نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۴ شماره ۳ / پاییز ۱۴۰۳/ صفحات ۱۸۰-۱۶۵

Morphophysiological Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to Salicylic Acid Priming and Chelate Nanofertilizer Application in Dryland Conditions

Leila Abbasi[1], Ali Khorgami[2*], Masoud Rafiee[3]

Received: 19 February 2023 Accepted: 22 September 2023
1-Ph.D Student of Agronomy, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Khorramabad branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran.
2-Assoc. Prof. Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Khorramabad branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran.
3-Assist. Prof. Crop and Horticultural Science Research Dept, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREO, Khorramabad, Iran.
*Corresponding Author Email: ali_khorgamy@yahoo.com

Abstract

Objectives: The study was conducted to investigate the effect of salicylic acid priming and nanofertilizer application on the yield and some morphological characteristics of two chickpea cultivars in order to select the most appropriate treatment under rainfed conditions.

Materials and Methods: This experiment was carried out as factorial-split in the form of a basic design of randomized complete blocks with three replications in two crop years 2015-2016 and 2015-2016 in Khorramabad, Lorestan. The variety factor includes Adel and Grit, and salicylic acid priming, including no priming and priming in the main plots, and nanofertilizer in four levels, including control and foliar spraying at the rate of one, two and three liters per hectare were placed in sub-plots.

Results: The results showed that in both the Adel and Greet, the highest number of seeds per plant, hundred seed weight, seed yield and harvest index were obtained from salicylic acid and nanofertilizer spraying depending on the amount of use. In both Adel and Great, the highest seed yield was produced by the application of salicylic acid with two liters per hectare of nanofertilizer (1840 and 1152 kg/hectare, respectively). The highest level of leaf greenness, seed protein and protein yield was also obtained from the application of salicylic acid with half to one liter per hectare of nanofertilizer.

Conclusion: In general, the Adel cultivar with salicylic acid priming and spraying at least half a liter per hectare of nanofertilizer is recommended to improve the quantity and quality of chickpeas in dry conditions.

Keywords: Leaf Greenness, Relative Water Content, Seed Protein, Seed Yield, Yield Components

CC BY NC

DOI: 10.22034/saps.2023.55487.3002

واکنش مورفوفیزیولوژیک نخود (*Cicer arietinum* L.) به پرایمینگ سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی نانوکود کلات در شرایط دیم

لیلا عباسی[۱]، علی خورگامی*[۲]، مسعود رفیعی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۳۱

۱-دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران.
۲-دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران.
۳-بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، ایران.
* مسئول مکاتبه: Email: ali_khorgamy@yahoo.com

چکیده

اهداف: مطالعه به‌منظور بررسی اثر پرایمینگ سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی نانوکود بر عملکرد و برخی خصوصیات مورفولوژیک دو رقم نخود برای انتخاب مناسب‌ترین تیمار در شرایط دیم انجام شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به‌صورت فاکتوریل- اسپلیت در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در خرم‌آباد لرستان 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 سالیسیلیک اسید به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و عامل محلول پاشی نانوکود کلات مخصوص حبوبات در چهار سطح شامل محلول پاشی با آب مقطر (شاهد) و محلول پاشی به میزان یک، دو و سه لیتر در هکتار در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد در هر دو رقم عادل و توده محلی گریت، بیشترین تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت از پرایمینگ سالیسیلیک اسید و محلول پاشی نانوکود بسته به میزان مصرف بدست آمد. در هر دو رقم عادل و توده محلی گریت، بیشترین عملکرد دانه از کاربرد سالیسیلیک اسید با مصرف دو لیتر در هکتار نانوکود (به‌ترتیب ۱۸۴۰ و ۱۱۵۲ کیلوگرم در هکتار) تولید شد. بالاترین میزان سبزینگی برگ، پروتئین دانه و عملکرد پروتئین نیز از کاربرد سالیسیلیک اسید با مصرف نیم تا یک لیتر در هکتار نانوکود حاصل شد.

نتیجه‌گیری: در مجموع، رقم عادل با پرایمینگ سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی حداقل نیم لیتر در هکتار نانوکود جهت بهبود کمیت و کیفیت نخود در شرایط دیم توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، پروتئین دانه، سبزینگی برگ، عملکرد دانه، محتوای آب نسبی

مقدمه

تنش خشکی ناشی از نامناسب بودن مقدار و توزیع بارندگی در شرایط دیم، روی فرایندهای رشد و نمو گیاهان مؤثر است که به‌صورت تغییرات بیوشیمیایی، فیزیولوژیک و مورفولوژیک بروز می‌کند (وانگ ۲۰۰۱). تنظیم کننده‌های 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 (رائی و همکاران ۲۰۱۵). اسید سالیسیلیک، یا اسید ارتو–هیدروکسی بنزوئیک، یک تنظیم کننده رشد درونی از گروه ترکیبات فنلی طبیعی می‌باشد که در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیک گیاه از جمله القای گلدهی، رشد و نمو، سنتز اتیلن و تنفس نقش دارد. استفاده از روش پرایمینگ یکی از روش‌های بهبود کارکرد بذر و افزایش کیفیت بذر در شرایط نامساعد محیطی می‌باشد (عبدالهی و شکاری ۲۰۱۲). در پژوهشی محمدی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که پرایمینگ دانه‌های گلرنگ با اسید سالیسیلیک موجب افزایش وزن خشک گیاه گلرنگ از طریق بهبود روابط آبی (لطفی و همکاران ۲۰۱۲) و تاثیر بر پایداری غشاء (یوسف و همکاران ۲۰۱۲) شد. نظار 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. محمدی و همکاران (۲۰۱۱) اعلام کردند که پرایمینگ دانه‌های گلرنگ با اسید سالیسیلیک سرعت سبز شدن 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. شاکوریوا (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. در تحقیقی گزارش گردید که پرایمینگ بذرهای برنج با غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ پی پی ام سالیسیلیک اسید، عملکرد این گیاه را به طور معنی‌داری افزایش داد (فروق و همکاران ۲۰۰۹). مجد و همکاران (۲۰۰۶) اعلام کردند که با توجه به اینکه اسید سالیسیلیک بعنوان یک ماده شبه هورمونی شناخته شده است بنظر می‌رسد این ماده با تاثیر 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 ۲۰۰۸). ذرات کودی می‌توانند با غشاهایی در مقیاس نانو پوشیده شوند که رها سازی آهسته و مداوم عناصر غذایی را تسهیل می‌کند (لیو و همکاران ۲۰۰۶). استفاده از نانو کودها منجر به افزایش کارآیی جذب عناصر غذایی، کاهش سمیت عناصر در خاک، به حداقل رساندن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می‌شود (نادری و دانش شهرکی ۲۰۱۸). نانوذرات با اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر، باعث تماس بیشتر کود با ریشه گیاه و در نتیجه افزایش جذب مواد مغذی و احتمالاً بازده عناصر می‌گردد و حلالیت عناصر را در آب افزایش می‌دهد، بنابراین فعالیت نانو ذرات افزایش یافته و در نتیجه عملکرد گیاه را بهبود می بخشد (ژوزف ۲۰۰۶). در آزمایشی محلول پاشی نانو ذرات آهن به‌میزان نیم لیتر در هکتار برای لوبیا چشم بلبلی تعداد غلاف، وزن هزار دانه، مقدار آهن برگ‌ها و مقدار کلروفیل را به‌طور قابل توجهی نسبت به شاهد افزایش داد (دلفانی و همکاران ۲۰۱۴). در بررسی اثرات نانو ذرات اکسید آهن و مقایسه آن با سولفات آهن و کلات آهن بر روی رشد و محصول دو رقم لوبیا چیتی، نانو ذره ۰/۱ درصد و روش دوبار محلول‌پاشی قبل و بعد از گلدهی بیشترین تأثیر را بر اجزای عملکرد نشان داد (فراهانی ۲۰۱۲). محلول پاشی کلات نانوذرات آهن اثرات قابل توجه و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر رشد و عملکرد دانه گندم داشته است (هرسینیا و همکاران ۲۰۱۴). استفاده از کود حاوی ذرات نانو در مقایسه با مقدار مساوی کود شیمیایی NPK باعث افزایش ارتفاع گیاه گندم شد و گیاهان تیمار شده با این کود دارای غلظت بیشتری از عناصر بخصوص نیتروژن بودند (ژانگ و همکاران ۲۰۰۷). به‌گزارش ایقائی اسکوئی (۲۰۱۷)، نانوکود اثر معنی‌داری بر صفات زراعی و کیفیت دانه لوبیا داشت. حمزه‌ئی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که محلول‌پاشی نانو کود 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 نانو کود آهن) گردید.

