

مقاله علمی-پژوهشی

اثر آبیاری تکمیلی و کاربرد برگی سالیسیلیک اسید بر عملکرد کمی و کیفی دانه و روغن بادام زمینی (*Arachis hypogaea L.*)

محراب مهری چروده^۱، معرفت مصطفوی راد^۲، حمیدرضا ذاکرین^{۳*}، سعید سیف‌زاده^۴ و سید علیرضا ولدآبادی^۵

چکیده

این آزمایش، به منظور ارزیابی عملکرد دانه و ترکیب اسیدهای چرب در روغن بادام زمینی (*Arachis hypogaea L.*) تحت تأثیر آبیاری تکمیلی و سالیسیلیک اسید در طی فصل‌های زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به صورت کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک-های کامل تصادفی و در سه تکرار در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، آستارا (ایستگاه تحقیقاتی کانرود) اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح رژیم آبیاری از قبیل عدم آبیاری (به‌عنوان شاهد)، آبیاری در مرحله گل‌دهی، آبیاری در مرحله نمو غلاف‌ها، آبیاری در مرحله گل‌دهی + مرحله نمو غلاف‌ها و سه سطح سالیسیلیک اسید شامل ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میکرومول در لیتر به ترتیب به‌عنوان کرت اصلی و فرعی بود. تنش خشکی عملکرد دانه، محتوای روغن دانه، عملکرد روغن، عملکرد پروتئین، درصد اسیدهای چرب لینولئیک، استتاریک و بیهینیک اسید روغن بادام زمینی را کاهش داد. ولی درصد پروتئین دانه، اسیدهای چرب اولئیک، پالمیتیک و آراشیدیک اسید روغن بادام زمینی در واکنش به تنش خشکی افزایش پیدا کرد. کاربرد برگی سالیسیلیک اسید با غلظت ۳۰۰ میکرومول در لیتر در هر دو شرایط تنش خشکی و انجام آبیاری تکمیلی تمامی صفات اندازه‌گیری شده به‌استثنای اسیدهای چرب استتاریک و بیهینیک اسید را بهبود بخشید. بیشترین عملکرد دانه (۳۴۵۰ کیلوگرم در هکتار) بادام زمینی در واکنش به آبیاری تکمیلی در مراحل شروع گل‌دهی + تشکیل غلاف‌ها همراه با کاربرد سالیسیلیک اسید با غلظت ۳۰۰ میکرومول در لیتر به‌دست آمد. همچنین، کاربرد سالیسیلیک اسید با غلظت ۳۰۰ میکرومول در لیتر بیشترین میزان اولئیک اسید روغن بادام زمینی (۶۰/۹۸ درصد) را تحت شرایط عدم آبیاری (کشت دیم) نشان داد. بدین ترتیب، آبیاری تکمیلی و کاربرد برگی سالیسیلیک اسید می‌تواند در راستای ارتقای کمیت و کیفیت عملکرد دانه و روغن بادام زمینی تحت شرایط اقلیمی مشابه قابل توصیه باشد.

واژه‌های کلیدی: بادام زمینی، تنش خشکی، تنظیم‌کننده رشد گیاه، تولید محصول، عملکرد پروتئین

مقدمه

بادام زمینی (*Arachis hypogaea L.*) یکی از گیاهان زراعی مهم خانواده لگوم‌ها و دانه آن غنی از روغن (۴۷ تا ۵۳ درصد) و پروتئین (۲۵ تا ۳۶ درصد) است که به دو صورت دیم و فاریاب کشت می‌شود (Kaba et al., 2014).

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید بادام زمینی در گستره جهانی می‌باشد (عبدزاد گوهری، ۱۴۰۰ الف Girdthai et al., 2010; Koolachart et al., 2013). پدیده خشکی و محدودیت آب، از مشکلات عمده کشاورزی در جهان است و حدود ۷۸ درصد از عرصه کشاورزی جهانی به‌طور دائمی و یا موقتی با خشکی درگیر است (صادق‌زاده اهری،

^۱ دانشجوی دکتری، گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

^۲ استادیار، بخش علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، رشت، ایران

^۳ استادیار، گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران (* نویسنده مسئول: drzakerin5@gmail.com)

^۴ دانشیار، گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

^۵ استادیار، گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۶

(Isleib et al., 2008) و محتوای ترکیبات اصلی اسیدهای چرب روغن بادام‌زمینی شامل اولئیک اسید^۱، لینولئیک اسید^۲ و پالمیتیک اسید^۳ بسته به شرایط محیطی تغییر می‌کند (Arioglu et al., 2017). محققان دیگری در مطالعه بر روی سویا دریافتند که مقدار پالمیتیک اسید و لینولئیک اسید کاهش و مقدار اولئیک اسید و استتاریک^۴ اسید افزایش پیدا کرد (Gao et al., 2009). محققان دیگری نشان دادند که تنش خشکی سبب کاهش درصد روغن دانه و افزایش اولئیک اسید و لینولئیک اسید در روغن ذرت (Ali et al., 2012) و کلزا (Qaderi et al., 2006) و کاهش اولئیک اسید، لینولئیک اسید و پالمیتیک اسید در روغن بادام‌زمینی کاهش پیدا کرد (Amir et al., 2005). در مطالعه مشابهی گزارش شده است که تحت تنش خشکی مقدار لینولئیک اسید و پالمیتیک اسید در روغن آفتابگردان افزایش و مقدار اولئیک اسید و استتاریک اسید کاهش پیدا کرد (Petcu et al., 2001; Baldini et al., 2000). محققان دیگری نشان دادند که تمامی اسیدهای چرب روغن گلرنگ تحت تنش خشکی کاهش پیدا کردند ولی شدت کاهش اسیدهای چرب اشباع‌شده بیشتر از اسیدهای چرب اشباع‌نشده بود (Ensiye and Khorshid, 2010). محققان دیگری نشان دادند که مقدار اسیدهای چرب روغن پالمیتیک اسید، لینولئیک اسید و اولئیک اسید و استتاریک اسید در روغن گلرنگ تحت تأثیر تنش خشکی کاهش یافت (Boydak et al., 2010). محققان دیگری دریافتند که تحت تنش‌های خشکی اسیدهای چرب اولئیک، لینولئیک و پالمیتیک در روغن بادام‌زمینی به ترتیب با کاهش بیشتری مواجه شدند (Amir et al., 2005). محققان دیگری دریافتند که تحت تأثیر تنش خشکی مقدار لینولئیک اسید و بهینیک اسید^۵ در روغن بادام‌زمینی کاهش و مقدار استتاریک اسید و اولئیک اسید افزایش یافت (Dwivedi et al., 1996).

کم‌آبیاری یا آبیاری تکمیلی یک استراتژی پهنه برای به عمل آوردن محصولات تحت شرایط کمبود آب است که برای

(۱۳۹۶) و از طریق کاهش هدایت روزنه‌ای و محدود کردن تبادل گازی، نقصان ظرفیت فتوسنتزی گیاه و کاهش انتقال مواد پرورده از منابع فتوسنتزی به مخازن فیزیولوژیک سبب تقلیل عملکرد دانه در گیاهان زراعی می‌گردد (Sehga et al., 2018; Hussain et al., 2019).

به‌علاوه، تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی از طریق اختلال در واکنش‌های متابولیکی و تولید گونه‌های اکسیژن فعال باعث تخریب پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، آسیب رساندن به DNA، پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و به تبع آن سبب کاهش نفوذپذیری انتخابی غشاء سلولی و در نهایت مرگ سلولی در گیاهان می‌شوند. (Hayata et al., 2010). محققان متعددی نشان دادند که عملکرد دانه بادام‌زمینی (Ratnakumar, and Vadez, 2011)، لوبیا (سبک‌دست و همکاران، ۱۳۹۶)، ذرت (Hussain et al., 2019)، سورگوم (کریمی و همکاران، ۱۳۹۵)، گلرنگ (موحدی دهنوی و همکاران، ۱۳۹۶)، کلزا (Nasri et al., 2008; Youssefi et al., 2011)، کنجد (Kim et al., 2007) و سویا (Masoumi et al., 2010) در واکنش به تنش خشکی کاهش پیدا کرد. محققان دیگری نشان دادند که تنش خشکی سبب کاهش درصد روغن در دانه‌های گلرنگ (Amini et al., 2014; Mohammadi et al., 2018)، بادام‌زمینی (Dwivedi et al., 1996)، سویا (Dornbos and Mullen, 1992) و ذرت (Ali et al., 2012) گردید. ولی درصد پروتئین دانه گلرنگ (Amini et al., 2014) و بادام‌زمینی (Aydinsakir et al., 2016) و سویا (Rotundo and Westgate, 2010) تحت شرایط تنش خشکی افزایش یافت. با این توصیف، برخی محققان گزارش کردند که تنش خشکی سنتز نشاسته و پروتئین‌ها را در سویا (EL Sabagh et al., 2015)، لوبیا (Ghanbari et al., 2013) و بادام‌زمینی (Mekki and Hussein, 2017) را کاهش داد. محققان رابطه معکوس بین سنتز و محتوای روغن و پروتئین در دانه بادام‌زمینی گزارش کرده‌اند (Dragicevic et al., 2015). به-علاوه، گزارش شده است که تنش خشکی عملکرد دانه و ترکیب اسیدهای چرب روغن بادام‌زمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد

¹ Oleic acid

² Linoleic acid

³ Palmitic acid

⁴ Stearic acid

⁵ Behenic acid

مکانیسم دفاع آنتی اکسیدانتی گیاهان زراعی فعال می‌شود (Masoumi et al., 2010). سالیسیلیک اسید یک ترکیب فنلی و شبه هورمونی است که به‌عنوان پیام‌رسان ثانویه عمل کرده و باعث بکار افتادن مکانیسم‌های دفاعی بعدی در گیاه می‌شود (Askari and Ehsanzadeh, 2015) و باعث افزایش فعالیت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانتی و حفاظت از تمامیت غشای سلولی گیاه می‌گردد (Rajeshwari and Bhuvaneshwari, 2017).

