



دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مقایسه اثر نانوذرات و کودهای متداول کلسیم بر عملکرد کمی و کیفی دانه در سه رقم تجاری بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.)

فائزه چهره نورانی^۱، پروانه راهداری^۲، معرفت مصطفوی راد^۳، محمودی اسدی^۴، شادی کیابی^۵

دریافت ۱۴۰۲/۹/۶، پذیرش ۱۴۰۲/۱۰/۲

چکیده

این آزمایش به صورت کرت های خرد شده با طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در سال های زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در رشت اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه رقم بادام زمینی (NC₂، NC₄ و NC₇) به عنوان کرت اصلی و چهار سطح کودی کلسیم (نانوکود کلسیم، Ca-EDTA، کلراید کلسیم و نیترات کلسیم) به عنوان کرت فرعی بودند. بالاترین عملکرد غلاف (۳۴۸۳ کیلوگرم در هکتار) و دانه (۲۸۵۶ کیلوگرم در هکتار) تحت تاثیر کاربرد برگی نانوکود کلسیم در رقم NC₂ مشاهده گردید. بیشترین محتوای روغن دانه (۴۷/۲۱ درصد) در رقم NC₄ و بیشترین میزان پروتئین دانه (۲۶/۴۹ درصد) در رقم NC₂ به ترتیب تحت تاثیر کاربرد برگی نانوکود کلسیم کلراید کلسیم حاصل شد. به علاوه، بیشترین غلظت اولئیک اسید (۵۵/۸۹ درصد) و پالمیتیک اسید (۸/۷۸ درصد) در رقم NC₇ در واکنش به نانوکود کلسیم به دست آمد و کاربرد نیترات کلسیم سبب تولید حداکثر غلظت لینولئیک اسید (۲۵/۸۹ درصد) و استئاریک اسید (۴/۰۹ درصد) در رقم NC₇ گردید. عملکرد دانه بادام زمینی با برخی صفاتی نظیر عملکرد غلاف ($I=0.74^{**}$)، شاخص برداشت دانه ($I=0.48^{**}$)،

۱- گروه زیست شناسی، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران.

۲- گروه زیست شناسی، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران. مسئول مکاتبات: rahdari_parvaneh@yahoo.com

۳- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان.

۴- گروه زیست شناسی، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی تنکابن، ایران.

۵- گروه زیست شناسی، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران.

شاخص سبزینگی برگ ($r=0.61^{**}$)، طول غلاف ($r=0.59^{**}$) و عرض غلاف ($r=0.43^{**}$) همبستگی مثبت و معنی دار داشت. همچنین، عملکرد دانه بادام زمینی با اسیدهای چرب اولئیک ($r=-0.69^{**}$) و لینولئیک ($r=-0.63^{**}$) همبستگی منفی و معنی دار نشان داد. نتایج نشان داد که کاربرد برگی نانوکود کلسیم سبب افزایش عملکرد دانه و کیفیت روغن به ترتیب در ارقام NC2 و NC7 تحت شرایط اقلیمی منطقه گردید و می تواند جهت ارتقای کمیت و کیفیت عملکرد بادام زمینی تحت شرایط اقلیمی مشابه قابل توصیه باشد.

واژه های کلیدی: اسیدهای چرب، تغذیه برگی بادام زمینی، صفات فیزیولوژیک، نانوکود، ضریب همبستگی.

چهره نورانی، ف.، راهداری، پ.، مصطفوی راد، م.، م. اسدی، ش. کیابی. مقایسه اثر نانوذرات و کودهای متداول کلسیم بر عملکرد کمی و کیفی دانه در سه رقم تجاری بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.). (۱۵): ۵۲-۱۸

مقدمه

بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) یکی از گیاهان مهم روغنی خانواده لگومها است که در بیش از ۱۰۰ کشور دنیا کشت می شود. دانه بادام زمینی حاوی ۴۰ الی ۵۰ درصد روغن و کنجاله آن پس از روغن کشی دارای ۳۰ تا ۵۰ درصد پروتئین (کابا و همکاران، ۲۰۱۴ و جابریدار و همکاران، ۲۰۱۷) و روغن بادام زمینی حاوی اسیدهای چرب مهمی نظیر اولئیک اسید (۵۰ تا ۶۰ درصد)، لینولئیک اسید (۱۸ تا ۳۰ درصد)، پالمیتیک اسید (۸ تا ۱۰ درصد) و استئاریک اسید (۳ تا ۶ درصد) می باشد که در تغذیه انسان و تعلیف دام نقش بارزی دارد (ماهارنور و همکاران، ۲۰۱۸). سطح زیر کشت بادام زمینی در مقیاس جهانی حدود ۲۶ میلیون هکتار و در ایران حدود ۳/۱ هزار هکتار می باشد (فائو، ۲۰۲۰). در حال حاضر رقم غالب فعلی بادام زمینی در منطقه رقم NC2 می باشد و استفاده از ارقام پرمحصول جدید در منطقه ضرورت دارد. عملکرد بادام زمینی تحت تأثیر ژنوتیپ قرار می گیرد و مقایسه ارقام تجاری برای عملکرد می تواند تولید دانه در منطقه را بهبود بخشد (نیگام و همکاران، ۱۹۹۱ و آریوگلو و همکاران، ۲۰۱۶). محققان دیگری گزارش کردند که تنوع ژنتیکی بالایی در ارقام مختلف بادام زمینی از نظر عملکرد دانه، عملکرد غلاف و دیگر صفات زراعی وجود دارد (آریوگلو و همکاران، ۲۰۱۶؛ چادهاری و همکاران، ۲۰۱۷ و راتچانی، ۲۰۱۹). از طرفی تغذیه با عنصر غذایی کلسیم نقش مهمی در بهینه سازی رشد زایشی و عملکرد گیاهان زراعی به ویژه بادام زمینی دارد. محققان گزارش کردند که ناکافی بودن کلسیم قابل دسترس گیاه سبب نارس شدن غلافها، سیاه شدن جنین در بذور و جوانه زنی ضعیف بذور بادام زمینی گردید و کاربرد کلسیم سبب افزایش عملکرد غلاف، عملکرد دانه و محتوای روغن دانه بادام زمینی شد (حسین زاده گشتی و همکاران، ۲۰۱۲). در آزمایش دیگری گزارش شده است که کاربرد عنصر کلسیم رشد بوته های بادام زمینی و تثبیت زیستی نیتروژن (ویسانی و همکاران، ۲۰۱۳) و استقرار گیاهچه و فعالیت باکتری های تثبیت کننده نیتروژن را بهبود بخشید و ضمن کاهش بیماری های پوسیدگی میوه و ریشه سبب افزایش تولید ماده خشک و عملکرد دانه بادام زمینی گردید (کیرتیسینگ و همکاران، ۲۰۱۴) و استفاده

از کود کلسیم موجب بهبود ظرفیت آنتی اکسیدانی، افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش خشکی و بهبود کمیت و کیفیت روغن بادام زمینی گردید (کامارا و همکاران، ۲۰۱۱).

از طرفی، کارایی انواع کودهای شیمیایی برای بهبود رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی می تواند، متفاوت باشد. به ویژه فناوری نانو با تولید کودهای سازگار با محیط زیست و مقرون به صرفه با ابعاد ی بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر پتانسیل بیشتری برای افزایش تولیدات کشاورزی دارد (مونیکا و کریمونینی، ۲۰۰۹ و هانگ و همکاران، ۲۰۱۵). کودهای نانو به دلیل رهاسازی عناصر غذایی با سرعت مطلوب در تمام طول فصل رشد (پولیزل و همکاران، ۲۰۱۱)، کارایی جذب و مصرف بالا (قرشی و همکاران، ۲۰۱۸) و آلودگی زیست محیطی کمتری (سادات نوری و خدایاری، ۱۳۸۴) دارند. و فراهمی عناصر کم مصرف را برای گیاهان (دی و همکاران، ۲۰۱۸) و باروری گیاهان زراعی (چیناموتو و بوپاتی، ۲۰۰۹) و عملکرد بادام زمینی (پراساد و همکاران، ۲۰۱۲) را افزایش می دهد. محققان معتقدند که استفاده از نانوکودها می تواند درآمد کشاورزان را حدود پنج برابر افزایش دهد (نظران، ۱۳۸۹). محققان دیگری گزارش کرده اند که کاربرد نیترات کلسیم رشد رویشی و عملکرد غده در سیب زمینی ترش گردید و کود کلسیم به صورت Ca-EDTA و نیترات کلسیم نقش بارزی در جلوگیری از فساد قارچی و کاهش وزن غده ها در طی دوره ذخیره سازی غده ها در انبار داشت (ابراهیم و همکاران، ۲۰۱۷). در آزمایش دیگری گزارش شده است که کاربرد تلفیقی نانوکود کلسیم با نیترات کلسیم از نظر رشد گیاه، عملکرد دانه و صفات کیفی بادام زمینی بر تیمارهای دیگر برتری داشت (التمشا و همکاران، ۲۰۲۳). این آزمایش با هدف تعیین بهترین رقم و منابع کودی کلسیم جهت ارتقای کمیت و کیفیت دانه بادام زمینی در منطقه انجام گردید.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال های زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ به صورت کرت های خرد شده با طرح پایه بلوک های کامل تصادفی و در سه تکرار در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، رشت اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه رقم بادام زمینی (NC_2 ، NC_4 و NC_7) به عنوان کرت اصلی و چهار سطح کودی کلسیم (نانوکود کلسیم، Ca-EDTA ، کلراید کلسیم و نیترات کلسیم) به عنوان کرت فرعی بودند. ارقام بادام زمینی از بخش تحقیقات زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان تهیه گردید. ارقام NC_2 ، NC_4 و NC_7 دارای تیپ نیمه افراشته و از نظر اندازه بذر و محتوای روغن دانه متفاوت می باشند. بذره های رقم NC_4 و NC_7 به ترتیب ریز و درشت و اندازه بذره های NC_2 حدواسط می باشد. بذره های ریز بادام زمینی معمولاً دارای درصد روغن بیشتری هستند. بدین ترتیب، رقم NC_4 با بیشترین درصد روغن دانه برای صنایع روغن کشی و بذره های NC_7 برای مصارف آجیلی مناسب می باشد و بذره های NC_2 برای هر دو منظور مصارف آجیلی و روغن کشی مورد استفاده قرار می گیرد. به علاوه، اندازه برگ ها در رقم NC_7 و درشت تر از دو رقم دیگر است و در انتهای فصل رشد تمام برگ های آن ریزش می کنند. ولی، برگ های ارقام NC_2 و NC_4 در زمان برداشت سبز باقی می ماند و برای تعلیف دام ها مناسب می باشد. عملیات

آماده‌سازی مزرعه آزمایشی طی دو مرحله شخم و دیسک در فروردین و نیمه اول اردیبهشت ماه انجام گردید و بذره‌های ارقام مورد مطالعه بادم زمینی در تاریخ ۲۰ اردیبهشت ماه با دست کاشته شد. قبل از عملیات کاشت جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در چند نقطه از خاک مزرعه نمونه‌برداری و به آزمایشگاه خاک‌شناسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان مرکز ارسال شد و نتایج آزمون خاک در جدول ۱ درج شده است. همچنین، پارامترهای اقلیمی منطقه اجرای آزمایش در طی دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ از ایستگاه هواشناسی رشت اخذ گردید که در جدول ۲ ارائه شده است. در این آزمایش، بافت خاک به‌روش هیدرومتری تعیین گردید. اسیدیته محلول خاک (با نسبت ۱ به ۲/۵ آب به خاک) به‌وسیله پ‌هاش سنج (مدل ۹۰۱) و کربن آلی خاک به‌روش والکی بلک اندازه‌گیری شد. نیتروژن خاک با استفاده از دستگاه کجلدال اتو آنالیزر و غلظت عناصر غذایی پتاسیم، کلسیم و روی با استفاده از دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی (مدل Thermo Elemental Solaar) تعیین گردید (علی‌احیایی و بهبهانی‌زاده، ۱۳۷۲). همچنین، فسفر به روش اولسن و سولفور معدنی به روش کدورتسنجی یا کالریمتری با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Pharmacia VIS Spectrophotometer) اندازه‌گیری گردید (پیچ و همکاران ۱۹۸۲).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

عمق خاک (سانتی‌متر)	بافت خاک	درصد رس	درصد لوم	درصد شن	اسیدیته خاک	مواد آلی خاک (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	روی قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	کلسیم قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۰-۳۰	لومی-رس	۳۰/۷	۲۷/۱	۴۱/۲	۵/۷	۱/۷۹	۰/۱۷۱	۹/۳	۲۱۰	۱/۷	۱۹/۲۳

جدول ۲- پارامترهای اقلیمی رشت در سالهای زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹

۲۰۱۸						۲۰۱۹					
بارندگی (میلی‌متر)	میانگین رطوبت نسبی (درصد)	متوسط دما (درجه سلسیوس)	میانگین رطوبت نسبی (درصد)	متوسط دما (درجه سلسیوس)	میانگین بارندگی (میلی‌متر)	بارندگی (میلی‌متر)	میانگین رطوبت نسبی (درصد)	متوسط دما (درجه سلسیوس)	میانگین رطوبت نسبی (درصد)	متوسط دما (درجه سلسیوس)	میانگین بارندگی (میلی‌متر)
۱۳۵/۵	۷۰	۱۲/۲	۸/۹	۱۵/۴	۱۲۲/۷	۸۴/۲	۱۳/۲	۱۶/۴	۹/۹	۱۳۵/۵	۱۳۵/۵
۶۷/۵	۵۹	۱۷/۹	۱۳/۷	۲۲/۰	۷۴/۵	۷۴/۵	۱۹/۳	۲۴/۶	۱۳/۹	۶۷/۵	۶۷/۵
۰/۳	۴۵	۲۴/۸	۱۹/۹	۲۹/۷	۶۲/۲	۶۸/۳	۲۴/۷	۳۰/۵	۱۸/۸	۰/۳	۰/۳
۱۹/۸	۴۹	۲۶/۷	۲۲/۲	۳۱/۲	۱۷۱/۱	۷۴/۱	۲۶/۲	۳۰/۸	۲۱/۵	۱۹/۸	۱۹/۸
۱۰۳/۲	۶۱	۲۵/۲	۲۱/۴	۲۸/۹	۲۵/۳	۷۳/۵	۲۵/۸	۳۱/۲	۲۰/۴	۱۰۳/۲	۱۰۳/۲
۹۷/۷	۵۶/۵۶	۲۴/۰	۱۹/۲	۲۸/۷	۱۳۸	۷۹/۱	۲۲/۹	۲۷	۱۸/۸	۹۷/۷	۹۷/۷

در هر دو سال زراعی، کوددهی براساس نتایج آزمون خاک انجام گردید و مقدار ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۶۰ کیلوگرم اوره به‌عنوان نیتروژن آغازگر قبل از عملیات کاشت و به‌طور یکنواخت در سطح مزرعه پاشیده شد و به‌وسیله دیسک سبک با خاک مخلوط گردید. هر کرت دارای شش خط کاشت به طول پنج متر بود و فاصله بین ردیف‌های کاشت بادم زمینی ۵۰ و فاصله بین بوته‌ها بر روی ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی‌متر

بود. علف‌های هرز در دو مرحله ۴ تا ۶ برگی و مرحله نمو غلاف‌ها و مصادف با خاک‌دهی پای بوته‌های بادام زمینی وجین شد. کودهای کلسیم با غلظت دو در هزار یک‌بار در مرحله شروع گل‌دهی و بار دیگر در مرحله تشکیل و نمو غلاف‌های بادام زمینی (با فاصله ۳۰ روز) به‌صورت محلول‌پاشی مورد استفاده قرار گرفت (نوبهار، ۱۳۹۸). شاخص سبزی‌نگی برگ (اسپاد) ۱۰ روز قبل از برداشت بادام زمینی و در پنج برگ انتهایی بوته با دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502 مدل مینولتای ژاپن) اندازه‌گیری شد (سید شریفی و همکاران، ۲۰۱۶). هم‌زمان با رسیدگی فیزیولوژیک دانه، برای محاسبه عملکرد علوفه، غلاف و دانه، پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای خطوط کاشت تعداد ۵۰ بوته به‌طور تصادفی از چهار ردیف وسطی از هر کرت برداشت شد. اندام‌های هوایی، غلاف و دانه بادام زمینی از یکدیگر جدا شد و در هوای آزاد خشک و سپس توزین گردید و بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. شاخص برداشت دانه از نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیست‌توده بر حسب درصد محاسبه گردید. از غلاف‌های برداشت شده از هر کرت تعداد ۵۰ غلاف به‌طور تصادفی جدا شد و طول و عرض غلاف‌ها با کولیس دیجیتالی و برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری گردید. درصد نیتروژن دانه بادام زمینی با دستگاه کج‌لدال تعیین و از حاصلضرب مقدار نیتروژن در عدد ۶/۲۵، درصد پروتئین دانه به‌دست آمد (انتانوس و کوتروباس، ۲۰۰۲). درصد روغن دانه با روش سوکسله (لطیف و انور، ۲۰۰۸) و پروفایل اسیدهای چرب روغن بادام زمینی به‌روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) تعیین گردید (تای و همکاران، ۲۰۱۵). پس از انجام آزمون بارتلت و اطمینان از یکنواختی اشتباه آزمایشی، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها و همبستگی ساده بین میانگین صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه 9.4 و مقایسه میانگین‌ها به‌روش دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد علوفه

برهمکنش رقم و کود کلسیم بر عملکرد علوفه بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). کاربرد نانوکود کلسیم بالاترین عملکرد علوفه (۸۸۵۹ کیلوگرم در هکتار) را رقم NC2 تولید کرد که تفاوت معنی‌داری با عملکرد علوفه (۸۷۲۹ کیلوگرم در هکتار) در رقم NC7 نداشت (جدول ۴). محققان دیگری نشان دادند که کاربرد نانوکود کلسیم سبب افزایش تولید ماده خشک بادام زمینی در واحد سطح گردید (نوبهار، ۱۳۹۸). در آزمایش دیگری گزارش شده است که محلول‌پاشی کلسیم با بهبود جوانه‌زنی، استقرار سریع گیاهان و رشد و فعالیت باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن سبب افزایش تولید ماده خشک در بادام زمینی (کامارا و همکاران، ۲۰۱۱؛ ویسانی و همکاران، ۲۰۱۳ و کیرتیسینگ و همکاران، ۲۰۱۴). به‌علاوه، نتایج بیانگر این واقعیت است که کاربرد برگی نانوکود کلسیم با افزایش رشد اندام‌های هوایی سبب تولید مقدار قابل توجه‌ای علوفه برای تغلیف دام‌ها می‌شود. همچنین، با افزایش رشد اندام‌های هوایی و برگ‌ها به‌عنوان منابع فتوسنتزی بسته به نوع رقم سبب افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و افزایش تولید بادام زمینی در واحد سطح می‌شود.

عملکرد غلاف

در این آزمایش، برهمکنش رقم و کود کلسیم بر عملکرد غلاف بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد غلاف (۳۴۸۳ کیلوگرم در هکتار) بادام زمینی در رقم NC2 در واکنش به محلول پاشی نانوکود کلسیم به دست آمد (جدول ۴). نتایج نشان داد که عملکرد غلاف بادام زمینی تحت تاثیر کاربرد برگی نانوکود کلسیم در هر سه رقم بادام زمینی در مقایسه با دیگر مورد مطالعه بیشتر بود. محققان دیگری نشان دادند که تنوع ژنتیکی بالایی در ژرم پلاسماهای بادام زمینی موجود در بانک ژن گیاهی ملی ایران برای عملکرد غلاف وجود داشت (اعلمی و همکاران، ۱۳۸۵) و ارقام مختلف بادام زمینی از نظر عملکرد غلاف تفاوت معنی داری داشتند (چادھاری و همکاران، ۲۰۱۷ و راتچانی، ۲۰۱۹). محققان دیگری نشان دادند کاربرد برگی کلسیم سبب افزایش عملکرد غلاف بادام زمینی گردید (کامارا و همکاران، ۲۰۱۱؛ حسینزاده گشتی و همکاران، ۲۰۱۲ و کیرتیسینگ و همکاران، ۲۰۱۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات اندازه گیری شده در سه رقم بادام زمینی تحت تاثیر کودهای مختلف کلسیم

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد علوفه	عملکرد غلاف	عملکرد دانه	شاخص برداشت دانه	روغن دانه	پروتئین دانه	شاخص سبزیبگی برگ
سال	۱	۴۹۱۷۰/۱/۳۹ ns	۱۴۷۲۰/۴۲/۰۱ ns	۹۷۷۶/۶۸ ns	۰/۰۳ ns	۱۴/۲۲ ns	۱۸/۹۶ ns	۲۸۱/۶۳ ns
تکرار (سال)	۴	۲۲۰۲۸۸۰/۳۰	۳۴۹۵۳۵۳/۴۷	۱۰۴۶۵۵۶/۹۹	۶۵۷/۵۹	۱۱۸/۲۲	۵/۹۲	۱۲۹۶/۳۰
رقم	۲	۱۵۵۳۰۱۳/۶۳**	۸۷۸۷۴۵۲/۴۳**	۷۹۴۳۱۵۵/۶**	۱۱۱۵/۹۷**	۴۰/۱۰۵**	۲۴/۸۰**	۲۲۹/۴۰**
سال × رقم	۲	۴۴۳۱۵/۷۱	۵۵۶/۶۰	۱۳۹۵۸/۵۹	۲/۴۱	۰/۰۲	۰/۰۰۸	۰/۰۱
اشتباه اصلی	۸	۳۳۱۷۵/۲۲	۴۱۱۷۱/۷۰	۱۶۷۵۱/۸۸	۶/۱۲	۰/۵۱	۶۱/۵۷	۵/۷۴
کلسیم	۳	۵۸۳۳۳۲/۶۴**	۲۹۸۱۱۸۸۱/۸۳**	۱۱۳۷۲۹۷۸/۱**	۴۱۶/۹۴**	۱۰۶۷/۲۰**	۲۶۷/۳۳**	۷۱۸/۷۰**
سال × کلسیم	۳	۳۳۸۴۴/۶۸	۳۹۵۳/۱۳	۱۲۴۳۸/۶۹	۱/۲۵	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲۲۰۵۱	۰/۰۰۷۸۵۸
رقم × کلسیم	۶	۷۰۵۴۶/۶۱ ns	۳۱۸۲۱/۴۱**	۴۸۶۳۱/۲۱**	۲/۶۸**	۹/۱۴**	۵/۶۵**	۵/۰۴**
سال × رقم × کلسیم	۶	۲۸۳۳۳۰/۱۸	۴۹۰۲/۴۳	۷۱۷۳/۱۱	۱/۱۹	۰/۰۱۶	۰/۰۰۱	۰/۰۱
اشتباه فرعی	۳۶	۸۳۵۴۸۴	۱۷۴۱۴/۵	۱۴۲۴۷/۱۱	۵/۹۴	۲/۵۷	۱۵۶۲/۵۴	۳/۰۲
ضریب تغییرات (CV%)	-	۴/۵۸	۴/۱۲	۶/۰۴	۹/۰۸	۳/۵۵	۵/۰۱	۴/۱۰

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات اندازه گیری شده در سه رقم بادام زمینی تحت تاثیر کودهای مختلف کلسیم

منبع تغییرات	طول غلاف	عرض غلاف	اولتیک اسید	لینولتیک اسید	پالمیتیک اسید	استئاریک اسید	آریشیدیک اسید	بیهنیک اسید
سال	۱۳/۷۵ ns	۶۹/۷۲ ns	۸۲۹۴/۹۶ ns	۷۷/۴۸ ns	۱۸/۶۵ ns	۱۹/۴۸ ns	۳/۰۲ ns	۸/۲۲ ns
تکرار (سال)	۹۰/۱۸	۱۶/۴۷	۱۶۳۴/۳۲	۱۳۸۰/۲۰	۱۱/۵۹	۱۰/۷۹	۲/۰۰	۳/۵۹
رقم	۲۰/۲۵**	۳/۲۸**	۲۵۱/۱۸**	۱۶/۱۱**	۰/۹۵**	۲/۲۰**	۰/۹۳**	۱/۹۴**
سال × رقم	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۲
اشتباه اصلی	۲۷/۰۶	۵/۵۳	۱/۸۴	۲/۷۲	۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۰۲	۰/۰۰۸
کلسیم	۱۷/۱۸**	۱/۵۴**	۷۷/۹۳**	۲۸۱/۵۷**	۱۵/۵۶**	۱۰/۳۴**	۱/۳۰**	۱/۹۳**
سال × کلسیم	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱
رقم × کلسیم	۱/۸۸**	۱/۱۲*	۸/۲۲**	۶/۰۱**	۰/۳۲**	۷/۰۳**	۰/۰۵**	۰/۳۱*
سال × رقم × کلسیم	۰/۰۰۴	۰/۰۰۷	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۱
اشتباه فرعی	۲/۱۹	۰/۳۲	۱/۶۹	۰/۶۶	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۳۱	۰/۰۱۸
ضریب تغییرات (CV%)	۴/۷۸	۳/۷۹	۲/۳۸	۳/۰۴	۲/۸۸	۶/۳۰	۱۱/۰۱	۴/۵۴

ns و*: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده در بادام زمینی تحت تاثیر برهمکنش رقم × کود کلسیم

رقم	کود کلسیم	عملکرد علوفه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد غلاف (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت دانه (درصد)	روغن دانه (درصد)	پروتئین دانه (درصد)	شاخص سبزیبگی برگ (عدد اسپاد)
-----	-----------	------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	---------------------	------------------------	------------------------------

۲۲/۶۹c	۲۳/۹۷e	۲۵/۳۴b	۳۲/۳۶a	۲۸۵۶/۲۰a	۳۴۸۳/۳۳a	۸۸۵۹/۵۸a	نانو کود کلسیم	NC ₂
۲۳/۴۲b	۲۵/۰۶c	۴۴/۵۷c	۳۲/۳۱a	۲۴۲۸/۲۰b	۳۰۷۸/۳۳b	۷۵۹۳/۷۵c	کلات کلسیم	
۳۸/۷۵g	۲۶/۴۹a	۳۷/۶۲f	۳۰/۸۹b	۲۰۸۷/۸۷d	۲۸۹۰/۰۰c	۶۸۶۱/۲۵d	کلسیم کلراید	
۳۷/۱۵h	۲۱/۴۰h	۳۶/۴۶h	۲۷/۳۹b	۱۸۴۸/۷۵e	۲۴۹۶/۶۶e	۶۸۹۸/۹۵d	نیترات کلسیم	
۴۰/۹۴d	۲۴/۶۹d	۴۷/۲۱a	۲۸/۰۳b	۲۲۹۷/۴۵c	۲۹۴۱/۶۶bc	۸۲۱۵/۸۳b	نانو کود کلسیم	NC ₄
۳۹/۷۶e	۲۵/۶۳b	۴۶/۳۳b	۲۵/۹۵c	۱۸۳۷/۵۸e	۲۴۳۸/۳۳e	۷۰۶۵/۰۰e	کلات کلسیم	
۳۵/۱۶i	۲۲/۶۰g	۳۶/۸۵g	۲۵/۶۱c	۱۶۳۳/۴۱f	۲۳۱۳/۳۳f	۶۴۳۰/۰۰f	کلسیم کلراید	
۳۵/۰۰i	۲۰/۶۰j	۳۸/۳۶e	۲۱/۴۴e	۱۳۵۸/۵۰g	۲۰۳۳/۳۳g	۶۴۲۷/۰۸f	نیترات کلسیم	
۴۳/۶۱b	۲۳/۶۹f	۴۲/۲۶d	۲۶/۴۱c	۲۲۹۵/۳۳c	۳۱۷۸/۳۳b	۸۷۲۹/۱۶a	نانو کود کلسیم	NC ₇
۴۲/۷۰c	۲۱/۳۰i	۴۲/۰۲d	۲۵/۳۸c	۱۹۱۶/۱۶e	۲۸۹۵/۰۰c	۷۵۹۸/۱۲c	کلات کلسیم	
۳۹/۰۷f	۱۷/۰۶k	۳۵/۵۷i	۲۴/۷۸d	۱۶۸۷/۱۲f	۲۶۷۳/۳۳d	۶۹۷۸/۳۳de	کلسیم کلراید	
۴۴/۵۲a	۱۷/۰۸k	۳۴/۴۸j	۲۱/۳۶e	۱۴۴۹/۱۲g	۲۱۶۳/۳۳g	۶۹۰۲/۹۱de	نیترات کلسیم	