جدول ۱-آمار هواشناسی سال‌های زراعی ۶-۱۳۹۵ و ۷-۱۳۹۶ (منبع: ایستگاه هواشناسی ایمان آباد خرم‌آباد)

ماه	درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد)										بارندگی (mm)	
	کمینه		بیشینه		میانگین		کمینه مطلق		بیشینه مطلق			
	۱۳۹۵-۹۶	۱۳۹۶-۹۷	۱۳۹۵-۹۶	۱۳۹۶-۹۷	۱۳۹۵-۹۶	۱۳۹۶-۹۷	۱۳۹۵-۹۶	۱۳۹۶-۹۷	۱۳۹۵-۹۶	۱۳۹۶-۹۷	۱۳۹۵-۹۶	۱۳۹۶-۹۷
مهر	۱۰/۹	۱۰/۶	۲۷/۵	۲۷/۱	۱۹/۲	۱۸/۹	۶/۶	۳/۶	۳۱/۴	۳۲/۲	۰	۰
آبان	۸/۴	۷/۶	۲۱/۹	۲۲	۱۵/۱۵	۱۴/۸	۳/۵	۰/۵	۲۶/۴	۲۷/۶	۱/۱	۳/۲
آذر	۱/۳	۰	۱۱/۸	۱۳/۶	۶/۵۵	۶/۸	-۶/۷	-۴/۳	۱۷/۹	۱۸/۷	۷۶	۴۷/۱
دی	۱/۵	۰/۳	۱۱/۹	۱۳/۵	۶/۷	۶/۹	-۴/۷	-۵/۵	۱۶/۴	۱۹/۷	۸۴/۵	۵۶/۸
بهمن	-۱/۹	۰/۸	۷/۸	۱۲/۲	۲/۹۵	۶/۵	-۱۶/۲	-۶/۶	۱۳/۱	۱۷/۵	۸۶/۶	۹۲/۳
اسفند	۲/۱	۳/۵	۱۴/۳	۱۵/۶	۸/۲	۹/۶	-۹/۳	-۰/۸	۲۱/۹	۲۱	۶۷/۲	۵۰/۷
فروردین	۶/۸	۶/۶	۱۷/۷	۲۰/۶	۱۲/۲۵	۱۳/۶	۰/۶	۱/۲	۲۶/۷	۲۶/۸	۷۵/۶	۶۵/۴
اردیبهشت	۱۱/۹	۱۰	۲۶	۲۳	۱۸/۹۵	۱۶/۵	۳/۴	۵	۳۰	۳۰	۶۵/۹	۱۵۳
خرداد	۱۲/۵	۱۵	۳۱/۵	۳۳	۲۲	۲۴	۵/۲	۱۱/۸	۳۴/۸	۳۷	۰	۴/۵
جمع											۴۵۶	۴۷۳

مواد و روش‌ها

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت فاکتوریل- اسپلیت پلات با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد واحد خرم‌آباد در ۵ کیلومتری شمال خرم‌آباد لرستان در دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ 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 ۰/۷ میلی‌مولار در لیتر سالیسیلیک اسید به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی (با مساحت ۳۴/۵ مترمربع) و عامل محلول پاشی نانوکود در چهار سطح شامل محلول پاشی با آب مقطر (شاهد) و محلول پاشی به‌مقدار یک، دو و سه لیتر در هکتار در کرت‌های فرعی (با مساحت ۷/۵ مترمربع) قرار گرفتند.

رقم عادل متحمل به تنش خشکی، پابلند و قابل برداشت مکانیزه، مقاوم به برق‌زدگی و فوزاریوم، عملکرد بالا معتدل سرد و نیمه گرمسیر می‌باشد. نانوکود مورد استفاده، نانوکود کلات مخصوص حبوبات (شرکت 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 پی پی ام 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 دارای فشارسنج و با فشار ثابت و بر اساس تیمارهای کودی در کرت‌های مورد نظر در دو مرحله قبل از گلدهی و ۵۰ درصد گلدهی در هر کرت فرعی اعمال شد. کرت‌های شاهد به منظور یکنواختی کرت‌های آزمایشی با آب مقطر محلول‌پاشی - شد.

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه

سال زراعی	درصد کربن آلی	درصد نیتروژن	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	آهن قابل جذب $mg.kg^{-1}$	روی قابل جذب	هدایت الکتریکی $dS.m^{-1}$	اسیدیته	درصد آهک	بافت خاک
۱۳۹۵-۹۶	۱/۱۱	۰/۵۴	۸/۷	۴۳۰	۷/۷۶	۰/۳۴	۱/۰۴	۷/۹۷	۱۵/۹	رسی سیلتی
۱۳۹۶-۹۷	۱/۰۵	۰/۵۱	۸/۲	۴۱۲	۷/۳	۰/۲۷	۰/۶۱	۷/۹۷	۲۷/۵	رسی سیلتی

مشخصات هواشناسی محل آزمایش بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی ایمان آباد خرم‌آباد در جدول ۱ ارائه گردیده است. بر اساس 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 می‌باشد. میزان بارندگی طی دو سال تقریباً برابر بود (به‌ترتیب ۴۵۶ و ۴۷۳ میلی‌متر)، لیکن توزیع آن متفاوت بود. طی هر دو سال زراعی میزان بارش پائیزی در آبان ماه بسیار کم بود و در ماه‌های بعد توزیع تقریباً یکنواخت و مشابهی داشت، اما میزان بارندگی در اردیبهشت ماه که مصادف با مرحله پرشدن دانه بود، در سال زراعی اول ۶۶ میلی‌متر ولی در سال زراعی دوم ۱۵۳ میلی‌متر بود. کمینه مطلق درجه حرارت نیز در سال اول ۱۶/۲- و در سال دوم ۶/۶- درجه سانتی‌گراد بود که هر دو در بهمن به‌وقوع پیوست.

عملیات کاشت مشتمل بر شخم با گاوآهن برگردان دار پس از اولین بارندگی مؤثر و در خاک گاورو در ۱۵ آبان ماه بود. بر اساس نتایج آزمون خاک مقدار ۲۰ کیلوگرم کود اوره به همراه ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم به‌صورت یکنواخت پاشیده شد و بوسیله دیسک سبک مخلوط گردید. هر کرت فرعی در بر گیرنده ۵ خط کاشت ۵ متری با فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر (با مساحت ۷/۵ مترمربع) بود. در هنگام کشت جهت انجام پرایمینگ بذر، بذور نخود به مدت چهار ساعت در دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس بذور خشک شده پس از ضدعفونی با قارچ کش بنومیل به نسبت دو در هزار جهت جلوگیری از آلودگی‌های قارچی ضدعفونی گردید. کلیه عملیات زراعی مطابق معمول منطقه و بر اساس توصیه‌های تحقیقاتی انجام پذیرفت. بقیه کود نیتروژنه در مرحله ساقه رفتن به‌مقدار ۵۰ کیلوگرم کود اوره بصورت سرک در اسفند ماه در مرحله رشد سریع مصرف شد. وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی در دو مرحله انجام شد.

در مرحله گلدهی شاخص سطح برگ، میزان سبزینگی برگ و محتوی رطوبت نسبی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان سبزینگی برگ از هر کرت فرعی در مرحله گلدهی ۱۰ برگ به‌صورت تصادفی انتخاب شد و میزان سبزینگی برگ‌ها با دستگاه کلروفیل‌سنج (مدل SPAD502) اندازه گیری گردید. برای اندازه‌گیری محتوای آب نسبی برگ در مرحله گلدهی از هر کرت فرعی برگ‌های بالایی پنج بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و وزن تازه آنها اندازه‌گیری شد. سپس، وزن اشباع با قرار دادن برگ‌ها به‌مدت شش ساعت در آب مقطر و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و وزن خشک برگ‌ها پس از قرار گرفتن در آون برقی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری گردید. محتوای آب نسبی برگ از نسبت تفاضل وزن تازه و خشک برگ به تفاضل وزن اشباع و خشک برگ ضرب- در ۱۰۰ به‌دست آمد (ریچی و همکاران ۱۹۹۰).