سالیسیلیک اسید^۱ به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد گیاهی عمل می‌کند و باعث کاهش آثار تنش‌های محیطی می‌گردد (Hayata et al., 2010) و مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی را افزایش می‌دهد (Elizabeth Abreu and Munne-Bosch, 2008) و موجب محافظت از دستگاه فتوسنتزی گیاهان می‌گردد (Chen et al., 2016) و با تنظیم فرآیندهای زیستی و بیوشیمیایی گیاهان سبب می‌گردد که فعالیت فیزیولوژیک گیاهان تا حد ممکن از حالت عادی خارج نشود (Peleg and Blumwald 2011). پژوهش‌های دیگر نشان داده است که سالیسیلیک اسید تحت شرایط بروز تنش‌های محیطی طیف وسیعی از ویژگی‌های گیاهی نظیر جوانه‌زنی، بذر، سرعت رشد، عملکرد دانه، اجزای عملکرد، فیزیولوژی و بیوشیمی گیاه را تحت تأثیر مثبت قرار می‌دهد (Ashraf et al., 2010) و در رشد و نمو گیاه، فتوسنتز، تعرق، جذب یون و انتقال مواد پرورده به مخازن فیزیولوژیکی نقش به‌سزایی ایفا می‌کند (Zaki and Radwan, 2011). تحقیقات نشان داده است که سالیسیلیک اسید بسته به غلظت به‌کاررفته، نوع گونه گیاهی، دوره رشدی و شرایط محیطی، اثرات متفاوتی روی فرآیندهای رشدی گیاهان مختلف دارد (Eraslan et al., 2007). محققان نشان دادند که بیشترین عملکرد کلزا در واکنش به کاربرد سالیسیلیک اسید با غلظت ۲۰۰ میکرومول در به‌دست آمد (کشاورز و مدرس ثانوی، ۱۳۹۳). به‌علاوه، ثابت شده است که کاربرد اسید سالیسیلیک به‌صورت پیش تیمار بذر و محلول‌پاشی در ذرت موجب افزایش عملکرد ذرت گردید (El-khallal et al., 2009).

گسترش سطح کشت و به حداکثر رساندن و یا تثبیت تولید محصولات یک منطقه می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد و با اهدافی نظیر افزایش راندمان آبیاری و کاهش میزان مصرف آب در مراحل حساس رشدی گیاه نسبت به تنش خشکی همراه است (Geerts and Raes, 2009). عبدزاد گوهری (۱۳۹۸) نشان داد که با توجه به نیاز آبی بادام زمینی و محدودیت نزولات جوی و منابع آب در زمان گلدهی، باید بیشترین بهره‌برداری از کمترین آب آبیاری صورت گیرد. آبیاری تکمیلی زمانی می‌تواند مفید واقع شود که در مراحل رشدی حساس گیاهان زراعی نسبت به تنش خشکی انجام گیرد. در این راستا، محققان مراحل گلدهی و تشکیل غلاف در بادام‌زمینی (عبدزاد گوهری، ۱۴۰۰ ب)، مرحله گل‌دهی پنبه (قربانی نصرآباد و هزارجریبی، ۲۰۱۰) و مراحل گل‌دهی، تشکیل خورجین و پرشدن دانه کلزا (شعبانی و همکاران، ۱۳۸۹؛ اسکندری و عالیزاده امرایی، ۱۳۹۵)، مرحله پر شدن دانه گندم (احمدی لاهیجانی و امام، ۱۳۹۲)، مرحله گلدهی نخود (میرزایی حیدری و همکاران، ۱۳۸۸) را به‌عنوان حساس‌ترین مرحله رشد زایشی نسبت به تنش خشکی گزارش کرده‌اند.

محققان دیگری در مطالعه مشابهی نشان دادند که تنش خشکی سبب کاهش عملکرد در ارقام مختلف بادام‌زمینی گردید و آبیاری اثر مثبت بر عملکرد تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه داشت (دردویان، ۱۳۹۰). محققان نشان دادند که بروز تنش خشکی در مرحله پرشدن غلاف و در اواخر فصل زراعی منجر به کاهش کمیت و کیفیت دانه بادام‌زمینی گردید (Ratnakumar, 2012; Kambiranda et al., 2011; and Vadez, 2011). اسکندری و عالیزاده امرایی (۱۳۹۵) در مطالعه مشابهی گزارش کردند که آبیاری تکمیلی تأثیر مثبت بر درصد روغن دانه و عملکرد دانه و روغن کلزا داشت. نتایج مشابهی نیز در خصوص اثر مثبت آبیاری تکمیلی بر عملکرد دانه سویا (Dimkpa et al. 2017) و لوبیا (سبک‌دست و همکاران، ۱۳۹۶) گزارش شده است. محققان دیگری نشان دادند که سطوح مختلف آبیاری تأثیر مثبت بر عملکرد و درصد پروتئین دانه بادام‌زمینی داشت (Aydinsakir et al., 2016). تنش‌های محیطی نظیر تنش کم‌آبی سبب بروز تنش اکسیداسیون در گیاهان می‌شوند. در چنین شرایطی

¹ Salicylic acid

این آزمایش در طی سال‌های زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ به صورت کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، آستارا (ایستگاه تحقیقاتی آستارا) اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح رژیم آبیاری از قبیل عدم آبیاری (به‌عنوان تیمار شاهد)، آبیاری در مرحله گل‌دهی، آبیاری در مرحله نمو غلاف‌ها، آبیاری در مرحله گل‌دهی + مرحله نمو غلاف‌ها و سه سطح سالیسیلیک اسید شامل ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میکرومول در لیتر به‌ترتیب به‌عنوان کرت اصلی و فرعی بودند. عملیات آماده‌سازی زمین زراعی در فروردین‌ماه و کاشت بادام‌زمینی در تاریخ ۲۰ اردیبهشت‌ماه انجام شد. قبل از عملیات کاشت جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در چند نقطه از خاک مزرعه نمونه‌برداری و به آزمایشگاه ارسال شد و نتایج آزمون خاک در جدول ۱ درج شده است.

محققان متعددی اثر مثبت کاربرد سالیسیلیک اسید بر عملکرد دانه کلزا (کشاورز و مدرس ثانوی، ۱۳۹۳)، کنجد (Yasser et al., 2015) و یوسف‌زاده نجف‌آبادی و احسان‌زاده، (۱۳۹۸)، سوپا (Krishna et al., 2004)، باقلا (Tammam, 2003)، گندم (Kaydan et al., 2007; Noreen et al., 2017)، ذرت (El-khallal et al., 2009) و لوبیا چشم‌بلبلی (Zaghlool, 2002) را گزارش کرده‌اند.

نتایج بررسی محققان بر روی گندم نیز نشان داد که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تأثیر مثبت بر عملکرد گندم داشت (Noreen et al., 2017). هدف از این مطالعه ارزیابی اثر آبیاری تکمیلی و کاربرد برگ‌گی سالیسیلیک اسید بر کمیت و کیفیت عملکرد دانه و روغن بادام‌زمینی تحت شرایط اقلیمی منطقه بود.

مواد و روش‌ها

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

عمق نمونه‌برداری	بافت خاک	رس	سیلت	شن	اسیدیته خاک	کربن آلی	نیترژن کل	فسفر قابل دسترس	پتاسیم قابل دسترس
سانتی‌متر	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	میلی‌گرم بر کیلوگرم	میلی‌گرم بر کیلوگرم	میلی‌گرم بر کیلوگرم
صفر تا ۳۰	شنی رسی	۳۰/۷	۲۷/۱	۴۱/۲	۵/۷	۱/۷۹	۰/۱۷۱	۹/۳	۲۱۰

محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید یک‌بار در مرحله شروع گل‌دهی و بار دوم ۳۰ روز پس از محلول‌پاشی مرحله اول و مصادف با تشکیل و نمو غلاف‌های بادام‌زمینی صورت گرفت. ضمن اعمال تیمارهای مورد مطالعه، مراقبت‌های زراعی در طی دوره رویش گیاه انجام شد و در پایان دوره رشد و هم‌زمان با رسیدگی فیزیولوژیک دانه بادام‌زمینی (پیدایش رگه‌های قهوه‌ای‌رنگ بر روی غلاف‌ها)، پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای خطوط کاشت (حذف اثر حاشیه‌ای) تعداد ۵۰ بوته به‌طور تصادفی از چهار ردیف وسطی در سطحی معادل پنج مترمربع از هر کرت برداشت شد و عملکرد دانه پس از خشک‌کردن برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید.

کوددهی براساس نتایج آزمون خاک انجام گردید و مقدار ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۶۰ کیلوگرم اوره به‌عنوان نیترژن آغازگر قبل از عملیات کاشت و به‌طور یکنواخت در سطح مزرعه پاشیده شد و به‌وسیله دیسک سبک با خاک مخلوط گردید. فاصله ردیف‌های کاشت بادام‌زمینی ۵۰ و فاصله بوته‌ها روی ردیف کاشت ۲۰ سانتی‌متر و هر کرت شامل ۶ خط به طول ۵ متر بود. دانه‌های بادام‌زمینی با تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار و با دست کشت گردید. کنترل علف‌های هرز به‌روش وجین دستی در دو مرحله ۴ تا ۶ برگگی و مرحله نمو غلاف‌ها و مصادف با خاک‌دهی پای بوته‌های بادام‌زمینی انجام شد. عملیات آبیاری براساس تیمارهای مورد مطالعه و به‌روش کرتی انجام گردید.

همکاران، ۱۳۹۶)، گلرنگ (موحدی دهنوی و همکاران، ۱۳۹۶)، کلزا (Nasri et al., 2008; Youssefi et al., 2011)، کنجد (Kim et al., 2007)، ذرت (Hussain et al., 2019) و سویا (Masoumi et al., 2010) در واکنش به اعمال تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد.

نتایج بررسی محققان بر روی گندم نیز نشان داد که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تأثیر مثبت بر عملکرد گندم داشت (Noreen et al., 2017). به‌علاوه، اثر مثبت کاربرد سالیسیلیک اسید بر عملکرد دانه کلزا (کشاورز و مدرس ثانوی، ۱۳۹۳)، کنجد (یوسف‌زاده نجف‌آبادی و احسان‌زاده، ۱۳۹۸)، سویا (Krishna et al., 2004)، گندم (Kaydan et al., 2007; Noreen et al., 2017)، ذرت (El-Zaghlool, 2009) و لوبیا چشم‌بلبلی (Zaghlool, 2002) گزارش شده است. نتایج نشان داد که تحت شرایط کم‌آبی انجام عملیات آبیاری تکمیلی و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید به‌صورت مجزا و یا ترکیبی سبب بهبود عملکرد دانه بادام‌زمینی در هکتار گردید و وقوع تنش خشکی سبب افت عملکرد دانه در هکتار (حداکثر به میزان ۷۰/۷۹ درصد) گردید (جدول ۳).