ادامه جدول ۴-۴- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده در بادام زمینی تحت تاثیر برهمکنش رقم × کود کلسیم

رقم	تیمارها	طول غلاف (میلی متر)	عرض غلاف (میلی متر)	اولئیک اسید (درصد)	لینولئیک اسید (درصد)	پالمیتیک اسید (درصد)	استئاریک اسید (درصد)	آراشیدیک اسید (درصد)	بیهنیک اسید (درصد)
NC ₂	نانو کود کلسیم	۳۲/۲۰a	۱۵/۲۰ab	۴۶/۳۰h	۲۰/۰۴g	۸/۴۰c	۳/۱۴f	۱/۷۰d	۳/۳۹a
	کلات کلسیم	۳۱/۹۲b	۱۵/۱۵b	۵۳/۳۱d	۲۴/۳۵c	۸/۳۸c	۳/۷۱b	۲/۳۱a	۳/۲۱a
	کلسیم کلراید	۳۱/۶۳c	۱۵/۳۱a	۵۲/۱۲g	۲۱/۶۷f	۷/۲۵d	۳/۴۵e	۱/۵۳d	۲/۸۸b
	نیترات کلسیم	۳۱/۶۶c	۱۵/۰۹b	۵۳/۰۳e	۲۵/۷۹a	۸/۳۳c	۴/۰۴a	۱/۶۱d	۳/۰۰ab
NC ₄	نانو کود کلسیم	۳۲/۶۰a	۱۵/۳۳a	۵۲/۸۳f	۲۴/۸۰b	۸/۵۶b	۲/۹۰g	۱/۶۱d	۲/۷۷b
	کلات کلسیم	۳۱/۵۰b	۱۵/۲۵ab	۵۲/۰۴g	۲۴/۶۸b	۸/۴۷b	۳/۵۶e	۱/۵۳d	۳/۰۵ab
	کلسیم کلراید	۳۱/۵۱b	۱۴/۸۰d	۵۰/۰۴g	۲۱/۹۷e	۸/۳۶c	۳/۴۰e	۱/۴۱e	۲/۷۰c
	نیترات کلسیم	۳۰/۱۱c	۱۴/۶۷d	۵۲/۱۱f	۲۵/۷۹a	۸/۵۴b	۳/۷۶b	۱/۵۳d	۲/۸۳b
NC ₇	نانو کود کلسیم	۳۱/۰۱b	۱۴/۹۰c	۵۵/۸۹a	۲۵/۶۴a	۸/۷۶a	۳/۲۴h	۱/۸۱c	۳/۱۱b
	کلات کلسیم	۳۰/۲۴c	۱۴/۶۳d	۵۵/۱۳b	۲۴/۹۷b	۸/۱۶d	۳/۸۹b	۱/۸۵c	۳/۱۴b
	کلسیم کلراید	۲۹/۸۵d	۱۴/۶۶d	۵۳/۱۳e	۲۲/۷۷d	۸/۳۸c	۳/۵۹c	۱/۵۶d	۲/۷۵c
	نیترات کلسیم	۲۹/۹۵d	۱۵/۰۹b	۵۴/۱۳c	۲۵/۸۹a	۸/۳۵c	۴/۰۹a	۱/۷۳c	۲/۹۱b

میانگین هایی که در هر ستون برای هر تیمار دارای حروف مشترک هستند اختلاف معنی داری در سطح احتمال پنج درصد در آزمون دانکن ندارند

دلیل این پدیده، احتمالاً بهبود استقرار گیاهچه و افزایش فعالیت باکتری های تثبیت کننده نیتروژن شد و کاهش بیماری های پوسیدگی غلاف بادام زمینی در واکنش به کاربرد کلسیم می باشد که به تبع آن عملکرد غلاف بادام زمینی در واحد سطح افزایش پیدا می کند (کامارا و همکاران، ۲۰۱۱ و کیرتیسینگ و همکاران، ۲۰۱۴). به طور کلی، نتایج نشان داد که کاربرد نانوکود کلسیم از طریق افزایش رشد اندام های هوایی سبب افزایش ظرفیت و فعالیت فتوسنتزی بوته های بادام زمینی و بهبود عملکرد غلاف بادام زمینی در واحد سطح گردید.

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که برهمکنش رقم و کود کلسیم تاثیر معنی داری بر عملکرد دانه بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه (۲۸۵۶ کیلوگرم در هکتار) بادام زمینی در رقم NC₂ تحت تاثیر محلول پاشی نانوکود کلسیم بر روی بوته های بادام زمینی مشاهده گردید (جدول ۴). در این آزمایش، ارقام مختلف بادام از نظر عملکرد دانه تفاوت ژنتیکی معنی داری نشان دادند و رقم NC₂ از نظر عملکرد دانه در واکنش به محلول پاشی نانوکود کلسیم برتری قابل توجهی نشان داد. در آزمایش مشابهی گزارش شده است که ارقام مختلف بادام زمینی عملکرد دانه متفاوتی داشتند (هاگوس و همکاران، ۲۰۱۲ و جیارامراجا و همکاران، ۲۰۱۴) محققان دیگری نشان دادند که کاربرد نانوکود کلسیم سبب افزایش عملکرد دانه در رقم NC₂

بادام زمینی گردید (نویهار، ۱۳۹۸). نتایج نشان داد که کاربرد برگی نانوکود کلسیم از طریق افزایش افزایش رشد اندام‌های هوایی به‌عنوان منابع فتوسنتزی و تولید غلاف بادام زمینی به‌عنوان مخازن فیزیولوژیک بادام زمینی در مقایسه با انواع دیگر کودهای کلسیمی، عملکرد دانه در واحد سطح را افزایش داد. کاربرد برگی نانوکود کلسیم در هر سه رقم بادام زمینی سبب افزایش عملکرد دانه در مقایسه با دیگر تیمارها گردید. بدین ترتیب، محلول‌پاشی نانوکود کلسیم می‌تواند روش مطمئنی برای تامین نیاز غذایی بوته‌های بادام زمینی باشد (دیر و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین، افزایش عملکرد دانه در واکنش به محلول‌پاشی نانوکود کلسیم احتمالاً می‌تواند ناشی از رهاسازی کلسیم با سرعت مطلوب از منبع نانوکود در تمام طول فصل رشد بادام زمینی و در نتیجه بهبود کارایی و افزایش راندمان جذب نانوکود کلسیم به‌وسیله گیاه باشد (پولیزل و همکاران، ۲۰۱۱) که از طریق تاثیر مثبت بر فرآیندهای مختلف فیزیولوژیک و بیولوژیک، نمو و متابولیسم گیاه (پاتاک و همکاران، ۲۰۲۰) و دخالت مستقیم در بهبود فتوسنتز و متابولیسم کربوهیدرات (اختر و همکاران، ۲۰۱۰) سبب افزایش عملکرد گیاه می‌شود.

شاخص برداشت دانه

برهمکنش رقم و کود کلسیم تاثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت دانه در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۳). در این آزمایش، بیشترین شاخص برداشت دانه (۳۲/۳۶ درصد) در رقم NC₂ و تحت تاثیر نانوکود کلسیم حاصل گردید که تفاوت معنی‌داری با کلات Ca-EDTA نداشت (جدول ۴). نتایج نشان داد که واکنش ارقام مورد مطالعه بادام زمینی به نانوکود کلسیم و کلات Ca-EDTA مشابه بود و سبب افزایش شاخص برداشت دانه در هر سه رقم گردید. با این توصیف، افزایش شاخص برداشت دانه در رقم NC₂ بیشتر از ارقام دیگر بود که بیانگر تفاوت ژنتیکی ارقام مختلف بادام زمینی در تسهیم و تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به مخازن فیزیولوژیک دانه در واکنش به کاربرد نانوکود کلسیم و کلات Ca-EDTA می‌باشد. بدین ترتیب، نتایج نشان داد که اگرچه شاخص برداشت دانه در بادام زمینی نسبت به بقیه گیاهان زراعی نظیر غلات پایین است، افزایش شاخص برداشت دانه منجر به افزایش عملکرد دانه گردید و شاخص برداشت دانه می‌تواند یکی از مولفه‌های مهم در راستای افزایش عملکرد غلاف و دانه بادام زمینی در دهه‌های آینده مدنظر محققان و به‌نژادگران قرار بگیرد. محققان دیگری نشان دادند که استفاده از عنصر غذایی کلسیم سبب افزایش رشد زایشی بر رشد رویشی و ارتقای شاخص برداشت دانه بادام زمینی شد (مصطفوی‌راد و همکاران، ۱۳۹۹).

روغن دانه

محتوای روغن دانه بادام زمینی تحت تاثیر معنی‌دار برهمکنش رقم و کود کلسیم در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳) و بیشترین درصد روغن دانه (۴۷/۲۱ درصد) در رقم NC₄ و تحت تاثیر کاربرد برگی نانوکود کلسیم به‌دست آمد (جدول ۴). ارقام مورد مطالعه بادام زمینی از نظر محتوای روغن دانه تفاوت معنی‌داری داشتند. محققان دیگری نشان دادند که درصد روغن دانه در ارقام مختلف بادام زمینی، متفاوت بود (صفری و همکاران، ۱۳۸۷ و کارین و کارلی، ۲۰۱۰). محققان دیگری دریافتند که کلسیم نقش بارزی در

افزایش غلظت روغن دانه بادام زمینی داشت (کامارا و همکاران، ۲۰۱۱ و حسین زاده گشتی و همکاران، ۲۰۱۲). نتایج نشان داد که کاربرد برگی نانوکود کلسیم از نظر افزایش غلظت روغن دانه بادام زمینی بر منابع کودی دیگر برتری داشت و سبب افزایش سنتز و انباشت روغن در دانه بادام زمینی گردید. در دانه‌های روغنی میزان کربوهیدرات لازم برای سنتز روغن در مقایسه با سنتز پروتئین و نشاسته بیشتر است (مصطفوی راد و همکاران، ۱۳۹۸). بدین ترتیب، چنین استنباط می‌شود که که نانو کودها، از طریق تاثیر بیشتر بر فرآیند فتوسنتز و متابولیسم کربوهیدرات (اختر و همکاران، ۲۰۱۰) و افزایش تولید انرژی سبب ارتقای محتوای روغن دانه می‌شود. همچنین، نتایج نشان داد که افزایش عملکرد دانه در رقم NC2 با کاهش معنی دار محتوای روغن دانه همراه بود که بیانگر کاهش درصد روغن دانه متناسب با افزایش عملکرد دانه در ارقام مختلف بادام زمینی می‌باشد. بدین ترتیب، رقم NC4 با کمترین عملکرد دانه، بیشترین محتوای روغن دانه را نشان داد.

پروتئین دانه

برهمکنش رقم و کود کلسیم بر محتوای پروتئین دانه بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۳) و بیشترین میزان پروتئین دانه (۲۶/۴۹ درصد) در رقم پرمحصول NC2 و تحت تاثیر کلراید کلسیم حاصل شد (جدول ۴). محققان در مطالعه مشابهی نشان دادند که کاربرد کلسیم با غلظت دو در هزار سبب افزایش درصد پروتئین دانه گردید (نوبهار، ۱۳۹۸). نتایج نشان داد که واکنش ارقام مورد مطالعه بادام زمینی از نظر پروتئین دانه به کودهای مختلف کلسیم متفاوت بود و رقم NC2 پروتئین دانه نیز بر دیگر ارقام مورد مطالعه برتری داشت. با این توصیف، کاربرد برگی کلراید کلسیم در هر سه رقم بادام زمینی توانست محتوای پروتئین دانه را در مقایسه با دیگر کودهای کلسیم افزایش دهد که بیانگر اهمیت کاربرد برگی کلراید کلسیم جهت افزایش غلظت پروتئین دانه بادام زمینی در مقایسه با کودهای متداول دیگر کلسیم می‌باشد.

شاخص سبزینگی برگ (اسپاد)

برهمکنش رقم و کود کلسیم تاثیر معنی داری بر محتوای شاخص سبزینگی برگ بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۳). در این آزمایش، بیشترین شاخص سبزینگی برگ بادام زمینی (۴۴/۵۲ عدد اسپاد) در رقم NC7 در واکنش به کاربرد برگی نترات کلسیم مشاهده گردید (جدول ۴). نتایج نشان داد که نترات کلسیم موجب افزایش شاخص سبزینگی برگ بادام زمینی در رقم NC7 در مقایسه با دیگر ارقام بادام زمینی گردید و شاخص سبزینگی برگ بادام زمینی در ارقام NC2 و NC4 کاهش نشان داد. در آزمایش مشابه‌های گزارش شده است که محلول پاشی نترات کلسیم سبب کاهش کلروفیل برگ در گلرنگ گردید (عطارزاده و همکاران، ۱۳۹۳). در حالی که محققان دیگری نشان داد که نترات کلسیم سبب افزایش نیتروژن و محتوای کلروفیل در برگ کنگد گردید (امیرفضلی و همکاران، ۱۳۹۴). بدین ترتیب، نتایج نشان داد که شاخص سبزینگی برگ در گونه‌های مختلف گیاهی و ارقام مختلف یک گونه می‌تواند، متفاوت باشد. بدین ترتیب، تفاوت ارقام

مختلف بادام زمینی از نظر شاخص سبزینگی برگ در واکنش به کود نیترات کلسیم می تواند ناشی از تفاوت های ژنتیکی و مورفولوژیکی ارقام نظیر ضخیم و بزرگ بودن برگ ها در رقم NC7 باشد که قادر است مقادیر زیادی از دانه های کلروفیل را در خود ذخیره سازی کند. به علاوه، برگ های بادام زمینی در رقم NC7 زودتر از ارقام دیگر زرد شده و ریزش می کند و انباشت رنگ دانه های کلروفیل در برگ تحت تاثیر نیترات کلسیم در رقم NC7 می تواند مکانیسمی برای حفظ سبزینگی برگ و جلوگیری از ریزش زود هنگام آن در مقایسه با دیگر ارقام بادام زمینی باشد.

طول غلاف

برهمکنش رقم و کود کلسیم تاثیر معنی داری بر طول غلاف بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۳). در این آزمایش، کاربرد برگی نانوکود کلسیم توانست طول غلاف بادام زمینی را در هر سه رقم مورد مطالعه بادام زمینی افزایش دهد. ولی، بیشترین طول غلاف (۳۲/۶۰ میلی متر) در رقم NC4 به دست آمد که تفاوت معنی داری با طول غلاف (۳۲/۲۰ میلی متر) در رقم NC2 نداشت (جدول ۴). محققان در مطالعه مشابهی نشان دادند که اندازه و وزن غلاف بادام زمینی تحت تاثیر رقم قرار گرفت (آریوگلو و همکاران، ۲۰۱۶) و طول غلاف بیشترین اهمیت را در ارزیابی تنوع ژنوتیپ های بادام زمینی داشت (هارچ و همکاران، ۱۹۹۵ و فاندرا و همکاران، ۲۰۰۰). بر خلاف نتایج این تحقیق، در آزمایش مشابهی گزارش شده است که کود کلسیم تاثیر معنی داری بر طول غلاف بادام زمینی نداشت (نوبهار، ۱۳۹۸). علت این امر می تواند تفاوت ژنتیکی ارقام و شرایط محیطی محل اجرای آزمایش باشد که منجر به حصول نتایج متفاوت می شود. نتایج نشان داد که محلول پاشی نانوکود کلسیم بسته به رقم می تواند از طریق افزایش طول غلاف که منجر به افزایش اندازه یا تعداد دانه در غلاف می شود، می تواند عملکرد غلاف و دانه بادام زمینی را بهبود بخشد. همچنین، افزایش طول غلاف بادام زمینی در واکنش به نانوکود کلسیم می تواند بازارپسندی غلاف و دانه بادام زمینی را بهبود بخشد.

عرض غلاف

در این آزمایش، عرض غلاف بادام زمینی تحت تاثیر معنی دار برهمکنش رقم و کود کلسیم در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین عرض غلاف بادام زمینی (۱۵/۳۳ میلی متر) تحت تاثیر نانوکود کلسیم در رقم NC4 مشاهده گردید که تفاوت معنی داری با عرض غلاف بادام زمینی در رقم NC2 تحت تاثیر نانوکود کلسیم و کلراید کلسیم نداشت (جدول ۴). محققان دیگری در ارزیابی بادام زمینی نشان دادند که ارقام مورد مطالعه از نظر قطر غلاف و به تبع آن اندازه و وزن دانه، تفاوت معنی داری داشتند (سادات هاشمی و همکاران، ۱۴۰۲) و قطر غلاف و عرض دانه از فاکتورهای مهم در ارزیابی تنوع ارقام مختلف بادام زمینی بود (هارچ و همکاران، ۱۹۹۵ و فاندرا و همکاران، ۲۰۰۰). به علاوه، گزارش شده است که کاربرد نانوکود کلسیم عرض غلاف بادام زمینی را افزایش داد (نوبهار، ۱۳۹۸). نتایج نشان داد که نانوکود کلسیم و کلراید کلسیم بسته

به رقم می‌تواند عرض غلاف بادام زمینی و به تبع آن اندازه غلاف و دانه بادام زمینی را افزایش دهد و سهم به‌سزایی در افزایش بازارپسندی بادام زمینی داشته باشد.

اولئیک اسید

برهمکنش رقم و کود کلسیم بر محتوای اولئیک اسید موجود در روغن بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). تاثیر کودهای مختلف کلسیم بر محتوای اولئیک اسید روغن بادام زمینی بسته به رقم متفاوت بود و بیشترین میزان اولئیک اسید (۵۵/۸۹ درصد) تحت تاثیر برهمکنش رقم NC7 و نانوکود کلسیم به‌دست آمد (جدول ۴). نتایج نشان داد که کاربرد برگی نانوکود کلسیم نتوانست محتوای اولئیک اسید روغن بادام زمینی را به موازات افزایش عملکرد دانه در رقم NC2 را افزایش دهد. نتایج بیانگر آن است که با افزایش عملکرد دانه بادام زمینی محتوای اولئیک اسید روغن کاهش یافته و کیفیت و بازارپسندی روغن بادام زمینی کاسته می‌شود. محققان دیگری دریافتند که کاربرد کلسیم سبب افزایش میزان اولئیک اسید در روغن کلزا گردید (کامارا و همکاران، ۲۰۱۱ و ساوان و همکاران، ۲۰۱۸). چنین به نظر می‌رسد که احتمالاً عنصر غذایی کلسیم از طریق کاهش اثرات منفی تنش‌های محیطی و بهبود ظرفیت فتوسنتزی گیاهان سبب افزایش میزان اولئیک اسید می‌گردد (آریوگلو و همکاران، ۲۰۱۸). بدین ترتیب، کاربرد کودهای کلسیم بسته به رقم می‌تواند عملکرد دانه و کیفیت روغن بادام زمینی را بهبود بخشد.

لینولئیک اسید

برهمکنش رقم و کود کلسیم محتوای لینولئیک اسید موجود در روغن بادام زمینی را به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار داد (جدول ۳). در این آزمایش، بیشترین مقدار لینولئیک اسید (۲۵/۸۹ درصد) در رقم NC7 در واکنش به نیترات کلسیم به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با ارقام NC2 و NC4 نشان نداد (جدول ۴). محققان دیگری گزارش کردند که کاربرد کلسیم سبب افزایش درصد لینولئیک اسید در روغن بادام زمینی (نوبهار، ۱۳۹۸) و پنبه دانه (ساوان، ۲۰۱۸) گردید. نتایج نشان داد که در هر سه رقم مورد مطالعه بادام زمینی مقدار لینولئیک اسید در واکنش به محلول‌پاشی نیترات کلسیم روند افزایشی داشت و واکنش اسیدهای چرب اشباع نشده اولئیک و لینولئیک اسید به کودهای کلسیم متفاوت بود. به‌طوری که محتوای اولئیک اسید تحت تاثیر نانو کود کلسیم و غلظت لینولئیک اسید در واکنش به کاربرد برگی نیترات کلسیم در رقم NC7 به حداکثر مقدار خود رسید. با توجه به این که بین اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک رابطه معکوس وجود دارد (ویر و همکاران، ۲۰۰۶)، واکنش متفاوت اسیدهای چرب مزبور به یک نوع خاص از کودهای کلسیم دور از انتظار نمی‌باشد.

پالمیتیک اسید

نتایج نشان داد که برهمکنش رقم و کود کلسیم بر پالمیتیک اسید در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۳) و کاربرد برگی نانوکلات کلسیم بر روی بوته‌های رقم NC7 سبب تولید و ذخیره حداکثر پالمیتیک اسید (۸/۷۸ درصد) در روغن بادام زمینی گردید (جدول ۴). محققان دیگری دریافتند که کاربرد کلسیم سبب افزایش غلظت پالمیتیک اسید در روغن بادام زمینی گردید (کامارا و همکاران، ۲۰۱۱). در این آزمایش، رقم NC7 در مقایسه با ارقام دیگر زودرس‌تر است و حدود یک هفته تا ۱۰ روز زودتر از ارقام دیگر رسیده و قابل برداشت می‌شود. با توجه به این که دیررسی سبب کاهش پالمیتیک اسید می‌شود، بخشی از افزایش محتوای پالمیتیک اسید در روغن بادام زمینی می‌تواند ناشی از زودرسی رقم NC7 در مقایسه با ارقام دیگر باشد (آریوگلو و همکاران، ۲۰۱۸).

استتاریک اسید

برهمکنش رقم و کود کلسیم محتوای استتاریک اسید در روغن بادام زمینی را نیز تحت تاثیر معنی دار قرار داد (جدول ۳). کاربرد برگی نترات کلسیم بیشترین میزان استتاریک اسید (۴/۰۹ درصد) را در رقم NC7 تولید کرد که تفاوت معنی داری با رقم NC2 نشان نداد (جدول ۴). نتایج نشان داد که محلول پاشی نترات کلسیم بسته به رقم سبب افزایش سنتز و ذخیره استتاریک اسید در روغن بادام زمینی گردید. محققان دیگری گزارش کردند که کاربرد کلسیم موجب افزایش استتاریک اسید در روغن پنبه دانه گردید (ساوان، ۲۰۱۸).

آراشیدیک اسید

در این آزمایش، آراشیدیک اسید نیز تحت تاثیر معنی دار برهمکنش رقم و کود کلسیم در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). نتایج نشان داد که کاربرد برگی کلات Ca-EDTA سبب افزایش میزان آراشیدیک اسید (۲/۳۱ درصد) در رقم NC2 گردید (جدول ۴). نتایج نشان داد که محلول پاشی کلات Ca-EDTA بسته به رقم می‌تواند سنتز و ذخیره آراشیدیک اسید در روغن بادام زمینی را افزایش دهد. در آزمایش مشابهی گزارش شده است که کاربرد کلسیم سبب افزایش آراشیدیک اسید در روغن بادام زمینی گردید (نوبهار، ۱۳۹۸).

بیهنیک اسید

برهمکنش رقم و کود کلسیم بر بیهنیک اسید در سطح احتمال پنج درصد معنی دار نشان داد (جدول ۳). بالاترین میزان بیهنیک اسید (۳/۳۹ درصد) در رقم NC2 در واکنش به محلول پاشی نانوکود کلسیم به دست آمد که تفاوت معنی داری با برخی تیمارها نداشت (جدول ۴). افزایش محتوای بیهنیک اسید در روغن بادام زمینی در واکنش به کاربرد کلسیم توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است (نوبهار، ۱۳۹۸).

همبستگی عملکرد دانه با صفات مورد مطالعه

در این آزمایش، عملکرد دانه بادام زمینی با صفاتی نظیر عملکرد غلاف ($r=0.74^{**}$)، شاخص برداشت دانه ($r=0.48^{**}$)، شاخص سبزیگی برگ ($r=0.61^{**}$)، طول غلاف ($r=0.59^{**}$) و عرض غلاف ($r=0.43^{**}$) همبستگی مثبت و معنی دار و با عملکرد علوفه ($r=0.57^{**}$) همبستگی منفی و معنی دار نشان داد (جدول ۵).

محققان در آزمایش مشابهی، گزارش کردند که همبستگی عملکرد دانه بادام زمینی با صفاتی نظیر عملکرد غلاف، شاخص برداشت دانه، طول و عرض غلاف مثبت و معنی‌دار بود (نوبهار، ۱۳۹۸). نتایج نشان داد که افزایش تولید غلاف سبب افزایش عملکرد دانه بادام زمینی می‌شود. همچنین، افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی بیشتری به دانه سبب افزایش شاخص برداشت دانه و به تبع آن منجر به افزایش عملکرد دانه در واحد سطح می‌شود. افزایش محتوای کلروفیل و شاخص سبزیگی برگ هم برای افزایش ظرفیت فتوسنتزی و تولید دانه بادام زمینی لازم و ضروری است. در حقیقت، دانه‌های کلروفیل نقش بارزی در فرآیند فتوسنتز دارند و کاهش دانه‌های کلروفیل سبب اختلال در فتوسنتز و افت عملکرد دانه می‌شود. به علاوه، افزایش طول و عرض غلاف که بیانگر بزرگ شدن مخازن فیزیولوژیک برای ذخیره مواد فتوسنتزی می‌باشند، سبب افزایش عملکرد دانه بادام زمینی در واحد سطح می‌شود. براساس نتایج این آزمایش، افزایش بیشتر رشد اندام‌های هوایی و عملکرد علوفه سبب کاهش رشد زایشی بادام زمینی می‌شود و می‌تواند عملکرد دانه را با کاهش معنی‌داری مواجه نماید.

