مقاله پژوهشی

اثر پرایمینگ سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی نانوکود کلات (کود پارمیس ۱۰) بر ویژگی‌های بیوشیمیایی دو رقم نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط دیم

لیلا عباسی[۱]، علی خورگامی*[۱] و مسعود رفیعی[۲]

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

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

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۱، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲)

چکیده

پرایمینگ سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی نانوکود کلات (کود پارمیس ۱۰) می‌توانند موجب تعدیل خسارات ناشی تنش خشکی در زراعت دیم گردند. در این پژوهش که به‌صورت فاکتوریل- اسپلیت در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل hQ تصادفی با سه تکرار در خرم‌آباد اجرا شد، اثر این دو عامل روی دو رقم نخود بررسی شد. نتایج نشان داد توده محلی گریت از مقدار پرولین، پراکسیداز و رنگیزه‌های فتوسنتزی اندام هوایی و مقدار مس و منگنز دانه بیشتری نسبت به رقم عادل برخوردار بود؛ اما مقدار کاتالاز اندام هوایی و مقدار پتاسیم و منیزیم دانه در رقم عادل نسبت به توده محلی گریت برتر بود. سالیسیلیک اسید موجب افزایش به‌ترتیب ۸/۱، ۶/۷ و ۵/۴ درصدی کاتالاز، کلروفیل *a* و کلروفیل *a+b* و کاهش ۱/۷ درصدی مقدار فسفر دانه نسبت به تیمار شاهد شد. نانوکود تا سه لیتر در هکتار موجب کاهش مقدار پرولین، پراکسیداز، کلروفیل *a*، کلروفیل *a+b* و نسبت کلروفیل *a/b* در اندام هوایی شد، اما بر مقدار کاتالاز و کلروفیل *b* در اندام هوایی و عناصر پتاسیم، منیزیم، آهن، مس، منگنز و روی در دانه افزوده شد. اثر متقابل رقم در سالیسیلیک اسید در نانوکود برای کلیه صفات اندازه‌گیری-شده در اندام هوایی معنی‌دار بود. با افزایش محلول‌پاشی نانوکود، مقدار پروتئین دانه افزایش خطی نشان داد، اما عملکرد پروتئین نخود تا سطح دو لیتر در هکتار افزایش معنی‌دار نشان داد و سپس کاهش یافت. در مجموع، رقم عادل با پرایمینگ سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی دو لیتر در هکتار نانوکود جهت بهبود کمیت و کیفیت نخود در شرایط دیم توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: آنتی‌اکسیدان، تنظیم اسمزی، تنش خشکی، عملکرد پروتئین، عناصر ضروری

مقدمه

تنش خشکی ناشی از نامناسب بودن مقدار و توزیع بارندگی در شرایط دیم، روی فرایندهای رشدونمو گیاهان مؤثر است که به‌صورت تغییرات بیوشیمیایی، فیزیولوژیک و مورفولوژیک بروز می‌کند (Wang *et al.*, 2001). اما مکانیسم‌های دفاعی متعددی در گیاهان وجود دارد که موجب تحمل به تنش کمبود آب می‌شوند؛ همچون تنظیم اسمزی، هومئوستازی یون، و سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی و هورمونی (Mahajan and Tuteja, 2005) که به بقا و رشد گیاهان تحت شرایط محیطی شدید پیش از مرحله رشد زایشی‌شان کمک می‌کنند. تنش خشکی

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-16]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.13.7]

موجب ایجاد رادیکال‌های فعال اکسیژن در اثر تنش اکسیداتیو می‌شود که این رادیکال‌ها بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی اثر گذاشته و همچنین موجب پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی می‌شوند (امینی و حداد، ۱۳۹۲) و در نتیجه بر نشت الکترولیت اثر سو می‌گذارند. با کاهش رطوبت خاک، مقدار پرولین برگ‌ها افزایش می‌یابد و نقش کلیدی در تنظیم اسمزی بازی می‌نماید (گلدانی، ۱۳۹۱؛ قربانلی و نیاکان، ۱۳۸۴؛ Cha-um and Kirdmanee, 2009).

تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به طور وسیع در محصولات کشاورزی به عنوان عاملی برای بهبود عملکرد محصولات بکار برده می‌شوند و اغلب برای افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌ها استفاده می‌شوند (Raei *et al.*, 2015). اسید سالیسیلیک یک تنظیم‌کننده رشد درونی از گروه ترکیبات فنلی طبیعی است که در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه نقش دارد. القای گلدهی، رشدونمو، سنتز اتیلن و تنفس از نقش‌های مهم اسید سالیسیلیک به شمار می‌رود. اسید سالیسیلیک در گیاهان تحت تنش نقش حفاظتی دارد. استفاده از روش پرایمینگ یکی از روش‌های بهبود کارکرد و افزایش کیفیت بذر در شرایط نامساعد محیطی است (عبدالهی و شکاری، ۱۳۹۲). در پژوهشی محمدی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که پرایمینگ دانه‌های گلرنگ با اسید سالیسیلیک از طریق بهبود روابط آبی (Loutfy *et al.*, 2012) و تأثیر بر پایداری غشا (Yusuf *et al.*, 2012) موجب افزایش وزن خشک گیاه گلرنگ شد.

Nazar و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش میزان فتوسنتز در دو رقم لوبیا سبز تحت شرایط عدم تنش و تنش شوری گردید. در آزمایشی مشخص شد که پرایمینگ دانه‌های گلرنگ با اسید سالیسیلیک سرعت سبزشدن در مزرعه را افزایش داد که این امر منجر به تعداد برگ بیشتر در گیاه و به دنبال آن افزایش جذب نور و فتوسنتز شد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰). Shakirova (۲۰۰۷) گزارش کرد که اسید سالیسیلیک باعث افزایش هورمون‌های اکسین و سیتوکینین در بافت‌های گیاهی گردید که به دنبال آن موجب افزایش رشد گیاهان شد. مکانیسم عمل اسید سالیسیلیک در برابر تنش‌ها به نقش آن در تنظیم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات دارای گونه‌های اکسیژن فعال در گیاه بر می‌گردد. اسید سالیسیلیک از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، گیاهان را از صدمات حاصل از واکنش‌های اکسیداتیو حفظ می‌کند (Ghorbani *et al.*, 2011). در تحقیقی گزارش گردید که پرایمینگ بذرهای برنج با غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید، عملکرد این گیاه را به طور معنی‌داری افزایش داد (Farooq *et al.*, 2009). مجد و همکاران (۱۳۸۵) اعلام کردند که با توجه به اینکه اسید سالیسیلیک به عنوان یک ماده شبه هورمونی شناخته شده است به نظر می‌رسد این ماده با تأثیر بر سیستم‌های رویشی و زایشی موجب افزایش تعداد شاخه و غلاف در گیاه نخود گردید.

از مهمترین کاربردهای فناوری نانو در زمینه‌ها و گرایش‌های کشاورزی در بخش آب و خاک می‌توان به استفاده از نانو کودها برای تغذیه گیاهان اشاره نمود (رضایی و همکاران، ۱۳۸۸). ذرات کودی می‌توانند با غشاهایی در مقیاس نانو پوشیده شوند که رهاسازی آهسته و مداوم عناصر غذایی را تسهیل می‌کند (Liu *et al.*, 2006). استفاده از نانوکودها منجر به افزایش کارآیی عناصر غذایی، کاهش سمیت خاک، به حداقل رساندن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می‌شود (نادری و دانش شهرکی، ۱۳۹۰). محلول‌پاشی نانو ذرات آهن با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر برای لوبیا چشم‌بلبلی تعداد غلاف (۴۷ درصد)، وزن هزار دانه (۷۵ درصد)، مقدار آهن برگ‌ها (۳۴ درصد) و مقدار کلروفیل (۱۰ درصد) را به‌طور قابل‌توجهی نسبت به شاهد افزایش می‌دهد (Delfani *et al.*, 2014). در بررسی اثرات نانو ذرات اکسید آهن و مقایسه آن با سولفات آهن وکلات آهن با EDTA بر روی رشد و محصول دو رقم لوبیا چیتی، محققین به این نتیجه رسیدند که تیمار نانو ذره ۰/۱ درصد و روش دوبار محلول‌پاشی قبل و بعد از گلدهی بیشترین تأثیر را بر اجزای عملکرد نشان داد (فراهانی و همکاران، ۱۳۹۲).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-16]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.13.7]