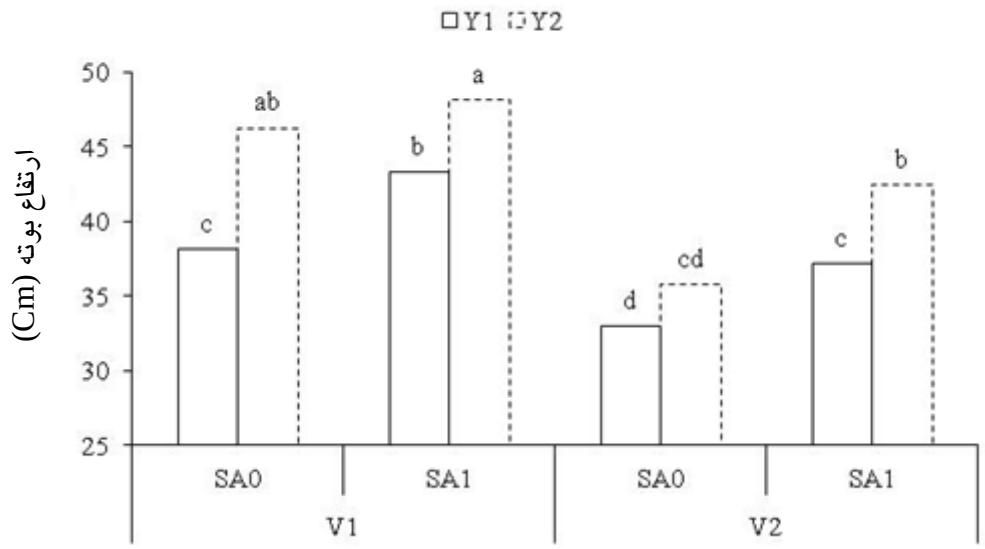
در زمان برداشت عملکرد دانه سه ردیف وسط هر کرت آزمایشی با رعایت یک‌چهارم متر حاشیه از طرفین اندازه‌گیری و بر اساس ۱۲ درصد رطوبت محاسبه شد. همچنین، نمونه‌هایی از دانه هر کرت به

آزمایشگاه منتقل گردید و مقدار پروتئین (کجدال ۱۹۹۸) در دانه اندازه‌گیری شد. عملکرد پروتئین از حاصل-ضرب 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 نرم‌افزار آماری SAS 9.1 صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات ساده سال، سالیسیلیک اسید، نانوکود و اثرات متقابل رقم در نانوکود و سال در رقم در سالیسیلیک اسید قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرمتقابل دوگانه رقم در نانوکود نشان داد بیشترین ارتفاع بوته از رقم عادل با مصرف یک لیتر در هکتار نانوکود (به‌ترتیب ۴۷/۵ و ۴۷/۸ سانتی‌متر) حاصل شد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثرمتقابل سه‌گانه سال در رقم در سالیسیلیک اسید نشان داد بیشترین ارتفاع بوته در سال دوم از رقم عادل در شرایط کاربرد سالیسیلیک اسید (۴۸/۲ سانتی‌متر) بدست آمد که با شرایط عدم کاربرد سالیسیلیک اسید تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۱). برتری ارتفاع بوته در سال دوم می-تواند به سرمای کمتر نسبت به سال اول باشد، زیرا میزان بارش در طول دوره رویشی دو سال تقریباً از مقدار و توزیع مشابهی برخوردار بود (جدول ۱). تفاوت میان ارقام ناشی از اختلاف ژنتیکی است. وقار و همکاران (۲۰۱۸) و میر و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی ارقام نخود گزارش دادند اثر رقم بر ارتفاع بوته معنی-دار شد. همچنین ملاحظه می‌شود که پرایمینگ سالیسیلیک اسید در هر دو رقم طی دو سال اجرای آزمایش، ارتفاع بوته را افزایش داد. نقش مثبت کاربرد سالیسیلیک اسید بر ارتفاع بوته (ریاحی و همکاران ۲۰۱۸) مشاهده شده است. در هر دو رقم مصرف یک میلی‌مولار نانوکود، موجب افزایش رشد و در نتیجه ارتفاع بوته گردید. گزارشات قبلی حاکی است کاربرد نانو کود بیوزر در ارزن (شهبازیان و همکاران ۲۰۱۳) و نانو کود آهن در نخود (حمزه‌ئی و همکاران ۲۰۱۳) ارتفاع بوته را بهبود بخشید.



شکل ۱- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سال در رقم در سالیسیلیک اسید برای ارتفاع بوته

شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که شاخص سطح برگ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات ساده رقم و نانوکود قرار گرفت (جدول ۳). شاخص سطح برگ در رقم عادل به‌طور معنی‌داری کمتر از توده محلی گریت (به‌ترتیب ۱/۳ و ۱/۴) بود (جدول ۴). در ارقام اصلاح شده سهم کمتری از مواد فتوسنتزی به رشد رویشی مانند اندازه برگ‌ها اختصاص می‌دهند و در عوض با افزایش کارایی فتوسنتز عملکرد دانه را بهبود می‌بخشند (زسویک و کنزویک ۲۰۰۵). در میان سطوح مصرف نانوکود، بیشترین شاخص سطح برگ با مصرف یک و یک و نیم لیتر در هکتار نانوکود (به‌ترتیب ۱/۴۳۷ و ۱/۴۴۴ بدون تفاوت معنی‌دار) بدست آمد (جدول ۴). افزایش در شاخص سطح برگ لوبیا چشم بلبلی با محلول پاشی نانو ذرات آهن (دلفانی و همکاران ۲۰۱۴) و ارزن با نانوکود روی (رامشرادی و همکاران ۲۰۱۷) نیز نشان داده شده است.

محتوای نسبی آب

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که محتوای آب نسبی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات ساده سال، سالیسیلیک اسید و نانوکود و اثرات متقابل رقم در نانوکود، و رقم در سالیسیلیک اسید در نانوکود قرار گرفت (جدول ۳). محتوای آب نسبی در سال اول ۶۷/۳ درصد و در سال دوم ۷۳/۳ درصد بود که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول). محتوای آب نسبی بیشتر در سال دوم می‌تواند به‌دلیل سرمای کمتر و بارش بیشتر نسبت به سال اول باشد (جدول ۱).

مقایسه میانگین اثرمتقابل سه‌گانه رقم در سالیسیلیک اسید در نانوکود به‌روش برشدهی برای رقم نشان داد در رقم عادل بیشترین محتوای آب نسبی از کاربرد سالیسیلیک اسید با مصرف یک لیتر در هکتار نانوکود (۷۹/۵ درصد) بدست آمد و کمترین آن از عدم کاربرد سالیسیلیک اسید و عدم مصرف نانوکود (۶۶/۷ درصد) حاصل شد، و در توده محلی گریت بیشترین محتوای آب نسبی از کاربرد سالیسیلیک اسید با مصرف نیم لیتر در هکتار نانوکود (۷۴/۴ درصد) بدست آمد و کمترین آن از عدم کاربرد سالیسیلیک اسید و عدم مصرف نانوکود (۶۴/۳ درصد) حاصل شد (جدول ۷). برتری رقم عادل نسبت به توده محلی گریت ناشی از اصلاح این رقم و قدرت بیشتر جذب آب و در نتیجه محتوای آب نسبی بیشتر است. همچنین، ملاحظه شد که پرایمینگ سالیسیلیک اسید، محتوای آب نسبی را افزایش داد. افزایش در محتوای آب نسبی برگ با کاربرد سالیسیلیک اسید در نخود (پاتل و همکاران ۲۰۱۱) پیش از این گزارش شده است. اختلاف در میزان محتوای نسبی گیاهان ممکن است نشان دهنده‌ی تأثیرمتفاوت تیمارها برای جذب آب از خاک و یا توانایی کنترل هدر روی آب از طریق روزنه‌ها و یا اختلاف در توانایی گیاهان برای تجمیع و تنظیم اسمزی برای حفظ تورژسانس بافت و افزایش فعالیت‌های فیزیولوژیک باشد (حیات و همکاران ۲۰۱۰). در هر دو رقم مصرف نیم تا یک میلی‌مولار نانوکود، موجب افزایش محتوای آب نسبی گردید. طی تحقیق دیگر افزایش در عملکرد دانه ارزن تحت تأثیر کودنانو روی گزارش گردید و عامل این افزایش عملکرد به افزایش کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ و کاهش تثبیت یونی نسبت داده شد (رامشرادی و همکاران ۲۰۱۷).

سبزینگی برگ

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که سبزینگی برگ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات ساده سال، سالیسیلیک اسید و نانوکود و اثر متقابل سالیسیلیک اسید در نانوکود قرار گرفت (جدول ۳). سبزینگی برگ در سال اول ۴۱/۰ و در سال دوم ۴۳/۹ بود که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۴). سبزینگی برگ بیشتر در سال دوم می‌تواند به‌دلیل سرمای کمتر و بارش بیشتر نسبت به سال اول باشد (جدول ۱). کاهش در رنگیزه‌های فتوسنتزی ناشی از تنش خشکی و برهمکنش ژنوتیپ و محیط در گندم دیم (بیرانوند و

همکاران، ۱۴۰۱؛ رشیدیان و همکاران ۱۴۰۱) و سویا (صادقی و همکاران ۱۴۰۰) نیز گزارش شده است. مقایسه میانگین اثرمتقابل دوگانه سالیسیلیک اسید در نانوکود نشان داد بیشترین سبزینگی برگ از کاربرد سالیسیلیک اسید با مصرف نیم و یک لیتر در هکتار نانوکود (به‌ترتیب ۴۹/۱ و ۵۱/۲ بدون تفاوت معنی‌دار) بدست آمد و کمترین آن از عدم کاربرد سالیسیلیک اسید و مصرف یک و نیم لیتر در هکتار نانوکود (۳۶/۴) حاصل شد (جدول ۵).