جدول ۵- همبستگی بین عملکرد دانه و برخی صفات فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده در بادام زمینی تحت تاثیر برهمکنش رقم × کود کلسیم

صفات	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	روغن (درصد)	پروتئین (درصد)	عملکرد غلاف (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد علوفه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت دانه (درصد)	شاخص سبزیگی برگ (عدد اسپاد)	طول (میلی‌متر)	عرض غلاف (میلی‌متر)
	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)
۱	۱								
۲	-۰/۱۵ns	۱							
۳	۰/۱۷ns	-۰/۷۴**	۱						
۴	۰/۷۴**	-۰/۱۳ns	۰/۰۶ns	۱					
۵	-۰/۵۷**	-۰/۰۲ns	-۰/۱۱ns	۰/۶۳**	۱				
۶	۰/۴۸**	-۰/۱۷ns	-۰/۱۳ns	۰/۰۸ns	۰/۸۴**	۱			
۷	۰/۶۱**	۰/۳۱ns	۰/۴۹**	۰/۶۵**	۰/۷۸**	-۰/۴۱*	۱		
۸	۰/۵۹**	۰/۴۵*	۰/۵۸**	۰/۵۶**	۰/۲۴ns	۰/۴۴*	۰/۱۲ns	۱	
۹	۰/۴۳*	۰/۶۶**	۰/۴۱*	۰/۴۴*	۰/۱۱ns	۰/۵۹**	۰/۰۲ns	-۰/۲۵ns	۱

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

همچنین، عملکرد دانه بادام زمینی با اسیدهای چرب اولئیک ($r = -0/69^{**}$) و لینولئیک ($r = -0/63^{**}$) همبستگی منفی و معنی‌دار و با پالمیتیک اسید ($r = 0/75^{**}$)، استئاریک اسید ($r = 0/77^{**}$) و بیهنیک اسید ($r = 0/83^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. با این توصیف، بین اسیدهای چرب اشباع نشده اولئیک و لینولئیک ($r = -0/68^{**}$)، همبستگی منفی و معنی‌دار به دست آمد (جدول ۶). وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین عملکرد دانه با اسیدهای چرب اشباع نشده اولئیک اسید و لینولئیک اسید توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است. به علاوه، نشان دادند بین اولئیک اسید و لینولئیک اسید رابطه معکوس وجود داشت (مهری چروده و همکاران، ۱۴۰۲). اسیدهای چرب اشباع نشده نقش بارزی در افزایش کیفیت روغن بادام زمینی ایفا می‌کنند و افزایش اولئیک اسید سبب کاهش لینولئیک اسید می‌شود. بدین ترتیب، اولئیک اسید نقش به‌سزایی در بهبود

کیفیت روغن بادام زمینی دارد. در حالی که عملکرد دانه با غلظت اسیدهای چرب اشباع شده نظیر پالمیتیک اسید، استئاریک اسید و بیهنیک اسید رابطه مثبت وجود داشت و نشان داد که افزایش سنتز اسیدهای چرب اشباع شده به نفع عملکرد دانه در واحد سطح خواهد بود. ولی، می‌توانند کیفیت روغن را کاهش دهند. محققان دیگری نشان دادند که بین عملکرد و اسیدهای چرب اشباع شده نظیر استئاریک اسید و بیهنیک اسید رابطه مثبت و معنی‌دار وجود داشت (مهری چروده و همکاران، ۱۴۰۲).

جدول ۶- همبستگی بین عملکرد دانه و اسیدهای چرب روغن بادام زمینی تحت تاثیر برهمکنش رقم × کود

کلسیم						
عملکرد دانه	اولئیک اسید	لینولئیک اسید	پالمیتیک اسید	استئاریک اسید	آراشیدیک اسید	بیهنیک اسید
(کیلوگرم در هکتار)	(درصد)	(درصد)	(درصد)	(درصد)	(درصد)	(درصد)
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)
۱						
۲	۰/۶۹**	۱				
۳	۰/۶۸**	۱				
۴	۰/۷۵**	۰/۶۱**	۱			
۵	۰/۷۷**	۰/۷۱**	۰/۶۸**	۱		
۶	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۶۸**	۰/۶۹**	۰/۶۵**	۱	
۷	۰/۸۳**	۰/۷۵**	۰/۷۲**	۰/۶۹**	۰/۶۳**	۱

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

به‌طور کلی نتایج نشان داد برهمکنش رقم و کاربرد برگی کودهای کلسیم بر تمامی صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. واکنش ارقام مختلف بادام زمینی از نظر صفات مختلف اندازه‌گیری شده به انواع کودهای مورد بررسی متفاوت بود و محلول‌پاشی نانوکود کلسیم بر روی برگ‌های بادام زمینی، سبب بهبود رشد اندام‌های هوایی گیاه، عملکرد دانه، عملکرد غلاف، شاخص برداشت دانه، طول و عرض غلاف بادام زمینی در رقم NC2 گردید. در این آزمایش، رقم NC7 از نظر محتوای اولئیک اسید، لینولئیک اسید و پالمیتیک اسید در واکنش به نانوکود کلسیم بر ارقام دیگر برتری نشان داد. بدین ترتیب، کاربرد برگی نانوکود کلسیم سبب ارتقای کمیت و کیفیت عملکرد دانه و روغن بادام زمینی به‌ترتیب در ارقام NC2 و NC7 گردید و می‌تواند جهت ارتقای عملکرد کمی و کیفی بادام زمینی تحت شرایط اقلیمی مشابه قابل توصیه باشد.

منابع

اعلمی، ع.، م. اصفهانی، ب. مندولکانی و ج. مظفری. ۱۳۸۵. بررسی تنوع ژنتیکی ژرم پلاسما بادام زمینی با استفاده از صفات مورفولوژیکی. مجله ایران زراعی علوم. ۸(۴): ۳۵۷-۳۶۵.
امیرفضلی، ن.، حیدری، م.، قربانی، ق. و ف. زعفریان. ۱۳۹۴. بررسی شاخص کلروفیل برگ کنجد تحت تنش خشکی و محلول‌پاشی نیترات کلسیم. کنفرانس ملی ایده‌های نوین در کشاورزی محیط زیست گردشگری. ۱۳۹۴.

سادات نوری، س. ا. و م. خدایاری. ۱۳۸۴. مقدمه‌ای بر نانو تکنولوژی. انتشارات نو پردازان. ۱۷۶ صفحه.

سادات هاشمی، پ.، محمدی، ع.، علیزاده، ب.، مصطفوی، خ.، و ح. امیری اوغان. ۱۴۰۲. گزینش هم‌زمان عملکرد روغن و سایر خصوصیات زراعی در هیبریدهای زمستانه کلزا. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. ۱۵(۴۵): ۶۸-۶۰.

صفری، پ.، هنرنژاد، ر. و م. اصفهانی. ۱۳۸۷. ارزیابی تنوع ژنتیکی در ارقام بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) با استفاده از تجزیه تشخیص کانونیکی. پژوهشهای زراعی ایران. ۶(۲): ۳۳۴-۳۲۷.

عطارزاده، م.، رحیمی، ا.، ترابی، ب. و ح. دشتی. ۱۳۹۳. تاثیر محلول پاشی کلسیم، پتاسیم و منگنز بر برخی شاخص‌های رشد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط تنش شوری. نشریه پژوهش‌های زراعی. ۱۲(۳): ۴۵۳-۴۴۵.

علی احیایی، م. و بهبهانی‌زاده، ا. ع. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه خاک. جلد اول، موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۸۹۳، تهران، ایران.

مصطفوی‌راد، م.، ذاکرین، ح. ر.، نوبهار، ا.، سیف‌زاده، س. و ع. ر. ولدآبادی. ۱۳۹۸. واکنش عملکرد و برخی از صفات فیزیولوژیک بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) به نانوکودهای کلات روی و کلسیم و روش کاربرد آنها. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۱(۴۲): ۶۶-۵۳.

مصطفوی‌راد، م.، نوبهار، ا.، غلامی، م.، جهانساز، ح.، اکبرزاده، ا. و ش. ادیبی. ۱۳۹۹. اثرات دو روش کشت بذری و نشایی بر رشد بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) تحت تاثیر فاصله ردیف کاشت در رشت. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۱۳(۲): ۱۱۷-۱۳۰.

مهری چروده، م.، مصطفوی‌راد، م.، ذاکرین، ح. ر.، سیف‌زاده، س. و س. ع. ر. ولدآبادی. ۱۴۰۲. اثر آبیاری تکمیلی و کاربرد برگی سالیسیلیک اسید بر عملکرد کمی و کیفی دانه و روغن بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.). مدیریت آب در کشاورزی. ۱۰(۱): ۶۵-۸۲.

نظران، م. ح.، خلج، ح.، لبافی حسین‌آبادی، م. ر.، شمس‌آبادی، م. و ع. رزازی. ۱۳۸۸. بررسی اثر زمان محلول-پاشی نانو کود آلی کلات آهن بر خصوصیات کمی و کیفی گندم دیم. چکیده مقالات دومین همایش ملی کاربرد نانوتکنولوژی در کشاورزی. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، ۱۳۸۸، ۱۵-۱۶ مهر. نوبهار، ا. ۱۳۹۸. اثر روش‌های کاربرد نانو کودهای روی و کلسیم بر عملکرد کمی و کیفی بادام زمینی در واکنش به سرزنی بوته‌ها تحت شرایط اقلیمی رشت. رساله دکتری، رشته زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی تاکستان.

Akhtar, A., N. A. Abbasi and A. Hussain. 2010. Effect of calcium chloride treatments on quality characteristic of Loquat fruit during storage. Pak. J. Botany. 42(1): 181-188.

Arioglu, H., H. Bakal, L. Gulluoglu, C. Kurt and Onat, B. 2016. Ana urun kosullarında yetistirilen bazı yerfistığı cesitlerinin onemli agronomik ve kalite ozelliklerinin belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Arastırma Enstitusu Dergisi. 25(2): 24-29.

Arioglu, H., H. Bakal, L. Gulluoglu, B. Onat, and C. Kurt 2018. The effect of harvesting dates on some agronomic and quality characteristics of peanut (*Arachis hypogaea* L.) varieties grown as a main crop in Mediterranean region. Turkish Field Crops. 23(1): 27-37.

Carrin, M. E., and A. A. Carelli. 2010. Peanut oil: Compositional data. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 112: 967-707.

Chaudhari, S., D. Khare, S. Sundravada, M. T. Variath, S. S. Manohar and P. Janila. 2017. Genetic analysis of foliar disease resistance, yield and nutritional quality traits in groundnut. Elec. J. Plant Breeding. 8(2): 485-493.

- Chinnamuthu, C. R., and P. M. Boopathi. 2009. Nanotechnology and Agroecosystem. Madras Agric. J. 96: 17-31.
- Der, H. N., P. M. Vaghasia and H. P. Verma 2015. Effect of foliar application of potash and micronutrients on growth and yield attributes of groundnut. J. . Agric. Res. 36(3): 275-278.
- Day, J. K., S. Das and L. G. Mawlong. 2018. Nanotechnology and its importance in micronutrient fertilization. Int. J. Current Microbiol. Applied Sci. 7(5): 2306-25.
- El-Temsah, M. E., Y. M. Abd-Elkrem, Y. A. El-Gabry, M. A. Abdelkader, N. A. A. Morsi, N. M. Taha, S. H. Abd-Elrahman, F. A. E. M. G. Hashem, Shahin, G. A. Abd El-Samad, R. Boudiar, C. Silvar, S. El-Hendawy, E. Mansour and M. A. Abd El-Hady. 2023. Response of diverse groundnut cultivars to Nano and conventional calcium forms under alkaline sandy soil. Plants. 12(4): 2598.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2020. Available at <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>. Last access on March.11.2021.
- Foundra, M. Z., M. Hernandez, R. Lopez, L. Fernandez, A. Sanchez, J. Lopez and I. Ravelo. 2000. Analysis of the variability in collected peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars for the establishment of core collection. PGR Newsletter. 137: 1540-1544.
- Hagos, F., H. Zeleke and B. Woyossa. 2012. Genetic gain in yield and yield related traits of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in central Rift Valley of Ethiopia. East Afr. J. Sci. 6(2): 125-136.
- Harch, B. D., P. K. Lawrence, A. Cruickshank, J. Tonks, K. E. Basford, I. H. Delacy and C. M. McLeod. 1995. Diversity in the Australian groundnut germplasm collection. Int. Arachis Newsletter. 15: 15-17.
- Hosseinzadeh Gashti, A., , M. N. Safarzadeh Vishekaei and M. H. Hosseinzadeh. 2012. Effect of potassium and calcium application on yield, yield components and qualitative characteristics of peanut (*Arachis hypogaea* L.) in Guilan Province, Iran. World Appl. Sci. J. 16(4): 540-546.
- Huang, Q., M. Cao, Z. Ai and L. Zhang. 2015. Reactive oxygen species dependent degradation pathway of 4-chlorophenol with Fe @ Fe₂O₃ core-shell nanowires. Appl. Catal. B: Envir. 162: 319-326.
- Ibrahim, N. M., A. I. Shadia, A. M. Nagwa and H. M. Ashour. 2017. Effect of some calcium sources on growth, yield, quality and storability of Jerusalem Artichoke. Middle East J. Agric. Res. 6(3): 766-778.
- Jabereldar, A. A., A. M. El Naim, A. A. Abdalla and Y. M. Dagash. 2017. Effect of water stress on yield and water use efficiency of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) in Semi-Arid Environment. Int. J. Agric. Forestry. 7(1): 1-6.
- Jeyaramraja, P. R., and F. Woldesenbet. 2014. Characterization of yield components in certain groundnut (*Arachis hypogaea* L.) varieties of Ethiopia. J. Experimental Biol. Agric. Sci. 2(6): 2320- 8694.
- Kaba, J. S., K. Ofori and F. K. Kumaga. 2014. Inter-relationships of yield and components of yield at different stages of maturity in three groundnuts (*Arachis hypogaea* L.) varieties. Int. J. Life Sci. Res. 2(1): 43-48.
- Kamara, E. G., N. S. Olympio and J. Y. Asibuo. 2011. Effect of calcium and phosphorus fertilizer on the growth and yield of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Int. Res. J. Agric. Sci. Soil Sci. 8: 326-331.
- Kirthisinghe, J. P., S. Thilakarathna, B. L. Gunathilaka and D. Dissanayaka. 2014. Impact of applying calcium on yield and visual quality of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Adv. Crop Sci. Technol. 25(3): 432-436.

- Latif, S. and F. Anwar. 2008. Quality assessment of moringa concanensis seed oil extracted through solvent and aqueous enzymatic techniques. *Grasas Aceites*. 59: 67-73.
- Maharnor, R. Y., B. S. Indulkar, P. B. Lokhande, L. S. Jadhav, A. D. Padghan and P. N. Sonune. 2018. Effect of different levels of zinc on yield and quality of groundnut (*Arachis hypogea* L.) in inceptisol. *Int. J. Current Microbio. Appl. Sci.* 6: 2843-2848.
- Monica, R. C., and R. Cremonini. 2009. Nanoparticles and higher plants. *J. Cytol. Cytosystem. Cytogen.* 6: 161-165.
- Nigam, S. N., S. L. Dwivedi and R.W. Gibbons. 1991. Groundnut breeding: constraints, achievements and future possibilities. *Plant Breeding Abst.* 61: 1127.
- Ntanos, D. A., and S. D. Koutroubas. 2002. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice Mediterranean conditions. *Field Crops Res.* 74: 93-101.
- Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney. 1982. *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Methods*. Second edition, Soil Science Society of American, Inc. Publisher Madison, Wisconsin, USA.
- Pathak, J., H. Ahmed, N. Kumari, A. R. Pandey and R. P. Sinha. 2020. Role of Calcium and Potassium in Amelioration of Environmental Stress in Plants. In book: *Protective Chemical Agents in the Amelioration of Plant Abiotic Stress*. Pp. 535-562.
- Polizel, A. M., M. E. Medri, K. Nakashima, N. Yamanaka, J. R. Farias and M. C. De Oliveira. 2011. Molecular, anatomical and physiological properties of a genetically modified soybean line transformed with rd29A: AtDREB1A for the improvement of drought tolerance. *Genetic. Molec. Res.* 10: 3641-3653.
- Prasad, T. N. V. K. V., P. Sudhakar, Y. Sreenivasulu, P. Latha, V. Munaswamy, K. Raja Reddy, T. S. Sreepasad, P. R. Sajanlal and T. Pradeep. 2012. Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. *J. Plant Nut.* 35: 905-927.
- Qureshi, A., D. K. Singh and S. Dwivedi. 2018. Nano-fertilizers: A novel way for enhancing nutrient use efficiency and crop productivity. *Int. J. Current Microbiol. Appl. Sci.* 7(2): 3325-3335.
- Ratchanee, P. 2019. Evaluation of advanced peanut breeding lines for large seed and early maturity in the East, Thailand. *J. Adv. Agric. Technol.* 6(2): 128-132.
- Sawan, Z. M. 2018. Mineral fertilizers and plant growth retardants: Its effects on cottonseed yield; its quality and contents. *Cogent Biol.* 4(1): 1-19.
- Seyed Sharifi, R., R. Khalilzadeh and J. Jalilian. 2016. Effects of biofertilizers and cycocel on some physiological and biochemical traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. *Archive Agron. Soil Sci.* 63(3): 308-317.
- Tie, C., T. Hu, Z. X. Jia and J. L. Zhang. 2015. Automatic identification approach for High-Performance Liquid Chromatography-Multiple Reaction Monitoring fatty acid global profiling. *Anal. Chemis.* 87(16): 8181-85.
- Weisany, W., Y. Raei and K. Haji Allahverdipoor. 2013. Role of some of mineral nutrients in biological nitrogen fixation. *Bulletin Environ. Pharmacol. Life Sci.* 2(4): 77-84.
- Were, B. A., A. O. Onkware, S. Gudu, M. Welander and A. S. Carlsson. 2006. Seed oil content and fatty acid composition in east african sesame (*Sesamum indicum* L.) accessions evaluated over 3 years. *Field Crops Res.* 97: 254 -260.

Comparison of Nano particles and conventional Ca fertilizers impacts on quantitative and qualitative yield in three peanut (*Arachis hypogaea* L.) commercial cultivars

F. Chehre Noorani^۱, P. Rahdari^۲, M. Mostafavi Rad^۳, M. Asadi^۴, Sh. Kiabi^۵

Received: 27 Nov. 2023 Accepted: 23 Dec. 2023

Abstract

This experiment carried out as split plot based on randomized complete block design with three replications in Rasht, Iran, during 2018 and 2019 cropping seasons. Three peanut cultivars (NC2, NC4 and NC7) as main plot and four levels of Ca fertilizers (Ca-Nano fertilizer, Ca-EDTA, Ca-chloride and Ca-nitrate) as sub plot, comprised experimental treatments. The highest pod yield (3483 kg ha^{-1}) and seed yield (2856 kg ha^{-1}) was observed in NC2 cultivar as affected by foliar application of Ca-Nano fertilizer. The greatest content of seed oil (47.21 %) in NC4 cultivar and the greatest seed protein content (26.49 %) in NC2 cultivar were obtained influenced by Ca-Nano and Ca-nitrate fertilizers, respectively. In addition, the greatest oleic acid concentration (55.89 %) and palmitic acid (8.78 %) content obtained in NC7 cultivar in response to foliar application of Ca-Nano fertilizer and Ca-nitrate application caused to produce the maximum concentration of linoleic acid (25.89 %) and stearic acid (4.09 %) in NC7 cultivar. Seed yield had positive and significant correlation with some characteristics such as pod yield ($r=0.74^{**}$), seed harvest index ($r=0.48^{**}$), leaf chlorophyll index ($r=0.61^{**}$), pod length ($r=0.59^{**}$) and pod diameter ($r=0.43^{*}$). Also, peanut seed yield showed negative and significant correlation with oleic ($r=0.69^{**}$) and linoleic ($r=0.63^{**}$) fatty acids. Results showed that foliar application of Ca-Nano fertilizer caused an increase in seed yield and oil quality in NC2 and NC7 cultivars, respectively under region climatic conditions and could be recommendable to enhance quantitative and qualitative yield of peanut under similar climatic conditions.

Keyword: Correlation coefficient, Fatty acids, Peanut foliar nutrition, Physiological characteristics, Nano-fertilizer.

1 -Department of Biology, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, Iran.

2 -Department of Biology, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, Iran.

Corresponding Author: rahdari_parvaneh@yahoo.com

3 -Research Assistant Professor, Guilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center.

4 -Department of Biology, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, Iran.

5- Department of Biology, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, Iran.



دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

اثر تنش خشکی و محلول پاشی محرک های رشد گیاهی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه

(*Mentha piperita* L.) نعناع

حمیده حمیدی محمد آباد^۱، محمود پوریوسف میاندوآب^{۲*}

دریافت ۱۴۰۲/۸/۶، پذیرش ۱۴۰۲/۱۰/۸

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی اثر تنش خشکی و محلول پاشی محرک های رشد گیاهی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه نعناع به صورت اسپریت فاکتوریل بر پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان میاندوآب اجرا شد. فاکتور اصلی شامل تنش خشکی در دو سطح نرمال آبیاری و تنش کم آبی و فاکتور فرعی اول شامل محرک های رشد گیاهی در پنج سطح شامل شاهد، مارماین، کدآمین، دالجین و فسفات بارور^۲ و فاکتور فرعی دوم شامل زمان محلول پاشی در دو سطح محلول پاشی قبل از مرحله گلدهی و محلول پاشی بعد از مرحله گلدهی بود. تیمار تنش خشکی، صفات ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام های هوایی، محتوای رطوبت نسبی و میزان کلروفیل را کاهش، ولی میزان نشت الکترولیت و تنظیم کننده های اسمزی یعنی پرولین و درصد اسانس نعناع فلفلی را افزایش داد. محلول پاشی محرک های رشد گیاهی سبب افزایش تمامی صفات به جز نشت الکترولیت گردید. تنش خشکی همراه با محلول پاشی موجب افزایش درصد اسانس در نعناع فلفلی گردید، به طوری که محلول پاشی دالجین در شرایط تنش خشکی با ۲/۳۷۲ درصد، دارای بیشترین اسانس بود. بیشترین درصد اسانس با (۲/۰۱ درصد) در زمان محلول پاشی بعد از مرحله گلدهی و در شرایط تنش خشکی بدست آمد. با توجه به نتایج اثرات متقابل سه گانه، بیشترین وزن تر و خشک، به ترتیب مربوط به تیمار کود دالجین و کدآمین در زمان قبل از گلدهی و در شرایط آبیاری نرمال بود که بیانگر تأثیر مثبت این کودها بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه نعناع می باشد.

واژه های کلیدی: تنش کم آبی، کود بیولوژیک، پرولین، اسانس.

۱- گروه آگرواکولوژی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران

۲- گروه آگرواکولوژی، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران. مسئول مکاتبات: pooryousefm@yahoo.com

حمیدی محمدآباد، ح.، پوریوسف میاندوآب، م. اثر تنش خشکی و محلول پاشی محرک های رشد گیاهی بر

خصوصیات کمی و کیفی گیاه نعناع (*Mentha piperita* L.). (۲): ۱۵-۳۶-۱۹

مقدمه

از دو هزار سال قبل تاکنون از گونه های مختلف نعناع به عنوان ادویه و دارو استفاده می شود. برخی از محققان معتقدند که نعناع فلفلی^۴ از تلفیق گونه های اکوتیکا^۵ و اسپیکاتا^۶ (نعناع جویباری و نعناع دشتی) به وجود آمده است (امید بیگی، ۲۰۱۴). ترکیبات تشکیل دهنده اسانس به بیش از ۲۰ نوع می رسد که مهم ترین آن ها منتول^۷ می باشد با توجه به مصارف متعدد نعناع فلفلی در صنایع غذایی، داروسازی، آرایشی و بهداشتی و همچنین به لحاظ اهمیت آن در سلامت جامعه بررسی عوامل مؤثر در رشد و نمو نعناع فلفلی ضروری است. کمبود آب از مهم ترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی، باغی و دارویی به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا است (بابایی و همکاران، ۲۰۱۱). محققان تنش خشکی را مهم ترین عامل مؤثر بر سنتز ترکیب های طبیعی معرفی کردند (زبید و همکاران، ۲۰۰۹). گیاهان برای مقابله با تنش خشکی سازوکارهای حفاظتی متفاوتی را در پیش می گیرند که پرولین یکی از شایع ترین اسمولیت های سازگار است که در گیاهانی که با تنش خشکی مواجه می شوند، تجمع می یابد و پتانسیل اسمزی را در سیتوپلاسم تنظیم می کند (آلکسیو و همکاران، ۲۰۰۱). رضاپور و همکاران (۲۰۱۱) طی آزمایشی بر روی گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش بیوماس گیاهی، ارتفاع بوته و عملکرد اسانس گردید. در تحقیقی دیگر تنش خشکی سبب کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی (*Thymus carmanicus*) شد. همچنین درصد اسانس این گیاه تحت تنش ملایم و شدید خشکی در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۲/۵٪ و ۴۴/۹٪ افزایش یافت، در حالی که عملکرد اسانس در تنش ملایم و شدید خشکی به ترتیب ۴۳٪ و ۴۴/۱٪ کاهش یافت (بحرینی نژاد و همکاران، ۲۰۱۴). غشاهای بیولوژیکی اولین هدف بسیاری از تنش های زیستی هستند. حفظ یکپارچگی و پایداری غشاءها، مکانیزم اصلی تحمل گیاهان به تنش خشکی است (باجی و همکاران، ۲۰۰۲). میزان نشت الکترولیت پارامتری است که برای سنجش پایداری غشای سلولی استفاده می گردد و هرچه مقدار نشت الکترولیت بیشتر باشد، پایداری غشای سلولی ضعیف تر خواهد بود (والنتویچ و همکاران، ۲۰۰۶). با توجه به نتایج تحقیقات محققان، عملکرد اسانس با افزایش تنش خشکی افزایش یافت. به طوری که تنش خشکی موجب کاهش بیوماس در برگ ها و وزن ریشه و تعداد برگ در گیاه شد. این مسئله احتمالاً نتیجه اختلال در فتوسنتز، تعرق و فرایندهای متابولیکی گیاه است (پتروپولوس و همکاران، ۲۰۰۸). تغذیه بهینه گیاهی با مصرف کود بیولوژیکی و نقش آن در افزایش و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی یکی از شیوه های مدیریتی می باشد. کودهای بیولوژیک، شامل مقادیر کافی از یک یا چند گونه میکروارگانیسم مفید خاکزی می باشند که همراه با مواد نگه دارنده مناسبی عرضه می شوند و نقش مثبتی در

رفع نیاز غذایی گیاهان داشته و سبب بهبود شرایط رشد آنها می‌شوند (احمد و همکاران، ۲۰۱۰). استعمال برگی می‌تواند دسترسی گیاهان را به عناصر غذایی برای بدست آمدن عملکرد بالا تضمین کند، از دیدگاه اکولوژیکی کوددهی برگی قابل قبول‌تر است، چون مقادیر کمتر عناصر غذایی برای مصرف سریع به‌وسیله گیاه فراهم می‌شود (استامپر و همکاران، ۱۹۹۸). استفاده از کودهای زیستی به‌منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد گیاهان یک مسأله مهم در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار می‌باشد که تحت تنش آب می‌تواند از اهمیت مضاعفی برخوردار باشد. بنابراین مطالعه حاضر به‌منظور ارزیابی اثر کودهای بیولوژیکی و تنش خشکی بر پارامترهای فیزیولوژیک و مقدار اسانس گیاه نعناع (*Mentha piperita* L.) طراحی شد.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش

این تحقیق در ۲۰ فروردین ماه ۱۳۹۳ در مزرعه‌ای واقع در پنج کیلومتری شمال‌غربی شهرستان میاندوآب در استان آذربایجان غربی اجرا شد، که دارای اقلیم معتدل با مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۶ دقیقه طول‌شرقی با ارتفاع ۱۳۱۴ متر از سطح دریا می‌باشد. جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش، نمونه خاک به‌طور متوسط از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری با استفاده از دستگاه اوگر از شش قسمت مزرعه محل آزمایش تهیه و به آزمایشگاه تجزیه خاک منتقل و اطلاعات حاصل از تجزیه نمونه‌های خاک به شرح جدول ۱ تعیین گردید.