نتایج نشان داد که انجام آبیاری تکمیلی در مراحل حساس رشد بادام‌زمینی (مرحله گل‌دهی و نمو غلاف‌ها) از اهمیت زیادی برخوردار است و سبب می‌شود عملکرد دانه در هکتار بسته به تعداد عملیات آبیاری تکمیلی در مقایسه با شرایط عدم انجام عملیات آبیاری (وقوع تنش خشکی) به‌دلیل تعدیل آثار نامطلوب تنش خشکی، افزایش جذب عناصر غذایی از خاک و بهبود رشد و فرآیند فتوسنتز گیاه افزایش معنی‌داری پیدا کند (Ohashi et al., 2006) و کاربرد برگی سالیسیلیک اسید از طریق تعدیل آثار نامطلوب تنش خشکی بر روی گیاه، افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش خشکی، بهبود ظرفیت فتوسنتزی و انتقال مواد پرورده موجب افزایش نسبی عملکرد دانه بادام‌زمینی در مقایسه با تیمار شاهد می‌شود.

محققان دیگری نشان دادند که سالیسیلیک اسید با عث افزایش فعالیت سیستم دفاع آنتی‌اکسیداتیو در گیاهان مواجه با

برای تعیین درصد روغن بذرها از دستگاه سوکسله استفاده شد. برای این منظور مقدار ۱۵۰ گرم از دانه‌های بادام‌زمینی هر کرت به‌صورت تصادفی انتخاب‌شده و پس از آسیاب کردن نمونه‌ها، به آزمایشگاه ارسال و درصد روغن با روش سوکسله اندازه‌گیری گردید (Latif et al., 2008). اندازه‌گیری اسیدهای چرب به‌روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC)^۱ انجام گرفت (Tie et al. 2015). برای تعیین مقدار پروتئین دانه، ابتدا مقدار نیتروژن دانه با استفاده از دستگاه کج‌دلال تعیین گردید و سپس از حاصل ضرب مقدار نیتروژن دانه در ضریب ۵/۴۶ میزان پروتئین دانه در هر کرت اندازه‌گیری شد (Singh, 1988).

عملکرد روغن و پروتئین به‌ترتیب از حاصل‌ضرب درصد روغن و پروتئین دانه در عملکرد دانه و برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها پس از انجام آزمون بارلت و اطمینان از یکنواختی اشتباه آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)^۲ و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که اثر متقابل رژیم آبیاری و سالیسیلیک اسید بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده در بادام‌زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). عملکرد دانه بادام‌زمینی تحت شرایط تنش خشکی کاهش چشمگیری (حداکثر تا ۷۰/۷۹ درصد) نشان داد و بیشترین میزان دانه بادام‌زمینی (۳۴۵۰ کیلوگرم در هکتار) تحت اثر متقابل انجام عملیات آبیاری تکمیلی دو مرحله‌ای در شروع گل‌دهی و نمو غلاف‌ها همراه با کاربرد ۳۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید در لیتر تولید گردید (جدول ۳). محققان دیگری در مطالعات جداگانه‌ای نشان دادند که عملکرد دانه بادام‌زمینی جداگانه‌ای (Ratnakumar, and Vadez, 2011)، لوبیا (سبک‌دست و

¹ High Performance Liquid Chromatography

² Least Significant Difference

تنش خشکی و به وجود عملکرد گیاه در واحد سطح گردید (Rajeshwari and Bhuvaneshwari, 2017).

جدول ۲- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده در بادام‌زمینی در واکنش به رژیم آبیاری و سالیسیلیک اسید

منبع تغییرات	عملکرد دانه	درصد روغن دانه	عملکرد روغن	پروتئین دانه	عملکرد پروتئین
سال	۳۷۹۱۷۸/۲۴**	۵۷/۸۴۶**	۱۷۸۳۰۷/۵۷**	۷/۲۴۹**	۶۵۳۴**
تکرار (سال)	۴۱۵۹۹۵/۲۷	۶۸۶/۲۷۷	۶۳۱۶۸/۵۴	۱۴۹/۱۲	۱۶۸۸۷۵/۹۰۳
رژیم آبیاری (I)	۱۹۶۸۱۲۱۵/۲۸**	۶۹۰/۴۱۱**	۶۱۸۳۴۵۳/۷۶**	۱۳۸/۴۴۱**	۸۱۲۲۰/۱/۲۴۱**
سال (Y) × رژیم آبیاری (I)	۱۱/۵۷ns	-/۰۰۴ns	۱۱۷۴/۴۸ns	-/۰۰۴ns	۹۲۵/۶۴۲ns
اشتباه اصلی	۱۶۲۰/۰۴	-/۰۱۳۸۵	۴۷۷۹/۳۴	-/۰۰۸۹	۱۸۶۴/۸۱۶
سالیسیلیک اسید (A)	۱۸۹۶۶۳۵۴/۱۷**	۸۰۰/۹۰۹**	۵۵۸۷۶۶۸/۱۸**	۱۱۰۵/۱۵۲**	۲۸۵۱۳۲۲/۴۳۱**
سال (Y) × سالیسیلیک اسید (S)	۱۱/۵۷ns	-/۰۰۶ns	۱۱۵۶/۴۲ns	-/۰۰۲ns	۳۷۹/۵۱۴ns
S × I	۷۳۷۳۷۲/۶۹**	۱۹/۰۸۴**	۲۳۹۸۸۵/۶۳**	۱/۴۴۹**	۸۱۹۱۷/۳۱۹**
S × I × Y	۱۱/۵۷ns	-/۰۰۷۰ns	۸۴/۷۳ns	-/۰۰۴ns	۳۹۶/۷۸۵ns
اشتباه فرعی	۶۰۴/۷	-/۰۱۰۶۸	۶۸۲/۱	-/۰۰۵۹	۶۹۸/۷۷
ضریب تغییرات (C.V%)	۱۲/۲۴	۷/۱۱	۲/۷۶	۱۰/۱۶	۵/۴۲

** و * : به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد ns

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده در بادام‌زمینی در واکنش به رژیم آبیاری و سالیسیلیک اسید

منبع تغییرات	اولتیک اسید	لینولئیک اسید	پالمیتیک اسید	استئاریک اسید	آراشیدیک اسید
سال	۲۴/۵۴۳**	۲۷/۰۹۳**	۱/۵۶۴**	۱/۶۳۱**	-/۰۰۴ns
تکرار (سال)	۴۴/۴۴۵	۴۵/۰۸۲	۲۴/۱۴۱	۲۲/۸۰۲	۳/۲۴۲
رژیم آبیاری (I)	۳۴۱/۷۵۸**	۳۳۸/۱۹۴**	۸/۰۴۷**	۷/۸۵۷**	-/۰۲۱۲**
سال (Y) × رژیم آبیاری (I)	-/۰۰۱۱ns	-/۰۰۹۹ns	-/۰۰۷ns	-/۰۰۶ns	-/۰۰۲۰ns
اشتباه اصلی	-/۰۰۲۴۷	-/۰۱۳۴۴	-/۰۰۴۹۸	-/۰۱۹۳	-/۰۰۲۳۳
سالیسیلیک اسید (A)	۷۰۶/۱۲۲**	۶۹۶/۷۵۶**	-/۰۰۶۰**	-/۰۵۸۹**	۱/۲۷۴**
سال (Y) × سالیسیلیک اسید (S)	-/۰۰۰۴ns	-/۰۰۸۸ns	-/۰۰۱۳ns	-/۰۰۱۳ns	-/۰۰۱۳ns
I × S	-/۰۰۴۰**	-/۰۰۵۰**	-/۰۰۲۰**	-/۰۰۷۹**	-/۰۰۲۵۷**
Y × I × S	-/۰۰۰۶ns	-/۰۰۷۳ns	-/۰۰۰۸ns	-/۰۰۱۵ns	-/۰۰۲۵ns
اشتباه فرعی	-/۰۰۱۷۸	-/۰۰۷۴۳	-/۰۰۳۶۳	-/۰۱۲۰۶	-/۰۰۲۲۶
ضریب تغییرات (C.V%)	۲/۳۲	۱۲/۱۲	۲/۰۷	۵/۹۶	۸/۱۹

ns, ** و * : به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات اندازه-گیری شده در بادام زمینی تحت اثر متقابل رژیم آبیاری و سالیسیلیک اسید

رژیم آبیاری	سالیسیلیک اسید	عملکرد دانه کیلوگرم در هکتار	روغن دانه درصد	عملکرد روغن کیلوگرم در هکتار	پروتئین دانه درصد	عملکرد پروتئین کیلوگرم در هکتار
عدم انجام آبیاری (تیمار شاهد)	۱۰۰ میکرومول در لیتر	۱۰۰۸j	۴۰/۰۵h	۴۰۰i	۲۲/۲۹i	۲۲۶/۶۶i
	۲۰۰ میکرومول در لیتر	۱۲۵۸i	۴۷/۲۱e	۶۳۹/۱۶h	۲۷/۶۴d	۳۷۶/۶۶h
	۳۰۰ میکرومول در لیتر	۱۵۰۸h	۴۳/۲۷h	۶۵۰/۳۳h	۳۰/۲a	۴۵۶/۵ef
آبیاری در مرحله گلدهی	۱۰۰ میکرومول در لیتر	۲۰۰۸g	۴۳/۱۶h	۸۶۳/۱۶j	۲۰/۳۰j	۴۰۹/۵gh
	۲۰۰ میکرومول در لیتر	۲۲۵۸f	۵۰/۸۷d	۱۱۴۶/۵f	۲۵/۶۸f	۵۸۰/۸۳c
	۳۰۰ میکرومول در لیتر	۲۹۲۵c	۴۶/۱۵g	۱۳۴۷d	۲۸/۳۱b	۸۳۰b
آبیاری در مرحله نمو غلاف‌ها	۱۰۰ میکرومول در لیتر	۲۱۵۸g	۴۵/۰۶g	۹۷۰/۱۶f	۱۹/۶۴k	۴۲۵/۱۶gh
	۲۰۰ میکرومول در لیتر	۲۳۷۵e	۵۳/۰۹c	۱۲۵۷/۸۳e	۲۴/۸۱g	۵۹۰/۸۳c
	۳۰۰ میکرومول در لیتر	۳۱۹۲b	۴۷/۰۰۱e	۱۴۹۷/۱۶b	۲۷/۹۷c	۸۹۳/۶۶a
آبیاری در مرحله گلدهی و در مرحله نمو غلاف‌ها	۱۰۰ میکرومول در لیتر	۲۳۷۵e	۴۹/۸۷f	۱۱۸۱/۶f	۱۹/۲۳l	۴۵۸/۳۳f
	۲۰۰ میکرومول در لیتر	۲۵۵۸d	۵۴/۸۰b	۱۳۹۸/۵c	۲۳/۲۷h	۵۴۷/۳۳d
	۳۰۰ میکرومول در لیتر	۳۴۵۰a	۵۵/۸۷a	۱۹۲۵/۸۳a	۲۶/۶۷e	۹۲۰/۸۳a

میانگین‌های حروف مشترک در هر ستون و هر تیمار دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD نمی‌باشند.