ملاحظه شد که پرایمینگ سالیسیلیک اسید، سبزینگی برگ را افزایش داد. نتایج تحقیقات مختلف حاکی از نقش مثبت پرایم کردن بذرها یا محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در افزایش محتوای کلروفیل در لوبیا (شوقیان و روزبهانی ۲۰۱۶) و سورگوم (ریاحی و همکاران ۲۰۱۸) است. در این آزمایش، مصرف نیم تا یک میلی‌مولار نانوکود، موجب افزایش سبزینگی برگ در هر دو رقم نخود گردید. دیگر گزارشات نشان داده‌اند که محلول پاشی نانو ذرات آهن در لوبیا چشم بلبلی (دلفانی و همکاران ۲۰۱۴) و نانوکود روی در ارزن (رامشرادی و همکاران ۲۰۱۷) موجب افزایش میزان کلروفیل در برگ‌ها می‌گردد.

اجزای عملکرد و عملکرد دانه

نتایج تجزیه مرکب نشان داد تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه تحت تأثیر معنی‌دار سال، رقم، سالیسیلیک اسید، نانوکود و اثر متقابل رقم در نانوکود قرار گرفت. علاوه بر این، وزن صد دانه تحت تأثیر متقابل معنی‌دار سالیسیلیک اسید در نانوکود و رقم در سالیسیلیک اسید در نانوکود نیز قرار داشت. تمامی اثرات ساده (بجز رقم) و متقابل عامل‌ها بر عملکرد دانه معنی‌داری شد (جدول ۳).

تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه و عملکرد دانه در سال اول (به‌ترتیب ۱۸/۹ دانه، ۳۳/۰ گرم و ۱۲۰۵ کیلوگرم در هکتار) و در سال دوم (به‌ترتیب ۲۰/۸ دانه، ۳۰/۹ گرم و ۱۳۶۵ کیلوگرم در هکتار) بود که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۴). بر خلاف تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه، وزن صد دانه بیشتر در سال اول می‌تواند علی‌رغم سرمای بیشتر و بارش کمتر (جدول ۱)، از یک‌سو نشان‌گر نقش مثبت و بیشتر تعداد دانه در عملکرد دانه و از سوی دیگر به‌دلیل رقابت دو جزء عملکرد (تعداد و وزن دانه) با یکدیگر باشد. تعداد دانه در بوته در شرایط عدم کاربرد و کاربرد سالیسیلیک اسید به‌ترتیب ۱۸/۳ و ۲۱/۵ دانه بود که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند. مقایسه میانگین اثرمتقابل دوگانه رقم در نانوکود نشان داد بیشترین تعداد دانه در بوته از رقم عادل با مصرف یک لیتر در هکتار نانوکود (۲۵/۸ دانه) بدست آمد که تفاوت معنی-داری با مصرف نیم میلی‌مولار نانوکود نداشت و کمترین آن از توده محلی گریت با عدم مصرف نانوکود (۱۴/۰ دانه) حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با مصرف یک و نیم میلی‌مولار نانوکود نداشت (جدول ۵).

مقایسه میانگین اثرمتقابل سه‌گانه رقم در سالیسیلیک اسید در نانوکود به‌روش برش‌دهی برای رقم نشان داد بیشترین وزن صد دانه و عملکرد دانه از کاربرد سالیسیلیک اسید با مصرف دو لیتر در هکتار نانوکود در هر دو رقم عادل (به‌ترتیب ۳۳/۸ گرم و ۱۸۴۰ کیلوگرم در هکتار) و توده محلی گریت (به‌ترتیب ۳۸/۰ گرم و ۱۱۵۲ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد و کمترین آنها از عدم کاربرد سالیسیلیک اسید و عدم مصرف نانوکود حاصل شد (جدول ۷). تفاوت میان ارقام ناشی از اختلاف ژنتیکی است. وزن صد دانه کمتر در رقم عادل نسبت به توده محلی گریت ناشی از اصلاح این رقم برای عملکرد دانه بیشتر و رقابت میان تعداد دانه با وزن صد دانه است. وقار و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی سه رقم نخود (هاشم، ILC482 و FLIP84-48) گزارش دادند اثر رقم بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه معنی‌دار شد و بیشترین عملکرد مربوط به رقم هاشم بود. پارسا و همکاران (۲۰۱۸) نیز در بررسی سه رقم نخود (جم، کرج و ILC482)، بیشترین تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت در رقم ILC482 مشاهده نمودند. مشاهده می‌شود که پرایمینگ سالیسیلیک اسید و مصرف نیم تا یک و نیم میلی‌مولار نانوکود در هر دو رقم، تعداد دانه در بوته، وزن صد

دانه و عملکرد دانه را افزایش داد. سالیسیلیک اسید باعث افزایش بعضی از هورمون‌های گیاهی شامل اکسین‌ها و سیتوکنین‌ها شده و از این طریق باعث بهبود رشد و افزایش فتوسنتز و در نتیجه عملکرد دانه و اجزای عملکرد می‌شود (فاروق و همکاران ۲۰۰۹) بهبود اجزای عملکرد و عملکرد دانه نخود دیم (رجبی و همکاران ۲۰۱۳ و مهدخت مداح و همکاران ۲۰۰۶) و لوبیا (شوقیان و روزبهانی ۲۰۱۶) ناشی از پرایمینگ بذور یا محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بسته به غلظت و زمان کاربرد گزارش شده است. افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه در ارزن (شهبازیان و همکاران ۲۰۱۳) و گلرنگ بهاره (اژدریان ثابت و همکاران ۲۰۱۴) تحت تأثیر کود نانو بیولوژیک و لوبیا چیتی (فراهانی ۲۰۱۲) تحت تأثیر محلول‌پاشی نانو ذره آهن گزارش شده است.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سال و رقم و اثر متقابل رقم در سالیسیلیک اسید در نانوکود قرار گرفت (جدول ۳). مقایسهٔ میانگین دو ساله اثرات ساده عامل‌ها نشان داد که شاخص برداشت در سال اول ۲۶/۰ درصد و در سال دوم ۱۹/۷ درصد بود که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۴). شاخص برداشت بیشتر در سال اول می‌تواند به‌دلیل کاهش بیشتر عملکرد بیولوژیک نسبت به عملکرد دانه در اثر سرمای پاییزی بیشتر نسبت به سال دوم باشد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرمتقابل سه‌گانه رقم در سالیسیلیک اسید در نانوکود به‌روش برشدهی برای رقم نشان داد در هر دو رقم عادل و توده محلی گریت بیشترین شاخص برداشت از کاربرد سالیسیلیک اسید با مصرف یک لیتر در هکتار نانوکود (به‌ترتیب ۲۷/۷ و ۲۱/۷ درصد) بدست آمد (جدول ۱). برتری رقم عادل نسبت به توده محلی گریت ناشی از اصلاح این رقم برای عملکرد دانه بالاتر است. پرایمینگ سالیسیلیک اسید در هر دو رقم، شاخص برداشت را افزایش داد. همچنین، در هر دو رقم مصرف نیم و نیم تا یک میلی‌مولار نانوکود، موجب افزایش شاخص برداشت گردید. شاخص برداشت یکی از شاخص های مهم فیزیولوژیک است که بیانگر درصد انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی گیاه به دانه‌ها است. به‌نظر می‌رسد این شاخص تحت تنش‌های محیطی و به‌ویژه زمان وقوع آن، تغییرات متفاوتی نشان می‌دهد (زسویک و کنزویک ۲۰۰۵).