جدول ۱- خصوصیات زمین مورد آزمایش

عمق نمونه برداری (cm)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	بافت خاک	آهک (%)	کربن آلی (%)	EC (دسی‌زیمنس بر m)	pH
۳۰-۰	۲۴	۴۰	۳۶	سیلتی	۲۵/۸	۰/۴۹	۱/۸۱	۷/۴۹
درصد اشباع SP	ازت کل T.N%	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	
۵۶	۵	۵/۲۳	۲۵۶	۲/۸	۲/۲	۰/۴۲	۱/۸	

طرح آماری مورد استفاده

این پژوهش به صورت اسپلیت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل تنش خشکی در دو سطح نرمال آبیاری (a1)، و تنش کم آبی (a2) بود. فاکتورهای فرعی شامل الف) محلول‌پاشی محرک‌های رشد گیاهی در پنج سطح شاهد (b1)، مارماین (b2)، کدآمین (b3)، دالچین (b4) و فسفات بارور ۲ (b5) و ب) زمان محلول‌پاشی در دو سطح محلول‌پاشی قبل از مرحله گلدهی (c1) و محلول‌پاشی بعد از مرحله گلدهی (c2)، می‌باشد. نیاز آبی گیاه و میزان آب مورد نیاز با استفاده از روش تشتک تبخیر کلاس A محاسبه شد.

$$ET_p = K_p \cdot E_p$$

ETp تبخیر و تعریق پتانسیل (میلی متر)، **Ep** تبخیر از تشتک تبخیر (میلی متر)، **Kp** ضریب تشتک می باشد که بستگی به نوع تشتک و شرایط محیطی بالا دست تشتک از لحاظ پوشش گیاهی در جهت وزش باد به طرف تشتک دارد. بدین صورت که تبخیر روزانه از تشتک اندازه گیری و سپس با توجه به ضریب تشتک (**Kp**) و ضریب گیاهی میزان آب مورد نیاز در هر مرحله آبیاری تعیین خواهد شد. در مزرعه برای آماده سازی زمین عملیات شخم، دیسک زنی، فاروئرنزی و کرت بندی به طور یکسان انجام شده و هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به طول سه متر و با فاصله ۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. بوته ها به فاصله ۱۰ سانتی متر روی ردیف در عمق ۶ سانتی متری کشت شدند. ابعاد کرت های آزمایشی سه در سه متر بود. مارمارین^۵ محرک رشد طبیعی است که از عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) استخراج شده است. این ترکیب دارای بیش از ۷۰ ترکیب غذایی، اسیدهای آلی، هورمون های گیاهی و آنزیم ها است. به روش محلول پاشی برگی، دوز ۱ الی ۱/۵ لیتر در هکتار، استفاده می شود. کدآمین^۶ به علت دارا بودن ۱۵ درصد اسید آمینه موجب بهبود رشد رویشی و زایشی در مقابل تنش های محیطی می گردد. کدآمین به دلیل وجود اسیدهای آزاد، ترکیبی بی نظیر جهت تأمین اسیدهای آمینه مورد نیاز گیاه به منظور تقویت سیستم ایمنی گیاه، افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش های محیطی، افزایش کمی و کیفی محصول، القاء فرآیند گرده افشانی و افزایش سبزینگی و تولید کلروفیل می باشد. این محرک رشد با ترکیبات حاوی گوگرد و روغن های معدنی قابل اختلاط نمی باشد. دالچین^۷ حاوی ۲۵۰ گرم لیتر حاوی عصاره دریایی (*Ascophyllum nodosum*) است و حاوی بیش از ۶۰ عنصر مفید برای رشد گیاه است. دالچین حاوی تمامی عناصر پرمصرف، کم مصرف و بسیار کم مصرف، اسیدهای آمینه آزاد (۶/۷۲ درصد) هورمون های رشد گیاهی سیتوکنین، اکسین و جیبرلین، کربوهیدرات ها، ویتامین های ضروری گیاهی، چربی ها و مواد آلی می باشد که به صورت چشمگیری موجب افزایش کمی و کیفی محصولات می گردد. فسفات بارور ۲ نیز حاوی باکتری هایی از جنس باسیلوس و پسیدوموناس می باشد که قادر هستند فسفات های نامحلول در خاک را به فرم های محلول تبدیل نمایند و در اختیار گیاه قرار دهند.

عملیات زراعی

در مزرعه برای آماده سازی زمین عملیات شخم، دیسک زنی، فاروئرنزی و کرت بندی به طور یکسان انجام شد. هر کرت شامل چهار ردیف کاشت به طول سه متر و با فاصله ۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. بوته ها به فاصله ۱۰ سانتی متر روی ردیف در عمق ۶ سانتی متری کشت شدند. ابعاد کرت های آزمایشی سه در سه متر بود. اندازه گیری ها

در اندازه گیری صفات مورد ارزیابی ابتدا گیاهان کاشته شده بر اساس زمان تعیین شده، برداشت شدند. برای انجام عمل برداشت یک ردیف از هر طرف کرت و نیم متر از هر دو طرف خطوط کشت به عنوان اثر حاشیه

در نظر گرفته شد. ۱۰ بوته به صورت تصادفی برداشت و به صورت تر توزین گردید. پس از تعیین وزن تر، ارتفاع گیاه به صورت مجزا برای کرت های مختلف اندازه گیری شد. نمونه ها در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت (تا زمانی که وزن خشک گیاه ثابت بماند) در آون قرار گرفت، سپس وزن خشک آن ها اندازه گیری شد. اسانس برگ و گیاه نعنای فلفلی در زمان برداشت در آزمایشگاه استخراج شد، برای اندازه گیری مقدار اسانس از دستگاه کلونجر استفاده گردید و درصد اسانس از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$\text{درصد اسانس} = \frac{\text{وزن اسانس}}{\text{وزن ماده خشک}} \times 100$$

به منظور تعیین رطوبت نسبی برگ ها، ابتدا یک برگ جوان از هر کرت انتخاب و برای تعیین وزن آماس در ظروف حاوی آب مقطر به مدت یک ساعت گذاشته شد. بعد از یک ساعت وزن نمونه های آماسیده پس از گرفتن آب اضافی از سطح برگ ها توسط ترازوی دیجیتالی اندازه گیری شد. برای تعیین وزن خشک، نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت به آون با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد منتقل شدند و سپس وزن خشک آن ها اندازه گیری شد. در نهایت میزان رطوبت نسبی از رابطه زیر به دست آمد (فاضلی رستم پور و همکاران، ۲۰۱۱).

رابطه ۳: $100 \times \frac{[(\text{وزن خشک} - \text{وزن آماس}) / (\text{وزن خشک} - \text{وزن تر})]}{\text{درصد میزان نسبی آب برگ}}$ جهت تعیین نشت الکترولیت، از هر کرت نمونه های برگ جوان به طول یک سانتی متر با آب مقطر شستشو داده شد و به مدت دو ساعت در ظروف شیشه ای حاوی ۱۰ میلی لیتر آب مقطر گذاشته شد. هدایت الکتریکی محلول با استفاده از دستگاه سنجش هدایت الکتریکی تعیین شد (Ec_1). سپس ظروف حاوی نمونه به مدت ۱۵ دقیقه داخل حمام آب گرم (۹۵ درجه سلسیوس) قرار داده شد و بعد از سرد شدن نمونه ها مجدداً هدایت الکتریکی آن تعیین شد (Ec_2). در نهایت مقادیر نشت الکترولیت ها از طریق معادله زیر بدست آمد (ثابت تیموری و همکاران، ۲۰۱۱).

$$Ec = (Ec_1 / Ec_2) \times 100$$

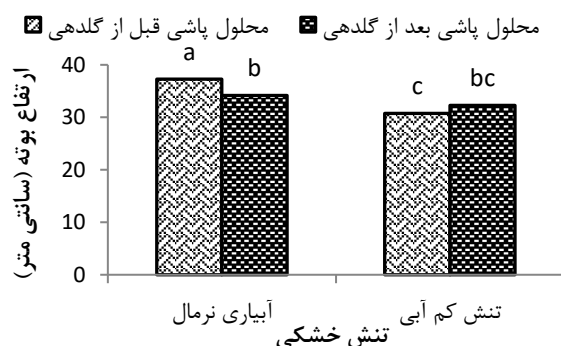
در هر بوته سه برگ به طور تصادفی (از قسمت بالایی، میانی و نزدیک طوقه) انتخاب شد و شاخص کلروفیل هر سه برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج اندازه گیری شد، سپس میانگین آن ها تعیین و یادداشت گردید. برای استخراج پرولین، نیم گرم برگ تازه با ۱۰ میلی لیتر سولفوسالسیلیک اسید ۳ درصد، در هاون چینی مخلوط و سائیده شد. مخلوط همگن با کاغذ واتمن صاف شد. از عصاره حاصل ۲ میلی لیتر در لوله آزمایش ریخته و ۲ میلی لیتر معرف اسید نین هیدرین و دو میلی لیتر اسید گلاسیال به آن اضافه شد. لوله های آزمایش به مدت یک ساعت در حمام آب گرم (۱۰۰ درجه سانتی گراد) قرار داده شدند. پس از خنک شدن به هر لوله چهار میلی لیتر تولوئن اضافه و ۲۰ ثانیه تکان داده شد تا این که دو لایه ی مجزا از هم تشکیل و پرولین وارد فاز تولوئن شود. در این حالت یک فاز مایل به زرد در قسمت بالای لوله ها تشکیل می شود. میزان جذب فاز رنگی در طول موج ۵۲۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر قرائت شد (جوادی و همکاران، ۲۰۰۵).

داده‌ها با استفاده از نرم افزار **MSTAT-C** تجزیه شدند. مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون **LSD** در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها و جداول از نرم افزار **Excel** استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نعنای فلفلی داشت (جدول ۲). براساس مقایسه میانگین‌ها، بیشترین ارتفاع بوته با ۳۵/۸۷ سانتی‌متر مربوط به تیمار شاهد یعنی شرایط نرمال آبیاری و کمترین آن با ۳۱/۵۲ سانتی‌متر مربوط تیمار تنش کم آبی بود (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای مختلف محرک‌های رشد گیاهی در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نعنای فلفلی داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، محلول‌پاشی نعنای فلفلی با محرک‌های رشد نسبت به شاهد یعنی عدم محلول‌پاشی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته گردید، به‌طوری‌که محلول‌پاشی با محرک‌های رشد مارمارین، کدآمین، دالجین و کود بیولوژیک فسفات بارور ۲ بدون اختلاف معنی‌داری از همدیگر دارای بیشترین میانگین ارتفاع بوته بودند (جدول ۳). اثر متقابل تنش خشکی و زمان محلول‌پاشی محرک‌های رشد نیز در سطح احتمال ۱ درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته با ۳۷/۳۰ سانتی‌متر از تیمار آبیاری نرمال با محلول‌پاشی محرک‌های رشد قبل از مرحله گلدهی حاصل شد (شکل ۱). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای تنش خشکی، از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در این میان تیمار آبیاری نسبت به تنش خشکی برتر بود. حسینی (۲۰۰۸) در خصوص تأثیر تنش خشکی در گیاه بادرشبو، دریافت که با کاهش میزان رطوبت خاک، ارتفاع بوته کاهش می‌یابد. صفی‌خانی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش داد که تنش خشکی روی بادرشبو (۴۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) موجب کاهش ارتفاع، عملکرد اندام هوایی و عملکرد اسانس نسبت به دو تیمار دیگر (۱۰۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی) گردید. ولی باعث افزایش درصد اسانس نسبت به تیمار بدون تنش گردید. نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف محرک‌های رشد گیاهی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نعنای فلفلی داشت. محلول‌پاشی نعنای فلفلی با محرک‌های رشد نسبت به شاهد یعنی عدم محلول‌پاشی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته گردید، به‌طوری‌که محلول‌پاشی با مارمارین، کدآمین، دالجین و کود زیستی فسفات بارور ۲ بدون اختلاف معنی‌دار از همدیگر دارای بیشترین میانگین ارتفاع بوته بودند. اثر محرک‌های رشد بر افزایش ارتفاع بوته نسبت به شاهد ناشی از افزایش جذب عناصر غذایی و تأثیر آن‌ها بر بهبود فتوسنتز و رشد بوته نعنای است که با پژوهش‌های انجام شده بر روی گیاه رازیانه نیز مطابقت دارد (محفوظ و همکاران، ۲۰۰۷). یزدانی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند تولید هورمون‌های مختلف از قبیل اکسین و جیبرلین علت اصلی افزایش ارتفاع ساقه در حضور کودهای بیولوژیک است. اثر متقابل تنش خشکی و زمان محلول‌پاشی نیز بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود. بیشترین ارتفاع بوته از تیمار آبیاری نرمال با محلول‌پاشی محرک‌های رشد، قبل از مرحله گلدهی حاصل شد.

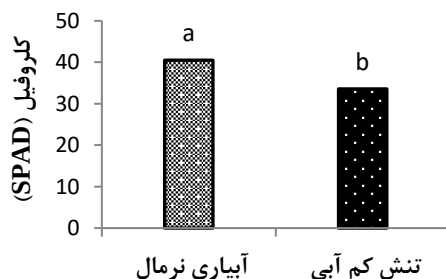


نمودار ۱- اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و زمان محلول پاشی بر ارتفاع بوته

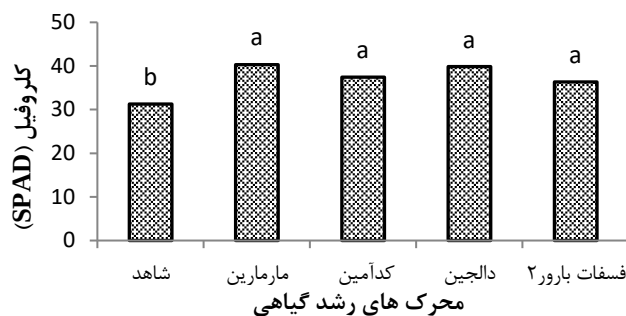
کلروفیل

تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن است که تنش کم آبی و محلول پاشی با محرک‌های رشد گیاهی به ترتیب در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد تأثیر معنی داری بر میزان کلروفیل گیاه نعنای فلفلی داشت (جدول ۲). زمان محلول پاشی محرک‌های رشد، روی میزان کلروفیل گیاه تأثیر آماری معنی داری نداشت. براساس نتایج این تحقیق تنش خشکی موجب کاهش معنی داری در مقدار کلروفیل گیاه نعنای فلفلی شد، به طوری که بیشترین میانگین کلروفیل نعنای (۴۰/۲۵) مربوط به شرایط نرمال آبیاری بود و کمترین میانگین آن (۳۳/۵۷) مربوط به تنش خشکی می‌باشد (شکل ۲). همچنین نتایج نشان داد محلول پاشی با محرک‌های رشد گیاهی نسبت به عدم محلول پاشی موجب افزایش میزان کلروفیل گیاه نعنای فلفلی گردید، به طوری که بیشترین میزان کلروفیل مربوط به محرک‌های رشد یعنی مارمارین، کدآمین، دالجین و فسفات بارور ۲ می‌باشد که نسبت به تیمار شاهد ۲۳/۱۶ درصد میزان کلروفیل گیاه نعنای فلفلی را افزایش دادند. محرک‌های رشد گیاهی از نظر تأثیر بر افزایش میزان کلروفیل به طور یکسان عمل کردند، به طوری که بدون اختلاف معنی داری از همدیگر در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۳). تنش کم آبی و محلول پاشی با محرک‌های رشد تأثیر معنی داری بر میزان کلروفیل گیاه نعنای فلفلی داشتند. زمان محلول پاشی بر روی میزان کلروفیل گیاه تأثیر آماری معنی داری نداشت. تنش خشکی علاوه بر این که رشد و نمو را در گیاه کاهش می‌دهد، باعث تغییر در مسیر برخی از فرایندهای متابولیسمی نیز می‌گردد. براساس نتایج این تحقیق تنش خشکی موجب کاهش معنی دار در مقدار کلروفیل گیاه نعنای فلفلی شد. نتایج فعالیت‌های پژوهشگران در این رابطه نشان داده است که با کاهش پتانسیل آب برگ در گیاه، فعالیت کلروفیلاز به طور ناگهانی زیاد می‌شود که خود مؤید این مسئله است (می‌هالویچ و همکاران، ۱۹۹۷). با افزایش مقدار برخی از مواد تنظیم کننده رشد نظیر اتیلن و اسید آبسزیک در اثر تنش خشکی فعالیت کلروفیلاز تحریک و با تجزیه کلروفیل **a** و **b**، کلروفیلید آزاد و در مراحل بعدی با باز شدن حلقه‌های پورفیرینی این محصولات به صورت فعال به واکوئل منتقل می‌شوند (سایرام و همکاران، ۱۹۹۸). نتایج نشان داد محلول پاشی با محرک‌های رشد گیاهی نسبت به عدم محلول پاشی موجب افزایش میزان کلروفیل گیاه نعنای فلفلی می‌گردد، این در حالی است که بیشترین میزان کلروفیل مربوط به محرک‌های رشد یعنی مارمارین، کدآمین، دالجین و فسفات بارور ۲ می‌باشد که نسبت به تیمار شاهد، میزان کلروفیل گیاه نعنای فلفلی را افزایش دادند. کودهای بیولوژیک از نظر

تأثیر بر افزایش میزان کلروفیل به طور یکسان عمل کرده، بدون اختلاف معنی داری از همدیگر در یک گروه آماری قرار گرفتند. در نتایج سایر پژوهش‌ها نیز، افزایش رنگدانه‌ها با افزودن کودهای بیولوژیک گزارش شده است (ظاهر و همکاران، ۲۰۱۱، خرم دل و همکاران ۲۰۱۰).



نمودار ۲- اثر تیمارهای مختلف تنش خشکی بر کلروفیل

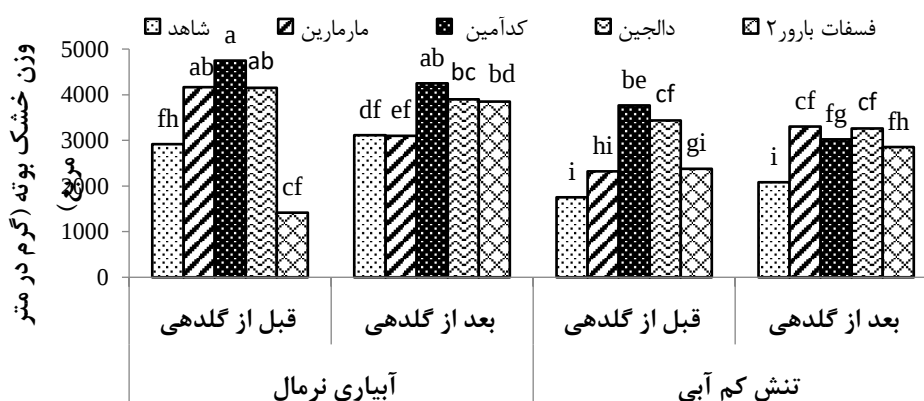


نمودار ۳- اثر تیمارهای مختلف محرک‌های رشد گیاهی بر کلروفیل

وزن خشک بوته

تیمارهای تنش خشکی و محلول‌پاشی محرک‌های رشد به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد تأثیر معنی داری بر وزن خشک نعنای فلفلی داشت (جدول ۲). در بررسی اثر تنش خشکی بر وزن خشک بوته مشاهده شد، آبیاری نرمال بالاترین وزن خشک بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی بر میزان وزن خشک نعنای فلفلی حاکی از آن بود که با محلول‌پاشی کدامین بر وزن خشک بوته افزوده می‌شود. هر چند بین کدامین و دالچین از نظر آماری اختلافی مشاهده نشد. سطح شاهد نیز در این بررسی کمترین وزن خشک بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۳). اثرات متقابل تنش خشکی در زمان محلول‌پاشی و محرک‌های رشد گیاهی در زمان محلول‌پاشی در سطح احتمال ۵ درصد و اثرات متقابل سه جانبه تنش خشکی در محرک‌های رشد گیاهی در زمان محلول‌پاشی بر صفت وزن خشک بوته در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی داری نشان داد (جدول ۲). در بین ترکیبات تیماری تنش خشکی در زمان محلول‌پاشی ترکیب آبیاری نرمال همراه با محلول‌پاشی قبل از مرحله گلدهی با متوسط ۳/۸۸ گرم بالاترین وزن خشک بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۶). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل کود بیولوژیک در زمان محلول‌پاشی نشان داد، بیشترین وزن خشک از محلول‌پاشی کدامین در زمان قبل از گلدهی (۴/۲۴۷ گرم) بدست آمد و کمترین وزن

خشک نیز مربوط به تیمار شاهد در زمان قبل از گلدهی (۲/۳۳۳ گرم) بود (جدول ۷). مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل سه جانبه نشان داد که در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی محلول‌پاشی محرک‌های رشد گیاهی در هر دو مرحله رشدی، یعنی محلول‌پاشی قبل از مرحله گلدهی و بعد از مرحله گلدهی موجب افزایش میانگین وزن خشک اندام هوایی نعنای فلفلی گردید. در کل می‌توان گفت محلول‌پاشی محرک‌های رشد در هر دو شرایط تنش خشکی و آبیاری نرمال موجب افزایش وزن خشک می‌گردد و بیشترین وزن خشک مربوط به شرایط نرمال آبیاری محلول‌پاشی با کدآمین در قبل از مرحله گلدهی با میانگین ۴/۷۵۰ گرم می‌باشد. کمترین میزان وزن خشک مربوط به تیمارهای شاهد در شرایط تنش خشکی با عدم محلول‌پاشی در مرحله قبل و بعد از گلدهی به ترتیب با ۱/۷۵۰ و ۲/۰۸۳ گرم می‌باشد که بدون اختلاف آماری معنی‌دار از همدیگر در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۵). تیمارهای تنش خشکی و محلول‌پاشی محرک‌های رشد، تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک نعنای فلفلی داشت. در بررسی اثر تنش خشکی بر وزن خشک بوته مشاهده شد، آبیاری نرمال بالاترین وزن خشک بوته را به خود اختصاص داد. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی بر میزان وزن خشک نعنای فلفلی حاکی از آن بود که با محلول‌پاشی کدآمین بر وزن خشک بوته افزوده می‌شود. هر چند بین کدآمین و دالچین از نظر آماری اختلافی مشاهده نشد. سطح شاهد نیز در این بررسی کمترین وزن خشک بوته را به خود اختصاص داد که با نتایج یوسف و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت داشت. اثرات متقابل تنش خشکی در زمان محلول‌پاشی و محرک‌های رشد در زمان محلول‌پاشی و اثرات متقابل سه جانبه تنش خشکی در محرک‌های رشد در زمان محلول‌پاشی بر صفت وزن خشک بوته اختلاف معنی‌داری نشان داد. در بین ترکیبات تیماری تنش خشکی در زمان محلول‌پاشی ترکیب آبیاری نرمال همراه با محلول‌پاشی قبل از مرحله گلدهی بالاترین وزن خشک بوته را دارا بود. در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی محلول‌پاشی در هر دو مرحله رشدی، یعنی محلول‌پاشی قبل از مرحله گلدهی و بعد از مرحله گلدهی موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی نعنای فلفلی گردید. تنش خشکی موجب کاهش وزن خشک اندام هوایی گردید و در شرایط تنش خشکی محلول‌پاشی با کدآمین بیشترین تأثیر را در افزایش وزن خشک داشت که با نتایج تحقیقات (میسرا و همکاران، ۲۰۰۰) بر روی نعنای مطابقت داشت.

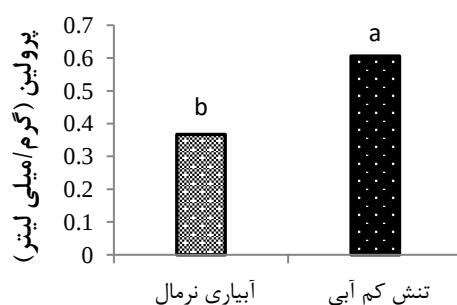


نمودار ۵- اثر متقابل سطوح تنش خشکی، محرک‌های رشد گیاهی و زمان محلول‌پاشی بر وزن خشک

بوته

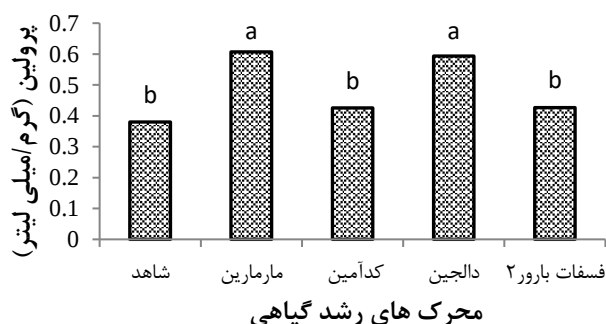
پرولین

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی بر میزان پرولین در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن بود که در شرایط تنش خشکی میزان پرولین نسبت به شرایط نرمال آبیاری افزایش می‌یابد. بیشترین میزان پرولین با متوسط $0/606$ گرم مربوط به تنش خشکی و کمترین آن با متوسط $0/367$ گرم مربوط به شرایط نرمال آبیاری می‌باشد (شکل ۶). با اعمال شرایط تنش خشکی میزان پرولین در نعنای نسبت به شرایط آبیاری نرمال $65/12$ درصد افزایش نشان داد. در شرایط تنش خشکی میزان پرولین نسبت به شرایط نرمال آبیاری افزایش می‌یابد. یکی از مکانیسم‌های کارآمدی که گیاه برای حفظ فشار آماس در شرایط کمبود آب از آن بهره می‌برد، پدیده‌ای موسوم به تنظیم اسمزی است. تنظیم اسمزی در گیاهان، مکانیسم عمده اجتناب از تنش‌های آبی در محیط‌های خشک و شور است (باجی و همکاران، ۲۰۱۰). افزایش پرولین در دوره تنش ممکن است نتیجه تجزیه پروتئین‌ها و نیز کاهش استفاده از آن‌ها به دلیل کاهش رشد گیاه باشد (دهنوی و همکاران، ۲۰۱۱). تحت شرایط تنش خشکی، قندهای محلول می‌توانند به عنوان ترکیبات اسمزی و نیز به عنوان حفاظت کننده‌های اسمزی عمل کنند (بوهنرت و همکاران، ۲۰۰۸). گیاه دارویی ریحان به هنگام مواجهه با تنش خشکی، با بستن روزنه‌ها و تنظیم اسمزی و افزایش انباشت پرولین و قندهای کل، شرایط تنش را تا حدی تحمل می‌کند (دانشمندی و همکاران، ۲۰۰۹). در بررسی اثر محلول پاشی محرک‌های رشد گیاهی بر میزان پرولین مشاهده گردید، با محلول پاشی نسبت به تیمار شاهد، بر میزان پرولین افزوده می‌شود، به طوری که محلول پاشی با مارمارین و دالجین، نسبت به تیمار شاهد، بدون اختلاف معنی دار از همدیگر دارای بیشترین مقدار پرولین می‌باشد که با نتایج به دست آمده از تحقیقات روی گیاه کلزا و کتان روغنی مطابقت داشت (دهنوی و همکاران، ۲۰۱۱).