دلیل تغییرات اجزای گیاهی، تعداد بیشتر ذرات در واحد وزن و سطح ویژه ذرات نانو مقیاس است که باعث تماس بیشتر کود با گیاه و در نتیجه افزایش جذب مواد مغذی می‌گردد. علاوه بر این، نانوذرات با اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر، احتمالاً بازده عناصر را بیشتر و حلالیت آن را در آب مؤثرتر می‌کند، بنابراین فعالیت نانو ذرات افزایش یافته و در نتیجه عملکرد گیاه را بهبود می‌بخشد (Joseph and Morrisson, 2006). در بررسی جذب و غلظت عناصر غذایی آهن، روی، مس و منگنز در گیاه گندم گزارش شد که نانو اکسید آهن نسبت به اکسید معمولی آهن برتری معنی‌داری داشت (Mazaherinia *et al.*, 2010). محلول‌پاشی کلات نانوذرات آهن اثرات قابل‌توجه و معنی‌دار بر رشد و عملکرد دانه گندم داشته است (Alipour and Zahedi, 2018). نانوکودها در مقایسه با کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم (NPK) باعث افزایش رشد، ارتفاع و عملکرد و جذب بیشتر برخی عناصر در گیاه گندم می‌شوند (Al-juthery *et al.*, 2022). به گزارش ایقائی اسکوئی (۱۳۹۷)، نانوکود اثر معنی‌داری بر صفات زراعی و کیفیت دانه لوبیا داشت. مصرف نیتروژن و دیگر عناصر غذایی به صورت محلول‌پاشی در طول گلدهی، امکان جریان مستقیم مواد غذایی را به نقاطی که تقاضای متابولیکی بیشتری دارند را فراهم می‌سازد که این عامل باعث افزایش تعداد غلاف در بوته می‌شود (عباس‌دخت و مروی، ۱۳۸۴). حمزه‌ئی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که محلول‌پاشی نانوکود آهن سبب افزایش ارتفاع، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه در گیاه نخود در مقایسه با تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی نانوکود آهن) گردید. رشدی و همکاران (۱۳۹۱) نیز طی آزمایشی اعلام کردند که محلول‌پاشی عناصر کم مصرف به طور معنی‌داری عملکرد دانه لوبیا چیتی را افزایش داد. نیتروژن رابطه مستقیمی با درصد پروتئین دانه دارد که دلیل آن را افزایش مواد غذایی قابل دسترس در مرحله پرشدن دانه بیان کرده‌اند (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).

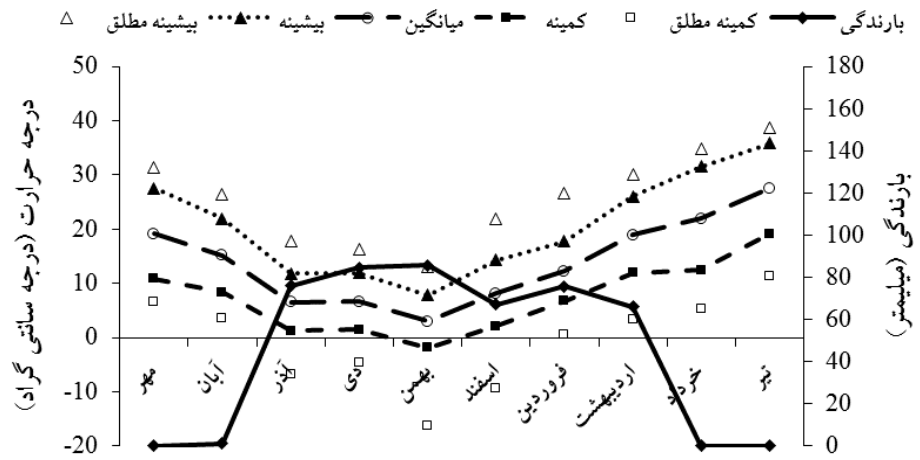
در اغلب مناطق استان لرستان، کشت نخود توده محلی گریت رایج است که دارای عملکرد کم و حساس به بیماری‌ها است، لیکن توصیه بر این است که از ارقام اصلاح‌شده پر پتانسیل همچون رقم عادل استفاده شود. این پژوهش با هدف بررسی احتمال اثر هم‌افزایی کاربرد همزمان پرایمینگ سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی نانوکود بر جذب عناصر و عملکرد رقم نخود اصلاح‌شده عادل در مقایسه با توده محلی گریت (شاهد) در شرایط دیم انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی به‌صورت فاکتوریل- اسپلیت پلات با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد واحد خرم‌آباد در پنج کیلومتری شمال خرم‌آباد در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. عامل رقم شامل دو رقم عادل و توده محلی گریت و عامل پرایمینگ بذر با محلول سالیسیلیک اسید شامل بدون پرایمینگ و پرایمینگ با محلول سالیسیلیک اسید به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و عامل محلول‌پاشی نانوکود در چهار سطح شامل محلول‌پاشی با آب‌مقطر (شاهد) و محلول‌پاشی با غلظت یک، دو و سه لیتر در هکتار در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

نانوکود مورد استفاده، نانوکود کلات مخصوص حبوبات (کود پارمیس ۱۰) ساخت شرکت فن‌آور سپهر پارمیس بود که ۳/۸ درصد نیتروژن و ۱/۵ درصد پتاسیم از عناصر پرمصرف و همچنین عناصر کم مصرف آهن و روی هر یک با غلظت ۲۵۰۰۰ پی‌پی‌ام را شامل می‌شد. این کود حاوی پتاسیم و آهن به‌صورت محلول در آب و عنصر روی به‌صورت کلات بود. محلول‌پاشی با استفاده از یک محلول‌پاش دقیق دستی و با فشار ثابت و براساس تیمارهای کودی در کرت‌های مورد نظر در دو مرحله قبل از گلدهی و ۵۰ درصد گلدهی اعمال شد، تا بیشترین تأثیر در رفع کمبود عناصر غذایی جهت گلدهی و پرشدن دانه را داشته باشد. کرت‌های شاهد به منظور یکنواختی کرت‌های آزمایشی با آب‌مقطر محلول‌پاشی شدند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-16]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.13.7]



شکل ۱- آمار هواشناسی سال زراعی ۶-۱۳۹۵ (منبع: ایستگاه هواشناسی خرم‌آباد)

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس
	(درصد)		(میلی‌گرم بر کیلوگرم)					
رسی سیلتی	۱/۱۱	۰/۱۵	۸/۷	۲۳۰	۷/۷۶	۷/۳۲	۰/۳۴	۱/۳۲

مشخصات هواشناسی محل آزمایش براساس آمار ایستگاه هواشناسی خرم‌آباد در شکل ۱ ارائه گردیده است. طبق طبقه-بندی اقلیمی دومارتن منطقه خرم‌آباد دارای اقلیم نیمه‌گرمسیری با تابستان گرم و خشک است. براساس آمار بلند مدت متوسط حداقل، حداکثر و متوسط حرارت به ترتیب ۹/۲، ۲۵/۲ و ۱۷/۲ درجه سانتی‌گراد دارای اقلیم معتدل با متوسط بارش سالیانه ۵۲۵ میلی‌متر و میانگین رطوبت نسبی ۴۶/۷ درصد است.

عملیات کاشت مشتمل بر شخم با گاوآهن برگردان‌دار پس از اولین بارندگی مؤثر و در خاک گاورو در ۱۵ آبان‌ماه بود. براساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱) مقدار ۲۰ کیلوگرم کود اوره به همراه ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به‌صورت یکنواخت پاشیده شد و به وسیله دیسک سبک مخلوط گردید. هر کرت در بر گیرنده پنج خط کاشت ۵ متری با فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر بود. در هنگام کشت جهت انجام پرایمینگ بذر، بذور نخود به مدت چهار ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس بذور خشک‌شده پس از ضدعفونی با قارچ‌کش بنومیل به نسبت دو در هزار جهت جلوگیری از آلودگی‌های قارچی ضدعفونی شدند. کلیه عملیات زراعی مطابق معمول منطقه و براساس توصیه‌های تحقیقاتی انجام پذیرفت. بقیه کود نیتروژنه در مرحله ساقه رفتن به‌مقدار ۵۰ کیلوگرم کود اوره به صورت سرک در اسفندماه در مرحله رشد سریع مصرف شد. وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی در دو مرحله انجام شد.

در مرحله گلدهی نمونه‌هایی از برگ‌های جوان گیاه از هر کرت جهت انجام تجزیه‌های بیوشیمیایی جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل گردید. سنجش میزان کلروفیل (Arnon, 1949)، و آنزیم پراکسیداز (Mae-Adam and Nelson, 1992) و کاتالاز (Uzma *et al.*, 2022) و پرولین (Bates *et al.*, 1973) صورت گرفت. در زمان برداشت عملکرد دانه سه ردیف وسط هر کرت آزمایشی با رعایت یک چهارم متر حاشیه از طرفین اندازه‌گیری و براساس ۱۲ درصد رطوبت محاسبه شد. همچنین، نمونه‌هایی از دانه هر کرت جهت انجام تجزیه‌های بیوشیمیایی به آزمایشگاه منتقل گردید و مقدار عناصر ضروری فسفر، پتاسیم، منیزیم، آهن منگنز، مس و روی (Ryan *et al.*,

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-16]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.13.7]

2007) و پروتئین (Kjeldal, 1998) در دانه اندازه‌گیری شد. عملکرد پروتئین از حاصلضرب عملکرد دانه در مقدار پروتئین دانه بدست آمد. تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم-افزار آماری SAS 9.1 صورت گرفت.