پروتئین دانه و عملکرد پروتئین

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که میزان پروتئین دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات ساده سال و نانوکود و اثر متقابل سالیسیلیک اسید در نانوکود قرار داشت و عملکرد پروتئین به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات ساده سال، سالیسیلیک اسید و نانوکود و اثرات متقابل رقم در نانوکود، سالیسیلیک اسید در نانوکود و سال در رقم قرار گرفت (جدول ۳). پروتئین دانه و عملکرد پروتئین در سال اول (به‌ترتیب ۲۰/۲ درصد و ۲۴۷ کیلوگرم در هکتار) به‌طور معنی‌داری کمتر از سال دوم (به‌ترتیب ۲۲/۷ درصد ۳۱۲ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۴). مقایسه میانگین اثرمتقابل دوگانه سالیسیلیک اسید در نانوکود نشان داد بیشترین مقدار پروتئین دانه و عملکرد پروتئین از کاربرد سالیسیلیک اسید با مصرف یک لیتر در هکتار نانوکود (به‌ترتیب ۲۲/۹ درصد و ۳۴۷ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد (جدول ۵). مقایسه میانگین اثرمتقابل دوگانه رقم در نانوکود نشان داد بیشترین عملکرد پروتئین از رقم عادل با مصرف یک لیتر در هکتار نانوکود (۳۹۳ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد که با دیگر مقادیر مصرف نانوکود تفاوت معنی‌دار نداشت و کمترین آن از توده محلی گریت و عدم مصرف نانوکود (۱۹۷ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد که با دیگر سطوح نانوکود تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۵). پروتئین دانه بیشتر در سال دوم می‌تواند به‌دلیل سرمای پاییزی کمتر نسبت به سال اول باشد (جدول ۱). عملکرد پروتئین (که تابع عملکرد دانه است) بیشتر در سال دوم می‌تواند به‌دلیل سرمای کمتر و بارش بیشتر نسبت به سال اول باشد. برتری رقم عادل نسبت به توده محلی گریت ناشی از اصلاح این رقم

برای عملکرد دانه بالاتر و در نتیجه عملکرد پروتئین بیشتر است.

ملاحظه می‌شود که پرایمینگ سالیسیلیک اسید، پروتئین دانه و عملکرد پروتئین را افزایش داد. 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.

در هر دو رقم مصرف نیم تا یک و نیم میلی‌مولار نانوکود، موجب افزایش پروتئین دانه و عملکرد پروتئین گردید. کمبود نیتروژن می‌تواند بر کاهش بقای گیاه، عملکرد و پروتئین دانه اثرگذار باشد (گان و همکاران ۲۰۱۱). به‌گزارش بیرانوند و همکاران (۱۴۰۱)، محلول-پاشی نانوکود با افزایش مقدار نیتروژن اندام هوایی و دانه موجب افزایش مقدار پروتئین دانه در گندم تحت شرایط دیم شد. از آنجاکه عملکرد فراورده‌های جانبی دانه در گیاهان، مانند عملکرد روغن (امان‌الهی بهاروند و همکاران ۲۰۲۱)، عملکرد پروتئین (بیرانوند و همکاران ۱۴۰۱ و رشیدیان و همکاران ۱۴۰۱)، و عملکرد اسانس و متابولیت‌های ثانویه (شرفی و همکاران ۲۰۰۹) عمدتاً تابع عملکرد دانه است تا مقدار آن فراورده؛ لذا علی رغم 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.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات مورفوفیزیولوژیک در نخود

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ	محتوای آب نسبی	سبزینگی برگ	تعداد دانه در بوته	وزن صد دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت	پرونئین دانه	عملکرد پروتئین
سال	۱	۶۶۱/۰**	۰/۰۴۸۱۸۶	۸۵۰/۰**	۱۹۴/۷**	۸۴/۲۳**	۱۰۸/۹**	۶۲۱۹۷**	۹۶۶/۴**	۱۳۸/۶**	۱۰۱۳۶۱**
تکرار در سال	۲	۳۲/۳۵۵۶۷	۰/۰۲۳۸۴	۱۴/۸۹۲۲۶	۵/۲۹۱۸۳۷	۰/۷۹۲۸۴۸	۰/۰۰۰۹۳	۱۷۲۳/۱۶۲	۱/۵۱۱۶۶۷	۰/۲۶۷۲۲۸	۴۲/۰۵۲۸
رقم	۱	۱۱۳۴/۶	۰/۳۲۸**	۶۸/۶	۴/۱۷۲۶۶۹	۸۵۰/۸*	۱۸۱/۴۶*	۵۶۳۶۹۳۹	۵۹۸/۰**	۱۴۳/۴	۴۴۵۸۶۴
سالیسیلیک اسید	۱	۴۷۹/۴*	۰/۱۴	۹۵۰/۹*	۱۸۴۸/۶*	۲۵۵/۴*	۹۰/۸۱*	۹۰۸۴۰۲*	۱۲/۳۲۶۶۷	۱۲/۴	۶۳۵۹۲*
رقم× سالیسیلیک اسید	۱	۲۰/۹۹۸۶۱	۰/۰۱۶۸۵۵	۳۳/۷۷۱۵۹	۸۹/۴	۳/۰۲۳۱۸	۶/۸۳۲۵۹۴	۲۴۳۸۴۰*	۵۷/۳۵	۲/۶۸۳۶۹۴	۱۱۸۷۷
خطای ۱	۶	۴۱/۷۲۰۲۷	۰،۵۳۱۷۸۱	۹۰/۶۱۱۵۵	۴۱/۷۸۳۲۷	۱۹/۷۴۸۳۹	۲۵/۳۷۱۶۷	۵۳۰۵۹/۷۸	۵۱/۹	۳/۸۸۳۰۹	۳۱۰۰/۳۱۱
نانوکود	۳	۲۷۰/۰**	۰/۳۲۸**	۶۴/۸۸**	۱۵۴/۲**	۲۲۲/۹**	۳۶۳/۵۷**	۲۷۷۹۱۷**	۳۶۴۰۲۸	۱۳/۸۸**	۱۹۳۳۴**
رقم× نانوکود	۳	۴۱/۹*	۰/۰۲۸۹۶۳	۳۹/۲*	۸/۸۱۱۹۸۸	۱۳/۵۷*	۴/۹۴**	۱۱۹۰۰۹**	۲۱/۶	۰/۱۸۰۹۵۶	۷۰۷۷**
سالیسیلیک اسید × نانوکود	۳	۱۸/۲۶۳۴۴	۰/۱۵۳	۱۰/۴۴۲۹۲	۶۲/۳۲*	۸/۲۷۰۰۷۵	۴/۰۰۸**	۸۹۷۱/۷*	۳/۴۴۰۸۳۳	۸/۲۸۴*	۱۹۸۳/۷*
رقم× سالیسیلیک اسید× نانوکود	۳	۰/۷۴۶۹۳۴	۰/۰۲۵۱۰۱	۳۵/۹۷*	۸/۰۷۹۱۶۹	۰/۹۳۴۶۴۶	۰/۴۴۷**	۳۱۳۸/۹**	۵/۵۸۷*	۱/۸۶۷۰۰۳	۷۳۰/۷۲۴
سال×رقم	۱	۳۵/۸۲۴۴	۲/۳۴E-۰۶	۳/۳۸۲۸۰۵	۰/۴۷۹۶۲۹	۳/۹۲۲۰۳۴	۰/۲۶۱۵۷۵	۵۹۰۳۱**	۰/۰۰۱۶۶۷	۳/۶۲۸۲۰۴	۳۹۶۲*
سال× سالیسیلیک اسید	۱	۱/۱۳۷۴۳۹	۰/۰۰۵۴۶	۰/۳۹۲۳۹۷	۰/۶۷۸۵۸۶	۰/۰۹۴۵۰۲	۰/۳۷۸۲۴۸	۱۸۷۶/۶۴۴	۲/۹۴	۰/۳۱۲۴۷۴	۲۶۱/۳۶
سال× نانوکود	۳	۳/۶۳۰۶۴۵	۰/۰۰۸۹۷	۱/۰۲۷۳۲۲	۲/۲۵۲۴۱۳	۰/۹۲۹۰۵	۰/۵۹۹۳۴۶	۴۱۰/۸۱۲	۳/۱۰۲۹۱۷	۰/۴۲۳۸۲۴	۱۹۵/۵۹۴
سال×رقم× سالیسیلیک اسید	۱	۴۸/۰*	۰/۰۱۶۸۵۵	۱/۲۷۴۳۸۹	۱/۸۸۲۲۷۲	۱/۸۶۰۳۸	۰/۱۸۲۷۷۹	۱۵۹/۵۲۱	۷/۱۵۰۴۱۷	۰/۶۷۵۱۹۴	۱۲۲/۸۵۳۸
سال× رقم× نانوکود	۳	۳/۲۶۲۷۹۴	۰/۰۱۱۶۸۲	۱/۸۹۶۲۵۵	۱/۴۴۲۲۲	۱/۳۶۹۴۳	۰/۰۱۵۳۹۸	۷۷۶/۶۰۲	۲/۶۴۹۱۶۷	۱/۰۶۲۱۷۸	۲۷/۹۸۱۹
سال× سالیسیلیک اسید× نانوکود	۳	۷/۲۷۷۸۳۳	۰/۰۴۶۳۰۹	۳/۳۸۲۵۴۵	۳/۹۰۸۳۸۸	۱/۸۰۸۹۷۵	۰/۰۰۷۱۰۵	۴۷۰/۸۰۳	۲/۷۶۳۰۵۶	۰/۷۵۳۶۶۲	۹۴/۸۱۱۴
سال×رقم× سالیسیلیک اسید × نانوکود	۳	۱۲/۰۶۵۵	۰/۰۱۲۷۹۳	۲/۰۱۲۳۰۸	۱/۵۰۵۵۷۹	۰/۸۷۶۴۴۶	۰/۰۱۲۳۴۳	۶۹/۳۴۸	۰/۱۹۵۱۳۹	۰/۶۸۸۲۲۵	۱۵۲/۲۳۱۲
خطای ۲	۵۴	۱۰/۶۶۶۹۱	۰/۰۳۰۳۹۱	۱۱/۸۶۶۴	۹/۴۹۰۰۹۸	۷/۴۷۹۱۴۴	۵/۲۳۰۲۶۱	۸۰۴۱/۵۱۴	۴/۴۳۰۱۲۳	۲/۵۵۱۶۲۷	۸۰۳/۰۰۴۴
ضریب تغییرات (٪)	۱	۸/۰۵	۱۳	۴/۹	۷/۲۵	۱۳/۷	۷/۱۵	۶/۹۷	۹/۲۱	۷/۴۴	۱۰/۱۲