نمودار ۶- اثر تیمارهای مختلف تنش خشکی بر پرولین

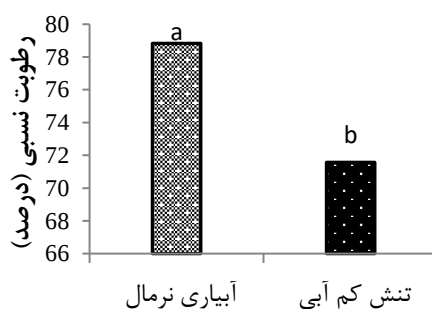
اثر تیمارهای محرک‌های رشد گیاهی نیز بر میزان پرولین در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۲). در بررسی اثر محرک‌های رشد گیاهی بر میزان پرولین مشاهده گردید، با محلول پاشی محرک‌های رشد گیاهی نسبت به تیمار شاهد، بر میزان پرولین افزوده می‌شود، به طوری که محلول پاشی با مارمارین و دالجین به ترتیب با $0/607$ و $0/593$ گرم، نسبت به تیمار شاهد با $0/380$ گرم، بدون اختلاف معنی دار از همدیگر دارای بیشترین میزان پرولین می‌باشد که نسبت به شاهد به طور متوسط $57/89$ درصد پرولین بیشتری داشتند (شکل ۷).



نمودار ۷- اثر محرك های رشد گیاهی بر پروکسیداز نعنای فلفلی

رطوبت نسبی

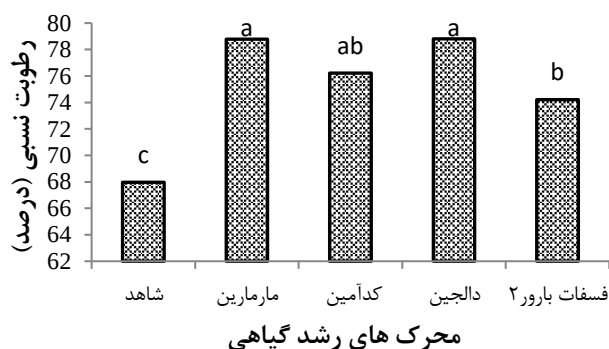
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر رطوبت نسبی نعنای داشت. به‌صورتی‌که در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط نرمال آبیاری رطوبت نسبی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). بیشترین میزان رطوبت نسبی با ۷۸/۸۳ درصد مربوط به شرایط نرمال آبیاری و کمترین آن با ۷۱/۵۷ درصد مربوط به تنش خشکی می‌باشد. شرایط نرمال آبیاری نسبت به تنش خشکی به میزان ۱۰/۱۴ درصد، رطوبت نسبی بیشتری داشت (شکل ۸). در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط نرمال آبیاری رطوبت نسبی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. محتوای رطوبت به‌میزان دسترسی گیاه به آب و توانایی گیاه در تنظیم حرکات روزنه‌ای و تنظیم اسمزی بستگی دارد. تنش کمبود آب موجب کاهش پتانسیل آب برگ و محتوای رطوبت نسبی برگ می‌شود. پورموسوی و همکاران (۲۰۰۵) در سویا و فرانکا و همکاران (۲۰۰۹) در لوبیا نیز کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ را تحت تأثیر خشکی گزارش کردند.



نمودار ۸- اثر تیمارهای مختلف تنش خشکی بر رطوبت نسبی

محلول‌پاشی محرك‌های رشد در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر رطوبت نسبی نعنای فلفلی داشت (جدول ۲). براساس مقایسه میانگین‌ها با محلول‌پاشی محرك‌های رشد نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی)، رطوبت نسبی به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. در بین محرك‌های رشد، محلول‌پاشی با مارمارین و دالجین به ترتیب با ۷۸/۷۹ و ۷۸/۸۲ درصد بیشترین تأثیر را در افزایش رطوبت نسبی نسبت به شاهد با ۶۷/۹۶ درصد نشان دادند (شکل ۹). با محلول‌پاشی محرك‌های رشد نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی)، رطوبت نسبی به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. در بین محرك‌های رشد گیاهی، محلول‌پاشی

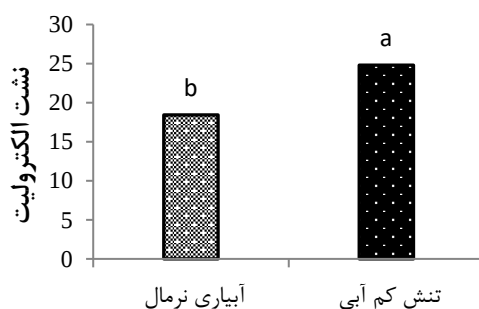
با مارمارین و دالجین بیشترین تأثیر را در افزایش رطوبت نسبی نسبت به شاهد نشان دادند (دهنوی و همکاران، ۲۰۱۱).



نمودار ۹- اثر محرك های رشد گیاهی بر رطوبت نسبی

نشت الكتروليت

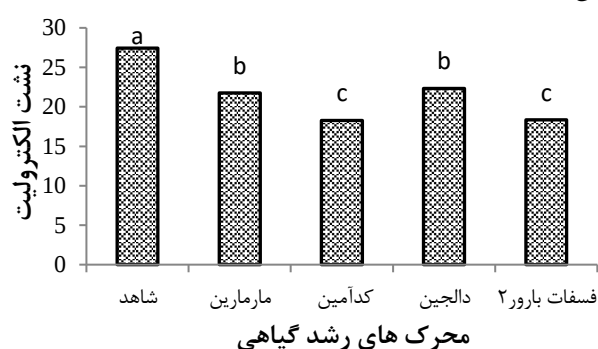
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر تنش خشکی بر صفت نشت الكتروليت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های تنش خشکی نشان داد که در شرایط تنش کم آبی میزان نشت الكتروليت بطور معنی‌داری افزایش یافت، بطوری‌که بیشترین میزان نشت الكتروليت با متوسط ۲۴/۸۰ درصد مربوط به تنش خشکی و کمترین آن با متوسط ۳۴/۵۶ درصد مربوط به شرایط نرمال آبیاری بود (شکل ۱۰). در شرایط تنش کم آبی میزان نشت الكتروليت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. تنش خشکی با شروع یک تنش اکسیداتیو همراه می‌باشد، بنابراین در طی آن تولید و ذخیره گروه‌های سمی و مخرب اکسیژن آزاد افزایش می‌یابد. در نتیجه تحت شرایط تنش به سرعت چربی‌های غشاء پراکسید گردیده و پایداری غشاء سلول از بین می‌رود (یوان و همکاران، ۲۰۰۸).



نمودار ۱۰- اثر تیمارهای مختلف تنش خشکی بر نشت الكتروليت

تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی محرك‌های رشد گیاهی نیز بر میزان نشت الكتروليت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با محلول‌پاشی محرك‌های رشد میزان نشت الكتروليت نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. محلول‌پاشی با محرك‌های رشد کدامین و فسفات بارور ۲ به‌ترتیب با ۱۸/۲۵ و ۱۸/۳۳ دارای کمترین میزان نشت الكتروليت بودند. محرك‌های رشد مارمارین و دالجین تأثیر مشابهی در کاهش میزان نشت الكتروليت نشان دادند و بیشترین میزان نشت الكتروليت با میانگین ۲۷/۴۱، مربوط به شاهد یعنی عدم محلول‌پاشی با محرك‌های رشد می‌باشد (شکل ۱۱).

با محلول پاشی، میزان نشت الکترولیت نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) به طور معنی داری کاهش یافت. محلول پاشی با کدامین و فسفات بارور ۲ دارای کمترین میزان نشت الکترولیت بودند. مارمارین و دالجین تأثیر مشابهی در کاهش میزان نشت الکترولیت نشان دادند و بیشترین میزان نشت الکترولیت مربوط به تیمار شاهد یعنی عدم محلول پاشی می باشد. محلول پاشی محرک های رشد مانند مارمارین، دالجین و کدامین بر میزان نشت الکترولیت تحت شرایط تنش خشکی مؤثر می باشد. سنارانتا و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که کاربرد مارمارین به صورت اسپری بر روی برگ ها میزان نشت الکترولیت را در گیاهان گوجه فرنگی و لوبیا در تحت شرایط تنش خشکی کاهش می دهد.



نمودار ۱۱- اثر محرک های رشد گیاهی بر نشت الکترولیت

درصد اسانس

نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف تنش خشکی و محلول پاشی محرک های رشد گیاهی به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد تأثیر معنی داری بر درصد اسانس نعناع فلفلی داشت (جدول ۲). نتایج بررسی اثر تنش خشکی بر درصد اسانس نشان داد که تنش کم آبی با متوسط ۱/۹۹ درصد دارای بیشترین درصد اسانس بود (جدول ۳). مطابق مقایسه میانگین ها، اثر محلول پاشی محرک های رشد بر درصد اسانس مشاهده شد که محلول پاشی دالجین با متوسط ۱/۹۷ درصد در مقایسه با دیگر تیمارها بالاترین درصد اسانس را به خود اختصاص داد (جدول ۳). همچنین اثرات متقابل دو جانبه تنش خشکی در محلول پاشی محرک های رشد در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی داری داشت (جدول ۲). اثر متقابل دو جانبه تنش خشکی در محلول پاشی محرک های رشد گیاهی نشان داد که تنش خشکی و محلول پاشی با محرک های رشد گیاهی موجب افزایش درصد اسانس در نعناع فلفلی گردید، به طوری که محلول پاشی دالجین در شرایط تنش خشکی با میانگین ۲/۳۷۲، دارای بیشترین درصد اسانس بود که نسبت به تیمار شاهد عدم محلول پاشی در شرایط آبیاری نرمال با ۱/۱۰۲ درصد، اسانس نعناع را افزایش داد (شکل ۱۲). در بررسی اثر تنش خشکی بر درصد اسانس مشاهده گردید، با اعمال تنش بر درصد اسانس نعناع افزوده می شود. استفاده از محرک های رشد، اثر مثبتی بر افزایش درصد اسانس داشت، به طوری که محلول پاشی دالجین در مقایسه با دیگر تیمارها بالاترین درصد اسانس را به خود اختصاص داد. در این رابطه می توان گفت که کاربرد محرک های رشد گیاهی، علاوه بر حفظ رطوبت خاک و افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی برای گیاه سبب افزایش تولید آسمیلات ها و در نتیجه تولید گل می شود.

در این شرایط سنتز متابولیت‌های ثانویه، از جمله اسانس نیز افزایش می‌یابد. اثر متقابل دو جانبه تنش خشکی در محلول‌پاشی محرک‌های رشد گیاهی نشان داد که تنش خشکی و محلول‌پاشی با محرک‌های رشد گیاهی موجب افزایش درصد اسانس در نعنای فلفلی گردید. محلول‌پاشی دالچین در شرایط تنش خشکی، دارای بیشترین درصد اسانس بود که نسبت به تیمار شاهد، عدم محلول‌پاشی در شرایط آبیاری نرمال، درصد اسانس را افزایش داد. براساس نتایج می‌توان گفت که برای درصد بالای اسانس در نعنای که سبب افزایش کیفی محصول می‌گردد، اعمال تنش رطوبتی تا حدودی می‌تواند مناسب باشد. با کاهش سطح برگ ناشی از تنش - خشکی، تعداد غده‌های مترشح اسانس افزایش می‌یابد. در نتیجه میزان اسانس افزایش خواهد یافت. بابایی (۲۰۱۱) نتایج مشابهی را در گیاه دارویی ریحان گزارش کرد. تأثیر محلول‌پاشی محرک‌های رشد بر درصد اسانس مثبت و معنی‌دار بود. احتمالاً افزایش درصد اسانس نعنای با محلول‌پاشی محرک‌های رشد گیاهی به دلیل تأثیر آن‌ها بر سطح برگ و رشد، در نتیجه افزایش غدد ترشح‌کننده اسانس می‌باشد که با نتایج تحقیقات (کندلوال و همکاران، ۲۰۰۲) روی گیاه حنا (*Lawsonia inermis*) مطابقت داشت. صفی خانی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش داد که تنش خشکی روی بادرشبو (۴۰ درصد ظرفیت مزرع‌ای) موجب کاهش ارتفاع، عملکرد اندام هوایی و عملکرد اسانس نسبت به دو تیمار دیگر (۱۰۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی) گردید. ولی باعث افزایش درصد اسانس نسبت به تیمار بدون تنش گردید.



نمودار ۱۲- اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و محرک‌های رشد گیاهی بر درصد اسانس

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای تنش خشکی و محرک‌های رشد گیاهی بر برخی صفات کمی و کیفی نعنای فلفلی

میانگین مربعات								منابع تغییر
درصد اسانس	پرویلین	رطوبت نسبی	نشت الکترولیت	وزن خشک	کلروفیل	ارتفاع بوته	درجه آزادی	
۰/۱۴۱ ns	۰/۰۰۱ ns	۲۶/۳۴ ns	۳۶/۰۷ ns	۰/۰۷۷ ns	۵۷/۸۷ ns	۱۱/۲۶ ns	۲	تکرار
۵/۷۶ *	۰/۸۵۸ **	۷۹۱/۴۸ **	۶۰۸/۰۲ *	۱۳/۵۵ *	۷۲۱/۰۷ *	۲۶۷/۱۳ **	۱	تنش خشکی (A)
۰/۱۰۴	۰/۰۰۰۱	۳/۷۰۵	۳۲/۰۷	۰/۲۸۱	۱۳/۲۷	۰/۸۸۲	۲	خطای آزمایش
۰/۶۱۲ **	۰/۱۳۴ **	۲۴۱/۳۵ **	۱۶۸/۸۵ **	۳/۸۳۶ **	۱۵۸/۴۴ **	۶۲/۸۲ **	۴	کود بیولوژیک (B)
۰/۰۷۸ **	۰/۰۰۳ ns	۹/۷۱۴ ns	۲/۴۷۵ ns	۰/۱۱۲ ns	۱۱/۹۴ ns	۸/۷۵ ns	۴	تنش خشکی × کود بیولوژیک

زمان محلول پاشی (C)	۱	۹/۹۲ ns	۲/۰۴ ns	۰/۰۱۱ ns	۱۲/۱۵۰ ns	۱۴/۰۹۴ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۴۹ ns
تنش خشکی×زمان محلول پاشی	۱	۷۹/۸۱**	۰/۶۰ ns	۰/۶۰۲*	۸/۸۲ ns	۲/۰۴۶ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۴ ns
کود بیولوژیک×زمان محلول پاشی	۴	۱۳/۵۷ ns	۳/۸۵۸ ns	۰/۵۴۱*	۱/۱۹۲ ns	۷/۲۴۱ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۲۲ ns
تنش خشکی×کود بیولوژیک×زمان محلول پاشی	۴	۶/۷۷ ns	۶/۰۵۸ ns	۰/۶۴۶**	۱/۱۰۸ ns	۱/۴۷۶ ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۱۶ ns
خطای آزمایش	۳۶	۸/۳۰	۲۷/۲۹	۰/۱۴۳	۴/۹۵۶	۱۵/۹۷	۰/۰۰۳	۰/۰۱۷
ضریب تغییرات (CV %)		۸/۵۷	۱۴/۱۱	۱۱/۴۸	۱۰/۳۰	۵/۳۲	۱۲/۱۱	۷/۸۵

، * و ** به ترتیب مفهوم غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می باشد. ns

نتایج بدست آمده از این آزمایش نشان داد که تیمارهای تنش خشکی و محلول پاشی، بر روی تمامی صفات مورد بررسی تأثیر معنی داری داشتند. تیمار تنش خشکی، ارتفاع بوته، وزن خشک اندام های هوایی، محتوای رطوبت نسبی و میزان کلروفیل را کاهش، ولی میزان نشت الکترولیت و تنظیم کننده های اسمزی یعنی پرولین و درصد اسانس نعنای فلفلی را افزایش داد. محلول پاشی محرک های رشد گیاهی، سبب افزایش تمامی صفات مورد بررسی به جز نشت الکترولیت گردید. محلول پاشی قبل از مرحله گلدهی در افزایش بعضی صفات مورفولوژیک تأثیر بیشتری نسبت به محلول پاشی بعد از مرحله گلدهی داشت. در تولید گیاهان دارویی، ارزش واقعی به کیفیت محصول یعنی میزان ماده مؤثره وابسته است و طی تحقیقات به عمل آمده مشاهده گردید که با کاربرد محرک های رشد گیاهی و کود بیولوژیک حداکثر ماده مؤثره حاصل شد و همچنین با توجه به اینکه بیشترین مقادیر درصد اسانس از کاربرد دالچین در شرایط تنش خشکی به دست آمد، بنابراین چنین استنباط می شود که کاربرد برخی محرک های رشد از جمله دالچین و مارمارین به عنوان جایگزینی برای کود شیمیایی، بهترین شرایط را جهت حصول حداکثر عملکرد کمی و کیفی در گیاه دارویی نعنای فلفلی و در راستای نیل به کشاورزی پایدار فراهم نمود.

منابع

- __ امید بیگی، ر. ۱۳۹۲. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. انتشارات استان قدس رضوی، جلد سوم، چاپ چهارم، ۱۴۴ صفحه.
- __ بابایی، ر.، عبادی. حسن زاده. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر کودهای زیستی بر روی عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت کدوی تخمه. مقاله یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات. ۸۴۰-۸۴۳.
- __ بابایی، م. ۱۳۸۹. تأثیر خشکی و زمان برداشت بر بررسی صفات اکوفیزیولوژیک و اسانس انیسون. ۳۵-۳۷.
- __ صفی خانی، ف.، حیدری شریف آباد، ح.، سیادت، س.، شریفی عاشورآبادی، ا.، سیدنژاد، س. و عباس زاده، ب. ۱۳۸۵. تأثیر تنش خشکی بر درصد و عملکرد اسانس، و ویژگی های گیاه دارویی بادرشبو. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۳، شماره ۱: ۸۶-۹۹.
- __ جوادی، ت.، ارزانی، ک. و ابراهیم زاده، ح. ۱۳۸۳. بررسی میزان کربوهیدرات های محلول و پرولین در ۹ ژنوتیپ گللابی آسیایی تحت تنش خشکی. مجله زیست شناسی ایران، جلد ۱۷، شماره ۴: ۱۶۶ صفحه.

__ زبید، م. و. احيای، ح.، رضوانی مقدم، پ. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر تنش خشکی بر برخی شاخص های مورفولوژیکی ۲ گیاه دارویی ريحان و شنبلیله. اولین همایش ملی تنش های محیطی در علوم کشاورزی. ۹۹-۱۰۳.

__ یزدانی، د.، جمشیدی، ا.، و مجاب. ۱۳۸۷. مقایسه میزان اسانس و منتول موجود در نعنای فلفلی کاشته شده در مناطق مختلف کشور. فصلنامه گیاهان دارویی. شماره سوم. ۷۳-۷۷.

- Ahmed, A.G., Orabi, S.A. and Gaballah, M.S. 2010. Effect of Bio-N-P fertilizer on the growth, yield and some biochemical components of two sunflower cultivars. *Int. J. Acad. Res.*, 2: 271-277.
- Alexieva, V., Sergiev, I., Mapelli, S. and Karanov, E. 2001. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. *Plant Cell Environ.* 24(12): 1337-1344.
- Bahreininejad, B., Razmjoo, J. and Mirza, M. 2014. Effect of water stress on productivity and essential oil content and composition of *Thymus carmanicus*, *J. Essent. Oil-Bear. Plants* 17(5): 717-725.
- Bajji, M., Kinet, J. and Lutts, S. 2002. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. *J. Plant Growth Regul.* 36(1): 61-70.
- Bajji, M., Lutts, S. and Kinet, J.M. 2010. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in tree durum wheat (*Triticum durum* Desf) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Sci. J.*, 160: 669 – 681.
- Bohnert, H.J., Nelson, D.E. and Jenson, R.G. 2008. Adaptation to environmental stress, *Plant Cell J.*, 7: 98-111.
- Daneshmandi, M.sh. and Azizi, M. 2009. The study on the effect of water stress and mineral zeolite on some quantity and characteristics of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). In: Proceeding of 6th Iranian Horticultural Science Congress, Iran, 12-15 july.
- Fazeli Rostampoor, M., Seghatoleslami, M.J. and Moosavi, S.GH.R. 2011. The study of drought stress effect and superabsorbent on relative water content and chlorophyll index of leaf and their relationship with grain yield in corn, *Crop Physiol. J.*, 2(1): 86-77.
- Franca, M.G., Pham-Thi, A.T., Pimental, C. and Pereya-Rossiello, R.O. 2009. Defrence in growth and water relation among, *Phaseolus vulgaris* cultivar in rispons to induced drought stress, *Environ. Exp. Bot.*, 43: 227-237.
- Hossain, M.A. 2008. Growth yield performance of some rice cultivars under different soil moisture regimes. M.Sc. thesis, Department of Crop Botany, The Bangladesh Agricultural University, Mymensingh.
- Kandelwal, N., Kumar, S., Verma, H.N. and Goutam, SP. 2002. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. Motia by Rhizobacteria, AMF and Azospirillum inoculation. *Microbiol. Res.*, 156: 145-149.
- Korramdel, S., Amin Gafouri, A. Rezvani Mogaddam, P. and Nasiri Mahallati, M. 2010. Evaluation of different irrigation regimes combined with biological fertilizer application on grain yield, chlorophyll content and relative moisture content of sesame (*Sesamum indicum* L.). The first national conference on sustainable

- agriculture and healthy crop production. Aban 19 and 20, *Isfahan Agricultural and Natural Resources Research Center*.
- Mahfuz, S.A. and M.A. Saraf-Edin. 2007. Effects of mineral vs. bio fertilizer on growth, yield and essential oil content of Fennel. Medicinal and Aromatic plants department, National research center. *Int. Agrophysics.*, 21: 361-366.
 - Mihalovic, N., Lazarevic, M., Dzeletoric, Z., Vuckoric, M. and Durdevic, M. 1997. Chlorophylls activity in Wheat leaves during drought and its dependence on the nitrogen ion from applied. *J. Plant Sci.*, 129: 141-146.
 - Misra, A. and Srivastava, N.k. 2000. Influence of water stress on Japanese mint. *J. Herbs Spices Med. Plants.*, 7: 51-58.
 - Movahhedi Dehnavi, M., Ranjbar, M., Yadavi, A.R. and Kavusi, B. 2011. Effect of cycocel on prolin, soluble sugares, protein, oil and fatty acids of flax (*Linum usitatissimum* L.) plant under drought stress in a pot trial. *Env. Stresses Crop Sci.*, 3: 129-138.
 - Petropoulos, S.A., Dimitra, D., Polissiou, M.G. and Passam, H.C. 2008. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. *J. Sci. Hortic.*, 115: 393-397.
 - Pour Mousavi, M., Galavi, M. and Danshiyan, J. 2005. Effect of drought stress and manure on leaf relative water content, cell memberane stability and leaf chlorophyll content in soybean (*Glycin max*). *J. Agric. Nat. Resour.*, 14: 125-134.
 - Rezapor, A.R., Heidari, M., Galavi, M. and Ramrodi, M. 2011. Effect of water stress and different amounts of sulfur fertilizer on grian yield, grain yield components and osmotic adjustment in *Nigella sativa* L. *IJMAPR*, 3: 384-396.
 - Sairam, R.K., Deshmukh, P.S. and Saxna, D.C. 1998. Role of antioxidant systemes in Wheat genotype tolerance to water stress. *Biol. Plant.*, 41(3): 387-394.
 - Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. and Dixon, K. 2010. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Biol. Plant.*, 30: 157-161.
 - Stampar, F., Hudina, M., Dolenc, K. and Usenik, V. 1998. Influence of foliar fertilization on yield quantity and quality of apple (*Malus domestica borkh.*). In: Anac, D. and P. Martin-Prevel. Improved crop quality by nutrient management, Pp: 91-94.
 - Taher, M.M., Khurshid, M., Khan, M.Z., Abbasi, M.K. and Kazmi, H.M. 2011. lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. *Pedosphere J.*, 21: 124-131.
 - Valentovič, P., Luxová, M., Kolarovič, L. and Gašparikova, O. 2006. Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. *Plant Soil Environ.*, 52(4): 186-191.
 - Yousef, A.A., Edris, A.E. and Gomaa, A.M. 2004. Acomparativestudy between someplant growth vegulatorsand certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of salvia officinalisl. *J. Agric. Sci.*, 49:299-311.
 - Yuan, S. and Lin, H.H. 2008. Role of salicylic acid in plant abiotic stress. *Z. Naturforsch Journal*, 63: 313-320.

Effects of drought stress and foliar application of plant growth stimulants on quantitative and qualitative characteristics plant (*Mentha piperita* L.)

H.Hamdi Mohammad Abad¹, M. Pouryousef Miandoab^{2*}

Received: 28 Oct. 2023

Accepted: 29 Dec. 2023

Abstract

The experiment was performed to study the effects of drought stress and foliar application of plant growth stimulants on qualitative and quantitative yield of the *Mentha piperita* based on a split factorial randomized complete block design with three replicates in Miandoab. The main factor of drought stress testing includes two levels of normal irrigation and water deficit stress and the first sub-factor of plant growth stimulants in five levels, includes Control, Marmaryn, codamin, Dalgin and phosphate fertilizer 2 and also, the second sub-factor, includes the timing of foliar application in two levels of foliar application before flowering and after flowering stages. Drought stress reduced plant height, dry weight of shoots, relative water content and chlorophyll content, but it increased amount of the osmotic regulators, electrolyte leakage and proline and also *Mentha Piperita* essential oil. Foliar application of plant growth stimulants increased all traits except for the electrolyte leakage. Drought stress with the foliar application increased the essential oil content in *Mentha Piperita*, as Dalgin foliar application under drought stress conditions with 2/372 percent, had the highest essential oil. The highest percentage of essential oil was obtained with (2.01%) during foliar application after the flowering stage and under drought stress conditions. According to the results of triple interactions, the highest fresh and dry weight was related to the treatment of Dalgin and Codamin fertilizers, respectively, before flowering time and under normal irrigation conditions, which shows the positive effect of these fertilizers on the quantitative and qualitative properties of mint medicinal plant.

Keywords: Water deficit stress, Bio-fertilizer, Proline, Essential oil.

1. Department of Agroecology, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran

2*. Department of Agroecology, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran.