نتایج و بحث

اسیدآمینه پرولین و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان اندام هوایی: نتایج تجزیه واریانس ساده صفات نشان داد که مقدار اسیدآمینه پرولین و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان پراکسیداز و کاتالاز اندام هوایی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات ساده رقم، سالیسیلیک اسید (به استثنای پرولین و پراکسیداز) و نانوکود و اثرات متقابل دوگانه رقم در سالیسیلیک اسید، رقم در نانوکود و سالیسیلیک اسید در نانوکود و و اثر متقابل سه‌گانه رقم در سالیسیلیک اسید در نانوکود قرار گرفت (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد در توده محلی گریت نسبت به رقم عادل، مقدار اسیدآمینه پرولین و آنزیم پراکسیداز اندام هوایی به‌ترتیب ۸/۸ و ۸/۰ درصد بیشتر، اما مقدار آنزیم کاتالاز ۶/۵ درصد کمتر بود که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۳). این اختلافات ناشی از تفاوت ژنتیکی است و نشان می‌دهد توده محلی گریت از قدرت تنظیم اسمزی بیشتری نسبت به رقم اصلاح‌شده عادل برخوردار بود. نکته قابل‌توجه این بود که مکانیسم دفاع آنتی‌اکسیدانی دو رقم متفاوت بود، به‌طوریکه در توده محلی گریت آنتی‌اکسیدان پراکسیداز و در رقم عادل آنتی‌اکسیدان کاتالاز فعالیت داشت. صادقی و همکاران (۱۳۹۹) نیز دریافتند که تنش خشکی از میزان کاتالاز اندام هوایی و ریشه کاست، اما میزان پرولین و پراکسیداز اندام هوایی و ریشه در ژنوتیپ‌های سویا را افزایش داد؛ که با نتایج حاصل پژوهش ما مطابقت دارد.

پرایمینگ سالیسیلیک اسید موجب افزایش ۸/۱ درصدی آنزیم کاتالاز نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۳). مصرف نانوکود موجب کاهش مقدار پرولین اندام هوایی شد، به‌طوریکه با مصرف یک، دو و سه لیتر نانوکود، به‌ترتیب ۱/۲، ۱۱/۰ و ۱۱/۴ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد (جدول ۳). مقدار آنزیم پراکسیداز اندام هوایی نیز با مصرف نانوکود کاهش نشان داد، هر چند بیشترین مقدار کاهش در تیمار دو لیتر در هکتار نانوکود مشاهده شد (به‌ترتیب ۱۰/۱، ۱۹/۷ و ۴/۲ درصد). در خصوص آنزیم کاتالاز، مصرف نانوکود در سطوح یک و دو لیتر در هکتار موجب کاهش مقدار این آنزیم در اندام هوایی شد (به‌ترتیب ۲/۸ و ۵/۱ درصد کاهش نسبت به شاهد)، اما با افزایش مصرف نانوکود تا سطح سه لیتر در هکتار، بر مقدار آنزیم کاتالاز در اندام هوایی (۲/۴ درصد افزایش نسبت به شاهد) افزوده شد (جدول ۳). این نتایج نشان می‌دهد نانوکود موجب تعدیل تنش خشکی گردید و مکانیسم‌های دفاعی شامل تنظیم اسمزی و آنتی‌اکسیدانی در گیاه تقلیل یافت. نقش شبه هورمون‌ها، کودهای زیستی و مواد ضدتعرق در تحریک مکانیسم‌های دفاعی و تعدیل تنش خشکی ارقام مختلف گیاهان پیش از این توسط امان‌الهی بهاروند و همکاران (۱۳۹۹)، شرفی و همکاران (۱۴۰۰)، بیرانوند و همکاران (۱۴۰۱) و رشیدیان و همکاران (۱۴۰۰) گزارش شده است.

مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه رقم در سالیسیلیک اسید در نانوکود به روش برش‌دهی برای رقم نشان داد در توده محلی گریت بیشترین مقدار پرولین اندام هوایی از عدم مصرف سالیسیلیک اسید و عدم مصرف نانوکود (۰/۴۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) بدست آمد و کمترین آن از پرایمینگ سالیسیلیک اسید با عدم مصرف نانوکود (۰/۳۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) حاصل شد (شکل ۲). بیشترین مقدار آنزیم پراکسیداز اندام هوایی از عدم مصرف سالیسیلیک اسید با عدم مصرف نانوکود (۰/۸۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) بدست آمد و کمترین آن از مصرف سالیسیلیک اسید و مصرف دو میلی‌مولار نانوکود (۰/۵۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) حاصل شد (شکل ۲). بیشترین مقدار آنزیم کاتالاز اندام هوایی از پرایمینگ مصرف سالیسیلیک اسید با مصرف سه میلی‌مولار مصرف نانوکود (۰/۶۰۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) بدست آمد و کمترین آن از عدم مصرف سالیسیلیک اسید و مصرف یک میلی‌مولار نانوکود (۰/۴۳۵

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-16]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.13.7]

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی صفات بیوشیمیایی اندام هوایی و دانه نخود

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		پرولین اندام هوایی	پراکسیداز اندام هوایی	کاتالاز اندام هوایی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a+b	نسبت کلروفیل a/b
تکرار	۲	۰/۰۰۰۱۹۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶۸**	۶/۰۸E-۰۶	۰/۰۰۰۵۵۵	۰/۰۰۰۴۵۲	۰/۱۲۳۹۰۸
رقم (A)	۱	۰/۰۱۵**	۰/۰۲۸**	۰/۰۱۱۱**	۰/۳۰۵**	۰/۰۱۲۵**	۰/۴۵۲**	۰/۶۱۲*
سالیسیلیک اسید (B)	۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۱۶۹**	۰/۰۲۶*	۰/۰۰۰۲۴۳	۰/۰۳*	۰/۱۰۸۳
(B) × (A)	۱	۰/۰۱۲**	۰/۰۱۴۹*	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۹۰۴	۰/۰۰۳۵*	۰/۰۴۰*	۰/۰۰۷۰۰۸
خطای ۱	۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۲۹۴	۰/۰۰۱۰۴۸	۰/۰۰۰۵۷۲	۰/۰۰۱۴۲۴	۰/۱۲۸۴۶۴
نانوکود (C)	۳	۰/۰۰۶**	۰/۰۲۴**	۰/۰۰۲۸**	۰/۰۲۹**	۰/۰۰۱۷*	۰/۰۴۰**	۰/۲۵۲۸۳۳
(C) × (A)	۳	۰/۰۱۲**	۰/۰۸۵**	۰/۰۱۲**	۰/۲۲۹**	۰/۰۱۰**	۰/۳۲۰**	۱/۵۰۰**
(C) × (B)	۳	۰/۰۰۲*	۰/۰۵۵**	۰/۰۱۱۹**	۰/۱۴۳**	۰/۰۰۷۹**	۰/۲۱**	۰/۷۰۷**
(C) × (B) × (A)	۳	۰/۰۱۰**	۰/۰۴۵**	۰/۰۰۵۷**	۰/۱۱۸**	۰/۰۰۳**	۰/۱۶۳**	۰/۶۷۹**
خطای ۲	۲۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۱۹	۰/۰۰۴۶۶۸	۰/۰۰۰۴۹۵	۰/۰۰۶۴۰۹	۰/۱۰۴۹۳۶
ضریب تغییرات	(٪)	۷/۱۰۰	۷/۸۳۰	۲/۸۴	۹/۴۴	۸/۸۷	۸/۲۱	۱۱/۳

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

ادامه جدول ۲-

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		فسفر دانه	پتاسیم دانه	منیزیم دانه	آهن دانه	مس دانه	منگنز دانه	روی دانه
تکرار	۲	۱۵۷۰/۹**	۱۳۳/۸۰۰۵	۰/۰۰۲۶۶۹	۰/۰۶۷۵۰۶	۰/۰۰۲۶۶۹	۰/۰۰۳۷۰۲	۰/۶۱۱**
رقم (A)	۱	۱۶۵/۲۴۳۴	۹۹۸۰/۹**	۰/۰۶۲*	۰/۰۰۳۶۷۵	۰/۰۶۲*	۰/۰۸۳*	۰/۰۵۳۳۳۳
سالیسیلیک اسید (B)	۱	۷۵۷/۶*	۲۸۱/۱۰۷۲	۰/۰۰۰۴۶۹	۰/۰۰۲۱۳۳	۰/۰۰۰۴۶۹	۰/۰۰۰۵۳۳	۰/۰۱۷۲۸
(B) × (A)	۱	۷۳/۴۵۸۰۱	۲۴۸۳/۷*	۰/۰۱۹۶۰۲	۰/۰۰۵۶۳۳	۰/۰۱۹۶۰۲	۰/۰۲۸۰۳۳	۰/۱۰۴۵۳۳
خطای ۱	۶	۳۹۸/۱۴۹۵	۲۳۲۸/۶۳۶	۰/۰۲۶۰۷۴	۰/۱۰۳۹۳۷	۰/۰۲۶۰۷۴	۰/۰۳۳۷۱۹	۰/۰۸۵۹۴۷
نانوکود (C)	۳	۱۴۱/۹۸۳۶	۴۳۸۴/۵**	۰/۰۳۲*	۰/۵۶۵**	۰/۰۳۲۴*	۰/۰۴۱*	۰/۷۱۰**
(C) × (A)	۳	۲۶/۷۵۰۶۵	۱۰۴/۷۷۴۴	۰/۰۰۵۲۸۵	۰/۰۰۱۲۲۵	۰/۰۰۵۲۸۵	۰/۰۰۶۶۷۲	۰/۰۲۰۹۶۱
(C) × (B)	۳	۷/۶۳۱۰۳۱	۳۳/۰۶۰۲۷	۰/۰۰۲۵۶۹	۰/۰۰۲۵۹۴	۰/۰۰۲۵۶۹	۰/۰۰۳۰۷۲	۰/۰۰۱۰۳۹
(C) × (B) × (A)	۳	۲۲/۰۹۱۸۸	۱۵۱/۳۰۳۸	۰/۰۰۲۵۳۵	۰/۰۰۰۶۵	۰/۰۰۲۵۳۵	۰/۰۰۳۵۶۱	۰/۰۰۷۲۲۸
خطای ۲	۲۴	۱۱۲/۹۸۴۲	۴۹۷/۶۱۲۱	۰/۰۱۰۳۴۸	۰/۰۳۲۸۴۶	۰/۰۱۰۳۴۸	۰/۰۱۳۱۷۳	۰/۰۹۸۲۵۷
ضریب تغییرات	(٪)	۲/۳۰۳	۲/۶۴	۹/۱۱۵	۴/۰۳۱	۸/۱۶	۹/۱۳۳	۶/۳۵

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

میلی‌گرم در کیلوگرم) حاصل شد (شکل ۲).