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

جدول ۴-مقایسه میانگین اثرات سال، رقم، سالیسیلیک اسید و نانوکود بر صفات مورفوفیزیولوژیک نخود

تیمار		ارتفاع بوته (cm)	شاخص سطح برگ	محتوای آب نسبی (%)	سبزینگی برگ	تعداد دانه در بوته	وزن صد دانه (g)	عملکرد دانه Kg.ha^{-1}	شاخص برداشت (%)	پروتئین دانه (%)	عملکرد پروتئین Kg.ha^{-1}
سال	۱۳۹۵-۶	۳۷/۹۲^{b}	۱/۳۶	۶۷/۳۲^{b}	۴۱/۰۲^{b}	۱۸/۹۴^{b}	۳۳/۰۴^{a}	۱۲۰۵^{b}	۲۵/۹۹^{a}	۲۰/۲۳^{b}	۲۴۷/۴^{b}
	۱۳۹۶-۷	۴۳/۱۷^{a}	۱/۳۲	۷۳/۲۷^{a}	۴۲/۸۷^{a}	۲۰/۸۱^{a}	۳۰/۹۴^{b}	۱۳۶۵^{a}	۱۹/۶۶^{b}	۲۲/۶۵^{a}	۳۱۲/۳^{a}
رقم	عادل	۴۳/۹۹	۱/۴۰	۷۱/۱۵	۴۲/۶۶	۲۲/۸۵^{a}	۳۰/۶۰^{b}	۱۵۲۷	۲۵/۳۲^{a}	۲۲/۶۷	۳۴۸/۰۴
	گریت	۳۷/۱۱	۱/۲۸	۶۹/۴۵	۴۲/۲۴	۱۶/۹۰^{b}	۳۳/۳۶^{a}	۱۰۴۳	۲۰/۳۳^{b}	۲۰/۲۲	۲۱۱/۷۴
سالیسیلیک اسید	شاهد	۳۸/۳۱^{b}	۱/۳۰	۶۷/۱۵^{b}	۳۸/۰۶^{b}	۱۸/۲۵^{b}	۳۱/۰۱^{b}	۱۱۸۸^{b}	۲۲/۴۸	۲۱/۱۰	۲۵۴/۱۶^{b}
	سالیسیلیک اسید	۴۲/۷۸^{a}	۱/۳۸	۷۳/۴۴^{a}	۴۶/۸۳^{a}	۲۱/۵۱^{a}	۳۲/۹۵^{a}	۱۳۸۲^{a}	۲۳/۱۹	۲۱/۷۹	۳۰۵/۶۲^{a}
نانوکود	شاهد	۳۶/۲۵^{c}	۱/۲۲۷^{b}	۶۸/۱۲^{b}	۴۰/۱۷^{b}	۱۵/۹۷^{c}	۲۶/۷۷^{c}	۱۱۵/^{c}	۲۲/۵۰	۲۰/۷۰^{c}	۲۴۰/۹۳^{c}
	یک لیتر در هکتار	۴۲/۵۰^{a}	۱/۲۵۱^{b}	۶۹/۹۳^{ab}	۴۴/۵۲^{a}	۲۱/۴۷^{a}	۳۴/۶۳^{a}	۱۳۶۰^{a}	۲۳/۴۱	۲۰/۹۴^{bc}	۲۸۹/۷۸^{b}
	دو لیتر در هکتار	۴۳/۸۰^{a}	۱/۴۳۷^{a}	۷۱/۶۶^{a}	۴۴/۷۵^{a}	۲۲/۹۵^{a}	35.25^{a}	۱۳۸۵^{a}	۲۳/۱۰	۲۱/۸۳^{ab}	۳۰۸/۲۰^{a}
	سه لیتر در هکتار	۳۹/۶۲^{b}	۱/۴۴۴^{a}	۷۱/۴۷^{a}	۴۰/۳۳^{b}	۱۹/۱۲^{b}	۳۱/۲۷^{b}	۱۲۴۳^{b}	۲۲/۳۲	۲۲/۲۷^{a}	۲۸۰/۶۴^{b}
	LSD (5%)	۱/۸۹۰۲	۰/۱۰۰۹	۱/۹۹۳۷	۱/۷۸۲۹	۱/۵۸۲۸	۱/۳۲۳۶	۵۱/۹		۰/۹۲۴۵	۱۶/۴

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ هستند.

جدول ۵- مقایسه میانگین دو ساله ترکیبات تیماری رقم × نانوکود و سالیسیلیک اسید × نانوکود برای برخی صفات مورفوفیزیولوژیک نخود

تیمار		عملکرد پروتئین Kg.ha^{-1}	پروتئین دانه (٪)	تعداد دانه در بوته	سبزینگی برگ	ارتفاع بوته (cm)
رقم	نانوکود					
عادل	شاهد	۲۸۵/۲۲ ^{b}	۲۱/۹۵	۱۷/۹۳۴^{cd}	۴۰/۳۵	۳۸/۸۳۶^{bc}
	یک لیتر در هکتار	۳۶۵/۱ ^{a}	۲۲/۰۹	۲۴/۸۵۸^{ab}	۴۵/۰۵	۴۷/۵۰۸^{a}
	دو لیتر در هکتار	۳۹۲/۵۷ ^{a}	۲۳/۱۵	۲۵/۸۴۲^{a}	۴۴/۱۳	۴۷/۸۳۶^{a}
	سه لیتر در هکتار	۳۴۹/۲۹^{a}	۲۳/۴۷	۲۲/۸۰۵^{b}	۴۰/۰۱	۴۱/۷۶^{b}
گریت	شاهد	۱۹۶/۶۸^{c}	۱۹/۴۷	۱۴/۰۰۸^{e}	۴۴/۰۰	۳۳/۶۶۷^{d}
	یک لیتر در هکتار	۲۱۴/۴۵ ^{c}	۱۹/۸۰	۱۸/۰۹۱^{cd}	۴۵/۳۸	۳۷/۴۹۶^{cd}
	دو لیتر در هکتار	۲۲۳/۸۵ ^{c}	۲۰/۵۲	۲۰/۰۷۶^{c}	۳۹/۵۸	۳۹/۷۸^{bc}
	سه لیتر در هکتار	۲۱۲ ^{c}	۲۱/۰۹	۱۵/۴۴۶^{de}		۳۷/۴۹۳^{cd}
	LSD (0.05)	۴۴/۱		۲/۶۴۷۳		۴/۱۷۲۶
سالیسیلیک اسید	نانوکود					
شاهد	شاهد	۲۲۰/۸۲^{c}	۲۰/۹۹۱۷^{bc}	۱۴/۹۲	۳۷/۶۱^{de}	۳۴/۴۲
	یک لیتر در هکتار	۲۶۹/۱۵^{bc}	۲۰/۶۷۰۵^{c}	۱۹/۹۵	۳۹/۹۲^{cd}	۳۹/۱۵
	دو لیتر در هکتار	۲۶۸/۹۶^{bc}	۲۰/۶۹۱۳^{c}	۲۰/۵۱	۳۸/۳۱۶^{de}	۴۱/۳۸
	سه لیتر در هکتار	۲۵۷/۷^{bc}	۲۲/۰۱۵۳^{abc}	۱۷/۶۲	۳۶/۳۹۸^{e}	۳۸/۳۰
کاربرد سالیسیلیک اسید	شاهد	۲۶۱/۰۸^{bc}	۲۰/۳۷۰۱^{c}	۱۷/۰۲	۴۲/۷۴۵^{bc}	۳۸/۰۸
	یک لیتر در هکتار	۳۱۰/۴^{ab}	۲۱/۲۸۱^{abc}	۲۲/۹۹	۴۹/۱۳۱^{a}	۴۵/۸۶
	دو لیتر در هکتار	۳۴۷/۴۶^{a}	۲۲/۹۳۵۸^{a}	۲۵/۴۱	۵۱/۲۰۲^{a}	۴۶/۲۴
	سه لیتر در هکتار	۳۰۳/۵۹^{ab}	۲۲/۶۵۸۷^{ab}	۲۰/۶۳	۴۴/۲۷۲^{b}	۴۰/۹۵
	LSD (0.05)	۷۰/۵۷۴	۱/۸۸۹۱		۲/۹۵۸۸	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ هستند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرمتقابل سال × رقم بر عملکرد دانه و عملکرد پروتئین نخود