Corresponding Author: pooryousefm@yahoo.com



دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

بررسی تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن و اسید آمینه بر ویژگی‌های کمی و کیفی گندم

در منطقه ماهشهر، خوزستان

نرگس صالحی^۱، سیدکیوان مرعشی^{۲*}

دریافت ۱۴۰۲/۹/۱، پذیرش ۱۴۰۲/۱۰/۲۰

چکیده

این آزمایش با هدف کاهش مصرف کود شیمیایی اوره در مزارع گندم اراضی کشاورزی شهرستان ماهشهر، استان خوزستان در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ و به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد تحقیق شامل مقادیر اسید آمینه در چهار سطح شامل: عدم مصرف، ۱/۵، ۲ و ۳ کیلوگرم در هکتار و مقادیر نیتروژن از منبع اوره در ۳ سطح به صورت ۱۰۰، ۶۶ و ۳۳ درصد عرف منطقه که معادل ۱۳۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره بود. نتایج نشان داد بیشترین تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت در شرایط کاربرد ۱۰۰ کود اوره و ۳ کیلوگرم در هکتار اسید آمینه و کمترین مقدار در شرایط عدم مصرف اسید آمینه و ۳۳ درصد کود اوره حاصل شد. بیشترین تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در سنبله، درصد پروتئین دانه، عملکرد پروتئین و کارایی مصرف نیتروژن به شرایط ۳ کیلوگرم اسید آمینه و مصرف ۱۰۰ درصد کود اوره تعلق گرفت. در مورد عملکرد دانه بیشترین مقدار با ۴۶۴/۵ گرم در مترمربع مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره و کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار اسید آمینه بود که با تیمار ۶۶ درصد کود اوره و کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار اسید آمینه تفاوت معنی دار نداشت و معادل ۳۳ درصد نسبت به عرف منطقه افزایش عملکرد حاصل شد. ضمناً کمترین مقدار نیز با ۳۳۰/۴ گرم از عدم کاربرد اسید آمینه و تیمار ۳۳ درصد کود اوره حاصل شد. بیشترین پروتئین دانه به تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره به میزان ۱۲/۷ درصد و کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار اسید آمینه به میزان ۱۲/۴۱ درصد و کمترین میزان در شرایط ۳۳ درصد کود اوره به میزان ۱۰/۸۴ درصد و عدم کاربرد اسید آمینه به میزان ۱۰/۰۹ درصد حاصل شد. نتایج کلی آزمایش نشان داد که محلول پاشی اسیدهای آمینه علاوه بر افزایش محصول در کاهش مصرف

۱- گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲- استادیار، گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. مسئول مکاتبات: marashi_47@yahoo.com

کود اوره موثر است. بطور کلی با کاربرد ۶۶ درصد کود اوره همراه با ۳ کیلوگرم در هکتار اسیدآمین به کاهش مصرف کود اوره می‌توان به عملکرد کمی و کیفی مناسبی در گندم دست یافت و می‌تواند مورد توجه کشاورزان قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، عملکرد دانه، کود شیمیایی، محرک آلی

صالحی، ن، مرعشی، س. ک. بررسی تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن و اسید آمینه بر ویژگی‌های کمی و کیفی گندم

در منطقه ماهشهر، خوزستان. (۲)۱۵: 37-55

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین محصول اقتصادی جهان است بطوری که غذای بیش از ۳۵ درصد از جمعیت جهان به این محصول وابسته است (سیدشریفی و خلیل‌زاده، ۱۳۹۷). گندم گیاهی کودپذیر است و در طول دوره رشد مقادیر بالایی نیتروژن از خاک برداشت می‌کند (بوللوا و همکاران، ۲۰۲۲). نیتروژن پرمصرف‌ترین عنصر مورد نیاز در زراعت و کشاورزی بوده و از عوامل اصلی افزایش در میزان تولید محصولات کشاورزی است. در حقیقت مصرف نیتروژن با تأثیرگذاری بر افزایش آنزیم‌های فتوسنتزی اثر مستقیمی بر مقدار فتوسنتز، رشد و عملکرد گیاهان دارد و کمبود نیتروژن در خاک سبب ناهماهنگی در رشد می‌گردد (پورابراهیمی فومنی و همکاران، ۱۳۹۸). استفاده طولانی مدت از کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار باعث افزایش مشکلات مربوط به اسیدی شدن خاک، افزایش تخریب و تراکم خاک شده است و بر محتوای کربن آلی خاک، رشد محصول و فرآیندهای توسعه گیاهی اثر منفی می‌گذارند (دان و همکاران، ۲۰۱۶). مطالعات نشان می‌دهد کاربرد اسیدهای آمینه، به عنوان یک ماده محرک رشد ارگانیک، مواد مغذی گیاه را تأمین و باعث افزایش عملکرد و بازده تجاری محصولات کشاورزی می‌شود (رافائل و کولا، ۲۰۱۸). آمینواسیدها به عنوان پیش‌سازهای هورمونی فاکتورهای سیگنال‌دهنده پیشرفته‌ای فیزیولوژیکی مختلف مانند گیرنده‌های گلوتامات و تنظیم‌کننده‌های جذب نیتروژن عمل می‌کنند (میلر و همکاران، ۲۰۰۷). گیاهان این توانایی را دارند که اسیدهای آمینه را به عنوان منبع نیتروژن مورد استفاده قرار دهند (حسنی و امیری، ۱۳۹۵). در واقع اسیدهای آمینه مانند ذرات باردار عمل می‌کنند و هنگامی که وارد سلول‌های گیاهی می‌شوند به علت خلوص بالا وارد فرآیندهای متابولیسمی می‌شوند (تامتون و روبینسون، ۲۰۰۵). اسیدهای آمینه فواید زیادی برای گیاهان دارند که شامل افزایش سرعت جوانه‌زنی، فعال کردن ریشه‌زایی، افزایش محتوای کلروفیل و افزایش میزان جذب عناصر می‌باشند (پرز و همکاران، ۲۰۱۵). در حقیقت کاربرد مستقیم اسیدهای آمینه و محصولات آن‌ها می‌تواند جذب نیتروژن را تعدیل کند (هالپم و همکاران، ۲۰۱۵). کودهای حاوی آمینواسید اجازه حرکت نیتروژن بین سلول‌ها و اندام‌های گیاهی را افزایش می‌دهند. همچنین به عنوان یک بافر عمل کرده و به عنوان منبع کربن و انرژی و پیش ساز تنظیم‌کننده رشد و بیوسنتز اسپرمیدین و جیبرلین و بسیاری از متابولیت‌های ثانویه عمل می‌کند (شکاری و جوان مردی، ۲۰۱۷). در طی سال‌های اخیر مراکز تحقیقاتی، مطالعاتی در خصوص استفاده از محرک‌های آلی مانند کودهای حاوی آمینواسیدها انجام داده‌اند در این راستا سوری (۲۰۱۶) بیان کرد که کودهای حاوی اسید آمینه نسبت به کودهای معمولی دارای مزایای هستند که شامل کاهش رقابت بین کاتیونها،

کاهش تضاد و تداخل بین موادمعدنی و مواد مغذی، حفاظت بیشتر از محیط زیست از طریق کاهش آلودگی‌های نیتروژن و یون‌های فلزی، فراهمی بیشتر عناصر غذایی و باعث افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی می‌گردد. لذا با توجه به اهمیت جهانی و نقش گندم در تغذیه انسان در راستای تحقق اهداف کشاورزی پایدار این تحقیق به منظور کاهش مصرف کود شیمیایی اوره و تاثیر اسیدآمین‌ه بر ویژگی‌های کمی و کیفی گندم در شهرستان ماهشهر طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ در روستای مقطوع، مرکز خدمات کوت از توابع شهرستان ماهشهر با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی و ارتفاع ۳ متری از سطح دریا اجرا شد. مشخصات خاکشناسی محل تحقیق در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

عمق نمونه برداری سانتی متر	هدایت الکتریکی دسی زیمنس بر متر	P H	نیتروژن	کربن آلی	فسفر	پتاسیم	بافت خاک
			(درصد)	(میلی گرم بر کیلوگرم)			
۰-۳۰	۴/۵۱	۷/۹	۰/۰۵	۰/۸۵	۱۰/۴	۱۹۸	رسی لومی

این تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل اسیدآمین‌ه در چهار سطح بصورت: عدم مصرف، ۱/۵، ۲ و ۳ کیلوگرم در هکتار و مقادیر مختلف نیتروژن از منبع اوره در ۳ سطح بصورت: ۱۰۰، ۶۶ و ۳۳ درصد عرف منطقه بود. میزان مصرف کود نیتروژن براساس عرف منطقه معادل ۱۳۰ کیلوگرم نیتروژن خالص بود که بر اساس تیمارهای آزمایش، در ۲ مرحله بصورت ۵۰ درصد پایه (قبل از کاشت) و ۵۰ درصد بصورت سرک در پایان مرحله پنجه‌دهی (۴۵ روز پس از کاشت) استفاده شد. اسیدآمین‌ه مورد استفاده از شرکت زیست فناور سبز تهیه و به صورت محلول‌پاشی در دو مرحله پایان پنجه‌دهی و آبستنی بترتیب ۴۵ و ۷۵ روز پس از کاشت مورد استفاده قرار گرفت. کود فسفره از منبع سوپرفسفات تریپل و کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم در زمان آماده‌سازی زمین به صورت پایه به ترتیب به میزان ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. عملیات کاشت بذر با تراکم ۴۰۰ بوته در مترمربع با توجه به شرایط اقلیمی منطقه در تاریخ یکم آذر انجام شد. در این تحقیق از گندم رقم مهرگان استفاده شد. این رقم متعلق به مرکز بین‌المللی تحقیقات ذرت و گندم (CIMMYT) بوده و در آزمایشات سازگاری اقلیم گرم و خشک جنوب دارای پتانسیل عملکرد بالا، تحمل نسبتاً خوب به گرمای آخر فصل، زودرسی نسبی، مقاوم به بیماری زنگ زرد، قهوه‌ای و سیاه و دارای کیفیت نانوائی خوب می‌باشد (اسماعیل زاده مقدم و همکاران، ۱۳۹۶). برداشت مزرعه در مرحله زرد و خشک شدن کامل گیاهان و بعد از حذف حاشیه‌ها در

سطحی معادل دو مترمربع در ۷ اردیبهشت معادل ۱۵۷ روز پس از کاشت انجام شد. به منظور تعیین تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد کل سنبله‌های برداشت شده در سطح دو مترمربع شمارش و به عنوان تعداد سنبله در مترمربع در نظر گرفته شد. برای تعیین تعداد دانه در سنبله، به طور کاملاً تصادفی ۱۰ سنبله جدا و پس از شمارش دانه‌ها و میانگین‌گیری به عنوان تعداد دانه در سنبله ثبت شد. به منظور تعیین تعداد سنبلچه در سنبله ۱۰ سنبله بصورت تصادفی جدا و تعداد سنبلچه‌ها شمارش شده و میانگین آن‌ها به عنوان تعداد سنبلچه در سنبله در نظر گرفته شد. وزن هزار دانه پس از توزین ۲ مجموعه ۵۰۰ تایی در صورتی که اختلاف وزن آنها کمتر از ۰.۶٪ باشد به عنوان وزن هزار دانه در نظر گرفته شد. عملکرد دانه در مرحله زرد و خشک شدن کامل گیاهان و بعد از حذف حاشیه‌ها در سطحی معادل دو مترمربع برداشت و پس از خرمن‌کوبی و توزین به عنوان عملکرد دانه ثبت شد. عملکرد بیولوژیکی در زمان برداشت نهایی در مساحتی معادل دو مترمربع در هر کرت آزمایشی تعیین شد. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک، به صورت درصد محاسبه شد. جهت محاسبه کارایی مصرف نیتروژن از رابطه زیر استفاده شد (هاشمی دزفولی و همکاران، ۱۳۷۴):

$$\text{عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)} = \frac{\text{کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)}}{\text{مقدار نیتروژن در دسترس (کیلوگرم در هکتار)}}$$

درصد پروتئین دانه به روش هضم‌تر و با دستگاه میکروکج‌دال اندازه‌گیری شد. در این روش ابتدا مقدار نیتروژن دانه تعیین و درصد پروتئین از حاصل ضرب نیتروژن دانه در ۶/۲۵ تعیین شد (روسی و همکاران، ۲۰۰۴). عملکرد پروتئین دانه نیز از حاصل ضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه محاسبه شد. تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار SAS انجام و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تأثیر کود اوره و اسید آمینه بر کلیه صفات مورد بررسی شامل تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبلچه، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبلچه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد پروتئین دانه، عملکرد پروتئین و کارایی مصرف نیتروژن معنی‌دار بود. اثر متقابل نوع کود اوره و اسید آمینه از نظر کلیه صفات بجز تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبلچه، درصد پروتئین، عملکرد پروتئین و کارایی مصرف نیتروژن معنی‌دار بود (جدول ۲).

تعداد سنبله در مترمربع

نتایج مقایسات میانگین نشان داد بیشترین تعداد سنبله در مترمربع در شرایط کاربرد ۱۰۰ درصد کود اوره و کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار اسید آمینه با میانگین ۳۹۲/۴ که با تیمار ۶۶ درصد کود اوره و کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار اسید آمینه تفاوت معنی‌دار نداشت و کمترین تعداد سنبله در مترمربع از عدم کاربرد اسید آمینه و تیمار ۳۳ درصد کود اوره با میانگین ۳۱۸/۸ حاصل شد (جدول ۳). تعداد سنبله در مترمربع به عنوان یکی از اجزاء مهم عملکرد می‌باشد که می‌تواند تعیین‌کننده تعداد دانه و در نهایت عملکرد دانه باشد (کوچکی و سرمدنی، ۱۳۸۷). نیتروژن موجب توسعه شاخص‌های رشد به عنوان نیاز اولیه برای رشد و نمو اجزاء عملکرد نظیر تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه می‌شود. لذا به کارگیری مقدار متعادل کود نیتروژن می‌تواند منجر

به تولید مناسبی از تعداد سنبله و دانه‌های سنگین‌تر در پایان مرحله رشد گیاه گردد (عبادی و همکاران، ۱۳۸۸). براساس گزارشات خانجانی و بحرانی (۱۳۹۶) فراهمی نیترون از اهمیت بالایی در افزایش تعداد پنجه‌های بارور و در نهایت در افزایش تعداد سنبله در متر مربع برخوردار است. در این تحقیق محلول‌پاشی اسیدآمین به دلیل نقش این مواد در سرعت بخشیدن به فرآیندهای حیاتی گیاه، زمینه رشد مساعدتر را فراهم آورده است و با تأمین عناصر غذایی لازم و در دسترس برای عمل فتوسنتز و تولید آسیمیلات، تعداد سنبله در مترمربع را افزایش داد. در همین رابطه اسکندری‌تربقان و فاضلی‌کاخکی (۱۴۰۰) بیان داشتند کاربرد تلفیقی آمینواسید و اسیدهیومیک از طریق اثر مثبت بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه بر افزایش تعداد سنبله در مترمربع و عملکرد گندم مؤثر بود. تأثیر مثبت اسیدآمین ممکن است به دلیل اثر سیتوکینین‌ها، ویتامین B12، و مواد معدنی باشد که در جهت‌گیری و انتقال متابولیت‌ها از برگ‌ها به اندام‌های تولیدمثل نقش دارند (سالوا و عثمان، ۲۰۱۴). محققان دیگر نیز به نتایج مشابهی در این زمینه دست یافتند (بغیر و النقیب، ۲۰۱۹؛ بوللوا و همکاران، ۲۰۲۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات کمی و کیفی گندم در شرایط کاربرد اسید آمینه و کود شیمیایی اوره

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد سنبله در	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	پروتئین دانه	عملکرد پروتئین	کارایی مصرف نیتروژن
تکرار	۲	۶۷/۰۸ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۴/۹۶ ^{ns}	۱۵۵/۰۴ ^{ns}	۳۰۰/۱ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۰۲۹ ^{ns}	۴/۳۳ ^{ns}
اسید آمینه	۳	۹۹۰۴/۵۳ ^{**}	۰/۶ [*]	۰/۱۲ [*]	۱۶۸/۱۲ ^{**}	۲۰۶۸/۷ ^{**} ۳	۱۵۶۳۶۲ ^{**}	۱۸۹/۲ ^{**}	۳۴/۵۸ ^{**}	۲۳۵/۰۱ [*]
کود اوره	۲	۶۹۸۵/۰۳ [*]	۱۳/۷۲ [*]	۰/۱۸ [*]	۱۰۹/۸۵ [*]	۱۹۰۸/۵ ^{**} ۲	۱۰۲۵۳۹ ^{**}	۲۰۳/۷ ^{**}	۲۳/۸۵ ^{**}	۱۴۱/۳۷ [*]
اسید آمینه × کود اوره	۶	۸۱۳۸۲/۶ ^{**}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۰۰۹ ^{ns}	۷۶/۳۷ [*]	۱۴۸۶/۱ ^{**} ۴	۷۶۱۴۴ [*]	۱۱۴/۵۲ ^{**}	۰/۰۶۲ ^{ns}	۱/۵۱ ^{ns}
خطای آزمایش	۲۲	۹۴۵/۰۸	۲/۸۳	۰/۰۳	۱۵/۰۹	۱۵۰۳/۷	۹۱۸۸/۵	۹/۱۳	۲/۰۳۶	۱۸/۲۴
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۵۲	۹/۵۶	۹/۱۱	۱۰/۸۲	۸/۸۶	۱۰/۰۱	۹/۵۴	۱۲/۱۹	۸/۶۵
										۱۴/۹

ns، ****** و *****: میانگین مربعات تیمارها به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می باشد.

جدول ۳- مقایسات میانگین برهمکنش کاربرد اسید آمینه و کود شیمیایی اوره بر تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

شاخص برداشت (درصد)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد سنبله در مترمربع	کود اوره	اسید آمینه
۲۹/۶۸ d	۱۱۶۰/۰۷ de	۳۴۴/۳۶ de	۳۲/۷۴ d	۳۳۷/۵ e	۱۰۰ درصد	عدم مصرف اسید آمینه
۲۹/۵۵ de	۱۱۳۶/۳ e	۳۳۵/۸ e	۳۱/۱ de	۳۲۹/۳ ef	۶۶ درصد	
۲۹/۴۷ e	۱۱۲۱/۱ ef	۳۳۰/۴ e	۲۹/۸ e	۳۱۸/۸ f	۳۳ درصد	
۳۱/۶۶ bc	۱۱۸۳/۱۲ d	۳۷۴/۶ c	۳۴/۸۵ c	۳۶۴/۲ cd	۱۰۰ درصد	۱/۵ کیلوگرم در هکتار
۳۱/۲۶ c	۱۱۶۳/۲۵ de	۳۶۳/۷ cd	۳۵/۲۶ cd	۳۵۵/۱ d	۶۶ درصد	
۳۰/۵۳ cd	۱۱۵۵/۶ de	۳۵۲/۹ d	۳۳/۷ d	۳۴۴/۷ de	۳۳ درصد	
۳۲/۹۵ b	۱۳۰۰/۱ b	۴۲۸/۵ ab	۳۷/۵ b	۳۸۷/۵ b	۱۰۰ درصد	۲ کیلوگرم در هکتار
۳۲/۹۴ b	۱۲۶۴/۴ c	۴۱۶/۶ b	۳۸/۴ b	۳۸۱/۳ bc	۶۶ درصد	
۳۱/۷۴ bc	۱۱۹۰/۰۸ d	۳۷۷/۸ c	۳۶/۳ c	۳۵۶/۴۲ d	۳۳ درصد	
۳۴/۳۴ a	۱۳۵۲/۳ a	۴۶۴/۵ a	۴۱/۶ a	۳۹۲/۴ a	۱۰۰ درصد	۳ کیلوگرم در هکتار
۳۴/۰۴ a	۱۳۴۷/۵ a	۴۵۸/۷ a	۴۰/۸ a	۳۹۰/۱ a	۶۶ درصد	
۳۱/۷۱ bc	۱۲۵۹/۲ c	۳۹۹/۴ bc	۳۷/۵۵ bc	۳۷۲/۲ c	۳۳ درصد	

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشترک در آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ نیستند.

تعداد سنبلچه در سنبله

در این تحقیق بیشترین تعداد سنبلچه در سنبله به تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره با ۱۹ و کمترین تعداد به تیمار ۳۳ درصد کود اوره با ۱۵/۸۸ اختصاص یافت (جدول ۴). تأثیر مثبت کود نیتروژن بر تعداد سنبلچه‌ها در سنبله ممکن است به دلیل افزایش طول دوره آغازش سنبلچه از طریق طولانی‌تر کردن مرحله پنجه‌زنی و بهبود باروری گلچه‌ها باشد زیرا احتمالاً نیتروژن و شرایط نامساعد محیطی در طول نمو گلچه (تا ظهور برگ پرچم) می‌تواند موجب مرگ و میر تعدادی از سنبلچه‌ها شود (قرنجیک و قالشی، ۲۰۰۱). همچنین در این آزمایش قسمت زیادی از تفاوت‌های تعداد سنبلچه در سنبله مربوط به تفاوت‌های شاخص سطح برگ و فتوستتزی گیاه می‌باشد (غلامی و همکاران، ۱۳۹۷) زیرا تغییرات تعداد سنبلچه در گندم گیاه بستگی به تغییرات دو پارامتر شاخص سطح برگ و میزان آسیمیلایون خالص دارد. در این خصوص محققین دیگری نیز به افزایش تعداد سنبلچه در سنبله اشاره کرده اند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (احمدی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۲؛ موسانایی و همکاران، ۲۰۱۷) نتایج آزمایش همچنین نشان داد که با افزایش مصرف اسید آمینه تعداد سنبلچه در سنبله افزایش معنی‌دار یافت. بیشترین تعداد در شرایط کاربرد ۲ و ۳ کیلوگرم در هکتار به ترتیب با ۱۸/۴۲ و ۱۸/۹۲ در یک سطح آماری و کمترین تعداد نیز با ۱۶/۱۸ در شرایط عدم مصرف اسید آمینه حاصل شد (جدول ۴). بیان شده است که اسیدهای آمینه نقش تغذیه‌ای مهمی در گیاهان دارند زیرا حاوی طیف وسیعی از عناصر هستند، افزودن اسیدهای آمینه می‌تواند تثبیت نیتروژن را تقویت کرده و باعث افزایش سطح ریشه برای جذب عناصر غذایی شوند (سوری، ۲۰۱۶). به نظر میرسد محلول‌پاشی اسیدهای آمینه از طریق فراهم کردن ازت سبب بهبود رشد رویشی و توسعه برگ‌ها (ال سعید و مهدی، ۲۰۱۶) و به دنبال آن افزایش فتوستتزی (الزریجای و همکاران، ۲۰۲۱) و درنهایت در افزایش تعداد سنبلچه در سنبله موثر بوده است در همین راستا بغیر و ال-نقیب (۲۰۱۹) نیز بیان داشتند که محلول‌پاشی اسید آمینه سبب افزایش تعداد سنبلچه در سنبله گندم شد.

جدول ۴- مقایسات میانگین تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبلچه و پروتئین دانه در شرایط کاربرد اسید آمینه و

کود شیمیایی اوره

تیمارها	تعداد سنبلچه در سنبله	تعداد دانه در سنبلچه	پروتئین دانه (درصد)	عملکرد پروتئین (گرم در مترمربع)	کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)
اسید آمینه					
عدم مصرف اسید آمینه	۱۶/۱۸C	۱/۳۰C	۱۰/۰۹C	۳۲/۶۲ C	۴۱/۶۳ C
۱/۵ کیلوگرم در هکتار	۱۶/۸۳b	۱/۸۰b	۱۱/۹۵b	۴۵/۲۱b	۴۵/۵۴ bc
۲ کیلوگرم در هکتار	۱۸/۴۲a	۲/۱۰a	۱۲/۲۷ab	۵۰/۲۲ ab	۵۱/۲۲ b
۳ کیلوگرم در هکتار	۱۸/۹۱a	۲/۴۰a	۱۲/۴۱a	۵۴/۳۵ a	۵۹/۱۵ a
کود اوره					

۴۴/۲۳a	۵۶/۲۴ a	۱۲/۷a	۲/۳۱ a	۱۹/۰۰a	۱۰۰ درصد
۵۰/۱۲b	۴۴/۶۰b	۱۱/۵۱ab	۱/۹۰ b	۱۷/۸۸b	۶۶ درصد
۵۸/۰۲c	۳۵/۹۲ c	۱۰/۸۴b	۱/۵۲ c	۱۵/۸۸c	۳۳ درصد

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشترک در آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ نیستند

تعداد دانه در سنبلچه

در این تحقیق بیشترین تعداد دانه در سنبلچه به تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره با میانگین ۲/۳۱ و کمترین تعداد به تیمار ۳۳ درصد کود اوره با میانگین ۱/۵۲ اختصاص یافت (جدول ۴). می‌توان بیان داشت دسترسی بیشتر به آب و مواد معدنی در دوره رشد زایشی بویژه در مرحله دانه‌بندی منجر به افزایش تعداد دانه در سنبلچه می‌گردد (حمزه‌ئی و همکاران، ۱۳۹۶). نتایج همچنین نشان داد بیشترین تعداد دانه در سنبلچه در شرایط کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار اسیدآمین به میانگین ۲/۴۰ و کمترین تعداد دانه در سنبلچه از عدم کاربرد اسیدآمین به میانگین ۱/۳ حاصل شد (جدول ۴). افزایش تعداد دانه در سنبلچه در شرایط محلول‌پاشی اسیدهای آمینه احتمالاً به دلیل تحریک و افزایش تقسیم سلولی بوده که در افزایش تعداد دانه در سنبلچه موثر بوده است (رفیع و همکاران، ۱۴۰۰). نتایج یافته‌های حسنی و امیری (۱۳۹۵) در گندم نیز یافته‌های حاصل از این تحقیق را تأیید می‌نماید. تأثیر مثبت کود اوره و اسیدآمین بر افزایش تعداد دانه در سنبلچه توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (بغیر و النقیب، ۲۰۱۹؛ علازمانی، ۲۰۱۴).

وزن هزار دانه

نتایج مقایسات میانگین که نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در شرایط کاربرد ۱۰۰ درصد کود اوره و کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار اسیدآمین به میانگین ۴۱/۶ گرم که با تیمار ۶۶ درصد کود اوره و کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار اسیدآمین تفاوت آماری معنی‌داری نداشت و کمترین وزن هزار دانه از عدم کاربرد اسیدآمین و تیمار ۳۳ درصد کود اوره با میانگین ۲۹/۸ گرم حاصل شد (جدول ۳). تحقیقات پیشین علت افزایش وزن هزاردانه را بهبود شاخص‌های رشدی در شرایط محلول‌پاشی اسیدآمین و نیتروژن دانسته‌اند (عبادی و همکاران، ۱۳۸۸). در این رابطه هانان و همکاران (۲۰۰۸) اظهار داشتند که فراهمی کود نیتروژن در مراحل رشد زایشی و عدم تنش کمبود مواد غذایی منجر به افزایش وزن هزار دانه می‌شود. این محققین علت این امر را به افزایش جذب و فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به تبع آن به افزایش در فرایند فتوسنتز نسبت دادند. محققین دیگر تأثیر مثبت اسیدهای آمینه روی وزن هزار دانه به جهت اثر اسیدهای آمینه بر ساخت مواد نیتروژن غیرپروتئینی نسبت داده‌اند (ال سعید و مهدی، ۲۰۱۶). همچنین حسنی و امیری (۱۳۹۵) بیان کردند که اسید آمینه‌های آزاد همراه با عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در این فرآورده‌ها احتمالاً در تشکیل سنبله قوی‌تر، افزایش تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه گیاه نقش داشته است. در همین رابطه رفیع و همکاران (۱۴۰۰) بیان داشتند که بیشترین وزن هزار دانه (۴۵/۸۰ گرم) مربوط به مصرف اسیدآمین بود که در مقایسه با عدم مصرف آن برتری معنی‌دار به میزان ۷ درصد داشت.