اما در رقم عادل بیشترین مقدار پرولین اندام هوایی از پرایمینگ سالیسیلیک اسید و عدم مصرف نانوکود (۰/۴۸۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) بدست آمد و کمترین آن از عدم مصرف

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-16]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.13.7]

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات بیوشیمیایی اندام هوایی نخود

تیمارها		پرولین اندام هوایی	پراکسیداز اندام هوایی	کاتالاز اندام هوایی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a+b	نسبت کلروفیل a/b
		(میلی‌گرم بر کیلوگرم)						
رقم	گریت	۰/۳۷۴^{b}	۰/۵۶۴^{b}	۰/۴۹۹^{a}	۰/۸۰۳^{a}	۰/۲۶۶^{a}	۱/۰۷۰^{a}	۲/۹۷۵^{a}
	عادل	۰/۴۱۰^{a}	۰/۶۱۳^{a}	۰/۴۶۸^{b}	۰/۶۴۳^{b}	۰/۲۳۴^{b}	۰/۸۷۸^{b}	۲/۷۴۸^{b}
سالیسیلیک اسید	شاهد	۰/۳۹	۰/۵۹	۰/۴۶۵^{b}	۰/۷۰۰^{b}	۰/۲۵	۰/۹۴۸^{b}	۲/۸۲
	پرایمینگ	۰/۴۰	۰/۵۹	۰/۵۰۲^{a}	۰/۷۴۶^{a}	۰/۲۵	۰/۹۹۹^{a}	۲/۹۱
نانوکود	شاهد	۰/۴۱۴^{a}	۰/۶۳۶^{a}	۰/۴۹۰^{b}	۰/۷۰۰^{b}	۰/۲۳۶^{b}	۰/۹۳۷^{b}	۲/۹۷
	۱	۰/۴۰۹^{a}	۰/۵۷۸^{b}	۰/۴۷۷^{c}	۰/۷۶۳^{a}	۰/۲۵۲^{ab}	۱/۰۱۶^{a}	۲/۹۹
	۲	۰/۳۷۳^{b}	۰/۵۳۱^{c}	۰/۴۶۶^{c}	۰/۷۶۴^{a}	۰/۲۶۵^{a}	۱/۰۳۰^{a}	۲/۸۰
	۳	۰/۳۷۲^{b}	۰/۶۱۰^{ab}	۰/۵۰۱^{a}	۰/۶۶۵^{b}	۰/۲۴۷^{ab}	۰/۹۱۲^{b}	۲/۶۹
LSD (5%)		۰/۰۲۳۸	۰/۰۳۸۹	۰/۰۱۲	۰/۰۵۸	۰/۰۱۹	۰/۰۶۸	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند (۵٪ LSD).

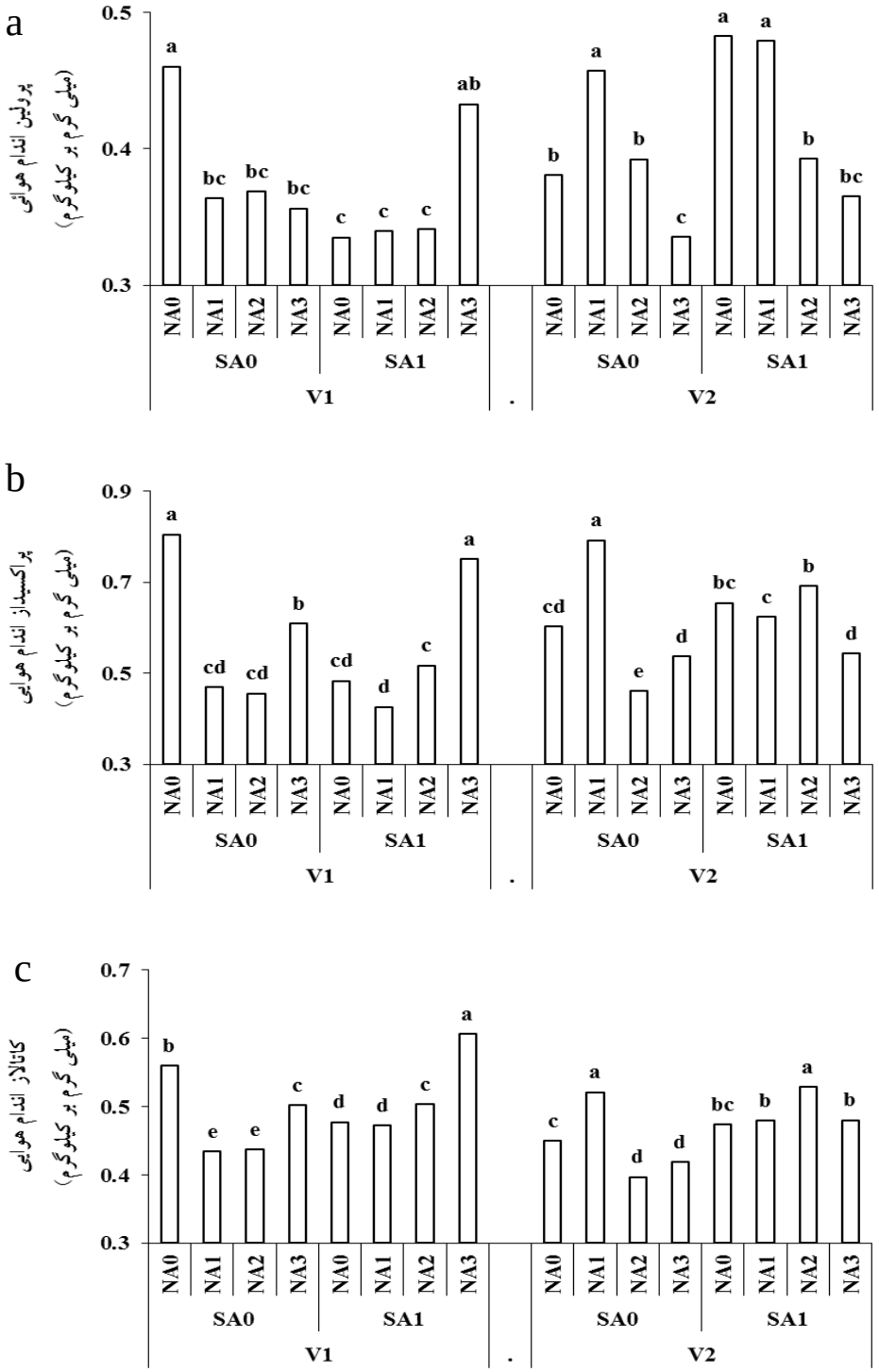
ادامه جدول ۳-

تیمارها		فسفر دانه	پتاسیم دانه	منیزیم دانه	آهن دانه	مس دانه	منگنز دانه	روی دانه
		(میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم)						
رقم	گریت	۴۵۹/۵۷	۸۳۱/۵^{b}	۱۶۷/۸^{b}	۴/۵۰	۱/۱۵۲^{a}	۱/۲۹۶^{a}	۴/۹۰
	عادل	۴۶۳/۲۸	۸۶۰/۴^{a}	۱۷۳/۳^{a}	۴/۴۹	۱/۰۸۰^{b}	۱/۲۱۵^{b}	۴/۹۷
سالیسیلیک اسید	شاهد	۴۶۵/۳^{a}	۸۴۸/۴۳	۱۶۷/۹۶	۴/۵۰	۱/۱۱	۱/۲۵	۵/۰۰
	پرایمینگ	۴۵۷/۴^{b}	۸۴۳/۵۹	۱۷۳/۳۱	۴/۴۹	۱/۱۲	۱/۲۶	۴/۸۸
نانوکود	شاهد	۴۶۵/۷۵	۸۱۸^{b}	۱۶۳/۱^{c}	۴/۱۶۶^{b}	۱/۰۶۳^{b}	۱/۱۹۶^{b}	۴/۵۷۵^{b}
	۱	۴۶۱/۸۸	۸۵۲^{a}	۱۶۹/۵^{b}	۴/۵۹۳^{a}	۱/۰۸۱^{b}	۱/۲۱۶^{b}	۵/۰۲۲^{a}
	۲	۴۶۰/۶۴	۸۵۲^{a}	۱۷۴/۴^{a}	۴/۶۰۳^{a}	۱/۱۷۳^{a}	۱/۳۱۹^{a}	۴/۰۶۲^{a}
	۳	۴۵۷/۴۳	۸۶۱^{a}	۱۷۵/۲^{a}	۴/۶۱۳^{a}	۱/۱۴۸^{ab}	۱/۲۹۱^{ab}	۵/۰۸۹^{a}
LSD (5%)			۱۸/۷۹۶	۲/۰۸۲	۰/۱۵۳	۰/۰۸۶	۰/۰۹۷	۰/۲۶۴

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند (۵٪ LSD).