تیمار		عملکرد پروتئین Kg.ha^{-1}	عملکرد دانه Kg.ha^{-1}
سال	رقم		
۱۳۹۵-۶	عادل	۳۰۹/۱۳^{b}	۱۴۲۲/۷۱^{b}
	گریت	۱۸۵/۶۸^{d}	۹۸۷/۶۷^{d}
۱۳۹۵-۶	عادل	۳۸۶/۹۶^{a}	۱۶۳۳/۰۶^{a}
	گریت	۲۳۷/۸۱^{c}	۱۰۹۸/۸۳^{c}
	LSD (0.05)	**۲۸/۷۸۳**	**۱۰۷/۱۷**

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ هستند.

جدول ۷- مقایسه میانگین دو ساله اثر متقابل رقم × سالیسیلیک اسید × نانوکود بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک نخود

تیمارها			آهن اندام هوایی mg.kg^{-1}	شاخص برداشت (%)	عملکرد دانه Kg.ha^{-1}	وزن صد دانه (g)	محتوای آب نسبی (%)
رقم	سالیسیلیک اسید	نانوکود					
عادل	شاهد	شاهد	۵۴/۲۹^{c}	۲۲/۸۳۳^{a}	۲۴/۴۵۲^{d}	۱۱۴۱^{e}	۶۶/۶۹۳d
		یک لیتر در هکتار	۵۳/۹۵۷^{c}	۲۵/۲۱۷^{a}	۳۲/۶۵۵^{ab}	۱۵۰۶/۴۲^{cd}	۶۷/۳۹d
		دو لیتر در هکتار	۵۴/۹۶۷^{c}	۲۵/۳۳۳^{a}	۳۳/۰۷^{a}	۱۵۳۴/۴۲^{c}	۶۷/۲۶۷d
		سه لیتر در هکتار	۵۷/۰۰۲^{bc}	۲۳/۴^{a}	۲۹/۴۴۸^{bc}	۱۳۳۹^{d}	۶۸/۲۷۳cd
	کاربرد سالیسیلیک اسید	شاهد	۵۸/۷۰۳^{b}	۲۴/۶۵^{a}	۲۷/۰۸۴^{cd}	۱۴۵۵/۵۸^{cd}	۷۳/۸۲۳abc
		یک لیتر در هکتار	۶۳/۷۷۸^{a}	۲۷/۵۶۷^{a}	۳۳/۱۵۳^{a}	۱۷۸۳/۲۵^{ab}	۷۱/۳۶۲bcd
		دو لیتر در هکتار	۶۵/۶۳۲^{a}	۲۷/۷۳۳^{a}	۳۳/۸۴۱^{a}	۱۸۳۹/۸۲a	۷۹/۴۵۳a
		سه لیتر در هکتار	۵۸/۶^{b}	۲۵/۸۸۳^{a}	۳۳/۱۹۳^{ab}	۱۶۲۳/۵۸bc	۷۴/۹۰۸ab
		LSD (0.05)	**۳/۶۲۸۸**	**۵/۲۱۸۲**	**۱۸۷/۶۲**	**۳/۲۲۵۵**	**۵/۹۷۰۵**
گریت	شاهد	شاهد	۵۳/۷۹^{c}	۲۰/۸۱۷^{a}	۲۶/۰۰۹^{f}	۹۳۳/۰۸^{d}	۶۴/۳۲۷^{c}
		یک لیتر در هکتار	۵۷/۰۰۷^{c}	۲۱/۴۸۳^{a}	۳۵/۲۰۵^{bc}	۱۰۴۵/۷۲^{abc}	۶۶/۶۰۷^{bc}
		دو لیتر در هکتار	۵۵/۸۲۵^{c}	۱۹/۴۸۳^{a}	۳۶/۱۶۴^{ab}	۱۰۱۴/۱۱^{bcd}	۶۷/۸۴۳^{bc}
		سه لیتر در هکتار	۵۵/۴۷۷^{c}	۲۱/۲۱۷^{a}	۳۱/۱۱d^{e}	۹۹۲/۵۸^{cd}	۶۸/۸۲۷^{abc}
	کاربرد سالیسیلیک اسید	شاهد	۶۰/۵۰۵^{b}	۲۱/۷^{a}	۲۹/۵۲۵^{e}	۱۰۸۴/۶۷^{abc}	۶۷/۶۵^{bc}
		یک لیتر در هکتار	۶۲/۸۸۵^{ab}	۱۹/۳۸۳^{a}	۳۷/۵۳۱^{ab}	۱۱۰۶/۲۳^{ab}	۷۴/۴^{a}
		دو لیتر در هکتار	۶۴/۱۱۷^{a}	۱۹/۸۶۷^{a}	۳۷/۹۵۴^{a}	۱۱۵۲/۲۶^{a}	۷۲/۰۹۹^{ab}
		سه لیتر در هکتار	۶۲/۰۴۹^{ab}	۱۸/۷۳۳^{a}	۳۳/۳۹۴^{cd}	۱۰۱۷/۳۳^{bcd}	۷۳/۸۸۷^{a}
		LSD (0.05)	**۳/۴۷۵۶**	**۴/۶۰۸۹**	**۱۰۸/۴۲**	**۲/۶۳۷۴**	**۵/۵۸۰۶**

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ هستند.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه، پروتئین دانه و عملکرد پروتئین بالاتری در سال دوم آزمایش، که از میزان و توزیع بارش بهتری برخوردار بود بدست آمد، اما وزن صد دانه و شاخص برداشت در سال اول بیشتر بود، که نشان از رقابت میان اجزای عملکرد و نقش بیشتر تعداد دانه در بوته در بهبود عملکرد دانه داشت. رقم عادل علی‌رغم میزان سبزینگی برگ کمتر، از محتوای آب نسبی، اجزای عملکرد، عملکرد دانه و شاخص برداشت بیشتر در تیمار پرایمینگ سالیسیلیک اسید توأم با محلول پاشی نانوکود بسته به غلظت مصرف نسبت به توده محلی گریت برخوردار بود. در مجموع، رقم عادل با پرایمینگ سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی حداقل نیم لیتر در هکتار نانوکود جهت بهبود کمیت و کیفیت نخود در شرایط دیم منطقه معتدل خرم‌آباد و مناطق مشابه توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

از دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد که زمینه اجرای طرح را فراهم نمودند کمال قدردانی را داریم.

منابع مورد استفاده

Abdulahi M and Shekari F. 2012. The effect of priming with salicylic acid on the root and function of wheat seedlings in different planting dates. Cereal Research, 1: 32-17. (In Persian). https://cr.guilan.ac.ir/article_1620.html

Amanolahi Baharvand Z, Siavoshi M, Niknezhad Y, Fallah H and 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/10.22092/AJ.2018.115019.1179

Azhdarian Sabet M, Hadian Fakhim A, Shujaei HF and Rajabi M. 2014. The effect of nanobiological fertilizer application on the physiological indicators of spring safflower in the climatic conditions of Hamadan province. The second national conference of Applied Sciences in Agricultural Sciences. Tehran. (In Persian). https://civilica.com/doc/401716

Biranvand A, Khorgami A, Rafiei M, Mirdrikund R and Wafai SH. 1401. The effect of foliar application of nanofertilizer and methanol on the morphophysiological characteristics of dryland wheat under supplementary irrigation conditions. Journal of Plant Processes and Functions, 11(51): 225-239. (In Persian). 20.1001.1.23222727.1401.11.51.14.1

Delfani M, Firouzabadi MB, Farrokhi N and 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

Farahani N, Sanghi M, Dari H, Bammad F and Mahdia M. 2012. Investigating the effect of iron oxide nanoparticles and comparing it with other sources of iron on the growth and yield of beans, The 5th National Legume Conference of Iran, 455-458. (In Persian). https://www.sid.ir/paper/869269/fa

Farooq M, Basra SMA, Wahid A, Ahmad N and Saleem, BA. 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

Fatma AE and Gharib L. 2007. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activites and oil content of basil and majoram. International Journal of Agriculture and Biology, 4: 485-492. https://typeset.io/papers/effect-of-salicylic-acid-on-the-growth-metabolic-activities-24ujuksacs

Hamzai J, Najari S, Sadeghi F and Sidi M. 2013. Effect of foliar application of iron nanochelate and inoculation with Mesorhizobium bacteria on root nodulation, growth and yield of chickpea under rainfed conditions. Iranian Legume Research Journal, 5 (2): 18-9. (In Persian). https://elmnet.ir/doc/20034322-1151

Harsinia MG, Habibib H and Talaei GH. 2014. Study the effects of iron nano chelated fertilizers foliar application on yield and yield components of new line of wheat cold region of Kermanshah Provence. Agricultural Advances, 3(4): 95-102. doi: 10.14196/aa.v3i4.1339

Hayat Q, Hayat S, Irfan M and Ahmad A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. Environmental and Experimental Botany, 68: 14–25. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.08.005

Ighaei Eskoi A. 2017. Evaluation of the effects of iron nanoparticles (green, chemical, magnetic) on growth stages and quantitative and qualitative performance of bean genotypes, Master's thesis, Islamic Azad University, Research Sciences Unit, 108 p. (In Persian). https://elmnet.ir/doc/21166631-71166

Joseph T and Morrisson M. 2006. Nanoforum: Nanotechnology in agriculture and food. Eur. Nanotechnol. Gateway. www.nanoforum.org.