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین صفات اندازه-گیری شده در بادام زمینی تحت اثر متقابل رژیم آبیاری و سالیسیلیک اسید

رژیم آبیاری	سالیسیلیک اسید	اولنیک اسید	لینولنیک اسید	پالمیتیک اسید	استتاریک اسید	آراشیدیک اسید	بیپنتیک اسید
عدم انجام آبیاری (تیمار شاهد)	۱۰۰ میکرومول در لیتر	۵۵/۳۵f	۲۴/۶۵e	۸/۷۴b	۵/۷۶d	۱/۶۳d	۲/۶۶bc
	۲۰۰ میکرومول در لیتر	۵۹/۰۳c	۲۰/۹۶h	۹/۱۹a	۵/۷۹cd	۱/۹۶a	۲/۵۴d
	۳۰۰ میکرومول در لیتر	۶۰/۹۸a	۱۹/۰۱i	۹/۴۱a	۵/۶۱d	۲/۰۱a	۲/۵۱d
آبیاری در مرحله گلدهی	۱۰۰ میکرومول در لیتر	۵۳/۹۷h	۲۶/۰۳d	۹/۳۹a	۵/۶۲d	۱/۷۳c	۲/۷۷b
	۲۰۰ میکرومول در لیتر	۵۸/۰۲d	۲۱/۹۷g	۸/۸b	۶/۲۱c	۱/۹۱ab	۲/۵۸cd
	۳۰۰ میکرومول در لیتر	۵۹/۹۲b	۱۹/۹۱i	۸/۸۹b	۵/۸۷cd	۲/۰۰a	۲/۵۱d
آبیاری در مرحله نمو غلاف‌ها	۱۰۰ میکرومول در لیتر	۵۲/۸۱j	۲۷/۱۷b	۸/۲۵d	۶/۷۳b	۱/۷۶bc	۲/۷۴bc
	۲۰۰ میکرومول در لیتر	۵۶/۹۱e	۲۳/۰۹f	۸/۶۱c	۶/۳۹bc	۱/۸۳b	۲/۶۷bc
	۳۰۰ میکرومول در لیتر	۵۹/۰۵c	۲۰/۹۴h	۸/۸۷b	۶/۱۳cd	۱/۹۴ab	۲/۵۶cd
آبیاری در مرحله گلدهی و در مرحله نمو غلاف‌ها	۱۰۰ میکرومول در لیتر	۴۹/۰۷k	۳۰/۹۳a	۷/۸۶e	۷/۱۳a	۱/۶۱d	۲/۸۸a
	۲۰۰ میکرومول در لیتر	۵۳/۵۸i	۲۶/۴۲c	۸/۴۲fc	۶/۵۸b	۱/۷۶bc	۲/۷۴b
	۳۰۰ میکرومول در لیتر	۵۵/۱۴g	۲۴/۸۶e	۸/۵۰c	۶/۴۹bc	۱/۸۵b	۲/۶۶c

میانگین‌های حروف مشترک در هر ستون و هر تیمار دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD نمی‌باشند.

درصد روغن دانه

دهی و آغاز تشکیل غلاف‌ها و کاربرد ۳۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید در لیتر اختصاص داشت و در اثر متقابل عدم انجام آبیاری (تنش خشکی) و کاربرد ۱۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید در لیتر کمترین درصد روغن دانه (۴۰/۰۵ درصد) در

تنش خشکی سبب کاهش محتوای روغن در دانه‌های بادام زمینی گردید. بالاترین درصد روغن دانه بادام زمینی (۵۵/۸۷ درصد) به اثر متقابل آبیاری تکمیلی دو مرحله‌ای در شروع گل-

بادهامزمینی را نشان داد (جدول ۳). همچنین، همبستگی بین درصد روغن دانه و عملکرد دانه ($r = -0.23ns$) منفی و غیر معنی‌دار بود (جدول ۴). محققان دیگری نشان دادند که تنش خشکی سبب کاهش درصد روغن در دانه‌های گلرنگ (Amini et al., 2014; Mohammadi et al., 2018 Ashrafi and Razmjoo, 2010)، بادهامزمینی (Dwivedi et al., 1996)، سویا (Dornbos and Mullen, 1992) و ذرت (Ali et al., 2012) گردید. در این آزمایش، انجام عملیات آبیاری تکمیلی در مراحل شروع گل‌دهی و تشکیل غلاف‌های بادهامزمینی به صورت مجزا و ترکیبی با بهبود شرایط محیطی رشد، جذب آب و مواد غذایی بیشتر به وسیله ریشه گیاهان، کاهش مقاومت روزه‌ای و افزایش تبادل دی‌اکسید کربن از طریق روزه‌های برگ، ارتقای ظرفیت فتوسنتزی گیاه و تولید انرژی کافی به صورت ATP سنتز روغن در دانه بادهامزمینی در مقایسه با شرایط تنش خشکی بهبودی نسبی پیدا کرد و نشان داد که با انجام عملیات آبیاری تکمیلی در یک یا چند مرحله حساس از رشد گیاه می‌توان کمیت و کیفیت دانه بادهامزمینی را بهبود بخشید. به علاوه، محلولپاشی با سالیسیلیک اسید بر روی بوته‌های بادهامزمینی تحت هردو شرایط کشت آبی و دیم بادهامزمینی محتوای روغن دانه را به ترتیب به میزان ۲۲/۷۵ و ۷/۴۵ درصد ارتقا داد. نتایج بیانگر آن است که کاربرد سالیسیلیک اسید به صورت محلولپاشی بر روی برگ گیاهان می‌تواند آثار نامطلوب تنش خشکی را تعدیل نموده و با بهبود فعالیت‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه سبب افزایش سنتز و تجمع روغن در دانه بادهامزمینی می‌گردد (Khan et al., 2003 و پیراسته انوشه و همکاران، ۱۳۹۵). بدین ترتیب، با توجه به این که درصد روغن یکی از صفات کیفی دانه بادهامزمینی محسوب می‌شود و تولید آن به انرژی بیشتری در مقایسه با نشاسته و پروتئین‌ها دارد، می‌توان استنباط نمود که تیمارهای آبیاری تکمیلی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید از طریق افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه و به تبع آن تولید انرژی بیشتر ضمن بهبودی قابل توجه عملکرد دانه، کیفیت دانه بادهامزمینی را نیز ارتقا می‌دهند.

عملکرد روغن

عملکرد روغن بادهامزمینی در واکنش به اعمال تنش خشکی به طور چشمگیری کاهش پیدا کرد و بدین ترتیب، بیشترین عملکرد روغن بادهامزمینی (۱۹۲۶ کیلوگرم در هکتار) تحت اثر متقابل آبیاری تکمیلی دو مرحله‌ای در شروع گلدهی + آغاز تشکیل غلاف‌ها با کاربرد ۳۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید در لیتر و کمترین عملکرد روغن (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) در تحت شرایط عدم انجام آبیاری (کشت دیم) و کاربرد ۱۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید در لیتر به دست آمد (جدول ۳). در این آزمایش، عملکرد روغن بادهامزمینی با عملکرد دانه ($r = 0.75^{**}$) و درصد روغن دانه ($r = 0.99^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ۴). در این راستا، گزارش شده است که تنش خشکی سبب تغییر عملکرد دانه و روغن بادهامزمینی می‌شود (Isleib et al., 2008). محققان دیگری نشان دادند که تنش خشکی سبب کاهش عملکرد روغن در گلرنگ گردید (Amini et al., 2014; Mohammadi et al., 2018). اسکندری و عالیزاده امرایی (۱۳۹۵) در مطالعه مشابه‌ای گزارش کردند که تنش خشکی منجر به کاهش عملکرد دانه و روغن کلزا گردید و آبیاری تکمیلی تأثیر مثبت بر عملکرد دانه و روغن کلزا داشت. در این آزمایش، انجام آبیاری تکمیلی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید به صورت مجزا و ترکیبی در یک یا دو مرحله رشد بادهامزمینی منجر به تولید بیشتر عملکرد روغن در واحد سطح گردید. دلیل این امر کاهش اثرات منفی تنش خشکی تحت تأثیر تیمارهای آبیاری تکمیلی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و به تبع آن افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاهان و ارتقای درصد روغن دانه و عملکرد دانه بادهامزمینی در واحد سطح بود (پیراسته انوشه و همکاران، ۱۳۹۵؛ Bakry Ahmed, 2006; and Khadri et al., 2020). همبستگی مثبت بین عملکرد روغن با درصد روغن ($r = 0.99^{**}$) و عملکرد دانه ($r = 0.75^{**}$) در هکتار مؤید این نتایج هست. بدین ترتیب، نتایج نشان داد که انجام آبیاری تکمیلی و کاربرد سالیسیلیک اسید با مساعد کردن شرایط محیطی سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود و ارتقای عملکرد دانه در هکتار روش مطمئنی برای دستیابی به حداکثر عملکرد روغن در واحد سطح هست.