سالیسیلیک اسید و مصرف سه میلی‌مولار نانوکود (۰/۳۳۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) حاصل شد (شکل ۲). در این رقم، بیشترین مقدار آنزیم پراکسیداز اندام هوایی از عدم سالیسیلیک اسید و مصرف یک میلی‌مولار نانوکود (۰/۷۹۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) بدست آمد و کمترین آن از عدم سالیسیلیک اسید و مصرف سه میلی‌مولار نانوکود (۰/۴۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) حاصل شد (شکل ۲). بیشترین مقدار آنزیم کاتالاز اندام هوایی از پرایمینگ سالیسیلیک اسید و مصرف دو میلی‌مولار نانوکود (۰/۵۲۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) بدست آمد و کمترین آن از عدم مصرف سالیسیلیک اسید و مصرف دو میلی‌مولار نانوکود (۰/۳۹۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) حاصل شد (شکل ۲). ملاحظه می‌شود مصرف سالیسیلیک اسید و نانوکود از شدت تنش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-16]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.13.7]



شکل ۲- مقایسه میانگین مقدار پرولین (a)، پراکسیداز (b) و کاتالاز (c) اندام هوایی تحت تأثیر متقابل سه‌گانه رقم در پرایمینگ سالیسیلیک اسید در محلول‌پاشی نانوکود

V1 و V2: به‌ترتیب گریت و عادل؛ SA0 و SA1: به‌ترتیب عدم پرایمینگ و پرایمینگ سالیسیلیک اسید؛ NA1 الی NA4: به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی نانوکود و محلول‌پاشی ۱، ۲ و ۳ لیتر در هکتار نانوکود. میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند (LSD ٪۵).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-16]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.13.7]

خشکی کاست و گیاه نیازی به صرف انرژی برای مکانیسم‌های دفاعی تنظیم اسمزی و آنتی‌اکسیدانی بالا نداشت، هر چند میان سالیسیلیک اسید با نانوکود و آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز اثر متقابل وجود داشت. به‌عبارتی تولید بالای پراکسیداز موجب سرکوب کاتالاز و بالعکس شد که با نتایج صادقی و همکاران (۱۴۰۰) مطابقت دارد. در میان ارقام نیز از نظر تولید پرولین تفاوت وجود داشت. به‌عبارت دیگر، تغییرات مقدار پرولین و آنتی‌اکسیدان‌ها تحت تأثیر هر دو عامل ژنتیک و محیط قرار گرفت.

گیاهان در مقابله با تنش خشکی سازوکارهای حفاظتی متفاوتی را در پیش می‌گیرند که از آن جمله می‌توان به تجمع اسمولیت‌هایی مثل پرولین و قندهای محلول و سازوکارهای آنزیمی و غیرآنزیمی در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از خشکی اشاره کرد (Tian and Li, 2006). پیش از این افزایش در فعالیت آنتی‌اکسیدانی و تنظیم اسمزی در ارقام گیاهان مختلف در شرایط تنش خشکی و وجود برهمکنش میان ژنوتیپ و محیط (بیرانوند و همکاران، ۱۴۰۱؛ رشیدیان و همکاران، ۱۴۰۱؛ شرفی و همکاران، ۱۴۰۰) گزارش شده است. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گلرنگ بهاره تحت تأثیر مصرف بالای کود فسفر در تیمار عدم به کارگیری کود زیستی در شرایط تنش رویشی و زایشی توسط حشمتی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش شده است. علاوه بر این، سالیسیلیک اسید با تأثیر بر آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیدازها و تنظیم‌کننده‌های اسمزی مثل پرولین، گلیسین و بتائین، موجب تعدیل اثرات ناشی از تنش گرما، سرما، فلزات سنگین و خشکی می‌گردد (Maibangsa *et al.*, 2000).

رنگیزه‌های فتوسنتزی: نتایج تجزیه واریانس ساده صفات نشان داد که مقدار کلروفیل *a*، کلروفیل *b*، کلروفیل *a+b* و نسبت کلروفیل *a/b* به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات ساده رقم، سالیسیلیک اسید (به استثنای کلروفیل *b* و نسبت کلروفیل *a/b*) و نانوکود (به استثنای نسبت کلروفیل *a/b*) و اثرات متقابل دوگانه رقم در سالیسیلیک اسید (به استثنای کلروفیل *a* و نسبت کلروفیل a/b)، رقم در نانوکود و سالیسیلیک اسید در نانوکود و اثر متقابل سه‌گانه رقم در سالیسیلیک اسید در نانوکود قرار گرفت (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقدار کلروفیل‌های *a*، *b*، *a+b* و *a/b* در توده محلی گریت به‌ترتیب ۲۴/۸، ۱۳/۸، ۲۱/۸ و ۸/۳ درصد بیشتر از رقم عادل بود که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۳). پرایمینگ سالیسیلیک اسید موجب افزایش معنی‌دار به‌ترتیب ۶/۷ و ۵/۴ درصدی مقدار کلروفیل *a* و *a+b* نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین، مصرف یک، دو و سه لیتر نانوکود، موجب به‌ترتیب افزایش ۹/۱ و ۹/۲ درصدی و کاهش ۵/۲ درصدی مقدار کلروفیل *a* نسبت به تیمار شاهد؛ به‌ترتیب افزایش ۶/۷، ۱۲/۱ و ۴/۴ درصدی مقدار کلروفیل *b* نسبت به تیمار شاهد؛ به‌ترتیب افزایش ۸/۵ و ۱۰/۰ درصدی و کاهش ۲/۷ درصدی مقدار کلروفیل *a+b* نسبت به تیمار شاهد؛ و به‌ترتیب افزایش ۰/۹ درصدی و کاهش ۶/۱ و ۱۰/۴ درصدی نسبت کلروفیل *a/b* نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۳).

مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه رقم در سالیسیلیک اسید در نانوکود به روش برش‌دهی برای رقم نشان داد در توده محلی گریت بیشترین مقادیر کلروفیل *a*، *b*، *a+b* و *a/b* از پرایمینگ سالیسیلیک اسید با مصرف یک میلی‌مولار نانوکود (به‌ترتیب ۱/۰۷، ۰/۳۱، ۱/۳۷ و ۳/۵۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) بدست آمد، اما کمترین مقادیر کلروفیل *a*، *a+b* و *a/b* از عدم پرایمینگ سالیسیلیک اسید و عدم مصرف نانوکود (به‌ترتیب ۰/۵۲، ۰/۷۵ و ۲/۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کمترین مقدار کلروفیل *b* از عدم پرایمینگ سالیسیلیک اسید و مصرف سه میلی‌مولار نانوکود (۰/۲۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) حاصل شد (شکل ۳)؛ اما در رقم عادل بیشترین مقادیر کلروفیل *a*، *b* و *a+b* و از پرایمینگ سالیسیلیک اسید با مصرف یک میلی‌مولار نانوکود (به‌ترتیب ۰/۹۲، ۰/۳۱ و ۱/۲۳ و میلی‌گرم در کیلوگرم) بدست آمد، و بیشترین مقدار کلروفیل *a/b* از پرایمینگ سالیسیلیک اسید و عدم مصرف نانوکود (۳/۳۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) حاصل شد، اما کمترین مقادیر کلروفیل *a*، *b*، *a+b* و *a/b* از پرایمینگ سالیسیلیک اسید و مصرف دو میلی‌مولار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-16]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.13.7]

نانوکود (به‌ترتیب ۰/۳۴، ۰/۱۸، ۰/۵۱ و ۱/۹۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) حاصل شد (شکل ۳).

خشک‌شدن بافت‌های برگ نه تنها مانع ساخته‌شدن کلروفیل می‌شود، بلکه به نظر می‌رسد که تخریب کلروفیل را هم باعث می‌شود. خشکی باعث شکسته‌شدن کلروپلاست و کاهش مقدار کلروفیل می‌گردد (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۷۹). بعضی گزارش‌ها بیان‌کننده افزایش میزان کلروفیل با افزایش تنش رطوبتی (Barraclough and Kate, 2001) بعضی نشان-دهنده کاهش غلظت کلروفیل در شرایط تنش رطوبتی است (کافی و رستمی، ۱۳۸۶). در برخی مطالعات، گزارش‌هایی در رابطه با واکنش متفاوت (Castrillo and Calcargo, 1989) و (Foyer *et al.*, 1994) و یا عدم تفاوت (موحدی دهنوی و همکاران، ۱۳۸۳) کلروفیل به خشکی در ارقام حساس و مقاوم به خشکی گیاهان زراعی مطرح شده است. بنابر اظهارات گلدانی و همکاران (۱۳۹۱) با افزایش فاصله آبیاری محتوای کلروفیل کل و کلروفیل a و b در مقایسه با شاهد کاهش یافت. برخلاف کلروفیل‌های a و b و مجموع آنها، تغییرات نسبت کلروفیل a/b در اندام هوایی تحت تأثیر هر دو عامل ژنتیک و محیط قرار گرفت. این نتایج با یافته‌های رضایی‌راد و همکاران (۱۳۹۲) منطبق است.

