaz. A. (2006). Alleviation of salinity stress in spring wheat by hormonal priming with ABA, Salisalic acid and ascorbic acid. *International Journal of Agriculture and Biology*, 8, 23-28.
- Irigoyen, J. J., Emerich, D. W., & Sanchez-Diaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa* L.) plants. *Plant Physiology*, 84, 55-60.
- Kalantar Ahmadi, S. A. K., Ebadi, A., Daneshian, J., Jahanbakhsh, S., Siadat, S. A., & Tavakoli, H. (2015). Effects of irrigation deficit and application of some growth regulators on defense mechanisms of canola. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 43(1), 124-130.
- Kalantar Ahmadi, S. A. K., Ebadi, A., Daneshian, J., Siadat, S. A., & Jahanbakhsh, S. (2017). Effect of drought stress and foliar application of growth regulators on photosynthetic pigments and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L. cv. Hyola 401). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 18(3), 196-217. (In Persian).
- Kalantar Ahmadi, S. A., Ebadi, A., Siadat, S. A., & Tavakoli Hasanaklou, H. (2014). Effects of heat stress due to changing of sowing date on grain yield of rapeseed cultivars in north Khouzestan conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 16(1), 62-76. (In Persian).
- Kamal, M. A., Saleem, M. F., Wahid, M. A., & Shakeel, A. (2017). Effects of ascorbic acid on membrane stability and yield of heat-stressed BT cotton. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 27(1), 192-199.
- Ketchum, R.E., Warren, R.S., Klima, L.J., Lopez-Gutiérrez, F., & Nabors, M.W. (1991). The mechanism and regulation of proline accumulation in suspension cell cultures of the halophytic grass *Distichlis spicata* L. *Journal of plant physiology*, 137, 368-374.
- Khodary, S. E. A. (2004). Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6(1), 5-8.
- Kumar, S., Kaur, R., Kaur, N., Bhandhari, K., Kaushal, N., Gupta, K., & Nayyar, H. (2011). Heat-stress induced inhibition in growth and chlorosis in mungbean (*Phaseolus aureus* Roxb.) is partly mitigated by ascorbic acid application and is related to reduction in oxidative stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33(6), 2091-2101.
- Moradi tochaee, M., Saifzadeh, S. A., Dakrin, D., & Valadabadi, S. A., (2018). Investigation the effect of methanol and ascorbic acid foliar application on growth and yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.) under rain fed conditions. *Crop Physiology Journal*, 36(9), 65-82. (In Persian).
- Morrison, M. J., & Stewart, D. W. (2002). Heat stress during flowering in summer Brassica. *Crop science*, 42(3), 797-803.

- Martel, A. B., & Qaderi, M. M. (2016). Does salicylic acid mitigate the adverse effects of temperature and ultraviolet-B radiation on pea (*Pisum sativum*) plants? *Environmental and Experimental Botany*, 122, 39-48.
- Morrison, M. J. (1993). Heat stress during reproduction in summer rape. *Canadian Journal of Botany*, 71, 303-308.
- Paknejad, F., Mirakhori, M., Al-Ahmadi, M. J., Tookalo, M. R., Pazoki, A. R., & Nazeri, P. (2009). Physiological Response of Soybean (*Glycine max*) to Foliar Application of Methanol Under Different Soil Moistures. *American Journal of Agricultural & Biological Science*, 4, 311-318.
- Ramberg, H. A., Bradley, J. S. C., Olson, J. S. C., Nishio, J. N., Markwell, J., & Osterman, J. C. (2002). The role of methanol in promoting plant growth. *Plant Biochemistry and Biotechnology*, 1, 113-126.
- Rotman, N., Rozier, F., Boavida, L., Dumas, C., Berger, F., & Faure, J. E. (2003). Female Control of Male Gamete Delivery during Fertilization in *Arabidopsis thaliana*. *Current Biology*, 13(5), 432-436.
- Sairam, R. K., & Tyagi, A. (2004). Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Current Science Bangalore*, 86, 407-421.
- Sinaki, J., Heravan, E.M., Rad, A.S., Noormohammadi, G., & Zarei, G. (2007). The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 2, 417-422.
- Sylvester-Bradley, R., & Makepeace, R. J. (1984). Code for stages of development in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Aspects of Applied Biology*, 6, 399-418.
- Vollenweider, P., & Gunthardt-Goerg, M.S. (2005). Diagnosis of abiotic and biotic stress factors using the visible symptoms in foliage. *Environmental Pollution*, 137, 455-465.
- Wahid, A. (2007). Physiological implications of metabolites biosynthesis in net assimilation and heat stress tolerance of sugarcane sprouts. *Journal of Plant Research*, 120, 219-228.
- Wahid, A., & Close, T.J. (2007). Expression of dehydrins under heat stress and their relationship with water relations of sugarcane leaves. *Biologia Plantarum*, 51, 104-109.
- Warner, R. M., & Erwin, J. E. (2005). Naturally occurring variation in high temperature induced floral bud abortion across *Arabidopsis thaliana* accessions. *Plant, Cell & Environment*, 28(10), 1255-1266.
- Woods, D.L., Capcara, J. J., & Downey, R. K. (1991). The potential of mustard *Brassica juncea* (L.) Coss) as an edible oil crop on the Canadian Prairies. *Canadian Journal of Plant Science*, 71, 195-198.
- Young, L.W., Wilen, R.W., & Bonham-Smith, P.C. (2004). High temperature stress of *Brassica napus* during flowering reduces micro- and megagametophyte fertility, induces fruit abortion, and disrupts seed production. *Journal of Experimental Botany*, 55, 485-495.
- Zbiec, I., Karczmarczyk, S., & Podsiadło, C. (2003). Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 6(1), 1-7.
- Zhang, C., Feng, B., Chen, T., Zhang, X., Tao L., & Fu, G. (2017). Sugars, antioxidant enzymes and IAA mediate salicylic acid to prevent rice spikelet degeneration caused by heat stress. *Plant Growth Regulation*, 83, 313-323.