درصد پروتئین دانه

در این آزمایش، محتوای پروتئین دانه بادام زمینی در واکنش به تنش خشکی اعمال شده افزایش پیدا کرد و بالاترین درصد پروتئین دانه بادام زمینی (۳۲/۲۰ درصد) تحت اثر متقابل عدم انجام آبیاری (کشت دیم) و کاربرد ۳۰۰ میکرو مول سالیسیلیک اسید در لیتر به دست آمد (جدول ۳). همچنین، نتایج نشان داد که درصد پروتئین دانه بادام زمینی با عملکرد پروتئین ($r = 0.93^{**}$) همبستگی مثبت و معنی دار و با عملکرد دانه بادام زمینی ($r = -0.63^{**}$) و درصد روغن دانه ($r = -0.69^{**}$) همبستگی منفی و معنی دار داشت (جدول ۴). محققان در مطالعه مشابهی نشان دادند که در شرایط تنش آبی درصد پروتئین دانه بادام زمینی افزایش یافت (Aydinsakir et al., 2016). محققان دیگری دریافته اند که تنش خشکی و گرما مانع تجمع پروتئین در لگوم های دانه ای گردید (Farooq et al., 2017). در این آزمایش، انجام آبیاری تکمیلی دو مرحله ای در شروع گل دهی و آغاز تشکیل غلاف های بادام زمینی و محلول پاشی سالیسیلیک اسید سبب ارتقای درصد روغن دانه و کاهش سنتز پروتئین دانه بادام زمینی به ترتیب به میزان ۲۸/۳۲ و ۳۰/۲۰ درصد گردید. دلیل فیزیولوژیکی این امر بالا بودن انرژی لازم برای سنتز روغن دانه در مقایسه با سنتز پروتئین و وجود رابطه معکوس بین سنتز درصد روغن دانه با درصد پروتئین دانه در بادام زمینی باشد (Dragicevic et al., 2015)، پاک نژاد و همکاران، ۱۳۸۶). بدین ترتیب، وقوع تنش های محیطی نظیر تنش خشکی سنتز پروتئین دانه را افزایش و سنتز روغن دانه را کاهش می دهد. در این مطالعه نیز کاهش تنش خشکی از طریق انجام دو مرحله آبیاری تکمیلی و محلول پاشی با سالیسیلیک اسید طی مراحل شروع گل دهی و آغاز تشکیل غلاف های بادام زمینی سبب به وجود وضعیت فتوسنتزی گیاه و سنتز بیشتر روغن دانه بادام زمینی گردید در حالی که شرایط دیم و اعمال تنش خشکی منجر به کاهش درصد روغن دانه و ارتقای درصد پروتئین دانه بادام زمینی شد.

عملکرد پروتئین

در این آزمایش، علیرغم اینکه اعمال تنش خشکی سبب افزایش محتوای پروتئین دانه گردید، عملکرد پروتئین بادام زمینی تحت تأثیر تنش خشکی کاهش نشان داد. بیشترین عملکرد پروتئین بادام زمینی (۹۲۱ کیلوگرم در هکتار) به اثر متقابل آبیاری تکمیلی دو مرحله ای در شروع گل دهی و آغاز تشکیل غلاف ها با کاربرد ۳۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید در لیتر اختصاص داشت که در شرایط مشابه تفاوت معنی داری با آبیاری تکمیلی تک مرحله ای در آغاز تشکیل غلاف های بادام زمینی نشان نداد (جدول ۳) و همبستگی عملکرد پروتئین بادام زمینی با عملکرد دانه ($r = 0.64^{**}$) و درصد پروتئین دانه ($r = 0.93^{**}$) مثبت و معنی دار و همبستگی عملکرد پروتئین بادام زمینی با درصد روغن دانه ($r = -0.70^{**}$) و عملکرد روغن ($r = -0.70^{**}$) در واحد سطح منفی و معنی دار بود (جدول ۴). نتایج نشان داد که علیرغم افزایش درصد پروتئین دانه در پاسخ به تنش خشکی و وجود همبستگی مثبت بین درصد پروتئین دانه با عملکرد پروتئین بادام زمینی، افزایش درصد پروتئین دانه نتوانست دستیابی به حداکثر عملکرد پروتئین بادام زمینی در واحد سطح را میسر نماید و عملکرد پروتئین بادام زمینی بیشتر تابع عملکرد دانه در واحد سطح بود. در این آزمایش، انجام آبیاری تکمیلی در دو مرحله شروع گل دهی و آغاز تشکیل غلاف ها و محلول پاشی سالیسیلیک اسید بر روی بوته های بادام زمینی از طریق ارتقای عملکرد دانه در واحد سطح موجب افزایش عملکرد پروتئین بادام زمینی به میزان ۷۵/۳۳ درصد گردید. بدین ترتیب، نتایج بیانگر آن است که تعدیل تنش خشکی با انجام آبیاری تکمیلی و کاربرد سالیسیلیک اسید از طریق ارتقای عملکرد دانه در واحد سطح می تواند عملکرد پروتئین در هکتار را افزایش دهد و افزایش عملکرد دانه در هکتار روش مطمئنی برای ارتقای عملکرد پروتئین بادام زمینی در واحد سطح بشمار می رود.

اولئیک اسید

در این آزمایش، سنتز و انباشت اسید چرب غیراشباع اولئیک اسید در پروفایل اسیدهای چرب روغن بادام زمینی در پاسخ به اعمال تیمار تنش خشکی، افزایش پیدا کرد و بدین ترتیب،

که تنش خشکی (کشت دیم) و کاربرد سالیسیلیک اسید با افزایش درصد اسید چرب غیراشباع اولئیک اسید در پروفایل اسیدهای چرب کیفیت روغن بادام‌زمینی را به میزان ۱۹/۵۳ درصد ارتقا بخشید. بدین ترتیب، شرایط کم‌آبی و اعمال تنش-های خشکی در محیط رشد گیاهان زراعی منجر به افزایش محتوای اولئیک اسید و بهبود کیفیت روغن بادام‌زمینی می‌شود. نتایج بیانگر آن است که سنتز اولئیک اسید همانند سنتز پروتئین دانه به انرژی کمتری نیاز دارد و محققان دیگری دریافتند که در تنش‌های متوسط تا شدید خشکی مقدار کل اسیدهای چرب غیراشباع افزایش و مقدار کل اسیدهای چرب اشباع شده در مقایسه با تیمار شاهد کاهش نشان داد (Dawood et al., 2013). براساس مطالعه ضرایب همبستگی، تغییر شرایط محیطی به نفع عملکرد دانه و روغن بادام‌زمینی می‌تواند سنتز اولئیک اسید و به تبع آن کیفیت روغن بادام‌زمینی را کاهش دهد.

بیشترین میزان اولئیک اسید روغن بادام‌زمینی (۶۰/۹۸ درصد) به اثر متقابل عدم عملیات آبیاری (کشت دیم) و کاربرد ۳۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید در لیتر اختصاص داشت (جدول ۳). به‌علاوه، نتایج نشان داد که همبستگی میزان اولئیک اسید در روغن بادام‌زمینی با عملکرد دانه ($r = -0.65^{**}$) منفی و معنی‌دار بود (جدول ۴). در مطالعه مشابه‌ای، گزارش شده است که میزان اولئیک اسید در پروفایل اسیدهای چرب روغن بادام‌زمینی پایدار نیست و بسته به رقم و شرایط محیطی رشد تغییر می‌کند (Arioglu et al., 2017). همچنین، در مطالعه دیگری گزارش شده است که تنش خشکی درصد اولئیک اسید در پروفایل اسیدهای چرب روغن ذرت (Ali et al., 2012)، آفتابگردان (Petcu et al. 2001; Nazari et al., 2017) و سویا (Gao et al. 2009) را افزایش داد. محققان دیگری نشان دادند که اولئیک اسید در واکنش با کاربرد سالیسیلیک اسید افزایش پیدا کرد (Bakry Ahmed Bakry et al., 2020). نتایج نشان داد

جدول ۴- همبستگی بین عملکرد دانه و اسیدهای چرب روغن بادام‌زمینی تحت اثر متقابل رژیم آبیاری و سالیسیلیک اسید

صفات	عملکرد دانه	اولئیک اسید	لینولئیک اسید	پالمیتیک اسید	استتاریک	آراشیدیک اسید	بیهنیک اسید
کیلوگرم در هکتار	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	۱						
اولئیک اسید (درصد)	-۰/۶۵**	۱					
لینولئیک اسید (درصد)	**۷۱/۰-	-۰/۶۳**	۱				
پالمیتیک اسید (درصد)	-۳۸/۰ ^{ns}	۵۵/۰*	-۰/۶۵**	۱			
استتاریک اسید (درصد)	۷۰/۰**	**۰/۶۲	۵۲/۰*	۰/۶۵**	۱		
آراشیدیک اسید (درصد)	-۰/۱۷ ^{ns}	۰/۶۴**	۰/۶۴**	۰/۶۶**	۰/۶۶**	۱	
بیهنیک اسید (درصد)	**۷۷/۰	-۰/۶۹**	-۰/۶۴**	-۰/۶۶**	-۰/۶۶**	-۰/۹۹**	۱

^{ns}، ^{*} و ^{**}: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

در آغاز تشکیل غلاف‌های بادام‌زمینی و کاربرد ۱۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید در لیتر به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج نشان داد که همبستگی بین میزان لینولئیک اسید در روغن بادام‌زمینی با اولئیک اسید ($r = -0.63^{**}$) و عملکرد دانه ($r = -0.71^{**}$) منفی و معنی‌دار بود (جدول ۴). محققان در مطالعه بر روی سویا نشان دادند که تحت تنش خشکی محتوای لینولئیک اسید

لینولئیک اسید

در این آزمایش، برخلاف اسید چرب غیراشباع اولئیک اسید، سنتز و تجمع اسید چرب غیراشباع لینولئیک اسید در پروفایل اسیدهای چرب روغن بادام‌زمینی تحت تأثیر تنش خشکی کاهش پیدا کرد و بیشترین میزان لینولئیک اسید روغن بادام‌زمینی (۲۷/۱۷ درصد) تحت اثر متقابل آبیاری تک‌مرحله‌ای

روغن سویا را کاهش داد (Gao et al. 2009). محققان دیگری نشان دادند که مقدار لینولئیک اسید روغن کلزا تحت شرایط تنش خشکی کاهش یافت (Singh and Sinha, 2005).

نتایج مطالعه ضرایب همبستگی نشان داد که سنتز لینولئیک اسید رابطه معکوس با سنتز اولئیک اسید و عملکرد دانه دارد. محققان نشان دادند که لینولئیک اسید در واکنش با کاربرد سالیسیلیک اسید کاهش نشان داد (Bakry Ahmed Bakry et al., 2020). نتایج بیانگر آن است که بهبود شرایط محیطی به نفع عملکرد دانه منجر به کاهش محتوای اولئیک اسید و برعکس سبب افزایش درصد اولئیک اسید در روغن بادام زمینی به میزان درصد ۳۸/۵۴ گردید و تغییرات میزان اولئیک اسید و لینولئیک اسید در روغن بادام زمینی به موازات هم نبوده و افزایش سنتز اولئیک اسید سبب کاهش سنتز لینولئیک اسید می‌گردد (جدول ۳). با این توصیف، با توجه به این که شاخص نسبت اولئیک اسید به لینولئیک اسید یک معیار مهم برای تعیین کیفیت روغن بادام زمینی محسوب می‌شود که هرچه این شاخص کوچک‌تر باشد و میزان اولئیک اسید افزایش و مقدار لینولئیک اسید کاهش یابد، کیفیت روغن بادام زمینی بهتر خواهد بود. بدین ترتیب، شرایط کم‌آبی و وقوع تنش خشکی، از طریق افزایش تجمع اولئیک اسید و کاهش انباشت لینولئیک اسید در پروفایل اسیدهای چرب روغن بادام زمینی موجب بهبود کیفیت روغن می‌گردد.