کاهش در رنگیزه‌های فتوسنتزی ناشی از تنش خشکی و برهمکنش ژنوتیپ و محیط در گندم دیم (بیرانوند و همکاران، ۱۴۰۰؛ رشیدیان و همکاران، ۱۴۰۰)، سویا (صادقی و همکاران، ۱۳۹۹) در سویا و آویشن باغی (شرفی و همکاران، ۱۴۰۰) نیز گزارش شده است. افزایش در میزان کلروفیل a و b و کل ناشی از مصرف کودهای زیستی مایکوریزا و ازتوباکتر در کلزا گزارش شده است (Amanolahi Baharvand *et al.*, 2021). شرفی و همکاران (۱۳۹۹) نشان دادند مصرف ورمی‌کمپوست موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در آویشن باغی شد.

عناصر ضروری در دانه: نتایج تجزیه واریانس ساده صفات نشان داد که اثر ساده رقم بر مقدار پتاسیم، منیزیم، مس و منگنز؛ اثر سالیسیلیک اسید بر مقدار فسفر؛ اثر نانوکود بر مقدار پتاسیم، منیزیم، آهن، مس، منگنز و روی؛ و اثر متقابل دوگانه رقم در سالیسیلیک اسید بر مقدار پتاسیم معنی‌داری بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقدار پتاسیم و منیزیم دانه در توده محلی گریت نسبت به رقم عادل به‌ترتیب ۳/۵ و ۳/۳ کمتر اما مقدار مس و منگنز دانه ۶/۷ بیشتر بود (جدول ۳). پرایمینگ سالیسیلیک اسید موجب کاهش ۱/۷ درصدی مقدار فسفر دانه نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۳). مصرف نانوکود موجب افزایش مقدار پتاسیم، منیزیم، آهن، مس، منگنز و روی دانه شد، به‌طوریکه با مصرف یک، دو و سه لیتر در هکتار نانوکود، مقدار پتاسیم به‌ترتیب ۴/۳، ۴/۲ و ۵/۳ درصد؛ مقدار منیزیم به‌ترتیب ۳/۹، ۶/۹ و ۷/۴ درصد؛ مقدار آهن به ترتیب ۱۰/۳، ۱۰/۵ و ۱۰/۷ درصد؛ مقدار مس به‌ترتیب ۱/۷، ۱۰/۳ و ۸/۰ درصد؛ مقدار منگنز به‌ترتیب ۱/۶، ۹/۷ و ۸/۳ درصد و مقدار روی به‌ترتیب ۹/۸، ۱۰/۷ و ۱۱/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد (جدول ۳). مشاهده می‌شود که حداکثر مقدار عناصر مس و منگنز در دانه تا مصرف دو لیتر در هکتار نانوکود صورت گرفت، اما عناصر پتاسیم، منیزیم، آهن و روی در دانه با مصرف سه لیتر در هکتار نانوکود به بیشترین مقدار خود رسیدند. به‌عبارت دیگر، امکان بهبود مقدار این عناصر در دانه نخود با مصرف بیشتر نانوکود وجود دارد.

مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه رقم در سالیسیلیک اسید بر مقدار پتاسیم نشان داد که بیشترین مقدار پتاسیم دانه در توده محلی گریت با پرایمینگ سالیسیلیک اسید و کمترین آن از تیمار پرایمینگ سالیسیلیک اسید در رقم عادل بدست آمد و تفاوتی میان دو رقم در تیمار عدم پرایمینگ سالیسیلیک اسید مشاهده نشد (شکل ۴). احتمالاً رقابت میان دیگر عناصر با پتاسیم موجب تأثیر متفاوت پرایمینگ سالیسیلیک اسید در دو رقم گردیده است (ملکوتی، ۱۳۸۴).

به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی نانوکود نقش مؤثری در تأمین عناصر ضروری گیاه داشته و موجب غنی‌سازی دانه نخود از نظر برخی عناصر ضروری می‌گردد (نادری و دانش شهرکی، ۱۳۹۰؛ Al-juthery *et al.*, 2022; Liu *et al.*, 2006). امان‌الهی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-16]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.13.7]

بهاروند و همکاران (۱۳۹۹) نیز مشاهده نمودند کاربرد کودهای زیستی و به‌ویژه کاربرد توأم آنها موجب افزایش برخی عناصر ضروری پرمصرف و کم‌مصرف در اندام هوایی و دانه در کلزا گردید.

روند تغییرات پروتئین دانه و عملکرد پروتئین: روند تغییرات پروتئین دانه تحت تأثیر محلول‌پاشی نانوکود نشان داد که مقدار پروتئین دانه با افزایش محلول‌پاشی نانوکود از یک رابطه خطی معنی‌دار و مثبت (R^2= 0.882**) پیروی نمود (شکل ۵). مقدار پروتئین دانه با محلول‌پاشی یک لیتر نانوکود در هکتار تغییری نشان نداد، لیکن با مصرف دو و سه لیتر در هکتار به‌ترتیب ۶/۲ و ۸/۲ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد داشت.

اما روند تغییرات عملکرد پروتئین نخود تحت تأثیر سطوح محلول‌پاشی نانوکود با افزایش محلول‌پاشی نانوکود از یک رابطه چندجمله‌ای معنی‌دار و مثبت (R^2= 0.981**) پیروی نمود. عملکرد پروتئین، که حاصلضرب عملکرد دانه در مقدار پروتئین دانه است، با محلول‌پاشی یک لیتر نانوکود تا سطح دو لیتر در هکتار افزایش معنی‌دار نشان داد و به‌ترتیب ۲۰/۲ و ۳۱/۰ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد داشت، لیکن در سطح سه لیتر در هکتار کاهش نشان داد و ۱۸/۶ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد داشت (شکل ۵).

به گزارش بیرانوند و همکاران (۱۴۰۱)، محلول‌پاشی نانوکود با افزایش مقدار نیتروژن اندام هوایی و دانه موجب افزایش مقدار پروتئین دانه در گندم تحت شرایط دیم شد. از آنجا که عملکرد فراورده‌های جانبی دانه در گیاهان، مانند عملکرد روغن (Amanolahi Baharvand *et al.*, 2021)، عملکرد پروتئین (بیرانوند و همکاران، ۱۴۰۰؛ رشیدیان و همکاران، ۱۴۰۰)، و عملکرد اسانس و متابولیت‌های ثانویه (Sharafi *et al.*, 2019) عمدتاً تابع عملکرد دانه است تا مقدار آن فراورده؛ لذا علی‌رغم افزایش حداکثری مقدار نیتروژن دانه نخود در بالاترین سطح مصرف نانوکود، عملکرد پروتئین نخود در این آزمایش نیز به تبعیت از عملکرد دانه، با محلول‌پاشی دو لیتر در هکتار نانوکود به بیشترین مقدار خود رسید ولی در بالاترین سطح مصرف نانوکود کاهش یافت. مهدخت مداح و همکاران (۱۳۸۵) بیان کردند که با کاربرد اسید سالیسیلیک، صفات وزن غلاف، وزن صد دانه، مقدار پروتئین محلول کل و عملکرد پروتئین نخود را به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، که با یافته‌های حاصل از این پژوهش مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد در هر توده محلی گریت و رقم عادل مکانیسم دفاعی تنظیم اسمزی در شرایط دیم فعال بود، اما مکانیسم دفاعی آنتی‌اکسیدانی در توده محلی گریت توسط پراکسیداز و در رقم عادل توسط کاتالاز عمل نمود. مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در توده محلی گریت نسبت به رقم عادل بیشتر بود که نشان‌دهنده آسیب کمتر سیستم فتوسنتزی توده محلی گریت در شرایط دیم بود. میان دو رقم از نظر جذب عناصر تفاوت وجود داشت. پرایمینگ سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی نانوکود، مکانیسم‌های دفاعی تنظیم اسمزی و آنتی‌اکسیدانی پراکسیداز و کلروفیل a و a+b در گیاه را کاهش داد. محلول‌پاشی نانوکود همچنین جذب برخی عناصر ضروری در دانه و مقدار پروتئین دانه را بهبود بخشید. میان رقم، پرایمینگ سالیسیلیک اسید و کاربرد نانوکود از نظر برخی صفات بیوشیمیایی برهمکنش معنی‌دار وجود داشت. عملکرد پروتئین نخود با افزایش محلول‌پاشی نانوکود تا سطح دو لیتر در هکتار افزایش معنی‌دار نشان داد و پس از آن کاهش یافت. در مجموع، رقم عادل با پرایمینگ سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی دو لیتر در هکتار نانوکود جهت افزایش کمیت و کیفیت نخود در شرایط دیم توصیه می‌شود.