عملکرد دانه

نتایج مقایسات میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد دانه به تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره و کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار اسیدآمین به میانگین ۴۶۴/۵ گرم در مترمربع که با تیمار ۶۶ درصد کود اوره و کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار اسیدآمین تفاوت آماری معنی داری نداشت و کمترین عملکرد دانه از عدم کاربرد اسیدآمین و تیمار ۳۳ درصد کود اوره با میانگین ۳۳۰/۴ گرم در مترمربع حاصل شد (جدول ۳). از آنجایی که مصرف کود نیتروژن و محلول پاشی اسیدهای آمینه بر فعل و انفعالات بیوشیمیایی، افزایش طول دوره رویش و تجمع ماده خشک اندام‌های هوایی و اجزاء عملکرد دانه مؤثر است، به نظر می‌رسد تأثیر آن‌ها بر عملکرد دانه بدیهی باشد (کلیکوکا و همکاران، ۲۰۱۶). در این پژوهش افزایش عملکرد دانه عمدتاً به دلیل تعداد بیشتر دانه و همچنین وزن دانه بود. نتایج فوق با نتایج یعقوبیان و همکاران (۱۳۹۶)، ما و همکاران (۲۰۱۹) و لیتکه و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت دارد. به نظر می‌رسد در شرایط محلول پاشی اسیدهای آمینه از طریق افزایش توان فتوسنتزی گیاه، سطح کربوهیدرات‌های محلول افزایش یافته و قابلیت دسترسی آن‌ها برای رشد و نمو اندام‌های گلچه افزایش یافت که منجر به افزایش تعداد، وزن دانه و نهایتاً افزایش عملکرد دانه شده است (گیگلیون و همکاران، ۲۰۰۸). بر همین اساس برانکو و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی بیان داشتند کاربرد کود نیتروژن به صورت کمپلکس با اسیدهای آمینه، بر میزان عملکرد دانه، شاخص سطح برگ و وزن تر گیاه اثر مثبت داشت. همچنین ال- جاتری و همکاران (۲۰۱۹) بیان داشتند که کاربرد اسیدهای آمینه سبب افزایش عملکرد دانه و میزان کلروفیل کل در گندم شد. از طرفی ابراهیمی و همکاران (۱۴۰۱) گزارش نمودند که کاربرد محرک‌های رشد نظیر اسیدهای آمینه، نه تنها سبب بهبود عملکرد گیاه شد بلکه منجر به کاهش مصرف کودهای شیمیایی به میزان ۲۵ درصد شد، بدون آن‌که عملکرد گیاه کاهش یابد.

عملکرد بیولوژیک

بیشترین عملکرد بیولوژیکی به تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره و کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار اسیدآمین به میانگین ۱۳۵۲/۳ گرم در مترمربع که با تیمار ۶۶ درصد کود اوره و کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار اسیدآمین تفاوت آماری معنی داری نداشت و کمترین عملکرد بیولوژیکی از عدم کاربرد اسیدآمین و تیمار ۳۳ درصد کود اوره با میانگین ۱۱۲۱/۱ گرم در مترمربع حاصل شد (جدول ۳). در گیاهان افزایش عملکرد بیولوژیکی تابعی از فرآیندهای رشدی و حجم پیکره رویشی و زایشی گیاه است به عبارت دیگر افزایش حجم پیکره رویشی و سطح برگ‌ها و افزایش فتوسنتز و تولید و تجمع ماده خشک در گیاه سبب افزایش عملکرد بیولوژیکی گیاه می‌گردد. بنابراین تأثیر محلول پاشی اسیدآمین و کاربرد کود اوره بر افزایش تقسیم و بزرگ شدن سلولی در اندام‌های مختلف گیاه و به دنبال آن افزایش فتوسنتز و تجمع ماده خشک را می‌توان علل افزایش عملکرد بیولوژیکی در گندم دانست (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۷). نتایج فوق با نتایج خانجانی و بحرانی (۱۳۹۶) و موسانایی و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت داشت. بیان شده است که اسیدهای آمینه در سنتز ترکیبات آلی مانند پروتئین، آمین‌ها، پورین‌ها و پیریمیدین‌ها، آلکالوئیدها، ویتامین‌ها، آنزیم‌ها و ترپنوئیدها نقش دارند (هانسام و همکاران، ۲۰۰۸). پروتئین یکی از اصلی‌ترین اجزایی می‌باشند که رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پروتئین‌ها حاوی توالی اسیدهای

آمینه است. در محلول‌های اسیدآمینه، گیاهان اسیدآمینه را از طریق روزنه‌ها جذب می‌کنند (رئیزی و همکاران، ۲۰۱۴). با توجه به این ویژگی‌ها، محلول‌پاشی اسیدآمینه و در اختیار قرار دادن این منبع برای گیاه، باعث رشد بهتر گیاه، افزایش سطح برگ و به دنبال آن سبب افزایش فتوسنتز در گیاه شده که مجموعه این عوامل می‌تواند عملکرد بیولوژیک را در گندم را تحت تأثیر قرار دهد. نتایج این تحقیق با گزارشات طاهری اصغری (۱۴۰۱) مطابقت داشت. همچنین لئو و همکاران (۲۰۱۴) و ابراهیمی و همکاران (۱۴۰۱) نیز نشان دادند، کاربرد مخلوط اسیدهای آمینه باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی در سایر گیاهان می‌شوند که با نتایج این تحقیق همخوانی داشت.

شاخص برداشت

نتایج نشان داد که بیشترین شاخص برداشت به تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره و کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار اسیدآمینه با میانگین ۳۴/۳۴ درصد که با تیمار ۶۶ درصد کود اوره و کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار اسیدآمینه تفاوت آماری معنی‌داری نداشت و کمترین شاخص برداشت از عدم کاربرد اسیدآمینه و تیمار ۳۳ درصد کود اوره با میانگین ۲۹/۴۷ درصد حاصل شد (جدول ۳). افزایش درصد شاخص برداشت در مقادیر بالای اوره و نیتروژن در اثر افزایش عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیکی صورت گرفته است که در نتایج عملکرد دانه و بیولوژیکی این مطلب به وضوح مشاهده می‌شود. بالا بودن شاخص برداشت نمایانگر انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه است. علت افزایش شاخص برداشت را می‌توان به جذب بهتر عناصر غذایی نسبت داد. زیرا گیاه با جذب بهتر عناصر غذایی و افزایش شاخص سطح برگ می‌تواند از تشعشع خورشیدی بهتر استفاده نماید و مواد فتوسنتزی بیشتری را به دانه ارسال نماید و در نتیجه نسبت دانه به ماده خشک را افزایش دهد که در نهایت سبب افزایش نسبت‌های شاخص برداشت شده است. طبق اظهارات کلیوکا و همکاران (۲۰۱۶) کود نیتروژن با افزایش مخزن، می‌تواند علاوه بر افزایش زیست توده، تخصیص مواد فتوسنتزی در بخش اقتصادی گیاه (دانه) را بهبود بخشیده و منجر به افزایش شاخص برداشت گردد. در این تحقیق می‌توان بیان داشت عواملی که به طرق مختلف انتقال آسیمیلایون به مقصد را کنترل می‌کنند روی توزیع مواد فتوسنتزی نیز کنترل دارند و محلول‌پاشی محرک‌های رشد نظیر اسیدهای آمینه نیز از طریق اثر بر تعداد و اندازه سلول‌های مقصد و فعالیت برخی آنزیم‌ها بر افزایش شاخص برداشت گیاه مؤثر می‌باشند (اسکندری‌تربقان و فاضلی‌کاخکی، ۱۴۰۰). در همین رابطه انتظاری و همکاران (۱۳۸۷) بیان داشتند که بالاترین شاخص برداشت از تیمار محلول‌پاشی اسیدآمینه با غلظت ۳ و ۶ در هزار به ترتیب با ۴۳/۰۶ و ۴۰/۶ درصد به دست آمد. از طرفی استوارت و هانسون (۱۹۹۹) براین باور هستند که استفاده از اسیدهای آمینه، باعث رشد بوته شده و این مسئله خود شاخص برداشت را افزایش می‌دهد.

پروتئین دانه

در این تحقیق بیشترین درصد پروتئین از کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار اسیدآمینه با میانگین ۱۲/۴۱ درصد و کمترین درصد پروتئین از عدم کاربرد اسیدآمینه با میانگین ۱۰/۰۹ درصد حاصل شد (جدول ۴). همچنین بیشترین درصد پروتئین به تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره با میانگین ۱۲/۷ درصد و کمترین درصد پروتئین به تیمار ۳۳ درصد کود اوره با میانگین

۱۰/۸۴ درصد اختصاص یافت (جدول ۴). محلول پاشی اسید آمینه و کود نیتروژن در بیوسنتز پروتئین و بسیاری از مولکول‌های زیستی نقش مهمی دارند. از اینرو، استفاده ترکیبی نیتروژن و اسیدهای آمینه باعث بهره‌وری بیشتر این عنصر در گیاه می‌شود (مبینی و همکاران، ۲۰۱۴). برخی از پژوهشگران نیز نقش اصلی تأثیر اسید آمینه در آسیمیلایون نیتروژن و ساخت پروتئین را به دلیل تأثیر آن بر آنزیم‌های مؤثر در متابولیسم نیترات می‌دانند که در آن کاربرد اسید آمینه باعث افزایش غلظت آنزیم‌های نیترات ردوکتاز و گلوتامین سنتتاز می‌شود (لئو و همکاران، ۲۰۱۴). در همین رابطه سالوا و عثمان (۲۰۱۴) گزارش کردند که محلول پاشی اسید آمینه باعث بهبود صفات کیفی دانه گندم می‌شود. این محققین بیان کردند که اسیدهای آمینه می‌توانند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی، رشد و عملکرد گیاه تأثیرگذارند. به نقل از لیتکه و همکاران (۲۰۱۸) کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر محتوی پروتئین داشت و این افزایش معنی‌دار تا تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در این صفت مشاهده شد که همگی این نتایج با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت.

عملکرد پروتئین

در این پژوهش بیشترین عملکرد پروتئین دانه با میانگین ۵۴/۳۵ گرم در مترمربع از کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار اسید آمینه و کمترین عملکرد پروتئین دانه با میانگین ۳۲/۶۲ گرم در مترمربع به عدم کاربرد اسید آمینه اختصاص یافت (جدول ۴). بیان شده است که افزایش عملکرد پروتئین دانه عمدتاً ناشی از افزایش عملکرد دانه می‌باشد هرچند که عوامل محیطی و خصوصیات ژنتیکی گیاه نیز می‌توانند بر عملکرد پروتئین دانه تأثیرگذار باشند (علازمانی، ۲۰۱۴). در این پژوهش به نظر می‌رسد که در تیمار کاربرد اسید آمینه به دلیل جذب برگی نیتروژن توسط گیاه (النگار و همکاران، ۲۰۰۷). و افزایش جذب نیتروژن خاک (پرز و همکاران، ۲۰۱۵)، مقدار بیشتری از این عنصر توسط گیاه جذب و مازاد آن برای رشد رویشی و تشکیل دانه به شکل پروتئین در دانه تجمع یافته است که در نهایت منجر به افزایش عملکرد پروتئین گردیده است. نتایج آزمایش همچنین نشان داد بیشترین عملکرد پروتئین به شرایط کاربرد ۱۰۰ درصد کود اوره با میانگین ۵۶/۲۴ گرم در مربع و کمترین مقدار با ۳۵/۹۲ گرم در متر مربع در شرایط کاربرد ۳۳ درصد کود اوره تعلق داشت. مراقبی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی پنج سطح کود نیتروژن در گندم گزارش نمودند که با افزایش مصرف نیتروژن، عملکرد دانه، پروتئین دانه و عملکرد پروتئین دانه افزایش می‌یابد که با یافته‌های این تحقیق مشابهت داشت. همچنان‌که موسانایی و همکاران (۲۰۱۷) و ما و همکاران (۲۰۱۹) با اشاره به بهبود اثر کود نیتروژن بر عملکرد دانه بیان نمودند که کود نیتروژن بر صفات کیفی عملکرد پروتئین و درصد پروتئین تأثیر معنی‌داری داشت.

کارایی مصرف نیتروژن

نتایج مقایسه میانگین اثر مقادیر کاربرد اسید آمینه نیز نشان داد که بیشترین کارایی مصرف نیتروژن مربوط به کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۵۹/۱۵ کیلوگرم بر کیلوگرم و کمترین کارایی مصرف نیتروژن در شرایط عدم کاربرد اسید آمینه با میانگین ۴۱/۶۳ کیلوگرم بر کیلوگرم اختصاص یافت (جدول ۴). در این تحقیق همبستگی مثبت و معنی‌داری

بین کارایی مصرف نیتروژن و کاربرد اسید آمینه مشاهده شد. بنظر می‌رسد کاربرد اسید آمینه علاوه بر فراهم کردن نیتروژن مورد نیاز گیاه به دلیل افزایش رشد اندام هوایی، موجب افزایش جذب نیتروژن و در نتیجه منجر به دستیابی به بیشترین کارایی این عنصر در گیاه شده است. در این رابطه پرز و همکاران (۲۰۱۵) نیز اظهار نمودند که کاربرد اسیدهای آمینه فواید زیادی برای گیاهان دارند از جمله افزایش سرعت جوانه‌زنی، فعال کردن ریشه‌زایی، افزایش محتوی کلروفیل و افزایش میزان جذب عناصر می‌باشند که این نتایج با یافته‌های این تحقیق مطابقت داشت. حسینی و امیری (۱۳۹۵) نیز گزارش نمودند، مصرف اسید آمینه، عملکرد جو را بدلیل همبستگی مثبت جذب نیتروژن توسط گیاه با اسید آمینه، افزایش داد و باعث افزایش کارایی نیتروژن گردید. مقایسه میانگین سطوح مختلف کود اوره بر کارایی مصرف نیتروژن نشان داد (جدول ۴)، که بیشترین کارایی مصرف نیتروژن به شرایط کاربرد ۳۳ درصد کود اوره با میانگین ۵۸/۰۲ کیلوگرم بر کیلوگرم و کمترین کارایی مصرف نیتروژن به کاربرد ۱۰۰ درصد اوره با میانگین ۴۴/۲۳ کیلوگرم بر کیلوگرم تعلق داشت. در این تحقیق همبستگی منفی بین کارایی مصرف نیتروژن و مقادیر مصرف این نیتروژن مشاهده شد. دوئل و هالفورد (۲۰۰۵) بیان نمودند، یکی از دلایل کاهش کارایی مصرف نیتروژن در اثر افزایش مصرف نیتروژن، فزونی سرعت از دست رفتن عنصر مذکور از طریق آبشویی و تصعید یا عدم استفاده موثر از آن باشد. حسینی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش نمودند که با افزایش میزان مصرف نیتروژن در گندم کارایی آن نیز کاهش می‌یابد این محققین بیان کردند که رابطه بین مصرف کود نیتروژن و افزایش عملکرد دانه گندم خطی نیست. به عبارت دیگر با افزایش کاربرد کود نیتروژن به همان میزان عملکرد دانه بهبود نمی‌یابد که این نتایج با یافته‌های این تحقیق مطابقت داشت. دیگر محققین نیز گزارش دادند که با مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص بیشترین کارایی مصرف نیتروژن در جو حاصل شد اما با افزایش آن تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، کارایی مصرف نیتروژن کاهش یافت (ستاری آرانی و همکاران، ۱۳۹۶). در این تحقیق افزایش مصرف کود اوره تا ۱۰۰٪ معادل ۱۳۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره در افزایش عملکرد کمی و کیفی گندم موثر بود. ضمناً محلول پاشی اسید آمینه نیز در این افزایش تاثیر معنی‌دار داشت. در این تحقیق بهترین نتیجه به تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره و کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار اسید آمینه تعلق داشت که با تیمار ۶۶ درصد کود اوره و کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار اسید آمینه تفاوت آماری معنی‌داری نداشت. در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در دو نوبت پایان پنجه‌دهی و مرحله آبستنی در کنار کودهای شیمیایی نیتروژن، می‌تواند علاوه بر تولید محصول کافی، در کاهش مصرف کود شیمیایی موثر باشد. لذا با کاربرد ۶۶ درصد کود اوره به همراه ۳ کیلوگرم در هکتار اسید آمینه علاوه بر صرفه جویی در مصرف کود شیمیایی می‌توان به عملکرد کمی و کیفی مناسبی در گندم دست یافت.

منابع

- ابراهیمی، ه. م. ن. ایلکایی، م. م. طهرانی، ف. پاک‌نژاد و م. بصیرت. ۱۴۰۱. تأثیر برخی محرک‌های رشدی و سطوح مختلف کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. علوم گیاهان زراعی ایران. جلد ۵۳، شماره ۱: ۱۸۹-۲۰۰.
- احمدی‌نژاد، ر. ع. نجفی، ن. اصغرزاد و ش. اوستان. ۱۳۹۲. اثر کودهای آلی و نیتروژن بر کارایی مصرف آب، عملکرد و ویژگی‌های رشد گندم (رقم الوند). نشریه دانش آب و خاک. جلد ۲۳، شماره ۲: ۱۹۴-۱۷۷.
- اسکندری‌تربقان، م. و ف. فاضلی‌کاخکی. ۱۴۰۰. بررسی تأثیر تقویت‌کننده‌های کودی بر برخی از اجزای عملکرد گندم در شرایط قطع آب آخردر شرایط مزرعه. فرآیند و کارکرد گیاهی. جلد ۱۰، شماره ۴۵: ۱۰۶-۸۹.
- اسماعیل زاده مقدم، م. م. خدارحمی، ع. پورشهبازی، ح. اکبری مقدم، م. سیاح فر، س. طهماسبی، غ. لطفعلی‌آینه، ن. امیر بختیار، ف. افشاری، م. دالوند، ع. ذاکری، ن. طباطبایی، ر. روح‌پرور و ش. کیا. ۱۳۹۶. مهرگان، رقم جدید گندم نان مقاوم به زنگ زرد، قهوه‌ای و سیاه، باکیفیت نانوائی بالا، مناسب کشت در نظام‌های زراعی اقلیم گرم و خشک جنوب ایران. یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی. جلد ۶، شماره ۱: ۷۱-۷۷.
- انتظاری، س. م. خلعتبری، م. نصری و ا. ذاکری محمدآبادی. ۱۳۸۷. تأثیر محلول‌پاشی اسیدآمینه بر کم آبیاری زراعت گندم در دشت ورامین. مجله علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم. جلد ۱۴: ۷۹-۶۴.
- پورابراهیمی فومنی، م. ع. سیروس مهر، ح. ر. عشقی زاده، م. ر. اصغری پور و ع. خمیری. ۱۳۹۸. اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر برخی شاخصهای فیزیولوژیک رشد و رنگیزه-های فتوسنتزی هیبریدهای دیررس، میان‌رس و زودرس ذرت (*Zea mays L.*). فرآیند و کارکرد گیاهی. جلد ۸، شماره ۳۰: ۵۳-۶۹.
- حسینی، ا. و م. ر. امیری. ۱۳۹۵. تأثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر کارایی زراعی نیتروژن، عملکرد و کیفیت دانه جو. نشریه زراعت. جلد ۱۱۲: ۸۶-۷۶.
- حسینی، ر. ا. س. ا. گاشی، ا. سلطانی، م. کلاته و م. زاهد. ۱۳۹۲. اثر کود نیتروژن بر شاخص‌های کارایی مصرف نیتروژن در ارقام گندم. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۱۱، شماره ۲: ۳۰۶-۳۰۰.
- حمزه‌ئی، ج. س. م. سیدی، ا. آزادبخت و ا. فصاحت. ۱۳۹۶. اثر سطوح کود نیتروژن و تراکم بوته بر کمیت و کیفیت بذور گندم. مجله علمی-پژوهشی زراعت و اصلاح نباتات. جلد ۱۳، شماره ۴: ۱۰۷-۹۷.
- خانجانی، م. و ع. بحرانی. ۱۳۹۶. اثر مقادیر مصرف و تقسیط کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد، انتقال مجدد ماده خشک و میزان فتوستتزر جاری در گندم رقم چمران. دو فصلنامه علوم به زراعی گیاهی. جلد ۷، شماره ۲: ۱۰۱-۸۹.
- رفیع، م. ر. م. صلحی و م. جوادزاده. ۱۴۰۰. بررسی تأثیر کاربرد اسیدآمینه، اسید فولویک و عصاره جلبک دریایی در شرایط نرمال و تنش خشکی بر خصوصیات کمی و کیفی گندم در منطقه بهبهان. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. جلد ۱۴، شماره ۱: ۱۴۱-۱۳۱.

ستاری آرانی، ع.، م. میرزاخانی و س.ا. فرید هاشمی. ۱۳۹۶. تأثیر مقدار بذر مصرفی و سطوح نیتروژن بر ویژگی‌های زراعی و کارایی مصرف نیتروژن. رقم امیدبخش جو. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی. جلد ۸، شماره ۲۸: ۱۰۱-۱۰۹.

سیدشریفی، ر. و ر. خلیل‌زاده. ۱۳۹۷. تولید غلات. انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی. ۴۰۶ صفحه.
طاهری اصغری، م. ۱۴۰۱. اثر محلول پاشی با اسیدهای آمینه و همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا بر ویژگی‌های گیاه دارویی همیشه بهار. به زراعی کشاورزی. جلد ۲۴، شماره ۲: ۶۱۵-۶۲۹.
عبادی، ع.، ح. ر. محمد دوست‌چمن‌آباد و ح. ر. مصطفایی. ۱۳۸۸. بررسی اثر گوگرد و نیتروژن بر روی عملکرد و جذب عناصر غذایی در گلرنگ بهار. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه محقق اردبیلی. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۱۸ صفحه.

غلامی، ب.، نوروزی شهری، ف.، مندنی، ف.، جلالی هنرمند، س. و م. سعیدی. ۱۳۹۷. بررسی برخی از شاخص‌های رشد و عملکرد دانه گندم در پاسخ به کاربرد کود اوره و دود آب. به زراعی کشاورزی. جلد ۲۰، شماره ۳: ۶۰۹-۶۲۶.
مراقبی، ف.، م. اکبری فامیله، و ع. هوشمند فر. ۱۳۹۰. تأثیر مقدار و زمان مصرف نیتروژن بر درصد پروتئین دانه و کارایی مصرف نیتروژن گندم رقم پیشتاز در منطقه ساوه. فصلنامه علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم. جلد ۷، شماره ۲۹: ۷۶-۶۵.

کوچکی، ع. و غ. ح. سرمدنیا. ۱۳۸۷. فیزیولوژیکی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۵۰ صفحه.
یعقوبیان، ا.، س. قاسمی و ی. یعقوبیان. ۱۳۹۶. اثر تاریخ کاشت و کود اوره بر برخی صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط آب و هوایی شهرستان هشتروند. فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی. جلد ۱۳، شماره ۲: ۵۳-۶۴.

هاشمی دزفولی، ا.، ع. کوچکی و م. بنایان اول. ۱۳۷۴. افزایش عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۷ صفحه.

- Alazmani, A.R. 2014. Effect of nitrogen fertilizer on feed and grain yield of barley cultivar. Int. Res. J. Appl. Basic Sci. 8(11): 2013-15.
- Alzreejawi, S. Hayyawi, W. and Al-Juthery, A. 2021. Effect of foliar application of nano nutrients and amino acids as a complementary nutrition on quantity and quality of maize grains. 2nd Virtual International Scientific Agricultural Conference.
- Al-juthery, H., H. Hardan, G. Al-Swedi, M. Obaid and Q. Al-Shami. 2019. Effect of foliar nutrition of nano-fertilizers and amino acids on growth and yield of wheat. Earth Environ. Sci. 388:1-9.
- Baqir, H. and M. Al-Naqeeb. 2019. Effect of some amino acids on tillering and yield of three bread wheat cultivars. Iraqi J. Agric. Sci. 50: 20-30.
- Boulelouah, N., M.R. Berbache, H. Bedjaoui, N. Selama and N.Y. Rebouh. 2022. Influence of nitrogen fertilizer Rate on yield, grain quality and nitrogen use efficiency of durum wheat

- (*Triticum durum* Desf) under Algerian semiarid conditions. Agriculture. 12, 1937. <https://doi.org/10.3390/agriculture12111937>
- Brankov, M., M. Simi, Z. Dolijanovi, M. Rajkovi, V. Mandi and V. Dragicevi. 2020. The response of maize lines to foliar fertilizing. Agriculture. 10(9):365.
- Doyle, A.D., and I.C.R. Holford. 2005. The uptake of nitrogen by wheat, its agronomic efficiency and their relationship to soil and nitrogen fertilizer. Aust J Agric Res. 44:1245-1258.
- Duan, Y., M. Xu, S. Gao, H. Liu, S. Huang and B. Wang. 2016. Long-term incorporation of manure with chemical fertilizers reduced total nitrogen loss in rain-fed cropping systems. Sci. Rep. 6: 1–10.
- El-Naggar, E. and A. El-Ghamr. 2007. Effect of bio and chemical nitrogen fertilizers with foliar of humic and aminiacid on wheat. J. Agric. Sci. 32(5): 4029-4043.
- El-Said, M.A.A. and A.Y. Mahdy. 2016. Response of two wheat cultivars to foliar application with amino acids under low levels of nitrogen fertilization. Middle East J. Agric. Res. 5: 462-472.
- Gharangeik, A. and S. Ghaleshei. 2001. Investigation of foliar urea fertilizer application on yield and yield component of two wheat cultivars. J. Agric. Nat. Resour. 8(2): 87-98
- Ghiglione, H., F. Gonzalez, R. Serrago, S. Maldonado, C. Chilcott, J. Cura, D. J. Miralles, T. Zhu and J. Casal. 2008. Autophagy regulated by daylength sets the number of fertile florets in wheat. Plant J. 55: 1010-1024.
- Halpern, M., A. Bar-Tal, M. Ofek, D. Minz, T. Muller and U. Yermiyahu. 2015. The Use of Biostimulants for Enhancing Nutrient Uptake. In Advances in Agronomy; Sparks, D.L., Ed.; Academic Press: New York NY USA. 130: 141–174.
- Hanan, S. S., G.A. Mona and H. I. El-Alia. 2008. Yield and yield components of maize as affected by different sources and application rates of nitrogen fertilizer. J. Agric. Biol. Sci. 4: 399-412.
- Hounsborne, N., B. Hounsborne, D. Tomos and G. Edwards-Jones. 2008. Plant metabolites and nutritional quality of vegetables. J. Food Sci. 73(4): 48-65.
- Klikocka, H., M. Cybulska, B. Barczak, B. Narolski, B. Szostak, B. Kobińska, A. Nowak and E. Wojcik. 2016. The effect of sulphur and nitrogen fertilization on grain yield and technological quality of spring wheat. Plant Soil Environ. 62(5): 230-236.
- Litke, K., Z. Gaile and A. Ruza. 2018. Effect of nitrogen fertilization on winter wheat yield and yield quality. Agron. Res. 16(2): 500-509.
- Liu, C.W., Y. Sung, B. Chen and H. Lai. 2014. Effects of Nitrogen Fertilizers on the Growth and Nitrate Content of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). Int. J. Environ. Res. Public Health. 11(4): 4427-4440.
- Ma, G., W. Liu, S. Li, P.C. Zhang, H. Lu, L. Wang, Y. Xie, D. Ma and G. Kang. 2019. Determining the optimal N input to improve grain yield and quality in winter wheat with reduced apparent N loss in the North China plain. Front Plant Sci. 10:1-12.
- Miller, A., X. Fan, Q. Shen and S. Smith. 2007. Amino acids and nitrate as signals for the regulation of nitrogen acquisition. J. Exp. Bot. 59: 111–119.
- Mobini, M., A.H. Khoshgoftarmanesh and S. Ghasemi. 2014. The effect partial replication of nitrate with arginine, histidine, and a mixture of amino acids extracted from blood powder on yield and nitrate accumulation in onion bulb. Sci. Hortic. 176: 232-237.