پالمیتیک اسید

نتایج نشان داد که میزان اسید چرب اشباع شده پالمیتیک اسید در روغن بادام زمینی در واکنش به اعمال تنش خشکی افزایش پیدا کرد و متناسب با افزایش آب قابل دسترسی گیاه از طریق آبیاری تکمیلی، میزان اسید چرب اشباع شده کاهش نسبی نشان داد. بدین ترتیب، بیشترین میزان اسید چرب اشباع شده پالمیتیک اسید (۹/۴۱ درصد) در روغن بادام زمینی به اثر متقابل عدم انجام آبیاری (کشت دیم) و کاربرد ۳۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید در لیتر به دست آمد که تحت شرایط مشابه تفاوت معنی‌داری با ۲۰۰ میکرومول سالیسیلیک

استتاریک اسید

در این آزمایش، مقدار اسید چرب اشباع شده استتاریک اسید در واکنش به اعمال تیمار تنش خشکی (کشت دیم) کاهش معنی‌داری پیدا کرد. بیشترین میزان استتاریک اسید (۷/۱۳ درصد) در روغن بادام زمینی تحت اثر متقابل آبیاری تکمیلی دو مرحله‌ای در شروع گل‌دهی و آغاز تشکیل غلاف‌های بادام زمینی با کاربرد ۱۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید در لیتر مشاهده گردید و در شرایط مشابه افزایش کاربرد سالیسیلیک

اسید تا میزان ۳۰۰ میکرومول در لیتر سبب کاهش مقدار اسید چرب اشباع شده استتاریک اسید گردید (جدول ۳) و بین میزان استتاریک اسید در پروفایل اسیدهای چرب روغن بادامزمینی و اسیدهای چرب اولئیک اسید ($r=0.62^{**}$)، لینولئیک اسید ($r=0.52^{**}$)، پالمیتیک اسید ($r=0.65^{**}$) و عملکرد دانه ($r=0.70^{**}$) همبستگی مثبت و معنی دار وجود داشت (جدول ۴). در مطالعه مشابهی بر روی بادام زمینی، گزارش شده است که مقدار اسید چرب اشباع شده استتاریک اسید تحت شرایط تنش خشکی افزایش پیدا کرد (Dwivedi et al., 1996). نتایج نشان داد که مقدار استتاریک اسید نیز تحت تأثیر تغییرات شرایط محیطی قرار می‌گیرد و با انجام برخی عملیات زراعی نظیر آبیاری تکمیلی و استفاده از شبه هورمون‌هایی مانند سالیسیلیک اسید در مقادیر کم‌تر می‌توان مقدار استتاریک اسید موجود در پروفایل اسیدهای چرب روغن بادامزمینی را تغییر داد. ولی افزایش کاربرد سالیسیلیک اسید بسته به شدت تنش خشکی، سبب کاهش مقدار استتاریک اسید می‌شود. به علاوه، نتایج بیانگر آن است که تحت شرایط بروز تنش‌های خشکی، محتوای استتاریک اسید در پروفایل اسیدهای چرب روغن بادامزمینی می‌تواند به موازات افزایش عملکرد دانه و دیگر اسیدهای چرب افزایش پیدا کند.

بیهنیک اسید

تنش خشکی مقدار بیهنیک اسید روغن بادامزمینی را کاهش داد و بیشترین میزان بی‌هنیک اسید (۲/۸۸ درصد) در روغن بادامزمینی تحت اثر متقابل آبیاری تکمیلی دو مرحله‌ای در رشد شروع گل‌دهی و آغاز تشکیل غلاف‌های بادامزمینی با کاربرد ۱۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید در لیتر به دست آمد (جدول ۳). همبستگی بین میزان بیهنیک اسید در پروفایل اسیدهای چرب روغن بادامزمینی و با عملکرد دانه ($r=0.77^{**}$) مثبت و معنی دار بود و با اسیدهای چرب اولئیک ($r=0.69^{**}$)، لینولئیک ($r=0.64^{**}$)، پالمیتیک ($r=0.63^{**}$)، استتاریک ($r=0.66^{**}$) و آراشیدیک اسید ($r=0.99^{**}$) منفی و معنی دار بود (جدول ۴). محققان دیگری دریافتند که تحت تأثیر تنش خشکی مقدار بیهنیک اسید در روغن بادامزمینی کاهش یا فت (Dwivedi et al., 1996). همچنین، محققان دیگری گزارش کردند که تمامی اسیدهای چرب روغن گل‌رنگ تحت تنش خشکی کاهش پیدا کردند. ولی شدت کاهش اسیدهای چرب اشباع شده بیشتر از اسیدهای چرب اشباع نشده بود (Ensiye and Khorshid, 2010). از نتایج به دست آمده چنین استنباط می‌شود که تحت شرایط تنش کم-آبی مقدار اسید چرب بیهنیک اسید به موازات افزایش عملکرد دانه، افزایش پیدا می‌کند. ولی مقدار اسید چرب بیهنیک اسید با

اسید تا میزان ۳۰۰ میکرومول در لیتر سبب کاهش مقدار اسید چرب اشباع شده استتاریک اسید گردید (جدول ۳) و بین میزان استتاریک اسید در پروفایل اسیدهای چرب روغن بادامزمینی و اسیدهای چرب اولئیک اسید ($r=0.62^{**}$)، لینولئیک اسید ($r=0.52^{**}$)، پالمیتیک اسید ($r=0.65^{**}$) و عملکرد دانه ($r=0.70^{**}$) همبستگی مثبت و معنی دار وجود داشت (جدول ۴). در مطالعه مشابهی بر روی بادام زمینی، گزارش شده است که مقدار اسید چرب اشباع شده استتاریک اسید تحت شرایط تنش خشکی افزایش پیدا کرد (Dwivedi et al., 1996). نتایج نشان داد که مقدار استتاریک اسید نیز تحت تأثیر تغییرات شرایط محیطی قرار می‌گیرد و با انجام برخی عملیات زراعی نظیر آبیاری تکمیلی و استفاده از شبه هورمون‌هایی مانند سالیسیلیک اسید در مقادیر کم‌تر می‌توان مقدار استتاریک اسید موجود در پروفایل اسیدهای چرب روغن بادامزمینی را تغییر داد. ولی افزایش کاربرد سالیسیلیک اسید بسته به شدت تنش خشکی، سبب کاهش مقدار استتاریک اسید می‌شود. به علاوه، نتایج بیانگر آن است که تحت شرایط بروز تنش‌های خشکی، محتوای استتاریک اسید در پروفایل اسیدهای چرب روغن بادامزمینی می‌تواند به موازات افزایش عملکرد دانه و دیگر اسیدهای چرب افزایش پیدا کند.

آراشیدیک اسید

نتایج نشان داد که تحت شرایط وقوع تنش خشکی، درصد اسید چرب اشباع شده آراشیدیک اسید^۱ در پروفایل اسیدهای چرب روغن بادامزمینی افزایش پیدا کرد و بیشترین میزان آراشیدیک اسید (۲/۰۱ درصد) در روغن بادامزمینی به اثر متقابل عدم انجام عملیات آبیاری (کشت دیم) و کاربرد ۳۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید در لیتر اختصاص داشت که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای مجزای آبیاری در مرحله گل‌دهی و آبیاری در مرحله آغاز تشکیل غلاف‌ها نشان نداد (جدول ۳). همبستگی بین میزان آراشیدیک اسید با اسیدهای چرب اولئیک ($r=0.64^{**}$)، لینولئیک ($r=0.64^{**}$)، پالمیتیک ($r=0.62^{**}$) و

^۱. Arachdic acid

پاک‌نژاد، ف.، مجیدی هروان، ا.، نورمحمدی، ق.، سیادت، ع. و وزان، س. ۱۳۸۶. ارزیابی تأثیر تنش خشکی بر صفات مؤثر بر انباشت مواد در دانه ارقام مختلف گندم. علوم کشاورزی (دانشگاه آزاد اسلامی). ۱۳: ۱۳۷-۱۴۹.

پیراسته انوشه، ه.، امام، ی.، محمدجواد روستا، م. ج. و هاشمی، س. ا. ۱۳۹۵. اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد دانه جو (*Hordeum vulgare* L. رقم نصرت در شرایط تنش شوری. مجله علوم زراعی ایران. ۱۸(۳): ۲۳۲-۲۴۴.

درودیان، ح. ر. ۱۳۹۰. اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ۵ ژنوتیپ بادام‌زمینی در استان گیلان. مجله علوم زیستی واحد لاهیجان. ۵(۳): ۱۵-۲۲.

سبکدست، م.، دشتکی، م.، ساسانی، ی. و رضایی زاده، ا. ۱۳۹۶. ارزیابی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و برخی ویژگی‌های زراعی در نژادگان‌های لوبیا. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۸(۴): ۱۲۰۱-۱۲۰۹.

شعبانی، ع.، کامگار حقیقی، ع.، سپاس‌خواه، ع.، امام، ی. و هنر، ت. ۱۳۸۹. اثر تنش آبی بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد و کیفیت کلزای پاییزه رقم لیکورد. علوم زراعی ایران. ۴: ۴۰۹-۴۲۱.

صادق‌زاده اهری، د. ۱۳۹۶. اثر اندازه بذر بر عملکرد و ویژگی‌های زراعی و تحمل به تنش خشکی نخود. به زراعی کشاورزی. ۱۹(۱): ۶۹-۸۵.

عبدزادگوهری، ع. ۱۳۹۸. افزایش عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در بادام‌زمینی با تکیه بر مدیریت آبیاری. نشریه مدیریت آب در کشاورزی. ۶(۲): ۵۷-۶۴.

عبدزادگوهری، ع. ۱۴۰۰ الف بررسی عملکرد، تابع تولید و بهره‌وری مصرف آب دو رقم بادام‌زمینی تحت شرایط کم آبیاری در روش‌های مختلف آبیاری. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۲(۱۵): ۴۶۷-۴۸۲.

عبدزادگوهری، ع. ۱۴۰۰ ب. بررسی اثر کم آبیاری و دو شیوه آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم بادام زمینی. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۵(۱): ۶۱-۷۳.