منابع

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-16]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.13.7]

امان‌الهی بهاروند، زینب، سیاوشی، مرتضی، نیک‌نژاد، یوسف، فلاح‌آملی، هرمز، و رفیعی، مسعود (۱۳۹۹). اثر کودهای زیستی مایکوریزا و ازتوباکتر بر خصوصیات کمی، کیفی و فیزیولوژیک ارقام کلزا (*Berasica napus* L.). رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت الله آملی، آمل، ایران.

امینی، زهرا، و حداد، رحیم (۱۳۹۲). نقش رنگیزه‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در مقابل تنش اکسیداتیو. *پژوهش‌های سلولی و مولکولی (زیست‌شناسی ایران)*، *۲۶*(۳)، ۲۵۱-۲۶۵. SID. https://sid.ir/paper/248476/fa

ایقائی اسکوئی، آرزو (۱۳۹۷). ارزیابی اثرات نانو ذرات آهن (سبز، شیمیایی، مغناطیسی) بر مراحل رشدی و عملکرد کمی و کیفی ژنوتیپ‌های لوبیا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران.

بهرامی چگنی، زهرا، امیری، حمزه، و لاری‌یزدی، حسین (۱۳۹۲). بررسی اثر تنش خشکی بر برخی از پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه ریحان. *همایش ملی علوم و فنون کشاورزی*، ۴۳۰-۴۱۹. https://civilica.com/doc/250409

بیرانوند، الهام، خورگامی، علی، رفیعی، مسعود، میردریکوند، رضا، و وفایی، سید حسین (۱۴۰۱). اثر محلول‌پاشی نانوکود و متانول بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک گندم دیم در شرایط آبیاری تکمیلی. *نشریه فرآیند و کارکردهای گیاهی*، *۱۱*(۵۱)، ۲۲۵-۲۳۹. DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.14.1

حشمتی، سیاوش، امینی دهقی، مجید، و فتحی امیرخیز، کیوان (۱۳۹۵). بررسی اثر کود شیمیایی و زیستی فسفر بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و برخی صفات بیوشیمیایی گلرنگ بهاره تحت تنش کمبود آب. *نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی*، ۶، ۲۰۳-۲۱۳. https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.6.19.203

حمزه‌ئی، جواد، نجاری سعید، صادقی، فرشید، و سیدی، محسن (۱۳۹۳). اثر محلول‌پاشی نانوکلات آهن و تلقیح با باکتری مزوریزوبیوم بر گره‌زایی ریشه، رشد و عملکرد نخود در شرایط دیم. *نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران*، ۵(۲)، ۹-۱۸. https://doi.org/10.22067/IJPR.V1393I2.46895

حیدری شریف‌آباد، حسین (۱۳۷۹). گیاه، خشکی و خشکسالی. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.

رشدی، محسن، بویاقچی، داریوش، و رضادوست، ساسان (۱۳۹۱). تأثیر عناصر کم‌مصرف بر رشد و عملکرد لوبیا چیتی تحت تیمارهای قطع آبیاری. *مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی*، ۵، ۱۴۱-۱۳۱. DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.11.9

رشیدیان، امین، رفیعی، مسعود، خورگامی، علی، میردریکوند، رضا، و وفایی، سید حسین (۱۴۰۱). اثر تراکم و کائولین بر عملکرد و خصوصیات بیوشیمیایی ارقام گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط دیم. *نشریه فرآیند و کارکردهای گیاهی*، *۱۱*(۴۷)، ۱۲۹-۱۴۴. DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.16.5

رضایی، روح اله، حسینی، سید مسعود، شعبانعلی قمی، حسین، و صفا، لیلا (۱۳۸۸). شناسایی و تحلیل موانع توسعه فناوری نانو در بخش کشاورزی ایران از دیدگاه محققان. *فصلنامه علمی پژوهشی سایت فناوری*، ۲(۱)، ۱۷-۲۶. https://ensani.ir/file/download/article/6486bbf1da702-10675-1400-30.pdf

رضایی‌راد، هادی، هوشمند، عب الرحیم، ناصری، عبد علی، و سیاهپوش، محمد رضا (۱۳۹۵). تأثیر تنش خشکی بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکرد ذرت در حضور سطح ایستابی کم عمق در شرایط اقلیمی اهواز. *نشریه علوم و مهندسی آبیاری*، ۳۹(۱)، ۵۵-۶۶. https://doi.org/10.22055/JISE.2016.12012

شرفی، قدرت اله، چنگیزی، مهدی، رفیعی، مسعود، گماریان، مسعود، و خاقانی، شهاب (۱۴۰۰). اثر تنش خشکی و کود زیستی ورمی‌کمپوست بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.). *نشریه فرآیند و کارکردهای گیاهی*، ۱۰(۴۴)، ۱۴۷-۱۵۹. DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.8.4

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-16]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.13.7]

صادقی، لیلی، رفیعی، مسعود، و دانشیان، جهانفر (۱۴۰۰). اثرات تنش خشکی و ریزگرد بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک در گیاه سویا (*Glycine max* L.). *نشریه فرآیند و کارکردهای گیاهی*، *۱۰*(۴۱)، ۲۶۳-۲۷۷. DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.16.6

عباس‌دخت، حمید، و مروی، حمید (۱۳۸۴). تأثیر محلول‌پاشی نیتروژن بر عملکرد و اجزا عملکرد گندم. *مجله علوم کشاورزی ایران*، *۳۶* (۶)، ۱۳۳۱-۱۳۲۵. https://www.sid.ir/paper/433660/fa

عبدالهی، مهدی، و شکاری، مهدی (۱۳۹۲). اثر پرایمینگ با سالیسیلیک اسید روی بنیه و کارکرد گیاهچه‌های گندم در تاریخ‌های کاشت متفاوت. *مجله تحقیقات غلات*، *۱*، ۳۲-۱۷. https://www.sid.ir/paper/246660/fa

فتحی، علی رضا، و زاهدی، مرتضی (۱۳۹۳). تأثیر محلول‌پاشی نانو ذرات اکسید آهن و روی بر رشد و محتوای یونی دو رقم گندم تحت تنش شوری. *تولید فرآوری محصولات زراعی و باغی*، ۴ (۱۲)، ۲۹۵-۳۰۴. SID. https://sid.ir/paper/490136/fa

فراهانی، ندا، سنگی، محمد رضا، دری، حمید رضا، و بامداد، فرزانه (۱۳۹۲). بررسی اثر نانو ذرات اکسید آهن و مقایسه آن با سایر منابع آهن بر رشد و عملکرد لوبیا. پنجمین همایش ملی حبوبات ایران، تهران، ایران. https://civilica.com/doc/275816

قربانلی، مه لقا، و نیاکان، مریم (۱۳۸۴). بررسی اثر تنش خشکی بر روی میزان قندهای محلول، پروتئین، پرولین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز گیاه سویا رقم گرگان ۳. *نشریه علوم (دانشگاه خوارزمی)*، *۵*(۱-۲)، ۵۳۷-۵۵۰. SID. https://sid.ir/paper/43909/fa

کافی، محمد، و رستمی، مجید (۱۳۸۶). اثر تنش خشکی در مرحله رشد زایشی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن سه ژنوتیپ گلرنگ در شرایط آبیاری با آب شور. *مجله پژوهش‌های زراعی ایران*، *۵*(۱)، ۱۳۱-۱۲۱. https://doi.org /10.22067/GSC.V5I1.903

گلدانی، مرتضی (۱۳۹۱). اثر فواصل آبیاری بر برخی شاخص‌های رشد اکوتیپ‌های ریحان (*Ocimum basilicum* L.). *نشریه پژوهش-های زراعی ایران*، *۱۰*(۲)، ۴۲۰-۴۱۲. https://doi.org/10.22067/GSC.V10I2.16291

محمدی، لیلا، شکاری، فرید، صبا، جمال، و زنگانی، اسماعیل (۱۳۹۰). پرایمینگ سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی، بنیه و برخی خصوصیات مورفولوژیک گیاهچه‌های گلرنگ. *بوم‌شناسی گیاهان زراعی*، *۷*(۲)، ۶۳-۷۲. https://journals.iau.ir/article_515141.html

مجد، احمد، چلبیان، فیروزه، مداح، مهدخت، فلاحیان، فتح اله، و صباغ‌پور، سید حسین (۱۳۸۵). بررسی مقایسه‌ای اثر اسید سالیسیلیک بر عملکرد و مقاومت دو رقم حساس و مقوم نخود نسبت به قارچ *Ascochyta rabiei*. *نشریه زیست شناسی ایران*، *۱۹* (۳)، ۳۲۴-۳۱۴. https://ecc.isc.ac/showJournal/1172/4019/40993

ملکوتی، محمد جعفر، و طهرانی، محمد مهدی (۱۳۸۴). نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی (عناصر خرد با تأثیر کلان). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

موحدی دهنوی، محسن، مدرس ثانوی، سید علی محمد، سروش‌زاده، علی و جلالی، مختار (۱۳۸۳). تغییرات میزان پرولین، قندهای محلول کل، کلروفیل (SPAD) و فلورسانس کلروفیل در ارقام گلرنگ پاییزه تحت تنش خشکی و محلول‌پاشی روی و منگنز. *نشریه مدیریت بیابان*، *۹*(۱)، ۱۰۷-۹۳. https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/444108

مداح، سیده مهدخت، فلاحیان، فتح اله، صباغ‌پور، سید حسین، و چلبیان، فیروزه (۱۳۸۵). اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزا عملکرد و ساختار تشریحی گیاه نخود. *مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی*، *۱*، ۶۲.