Kalali T, Lahoti M and Mahmudzadeh H. 2014. Investigating the effect of salicylic acid on physiological and physiological traits of soybean plant under drought stress. Scientific Research Quarterly Journal of Crop Physiology, 7(25): 87-77. (In Persian). https://civilica.com/doc/306025

Kjeldal SE. 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. http://www.qualitative-research.net/fqs/

Liu X, Feng Z, Zhang S, Zhang J, Xiao Q and 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 NA, El-Tayeb M, Hassanen AM, Moustafa MFM, Sakuma Y and 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

Mahdokht Madah S, Fallahian F, Sabbaghpour SH and Chalabian F. 2006. The effect of salicylic acid on yield and yield components and anatomical structure of chickpea plant. Basic Science Journal of Islamic Azad University, 1(62) 25-36. (In Persian). https://civilica.com/doc/54613

Majd A, Chalabian F, Madah SM, Fallahian F and Sabbaghpour SH. 2016. A comparative study of the effect of salicylic acid on the yield and resistance of two sensitive and resistant chickpea cultivars to *Ascochyta rabiei*. Iranian journal of biology, 19(3): 324-314. (In Persian). https://www.magiran.com/p894607

Mir Y, Daneshvar M, Nazarian-Firouzabadi F and Bajlan B. 2016. The effect of foliar application of different amounts of iron nano-chelate fertilizer on the quantitative and qualitative yield of rainfed chickpea cultivars. 24(8): 183-195. Journsl Of Plant Physiology, (In Persian). 20.1001.1.20085958.1395.8.24.16.1

Mohammadi L, Shekari F, Saba J and Zangani E. 2017. Effects of Priming with Salicylic Acid on Safflower Seedlings Photosynthesis and Related Physiological Parameters. Journal of Plant Physiology and Breeding, 7(1): 1-13. https://breeding.tabrizu.ac.ir/article_6281_e1646caa373642a555a91f731d8ab226.pdf

Mohammadi L, Shekari F, Saba J and Zangani E. 2011. Seed priming by salicylic acid affected vigor and morphological traits of safflower seedlings. Modern Agricultural Science, 7(2): 63-72. (In Persian). https://journals.iau.ir/article_515141_d4c537595a60b7a56f3e77be91f80551.pdf

Naderi MR and Danesh Shahraki A. 2018. Application of nano technology in optimizing the formulation of chemical fertilizers. Nano Technology Monthly, 4: 20-32. (In Persian). DOI:10.21273/HORTSCI11248-16

Nazar R, Iqbal N, Syeed S and Khan NA. 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

Parsa M, Ganjali A, Rezaiyanzadeh A and Military A. 2018. The effect of supplementary irrigation on yield and growth indicators of three chickpea cultivars in Mashhad region. Journal of Iranian Agricultural Research, 9(3) 321-310. (In Persian). Doi: 10.22067/GSC.V9I3.11960

Patel BD, Patel VJ, Patel JB, and Patel RB. 2006. Effect of fertilizers and weed management practices on weed control in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under middle Gujarat conditions. Indian J. Crop Science, 1(1-2): 180-183. https://www.semanticscholar.org/paper/Effect-of-fertilizers-and-weed-management-practices-Patel-Patel/f9cb25e39ad59896e7fd3ac2e9b2239ba6c8cda6

Rajabi L, Sajdi, NA, and Roshandel M. 2013. Reaction of yield and yield components of dry peas with salicylic acid and superabsorbent polymer. Journal of Agricultural Research, 4 (4): 354-343. (In Persian). https://www.sid.ir/paper/232047/fa

Raei Y, Kordi S, Ghanbari F, Shayan AA, Shahkarami G and 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

Rameshraddy PGJ, Mahesh S, Geetha KN and Shankar AG. 2017. Seed priming and foliar spray with nano zinc improves stress adaptability and seed zinc content without compromising seed yield in ragi (Finger millet). International Journal of Pure Applied Bioscience, 5(3): 251-258. DOI: http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.2906

Rashidian A, Rafiei M, Khorgami A, Mirdrikund R and Wafai SH. 1401. The effect of compaction and kaolin on yield and biochemical characteristics of wheat cultivars (Triticum aestivum L.) in rainfed conditions. Journal of Plant Process and Functions, 11(47): 129-144. (In Persian). 20.1001.1.23222727.1401.11.47.16.5

Rezaei RS, Hosseini M, Shaban Ali Fami H and Safa L. 2008. Identification and analysis of obstacles to the development of nanotechnology in Iran's agricultural sector from the researchers' point of view. Scientific Research Quarterly of Technology Site, 2(1): 17-26. (In Persian). https://jstp.nrisp.ac.ir/article_12771.html?lang=en

Riahi N, Farahbakhsh H, Pasandipour M. 2018. The effect of external application of proline, glycine betaine, salicylic acid and ascorbic acid on reducing the effects of drought stress in sorghum plants. Proceedings of the 11th National Seminar on Irrigation and Evaporation Reduction. Shahid Bahoner University of Kerman, Kerman: P 33-35. (In Persian). https://civilica.com/doc/157925/

Ritchie SW and Nguyen HT. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance, Crop Science, 30: 105-111. http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1990.0011183X003000010025x

Shoghian M, Rozbahani A. 2016. Effect of salicylic acid foliar application on morphological traits, yield and yield components of red bean under drought stress conditions. Scientific journal of crop physiology. Ahvaz Islamic Azad University, Ahvaz, 9 (34): 147-131. (In Persian). 20.1001.1.2008403.1396.9.34.8.5

Shahbazian B, Dehghanzadeh H, Aminian R and Zainli H. 2013. Investigation of the effect of Qarj Maimoriza and Biozer nano fertilizer on the yield and yield components of millet in Isfahan. National Conference of Agricultural Sciences and Techniques of Malair, (In Persian). https://civilica.com/doc/260304

Sadeghi L, Rafiei M and Daneshian J. 1400. Effects of drought stress and aerosol on yield and some physiological characteristics in soybean (*Glycine max* L.). Journal of Plant Process and Functions, 10(41): 263-277. (In Persian). Doi: 10.22092/AJ.2020.126186.1403

Patel BD, Patel VJ, Patel JB and Patel RB. 2006. Effect of fertilizers and weed management practices on weed control Sharafi, Gh. A., Changizi, M., Rafiee, M., Gomarian, M. and 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. (In Persian). https://www.semanticscholar.org/paper/Effect-of-fertilizers-and-weed-management-practices-Patel-Patel/f9cb25e39ad59896e7fd3ac2e9b2239ba6c8cda6

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

Waqar MS, Noormohammadi Q, Shamsi K, Pazaki AR and Sohail K. 2018. Investigating the effect of planting date on the growth trend and physiological indicators of rainfed chickpea cultivars in Kermanshah. Journal of Plant and Ecology, 5 (20): 123-105. (In Persian). https://elmnet.ir/doc/20266272-42276

Yusuf M, Fariduddin Q, Varshney P and 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: 8–18. https://doi.org/10.1007/s11356-011-0531-3

Zecevic V and Knezevic D. 2005. Variability and components of variance for harvest index in wheat (*Triticum aestivum* L.). Genetica, 37: 173-179. https://rivec.institut-palanka.rs/bitstream/id/2773/bitstream_2773.pdf

Zhong H, Kol GJ and Nkod ZZ. 2007. Effect of limited irrigation on yield and water use efficiency of two sequence replaced winter wheat in Loess Plateau. African Journal of Biotechnology, 13(6): 1493-1497. http://www.academicjournals.org/AJB