افزایش میزان اسیدهای چرب اولئیک اسید، لینولئیک اسید، پالمیتیک اسید، استئاریک اسید و آراشیدیک اسید کاهش پیدا می‌یابد. به‌علاوه، نتایج حاکی از آن است که سالیسیلیک اسید بسته به شدت تنش خشکی تا غلظت ۱۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید در لیتر سبب افزایش و سپس موجب کاهش مقدار بیهینیک اسید در پروفایل اسیدهای چرب روغن بادام‌زمینی می‌گردد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش عملکرد کمی دانه، روغن و پروتئین به‌ترتیب به‌میزان ۷۹/۲۴ و ۷۵/۳۶ درصد گردید. ولی کیفیت روغن با افزایش سنتز و تجمع اولئیک اسید در پروفایل اسیدهای چرب روغن بادام‌زمینی تحت شرایط تنش خشکی به‌میزان ۱۹/۵۳ درصد بهبود پیدا کرد. کاربرد برگی سالیسیلیک اسید با غلظت ۳۰۰ میکرومول در لیتر در هر دو شرایط تنش خشکی و انجام آبیاری تکمیلی تمامی صفات اندازه‌گیری شده به‌استثنای اسیدهای چرب استئاریک و بیهینیک اسید را بهبود بخشید. با این توصیف، بیشترین عملکرد دانه (۳۴۵۰ کیلوگرم در هکتار) در واکنش به آبیاری تکمیلی دو مرحله‌ای (در شروع گل‌دهی و تشکیل غلاف‌ها) همراه با کاربرد سالیسیلیک اسید به‌دست آمد. بدین ترتیب، آبیاری تکمیلی و کاربرد برگی سالیسیلیک اسید می‌تواند در راستای ارتقای کمیت و کیفیت عملکرد دانه و روغن بادام‌زمینی تحت شرایط اقلیمی مشابه قابل توصیه باشد.

منابع

احمدی لاهیجانی، م. ج. و امام، ی. ۱۳۹۲. بررسی واکنش ژنوتیپ‌های گندم به تنش خشکی انتهایی فصل با استفاده از شاخص‌های فیزیولوژیک. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۳(۹): ۱۶۳-۱۷۵.

اسکندری، ح. و عالیزاده امرایی، ا. ۱۳۹۵. تأثیر آبیاری تکمیلی در مرحله رشد زایشی بر عملکرد دانه، روغن و کارایی انرژی سیستم تولید کلزا در شرایط دیم. به زراعی کشاورزی. ۱۸(۴): ۹۱۹-۹۰۷.

- the characteristic of peanutseeds cultivated near tizi-ouzou. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*. 4: 879-885.
- Arioglu, H., Bakal, H., Gulluoglu, L., Onat, B. and Kurt, C. 2017. The effect of harvesting dates on some agronomic and quality characteristics of peanut (*Arachis hypogaea* L.) varieties grown as a main crop in Mediterranean region (Turkey). *Turk Journal of Field Crops*. 23(1): 27-37.
- Ashrafi, E. and Razmjoo, K. 2010. Effect of irrigation regimes on oil content and composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 87(5): 499-506.
- Askari, E. and Ehsanzadeh, P. 2015. Drought stress mitigation by foliar application of salicylic acid and their interactive effects on physiological characteristics of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) genotypes. *Acta Physiologiae Plantarum*. 37: 4-14.
- Aydinsakir, K., Nazmi, D., Dursun, B., Ruhi, B. and Ramazan, T. 2016. Assessment of different irrigation levels on peanut crop yield and quality components under Mediterranean conditions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 142(9): doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001062.
- Bakry Ahmed Bakry, M. A., Mervat Shmoon, S., Amany, A. and El-Monem, A. 2020. Physiological Aspects of Tyrosine and Salicylic Acid on Morphological, Yield and Biochemical Constituents of Peanut Plants. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 23(3): 375-384.
- Baldini, M., Givanardi, R. and Vanzozi, G. P. 2000. Effect of different water availability on fatty acid composition of the oil in standard and high oleic sunflower hybrids. In: *Proceedings of XV International Sunflower Conference*, Toulouse, pp A79.84.
- Boydak, E., Alpaslan, M., Hayta, M., Gercek, S. and Simek, M. 2002. Seed composition of soybeans grown in the Harran region of Turkey as affected by row spacing and irrigation. *Journal Agricultural and Food Chemistry*. 50: 4718-4720.
- قربانی نصرآباد، ق. و هزارجریبی، ا. ۱۳۸۹. واکنش پنبه به کم-آبیاری در مراحل مختلف رشد. *مجله پژوهش‌های تولید گیاهی*. ۱۷(۴): ۱۲۹-۱۴۱.
- کریمی، ر.، هادی، ه. و تاجبخش شیشوان، م. ۱۳۹۶. بررسی امکان کاهش خسارت تنش کم‌آبی بر عملکرد سورگوم علوفه‌ای با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سولفات روی. *به‌زراعی کشاورزی*. ۱۸(۲): ۵۲-۷۲.
- کشاورز، ح. و مدرس ثانوی، س. ع. م. ۱۳۹۳. اثر سالیسیلیک اسید بر کلروفیل، برخی خصوصیات رشدی و عملکرد دو رقم کلزا. *نشریه تولید گیاهان زراعی*. ۷(۴): ۱۷۶-۱۳۱.
- موحدی‌دهنوی، م.، نیکنام، ن.، بهزادی، ی.، محتشمی، ر. و باقری، ر. ۱۳۹۶. مقایسه پاسخ‌های فیزیولوژیک کتان به تنش خشکی، شوری و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک. *مجله زیست‌شناسی گیاهی ایران*. ۳۳: ۳۹-۶۲.
- میرزایی حیدری، م.، نوری، م. ح.، خورگامی، ع.، پزشک‌پور، پ. و ارزانی، ا. ۱۳۸۸. بررسی اثرات تراکم بوته و آبیاری تکمیلی بر صفات زراعی، میزان کلروفیل برگ و نفوذ نور در کف سایه‌انداز گیاهی ارقام نخود. *مجله علوم گیاهان زراعی ایران*. ۴۰(۳): ۱۲۱-۱۱۳.
- یوسف‌زاده نجف‌آبادی، م. و احسان زاده، پ. ۱۳۹۸. بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و اجزای عملکرد سه ژنوتیپ کنجد تحت شرایط مختلف رطوبتی. *فرآیند و کارکرد گیاهی*. ۹(۳۳): ۱۳۷-۱۵۱.
- Ali, Q., Ashraf, M., Anwar, F. and Al-Qurainy, F. 2012. Trehalose-induced changes in seed oil composition and antioxidant potential of maize grown under drought stress. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 89: 1485-1493.
- Amini, H., Arzani, A. and Karami, M. 2014. Effect of water deficiency on seed quality and physiological traits of different safflower genotypes. *Turkish Journal of Biology*. 38(2): 271-282.
- Amir, Y., Benbelkacem, T., Hadni, L. and Youyou, A. 2005. Effect of irrigation and fertilization on

- Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 5: 380-390.
- Ensiye, A. and Khorshid, R. 2010. Effect of irrigation regimes on oil content and composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. Journal of American Oil and Chemical Society. 1527-1538.
- Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A. and 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.
- Farooq, M., Nadeem, F., Gogoi, N., Ullah, A., Alghamdi, S. S., Nayyar, H. 2017. Heat stress in grain legumes during reproductive and grain-filling phases. Crop and Pasture Science. 68: 985-1005.
- Gao, J., Hao, X., Thelen, K. D. and Robertson, G. P. 2009. Agronomic management system and precipitation effects on soybean oil and fatty acid profiles. Crop Science. 49: 1049-1057.
- Geerts, S. and Raes, D. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. Agr. Water Management. 96(9): 1275-1284.
- Ghanbari, A. A., Mousavi, S. H., Mousapour Gorgi, A. and Rao, I. M. 2013. Effects of water stress on leaves and seeds of bean (*Phaseolus vulgaris* L). Turkish Journal of Field Crops. 181: 73-77.
- Girdthai, T., Jogloy, S., Akkasaeng, C., Vorasoot, N., Wongkaew, S., Holbrook, C. C. and Patanothai, A. 2010. Heritability and genotypic correlations between, aflatoxin traits and physiological traits for drought tolerance under end of season drought in peanut (*Arachis hypogaea* L). Field Crops Research, 118:169-176.
- Hayata, Q., Hayata, Sh., Irfan, M. and Ahmad, A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environmental and Experimental Botany. 68: 14-25.
- Hussain, H. A., Men, S., Hussain, S., Chen, Y., Ali, S., Zhang, S., Zhang, K., Li, Y., Xu, Q., Liao, C. and Wang, L. 2019. Interactive effects of drought and heat stresses on morpho
- Chen, Y. E., Cui, J. M., Li, G. X., Yuan, M., Zhang, Z. W., Yuan, S. and Zhang, H. Y. 2016. Effect of salicylic acid on the antioxidant system and photosystem II in wheat seedlings. Biologia Plantarum. 60: 139-147.
- Dawood, M. G., El-Lethy, S. R. and Sadak, M. S. 2013. Role of methanol and yeast in improving growth, yield, nutritive value and antioxidants of soybean. World Applied Sciences Journal. 26(1): 6-14.
- Dimkpa, C. O., Bindraban, P. S., Fugice, J., Agyin-Birikorang, S., Singh, U. and Hellums, D. 2017. Composite micronutrient nanoparticles and salts decrease drought stress in soybean. Agronomy for Sustainable Development. 37(1): 5. doi.org/10.1007/s13593-016-0412-8.
- Dornbos, D. L. and Mullen, R. E. 1985. Soybean seed quality and drought stress intensity during development. Iowa Seed Science. 7: 9-11.
- Dragicevic, V., Kratovalieva, S., Dumanovic, Z., Dimov, Z. and Kravic, N. 2015. Variations in level of oil, protein, and some antioxidants in chickpea and peanut seeds. Chemical and Biological Technologies in Agriculture. 2(2): 1-6. doi 10.1186/s40538-015-0031-7.
- Dwivedi, S. L., Nigam, S. N., Rao, R. C. N., Singh, U. and Rao, K. V. S. 1996. Effect of drought on oil, fatty acids and protein contents of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) seeds. Field Crops Research. 48: 125-133.
- Elizabeth Abreu, M. and Munne-Bosch, S. 2008. Salicylic acid may be involved in the regulation of droughtinduced leaf senescence in perennials: A case study in field-grown *Salvia officinalis* L. plants. Environmental and Experimental Botany. 64:105-112.
- EL Sabagh, A., Sorour, S., Omar, A. E., Islam, M. S., Ueda, A., Saneoka, H. and Barutçular, C. 2015. Soybean (*Glycine Max* L.) growth enhancement under water stress conditions. International Conference on Chemical, Agricultural and Biological Sciences (CABS-2015). Sept. 4-5. 2015. Istanbul (Turkey).
- El-Khallal, S., Hathout, M., Ashour, T. and Kerrit, A. 2009. Brassinolide and salicylic acid induced growth, biochemical activities and productivity of maize plants grown under salt stress.