نادری، محمد رضا.، و دانش شهرکی، عبد االرزاق (۱۳۹۰). کاربرد فناوری نانو در بهینه‌سازی فورمولاسیون کودهای شیمیایی. *ماهنامه فناوری نانو*، ۴، ۲۰-۳۲. magiran.com/p872832

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-16]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.13.7]

Al-juthery, H. W. A., Lahmoud, N. R., Alhasan, A. S., Al-Jassani N. A. A., & Houria, A. (2022). Nano-fertilizers as a novel technique for maximum yield in wheat biofortification (article review). IOP Conferenc Series: Earth and Environmental Science. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1060/1/012043.

Alipour, A., & Zahedi, H. (2018). Effect of foliar application of nano iron and manganese chelated on yield and yield component of wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought stress. *Applied Field Crops Research*, *31*(1), 39-51. https://doi.org/10.22092/AJ.2018.115019.1179.

Amanolahi Baharvand, Z., Siavoshi, M., Niknezhad, Y., Fallah, H., & Rafiee, M. (2021). Response of biochemical characteristicts and grain yield of canola (*Brassica napus* L.) to biofertilizers. *Bangladesh Journal of Botany*, *50*(3), 585-593. https://doi.org/10.3329/bjb.v50i3.55838.

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

Barraclough, P. B., & Kate, J. (2001). Effect of water stress on chloropHyll meter reading in wheat. *Plant Nutrition*, 722-723. https://doi.org/10.1007/0-306-47624-X_350.

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

Castrillo, M., & Calcargo, A. M. (1989). Effects of water stress and re-watering on rebulose-1, 5-bispHospHate carboxylase activity, chlorophyll and protein contents in two cultivars of tomato. *Journal of Horticultural Science*, *64*(6), 717-724. https://doi.org/10.1080/14620316.1989.11516014.

Cha-um, S., & Kirdmanee, Ch. (2009). Proline accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) plantlets in response to iso-osmotic salt and water-deficit stress. *Agricultural Sciences in China*, *8*(1), 51-58. https://doi.org/10.1016/S1671-2927(09)60008-0.

Delfani, M., Firouzabadi, M. B., Farrokhi, N., & Makarian, H. (2014). Some physiological responses of black-eyed pea to iron and magnesium nanofertilizers. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45, 530-540. https://doi.org/10.1080/00103624.2013.863911.

Farooq, M., Basra, S. M. A., Wahid, A., Ahmad, N., & Saleem, B. A. (2009). Improving the drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by exogenous application of salicylic acid. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *195*, 237-246. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2009.00365.x.

Foyer, C. H., Leadis, M., & Kunert, K. J. (1994). Photo oxidative stress in plants. *Plant Physiology*, *92*, 696-717. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1994.tb03042.x.

Ghorbani Javid, M., Sorooshzadeh, A., Moradi, F., Modarre-Sanavy, S. A. M., & Allahdadi, I. (2011). The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. *Australian Journal of Crop Science*, *5*(6), 726-734. https://www.researchgate.net/publication/279596793.

Joseph, T., & Morrison, M. (2006). Nanotechnology in Agriculture and Food. A Nanoforum report, Institute of Nanotechnology May 2006, www.nanoforum.org.

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

Liu, X., Feng, Z., Zhang, S., Zhang, J., Xiao, Q., & Wang, Y. (2006). Preparation and testing of cementing nano-subnano composites of slower controlled release of fertilizers. *Scientific Agriculture Sience*, *39*, 1598-1604. https://doi.org/10.1016/S1671-2927(06)60113-2.

Loutfy, N. A., El-Tayeb, M., Hassanen, A. M., Moustafa, M. F. M., Sakuma, Y., & Inouhe, M. (2012). Changes in the water status and osmotic solute contents in response to drought and salicylic acid treatments in four different cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Plant Research*, *125*, 173-184. https://doi.org/10.1007/s10265-011-0419-9.

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

Mahajan, S., & Tuteja, N. (2005). Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives in Biochemistry and Biophysics*, *444*, 139-158. https://doi.org/10.1016/j.abb.2005.10.018.

Maibangsa, S., Thangaraj, M., & Stephen, R. (2000). Effect of brassinosteroid and salicylic acid on rice (*Oryza sativa* L.) grown under low irradiance condition. *Indian Journal of Agricaltural Research*, *34*, 258-260. https:/indian-journal-of-agricultural-research/volume-34/issue-4-december-2000.

Mazaherinia, M., Astaraei, A. R., Fotovat, A., & Monshi, A. (2010). Effect of nano iron oxide particles on Fe, Mn, Zn, Cu concentrations in weath plant. *World Applied Science Journal*, *7*(1), 156-162. https://doi.org/10.22055/AGEN.2018.25035.1413.

Nazar, R., Iqbal, N., Syeed, S., & Khan, N. A. (2011). Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under salt stress by enhancing nitrogen and sulfur assimilation and antioxidant metabolism differentially in two mungbean cultivars. *Journal of Plant Physiology*, *168*, 807-815. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2010.11.001.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-16]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.13.7]

Raei, Y., Kordi, S., Ghanbari, F., Shayan, A. A., Shahkarami, G., & Fatahi, S. (2015). The effect of *Azospirilium* bacteria and salicylic acid effects on drought stress tolerance in *Ocimum basilicum* L. medicinal plant. *Advance in Bioresearch, 6(*6), 44-53. DOI: 10.15515/abr.0976-4585.6.6.44-53.

Ryan, J., Estefan, G., & Rashid, A. (2007). Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. ICARDA.

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

Sharafi, Gh. A., Changizi, M., Rafiee, M., Gomarian, M., & Khagani, Sh. (2019). Investigating the effect of drought stress and vermicompost biofertilizer on morphological and biochemical characteristics of *Thymus vulgaris* L. *Archives of Pharmacy Practice, 10*(3), 137-145. https://archivepp.com/issue/archiveapp-vol10-iss3.

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

Uzma, M., Iqbal, A., & Hasnain, S. (2022). Drought tolerance induction and growth promotion by indole acetic acid producing *Pseudomonas aeruginosa* in *Vigna radiata*. *PLoS ONE, 17*(2), 1-21. https://doi.org/10.1371/journal pone.0262932

Wang, W., Vinocur, B., Shoseyov, O., & Altman, A. (2001). Biotechnology of plant osmotic stress tolerance: Physiological and molecular considerations. *Acta Horticulturae*, *560*, 285-292. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.560.54.

Yusuf, M., Fariduddin, Q., Varshney, P., & Ahmad, A. (2012). Salicylic acid minimizes nickel and/or salinity-induced toxicity in Indian mustard (*Brassica juncea* L.) through an improved antioxidant system. *Environmental Science and Pollution Research, 19*(1), 8-18. https://doi.org/10.1007/s11356-011-0531-3.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-16]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.13.7]

The effect of salicylic acid priming and Chelat nanofertilizer (Parmis fertilizer 10) application on the biochemical characteristics of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under rainfed conditions

Leila Abbasi[1], Ali Khorgami[1*] and Masoud Rafiee[2]

[1] Department of Agriculture, Khorramabad branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran
[3] Crop and Horticultural Science Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREO, Khorramabad, Iran
(Received: 03/10/2022, Accepted: 13/03/2023)

Abstract

Salicylic acid priming and Chelat nanofertilizer (Parmis fertilizer 10) spraying can moderate the damage caused by drought stress in rainfed agriculture. In this research, which was carried out as a factorial-split in the form of a basic design of randomized complete blocks with three replications in Khorramabad, the effect of these two factors on two chickpea cultivars was investigated. The results showed that the local cultivar of Grit had more proline, peroxidase, and photosynthetic pigments in shoots, and the amount of copper and manganese in seeds was higher than that of the Adel variety. However, the amount of shoot catalase and the amount of potassium and magnesium in the seed were superior in the Adel variety compared to the local cultivar of Grit. Salicylic acid increased catalase, chlorophyll a and chlorophyll a+b by 1.8%, 6.7% and 5.4%, respectively, and decreased the amount of phosphorus by 1.7% compared to the control treatment. Nanofertilizer up to three liters per hectare reduced the amount of proline, peroxidase, chlorophyll a, chlorophyll a+b and the ratio of chlorophyll a/b in the aerial parts, but on the amount of catalase and chlorophyll b in shoots and potassium, magnesium, iron, copper, manganese and zinc in the seed. The interaction effect of variety and salicylic acid and nanofertilizer was significant for all traits measured in the shoot. With the increase in foliar application of the nanofertilizer, the amount of seed protein showed a linear increase, but the protein yield of chickpea showed a significant increase up to the level of two liters per hectare and then decreased. In general, the Adel cultivar with salicylic acid priming and foliar spraying of 2 liters per hectare of nanofertilizer improved the quantity and quality of chickpeas in rainfed conditions.

Keywords: Antioxidant, Drought stress, Essential elements, Osmotic regulation, Protein function

Corresponding author, Email: ali_khorgamy@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-16]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.13.7]