- Koolachart, R., Jogloy, S., Vorasoot, N., Wongkaew, S., Holbrook C. C., Jongrunklanga, N., Kesmalaa, T. and Patanothaia. A. 2013. Rooting traits of peanut genotypes with different yield responses to terminal drought. *Field Crops Research*. 149: 366-378.
- Latif, S. and Anwar, F. 2008. Quality assessment of moringa concanensis seed oil extracted through solvent and aqueous enzymatic techniques. *Grasas Aceites*. 59: 67-73.
- Masoumi, H., Masoumi, M., Darvishi, F., Daneshian, J., Nourmohammadi, G. and Habibi, D. 2010. Change in several antioxidant enzymes activity and seed yield by water deficit stress in soybean (*Glycine max* L.) cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*: 38(3): 86-94.
- Mekki, B. E. D. B. and Hussein, H. A. A. 2017. Influence of L-ascorbate on yield components, biochemical constituents and fatty acids composition in seeds of some groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars grown in sandy soil. *Bioscience Research*. 14(1): 75-83.
- Mohammadi, M., Ghassemi-Golezani, K., Chaichi, M. R. and Safikhani, S. 2018. Seed oil accumulation and yield of safflower affected by water supply and harvest time. *Agronomy Journal*. 110: 1-8.
- Nasri, M., Khalatbari, M., Zahedi, H., Paknejad, F. and Tohidi-Moghadam H. R. 2008. Evaluation of micro and macro elements in drought stress condition in cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L). *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 3: 579-583.
- Nazari, M., Mirlohi, A. and Majidi., M. M. 2017. Effects of drought Stress on oil characteristics of carthamus species. *Journal of American Oil and Chemistry Society*. 94: 247-256.
- Noreen, S., Fatima, K., Athar, H. U. R., Ahmad, S. and Hussain, K. 2017. Enhancement of physio-biochemical parameters of wheat through exogenous application of salicylic acid under drought stress. *Journal of Animal and Plant Sciences*. 27: 153-163.
- Ohashi, Y., Nakayama, N., Saneoka, H. and Fujita, K. 2006. Effects of drought stress on photosynthetic gas exchange, chlorophyll physiological attributes, yield, nutrient uptake and oxidative status in maize hybrids. *Scientific reports*. 9(1): 44-56. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37186-2> PMID: 30626917.
- Isleib T. G., Tilman, B. L., Patte, H. E., Sanders, T. H., Hendrix, K. W. and Dean, L. O. 2008. Genotype-by environment interaction for seed composition traits of breeding lines in the uniform peanut performance test. *Peanut Science*, 35: 130-138.
- Kaba, J. S., Ofori, K. and Kumaga, F. K. 2014. Inter-Relationships of Yield and Components of Yield at Different Stages of Maturity in Three Groundnuts (*Arachis hypogaea* L.) Varieties. *International Journal of Life Science Research*. 2(1): 43-48.
- Kambiranda, D. M., Vasanthaiah, H. K. N., Katam, R., Ananga, A., Basha, S. M. and Naik, N. 2012. Impact of drought stress on peanut (*Arachis hypogaea* L.) productivity and food safety. *Plants and Environment*, Rijeka, Croatia: InTech, pp. 249-272.
- Kaydan, D., Yagmur, M. and Okut, N. 2007. Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L). *Tarim Bilimleri Dergisi*. 13: 114-119.
- Khan, W., Prithiviraj, B. and Smith, D. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Plant Physiology*. 160: 485-92.
- Khadri, M., Tejera, N. and Liuch, C. 2006. Alleviation of salt stress in common bean (*Phaseolus vulgaris*) by exogenous abscisic acid supply. *Journal of Plant Growth Regulation*. 25: 110-119.
- Krishna, S., Surinder, K., Thind, S. K. and Gurpreet, K. 2004. Interactive effects of phenolics and light intensity on vegetative parameters and yield in soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Environmental Ecology*. 22: 390-394.
- Kim, K. S., Park, S. H. and Jenks, M. A. 2007. Changes in leaf cuticular waxes of sesame (*Sesamum indicum* L.) plants exposed to water deficit. *Journal of Plant Physiology*. 164: 1134-1143.

- Singh, J. P. 1988. A rapid method for determination of nitrate in soil and plant extract. *Plant and Soil*. 110: 137-139.
- Singh, S. and Sinha, S. 2005. Accumulation of metals and its effects in *Brassica juncea* L. Czern. (cv. Rohini) grown on various amendments of tannery waste. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 62: 118-127.
- Tammam, A. A. 2003. Response of *Vicia faba* plants to the interactive effect of sodium chloride salinity and salicylic acid treatment. *Acta Agronomica Hungarica*. 51(3): 239-248.
- Tie, C., Hu, T., Jia, Z. X. and Zhang, J. L. 2015. Automatic identification approach for High-Performance Liquid Chromatography-Multiple Reaction Monitoring fatty acid global profiling. *Analytical Chemistry*. 87(16): 8181-85.
- Yasser, H., Amin, G., Azab, A. and Gahin, H. 2015. Induction of drought stress resistance in sesame (*Sesamum indicum* L.) plant by salicylic acid and kinetin. *Journal of Plant Science*. 10: 128-141.
- Youssefi, A., Nshanian, A. and Azizi, M. 2011. Evaluation of influences of drought stress in terminal growth duration on yield and yield components of different spring Brassica oilseed species. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*. 11: 406-410.
- Zaghlool, S. A. M. 2002. Effect of salicylic and Jasmonic acids on the response of tomato plants to root knot nematode *Meloidogone incognita*, infection. *Ain-shamsuni., cairo. Egypt. AGRIS*, 47(3): 1107-1119.
- Zaki, R. N. and Radwan, T. E. 2011. Improving wheat grain yield and its quality under salinity conditions at a newly reclaimed soil by using different organic sources as soil or foliar applications. *Journal of Applied Sciences Research*. 7:42-55.
- fluorescence and stem diameter of soybean plants. *Journal of Plant Biology*. 50:138-141.
- Petcu, E., Adrian, A. and Danil, S. 2001. The effect of drought stress on fatty acid composition in some Romanian sunflower hybrids. *Romanian Agricultural Research*. 15: 39-42.
- Peleg, Z. and Blumwald, E. 2011. Hormone balance and abiotic stress tolerance in crop plants. *Current Opinion in Plant Biology*. 14(3): 290-295.
- Qaderi, M., Kurepin, L. V. and Reid, D. M. 2006. Growth and physiological responses of canola (*Brassica napus* L.) to three components of global climate change: temperature, carbon dioxide and drought. *Physiologia Plantarum*. 128: 710-721.
- Rajeshwari, V. and Bhuvaneshwari, V. 2017. Salicylic acid induced salt stress tolerance in plants. *International Journal of Plant Biology and Research*. 5(3): 1067.
- Ratnakumar, P. and Vadez, V. 2011. Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes tolerant to intermittent drought maintain a high harvest index and have small leaf canopy under stress. *Functional Plant Biology*. 38(12): 1016-1023.
- Ratnakumar, P. and Vadez, V. 2011. Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes tolerant to intermittent drought maintain a high harvest index and have small leaf canopy under stress. *Functional Plant Biology*. 38(12): 1016-1023.
- Rotundo, J. L. and Westgate, M. E. 2010. Rate and duration of seed component accumulation in water-stressed soybean. *Crop Science*. 50: 676-684.
- Sehga, A., Sita, K., Siddique, K. H. M., Kumar, R., Bhogireddy, S., Varshney, R. K., Rao, B. H., Nair, R. M., Prasad, P. V. V. and Nayyar, H. 2018. Drought or/and heat-stress effects on seed filling in food crops: Impacts on functional biochemistry, seed yields, and nutritional quality. *Frontiers in Plant Science*. 27: 158-170.

Effect of Supplementary Irrigation and Foliar Application of Salicylic Acid on Quantitative and Qualitative Yield of Seed and Oil in Peanut (*Arachis hypogaea* L.)

M. Mehri Charvadeh¹, M. Mostafavi Rad², H. R. Zakerin^{*3}, S. Sayfzadeh⁴ and S. A. Valadabady⁵

Abstract

In order to evaluate of grain yield and fatty acids composition in peanut (*Arachis hypogaea* L.) oil as affected by supplementary irrigation and Salicylic acid, this experiment was performed as split plot based on randomized complete block design with three replications in experimental field of Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Guilan Province, Astara (Kanroud research station), Iran, during 2018 and 2019 cropping seasons. Four level of irrigation regimes including no irrigation (as control), irrigation at initial flowering stage, irrigation at pod formation stage and irrigation at initial flowering + pod formation stages and three levels of Salicylic acid such as 100, 200 and 300 $\mu\text{mol/l}$ comprised experimental treatments, as main and sub plot, respectively. Drought stress decreased grain yield, grain oil content, oil yield, protein yield, linolenic, stearic and bihenic fatty acids percent in peanut oil. But, grain protein percent, oleic, palmitic and arashidic fatty acids percent enhanced in response to drought stress. Foliar application of salicylic acid at the rate of 300 $\mu\text{mol/l}$ improved all measured characteristics except stearic and bihenic fatty acids under both drought stress and supplementary irrigation conditions. The greatest grain yield (3450 kg/ha) of peanut was obtained in response to supplementary irrigation at initial flowering + pod formation stages along with Salicylic acid application at the rate of 300 $\mu\text{mol/l}$. Also, Salicylic acid application at the rate of 300 $\mu\text{mol/l}$ showed the highest rate of oleic acid in peanut oil (60.98%) under no irrigation (rainfed) condition. Hence, supplementary irrigation and foliar application of Salicylic acid could be recommendable in direction to enhance quantity and quality of grain and oil yield of peanut under similar climatic condition.

Keywords: Crop production, Drought stress, Peanut, Plant growth regulator, Protein yield

¹Ph. D. Student, Department of Agronomy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran

²Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Guilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

³Assistant Professor, Department of Agronomy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran (* Corresponding Author Email: drzakerin5@gmail.com)

⁴Associate Professor, Department of Agronomy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran

⁵Assistant Professor, Department of Agronomy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran

Received: 30 July 2022

Accepted: 18 Oct 2022