- Mosanaei, H., H. Ajamnorazi, M.R. Dadashi, A. Faraji and M. Pessarakli. 2017. Improvement effect of nitrogen fertilizer and plant density on wheat (*Triticum aestivum* L.) seed deterioration and yield. Emir. J. Food Agric. 29(11): 899-910.
- Perez, P., R. Zhang, X. Wang, J. Ye and D. Huang. 2015. Characterization of the amino acid composition of soils under organic and conventional management after addition of different fertilizers. J. Soils Sediments. 15(4): 890-901.
- Raeisi, M., L. Farahani and M. Palashi. 2014. Changes of qualitative and quantitative properties of radish (*Raphanus sativus* L.) under foliar spraying through amino acid. Int. J. Biosci. 4(1): 463- 468.
- Rossi, A.M., M.D. Juarez, N.C. Samman, and M. Villarreal. 2004. Nitrogen contents in food: A comparison between the Kjeldahl and Hach methods. An. Asoc. Quim. Argent. 92(4): 99-108.
- Rouphael, Y. and G. Colla. 2018. Synergistic Biostimulatory Action: Designing the Next Generation of Plant Biostimulants for Sustainable Agriculture. Front Plant Sci. 9:1655.
- Salwa, A.R.H. and A.M.A. Osama. 2014. Physiological and biochemical studies on drought tolerance of wheat plants by application of amino acids and yeast extract. Ann. Agric. Sci. 59: 133–145.
- Shekari, G. and J. Javanmardi. 2017. Effects of foliar application pure amino acid and amino acid containing fertilizer on Broccoli (*Brassica oleracea* L. var. italica) transplant. Adv. Crop Sci. Technol. 5:280.
- Souri, M. 2016. Aminochelate fertilizers: the new approach to the old problem; a review. Open Agric. 1(1): 118-123.
- Stewart, C. and G. Hanson. 1999. Relationship between stress induced ABA and proline accumulation and induced proline accumulation in excised barley leaves. Plant Physiol. 79: 24-28.
- Thornton, B. and D. Robinson. 2005. Uptake and assimilation of nitrogen from solutions containing multiple N sources. Plant Cell Environ. 28: 813-821.

Evaluation of the effect of different amounts of nitrogen urea and amino acid on quantitative and qualitative characteristics of wheat in Mahshahr region, Khuzestan

N. Salehi^{۱*}, S. K. Marashi^{2*}

Received: 22 Nov. 2023

Accepted: 10 Jan. 2024

Abstract

This experiment was conducted with the aim of reducing the application of urea chemical fertilizer in wheat agricultural fields of Mahshahr, Khuzestan province in 2021- 2022 crop season and was conducted on the basis of factorial in a randomized complete block design with three replications. The treatments included amounts of amino acids at four levels including: non application, 1.5, 2 and 3 kg/ha and different amounts of nitrogen from the source of urea at 3 levels as 100, 66 and 33 % of region's custom which was equivalent to 130 kg/ha of pure nitrogen from urea source. The results showed that the highest number of spikes per square meter, 1000– grain weight, grain yield, biological yield, harvest index were obtained in the conditions of 100% urea fertilizer and 3 kg/ha amino acid , and the lowest value was obtained under non amino acid application and 33% urea fertilizer. The highest number of grain per spike, number of spikelets per spike, grain protein percentage, protein yield and nitrogen utilization efficiency were in 3 kg/ha of amino acid and 100% urea fertilizer. Regarding grain yield, the highest value by 464.5 g/m² was belonged to 100% urea fertilizer and the application of 3 kg/ha of amino acids, which was not significantly different from the treatment of 66% urea fertilizer and the application of 3 kg/ha of amino acids and the yield equivalent to 33% compared to the region's custom, was increased. In addition, the lowest by 330.4 g/m² was obtained from the non application of amino acid and 33% urea fertilizer treatment. The highest grain protein was under 100% urea fertilizer by 12.7% and application of 3 kg/ha amino acid by 12.41% and the lowest amount was obtained under 33% urea fertilizer by 10.84% and non application of amino acid by 10.09%. The general results of experiment showed that foliar application of amino acid is effective in reducing the application of urea fertilizer in addition to increasing the yield. In general, with the application of 66% urea fertilizer along with 3 kg/ha of amino acids while reducing the application of urea fertilizer, it is possible to achieve a good quantitative and qualitative yield in wheat and it can be noticed by farmers.

Key words: Chemical fertilizer, Grain protein, Grain yield, Organic stimulant.

1. Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

2. Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

Corresponding author: marashi_47@yahoo.com



دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

بررسی تغییرات صفات عملکردی گیاه کاملینا (*Camelina sativa* L.) تحت تاثیر محلول پاشی

محرك‌های مختلف رشدی

وحید نیک اندیش^{۱*}، حمیدرضا قربانی^۲، پرستو مجیدیان^۳، مهیار گرامی^۴

دریافت ۱۴۰۲/۱۰/۱، پذیرش ۱۴۰۲/۱۱/۲۳

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی اثر محلول پاشی نانو اکسید تیتانیوم و اسید سالیسیلیک بر بهبود عملکرد گیاه کاملینا در مزارع تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی باغ کلا واقع در شهرستان نکا در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. اعمال تیمارهای آزمایشی شامل ۴ سطح اسید سالیسیلیک (غلظت‌های صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) و ۴ سطح نانو اکسید تیتانیوم (غلظت‌های صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ ppm) به صورت محلول پاشی در مرحله رویشی گیاه بود. مقایسه میانگین اثر ساده تیمارها نشان داد با افزایش سطوح نانو ذره تیتانیوم و اسید سالیسیلیک، مقادیر عملکرد دانه و وزن خشک بوته افزایش یافته و در غلظت ۳۰۰ پی‌پی‌ام نانو اکسید تیتانیوم و ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک، بیشترین مقدار عملکرد (به ترتیب ۲۴۱/۶۴ گرم و ۲۶۳/۴۲ گرم) مشاهده شد. بیشترین میزان کلروفیل **a** و **b** و کل (۰/۴۴۷، ۲/۱۷۳، ۲/۶۲۰ میلی گرم بر گرم بافت تر)، بیشترین مقدار فلاونوئید (۲۲/۲۲ میلی گرم بر گرم بافت تر)، بیشترین میزان آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز (۲/۳۳ و ۴/۱۲ واحد جذب در میکروگرم پروتئین در دقیقه با افزایش ۱۷۵/۴ و ۱۲۳/۹ درصدی نسبت به شاهد) و قند محلول (۱۶۲/۰۴ میلی گرم بر گرم بافت تر با افزایش ۵۹/۹ درصد نسبت به شاهد) مربوط به ترکیب تیماری ۳۰۰ پی‌پی‌ام نانو ذره تیتانیوم و ۱/۵ میلی‌مولار اسید

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد، باغبانی (گیاهان دارویی)، موسسه آموزش عالی سنا، ساری، ایران

۲ بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

ساری، ایران. مسئول مکاتبات: H.ghorbani@areeo.ac.ir

۳- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران.

۴- گروه زیست شناسی، موسسه آموزش عالی سنا ساری، ایران

سالیسیلیک بود. بر اساس نتایج بدست آمده پیشنهاد می شود که اثر دو محرک مورد مطالعه سبب افزایش محتوای صفات فیزیولوژیکی گیاه کاملینا می شود که می توان از این مزیت در حفظ گیاه در شرایط تنش های محیطی در برنامه های آبی بهره برد.

واژه های کلیدی: اسید سالیسیلیک، نانو اکسیدتیتانیوم، کاملینا، محرک رشد، نانوذرات

نیک اندیش، و.، قربانی ح. ر.، مجیدیان، پ. و گرامی، م. بررسی تغییرات صفات عملکردی گیاه کاملینا

(*Camelina sativa* L.) تحت تاثیر محلول پاشی محرک های مختلف رشدی. (۲) ۱۵ : ۷۴-۵۶

مقدمه

در کشاورزی جهت تامین مواد غذایی جمعیت با حفظ محیط زیست، نیازمند راهکارهایی در راستای بهبود بهره وری در این زمینه می باشد (زارعی و همکاران، ۱۴۰۰). کاملینا با نام علمی (*Camelina stiva Crantz* L.) از خانواده براسیکاسه بوده و منبع غنی از روغن (۲۸ تا ۴۰ درصد)، اسیدهای چرب امگا می باشد. گیاه کاملینا به دلیل دارا بودن ترکیب آلفا توکوفرول و ویتامین E بالا افزایش ماندگاری روغن بالایی داشته و به دلیل پایین بودن اسیدهای چرب اشباع می تواند بعنوان روغن خوراکی با کیفیت بالا مصرف شود (غمخوار و همکاران، ۲۰۱۹). محرک ها، ترکیبات فیزیکی یا شیمیایی با منشا زیستی و غیرزیستی هستند که با القای پاسخ هایی در گیاه، سبب سنتز و تجمع متابولیت های ثانویه مشابه و جدید در سلول ها می شوند. محرک ها سبب ارسال مجموعه ای از پیام های شیمیایی به گیاه شده و گیاه در پاسخ به پیام های محرک، سیستم دفاعی را فعال و در نتیجه بیان ژن های دفاعی، متابولیت های ثانویه تجمع می یابند. استفاده از محرک ها یکی از مهمترین روش ها برای افزایش تولید متابولیت های ثانویه است (ژائو و همکاران، ۲۰۰۵). اسیدسالیسیلیک از ترکیبات فنولی و یکی از هورمون های گیاهی است که در همه اندام های گیاهی وجود دارد و هنگامی که سلول، اندام ها یا کل گیاه با تنش های زیستی و غیرزیستی مواجه می شوند، غلظت این هورمون افزایش می یابد (کاوانو و بوتائو، ۲۰۱۳). بنابراین می توان اسیدسالیسیلیک را به عنوان مولکول پیام رسان داخلی در نظر گرفت که در پاسخ های اختصاصی به تنش های زیستی و غیرزیستی نقش دارد (خان و همکاران، ۲۰۱۴). اسیدسالیسیلیک بر فتوسنتز و رشد گیاه تحت شرایط تنش، اثر مثبت دارد. یکی از مشتقات اسیدسالیسیلیک، استیل اسیدسالیسیلیک می باشد که پس از جذب سریعاً به اسیدسالیسیلیک تبدیل می شود (الطیب، ۲۰۰۵) و نقش کلیدی در خنثی سازی رادیکال های آزاد، تنظیم رشد گیاهان، نمو و برهمکنش با دیگر ارگاناسم ها و در پاسخ به تنش های محیطی را ایفا می کند. علاوه بر این نقش آن در جوانه زنی بذر، عملکرد میوه، گلکولیز، گلدهی، جذب یون و انتقال آن، هدایت روزنه ای و تعرق آشکار است. همچنین با عمل کلات کردن فلزات مقدار مالود دی آلدئید را در گیاهان تحت تنش کاهش می دهد و باعث بالا رفتن توان سیستم آنتی اکسیدانی بافت گیاهی از طریق فعال کردن آنزیم های آنتی اکسیدان، سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز می شود و در نهایت میزان مالون دی آلدئید را در گیاهان تحت تنش کاهش می دهد (بادپا و همکاران، ۱۳۹۳). اسیدسالیسیلیک در گیاهانی که تحت تنش های محیطی قرار دارند نقش حفاظتی دارد و در بسیاری از گزارشات به نقش اسیدسالیسیلیک در تعدادی از پاسخ های

دفاعی به تنش‌های محیطی مانند دماهای پایین (تاسگین و همکاران، ۲۰۰۳؛ سناراتنا و همکاران، ۲۰۰۰)، گرما (چن و همکاران، ۲۰۰۷)، شوری (بورسانی و همکاران، ۲۰۰۱)، فلزات سنگین (شی و ژائو، ۲۰۰۸) و بیماری‌های گیاهی (آمبورابه و همکاران، ۲۰۰۲) اشاره شده است. نانوتکنولوژی، فناوری دستکاری دقیق و کنترل شده ساختار اتمی یا مولکولی مواد، در مقیاس نانو به منظور تهیه ریزذراتی با خصوصیات نوظهور و کاربردهای خاص می‌باشد (ایتو و همکاران، ۲۰۰۵). نانوذرات، ذراتی هستند که حداقل یک بعد از آن‌ها کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد (دونالدسون و همکاران، ۲۰۰۵). فناوری نانو با کمک ابزارهای جدید، توانایی دگرگون سازی صنایع غذایی و کشاورزی را دارد و می‌تواند از این ابزارها برای تشخیص رفتارهای مولکولی بیماری‌ها، کشف سریع بیماری و افزایش توانایی گیاهان برای جذب مواد غذایی استفاده کند (ژائوبو و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین این فناوری می‌تواند راه‌هایی برای بالا بردن ارزش محصولات کشاورزی و رفع مشکلات محیطی ارائه دهد (رینولدز، ۲۰۰۲). در بین نانوذرات، نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم کاربرد بیشتری در صنعت دارد. برخی از ویژگی‌های این ماده که موجب برتری آن نسبت به سایر ذرات شده است، شامل مقاومت شیمیایی بالا، غیرسمی بودن آن، طول عمر بالای این ماده، در دسترس بودن و هزینه کم آن است (سونگ‌کاورن و همکاران، ۲۰۰۷). استفاده از نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم می‌تواند باعث تحریک تقسیم سلولی، افزایش اندازه سلول و همچنین تحریک کالوس زایی در شرایط تاریکی شده و ممکن است اثرات مشابهی با هورمون‌های گیاهی (سایتوکینین و جبریلین) داشته باشند (گائو و همکاران، ۲۰۰۶) و همچنین جذب نور را افزایش، انتقال و تبدیل انرژی نورانی را تسریع، از زوال کلروپلاست‌ها ممانعت و طول دوره فتوسنتزی کلروپلاست‌ها را افزایش دهد (هونگ و همکاران، ۲۰۰۵).

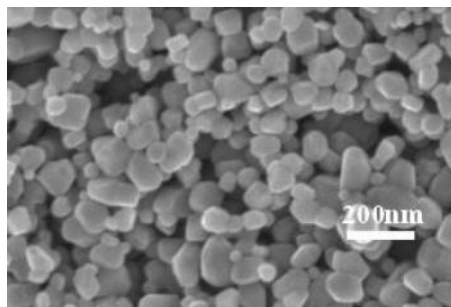
تیتانیوم به عنوان یک محرک منجر به افزایش رشد در گیاهان می‌گردد ولی مقدار جذب آن در گیاهان مختلف متفاوت است. این امر می‌تواند منجر به افزایش مقدار کلروفیل و فتوسنتز در گیاهان گردد. این عنصر با جذب بیشتر نور و افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو سبب افزایش تبدیل مواد غیر آلی به مواد آلی و همچنین افزایش وزن تر و خشک گیاه می‌شود (نایر و همکاران، ۲۰۱۰). مطالعات نشان داد که کاربرد تیتانیوم در محلول غذایی جهت تغذیه گیاهان، از طریق کاهش اثرات سمی عناصر دیگر باعث افزایش رشد می‌شود (بادپا و همکاران، ۱۳۹۳). نتایج تحقیق لو و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد SiO_2 و TiO_2 فعالیت آنزیم نیترات رداکتاز را در سویا و محلول‌پاشی TiO_2 عملکرد دانه سویا را افزایش داد. ژنگ و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی اثرات نانو اکسید تیتانیوم در غلظت‌های ۰/۲۵ درصد تا ۴ درصد بر جوانه‌زنی و رشد بذور اسفناج مشاهده کردند، در غلظت ۰/۲۵ درصد نانو اکسید تیتانیوم در طی مراحل مختلف رشد، وزن خشک گیاه، سنتز کلروفیل، فعالیت رویسکو، نرخ فتوسنتزی و متابولیسم نیتروژن افزایش می‌یابد. در پژوهش دیگری روی اسفناج، بین نرخ فتوسنتز در گیاه اسفناج و نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد که این می‌تواند به علت بهبود جذب نور، انتقال و تبدیل انرژی نوری و یا افزایش فعالیت آنزیم رویسکو اکتیواز باشد (گائو و همکاران، ۲۰۰۸). در آزمایشی که توسط سلطانی و همکاران (۱۳۹۳) روی گیاه عدس انجام شد اثر محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر صفات عملکرد دانه، برخی از اجزاء مرتبط با عملکرد دانه، فعالیت‌های آنزیم‌های کاتالاز،

اکسیداز و آسکوربات پراکسیداز معنی‌دار بود. نانو ذرات در تحریک رشد رویشی و تسهیل در جذب عناصر میکرو به ریشه گیاهان نقش دارند، بدین ترتیب منجر به افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شوند. بیان شده است که تیتانیوم میتواند جذب برخی عناصر نظیر نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز و روی را تحریک نماید (پایس، ۱۹۸۳). با توجه به اهمیت محرک‌ها و نقش آنها در بهره‌وری گیاهان، این پژوهش به بررسی اثرات محلول‌پاشی نانو اکسید تیتانیوم و اسید سالیسیلیک در مرحله رویشی بر برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکردی گیاه کاملینا پرداخت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در فصل زراعی سال ۱۴۰۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی باغ کلا (مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران) واقع در شهرستان نکا به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح مختلف اسید سالیسیلیک (۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) از شرکت سیگما و سطوح مختلف نانوذره اکسید تیتانیوم (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ پی پی ام) بود. تیمار نانو اکسید تیتانیوم یکبار قبل از گلدهی به صورت محلول‌پاشی در غلظت‌های مورد نظر اعمال شد. نانوذرات اکسید تیتانیوم فاز آاناتاز به صورت سوسپانسیون و با ذراتی با ۹۹٪ خلوص از شرکت پیشگامان نانومواد ایرانیان تهیه و جهت محلول‌پاشی آن از آب استفاده شد. آماده سازی زمین و عملیات کاشت طبق معمول منطقه اعم از شخم، دیسک زدن، کوددهی و .. انجام گردید. قبل از اجرای طرح، طبق توصیه بخش تحقیقات آب و خاک مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، کود شیمیایی نیتروژن به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره، کود فسفره P_2O_5 به مقدار ۷۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل و کود پتاس به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم به عنوان کود پایه، به صورت یکسان در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه توزیع شد. زمین به روش جوی و پشته آماده گردید و کاشت بر روی پشته با فاصله ۲۵-۳۰ سانتیمتر انجام شد. بذر رقم سهیل کاملینا از بانک بذر مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران تهیه شد و در کرت‌های آزمایشی به مساحت ۶ متر مربع به صورت دستپاش و با تراکم ۴ کیلوگرم در هکتار کاشته و اعمال تیمارها مورد مطالعه در مرحله رویشی بصورت محلول‌پاشی صورت پذیرفت. نمونه‌ها دو هفته پس از اعمال تیمار، برداشت و سپس جهت انجام سنجش‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی شامل محتوای کلروفیل **a**، کلروفیل **b**، کلروفیل کل، کارتنوئید، محتوای آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز، پراکسیداز، قند محلول، سنجش فلاونوئید به آزمایشگاه منتقل گردید. اندازه‌گیری میزان رنگیزه‌های فتوستتزی در برگ تازه گیاه کاملینا از طریق روش آرنون (۱۹۴۹) انجام شد. پس از تهیه نمونه‌ها، جذب محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (**Uv/Vis S-2150** شرکت **UNICO**) در طول موج‌های ۶۴۵، ۶۶۳ و ۴۸۰ نانومتر اندازه‌گیری و برای شاهد نیز از استون ۸۰٪ استفاده گردید. مقدار کلروفیل‌ها بر حسب میلی‌گرم بر گرم محاسبه و همچنین برای اندازه‌گیری کارتنوئید از روش لیچستالر (۱۹۸۷) استفاده شد. در زمان رسیدگی به منظور محاسبه عملکرد دانه و زیست توده، بعد از حذف اثر حاشیه‌ای، برداشت در سطح یک متر مربع صورت گرفت و عملکرد نهایی دانه و زیست توده محاسبه گردید. برای سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز از روش لوک

(۱۹۷۴) و سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز از روش تانگ و نیوتن (۲۰۰۵) استفاده شد. اندازه‌گیری قند محلول به وسیله آنترون بر طبق روش مک‌کودی و همکاران (۱۹۵۰) انجام پذیرفت. مقدار فلاونوئید کل با روش کالری‌متری آلومینیوم کلراید اندازه‌گیری شد (دو و همکاران، ۲۰۰۹).



شکل ۱- تصویر و اندازه نانو ذرات به روش SEM. خلوص نانو اکسید تیتانیوم: ۹۸٪

پس از بررسی و اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده نانوذره اکسید تیتانیوم و اثر ساده اسیدسالیسیلیک بر تمامی صفات مورد مطالعه در گیاه کاملینا در مرحله رویشی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. همچنین بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و نانوذره اکسیدتیتانیوم بر مقادیر رنگریزه‌های کلروفیلی گیاه کاملینا و نیز صفات میزان فلاونوئید، قند محلول، کاتالاز و پراکسیداز در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). استفاده از نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم به دلیل ویژگی‌های خاص بیولوژیک مورد توجه متخصصان فیزیولوژی گیاهی قرار گرفته است (تومبورو و همکاران، ۲۰۱۵). محققین بسیاری بر تاثیر این نانوذره بر رشد و توسعه گیاهان مطالعه داشتند. برخی از آنها این نانوذره را به عنوان یک عنصر مفید و سودمند در افزایش و تحریک رشد و افزایش محصول‌دهی در گیاهان می‌دانند (کاستیگیون و همکاران، ۲۰۱۲). عنصر تیتانیوم یکی از عناصر مفید برای گیاهان است و می‌تواند جذب برخی از عناصر نظیر نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز و روی را منجر گردد (لاواره و راسکار، ۲۰۱۴).

اثر ساده نانوذره تیتانیوم

مقایسه میانگین اثر ساده نانوذره تیتانیوم بر رنگریزه کارتنوئید حاکی از آن بود که سطح ۳۰۰ پی‌پی‌ام نانو ذره تیتانیوم، بیشترین مقدار رنگریزه را داشته و این سطح اختلاف معنی‌داری با سطح ۲۰۰ پی‌پی‌ام نانوذره تیتانیوم نداشت (جدول ۲). همچنین مقایسه میانگین اثر ساده نشان داد با افزایش سطوح نانوذره تیتانیوم مقادیر صفات عملکرد دانه و وزن خشک بوته افزایش یافته و در غلظت ۳۰۰ پی‌پی‌ام نانوذره، بیشترین مقدار عملکرد را به خود اختصاص داد. در غلظت‌های ۲۰۰ و ۳۰۰ پی‌پی‌ام نانوذره تیتانیوم، وزن خشک بوته به ترتیب ۸۰۲/۶ و ۸۳۸/۶ گرم بود که نسبت به نمونه شاهد ۳۱/۴ و ۳۷/۳ درصد افزایش داشت (جدول ۲). بیان شده است که تیتانیوم یکی از عناصر سودمند جهت گیاهان است و می‌تواند

جذب برخی عناصر نظیر نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز و روی را تحریک نماید (پایس، ۱۹۸۳)، که این امر به برخی عوامل بیولوژیک و خاک مثل گونه و رقم گیاه، pH، رطوبت و وضعیت عناصر غذایی در خاک بستگی دارد. یانگ و همکارانش (۲۰۰۹) به منظور بررسی اثر نانوذره تیتانیوم بر رشد گیاه اسفناج، دریافتند که رشد، وزن تر و وزن خشک اسفناج‌های تیمار شده با نانوذره تیتانیوم افزایش یافت. نانوذره تیتانیوم تثبیت نیتروژن را در برگ‌ها افزایش داده و بدین ترتیب نانو ذره تیتانیوم سبب افزایش رشد، وزن تر و وزن خشک گیاه می‌گردد.

اثر ساده اسید سالیسیلیک

مقایسه میانگین اثر ساده اسید سالیسیلیک بر رنگریزه کارتنوئید حاکی از آن بود که با افزایش سطوح این محرک، مقادیر این رنگریزه روند افزایشی داشت به گونه‌ای که در سطح ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بیشترین مقدار را نسبت به سطوح دیگر نشان داد. مقایسه میانگین اثر ساده اسید سالیسیلیک بر عملکرد گیاه کاملینا نشان داد که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک مقدار عملکرد روند افزایشی داشته و در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، عملکرد گیاه ۶۶/۲ درصد نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. مقایسه میانگین اثر ساده در صفت وزن خشک بوته نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک بوته در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک با ۹۷۹/۸۸ گرم بوده که نسبت به نمونه شاهد (۵۶۷/۵ گرم) افزایش نشان داد (جدول ۲). افزایش تعداد شاخه در بوته، وزن تر و خشک

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر محلول پاشی نانواکسید تیتانیوم و اسید سالیسیلیک در مرحله رویشی بر صفات گیاه کاملینا

میانگین مربعات										
منبع	درجه آزادی	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کاروتنوئید (میلی گرم بر گرم وزن تر)	فلاونوئید (میلی گرم بر گرم وزن تر)	قند محلول (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کاتالاز (جذب در پروتئین در دقیقه)	پراکسیداز (جذب در میکروگرم پروتئین در دقیقه)	عملکرد وزن خشک بوته (گرم)
نانواکسید تیتانیوم	۳	*۰/۰۳۴	*۴/۰۱	*۴/۷۶	*۰/۰۰۳	*۱۰/۹۳	*۲۹۰/۸۲	*۱/۷۳	*۳/۰۰	*۱۴۲۸/۴۶
اسید سالیسیلیک	۳	*۰/۰۱۴	*۰/۴۱	*۰/۵۶	*۰/۰۰۱	*۳/۳۸	*۱/۰۵۳	*۰/۵۷	*۱/۵۲	*۲۴۹۸/۹۳
تکرار	۲	ns۰/۰۰۰۳	ns۰/۰۰۹	ns۰/۰۱۳	ns۰/۰۰۰۰۵	ns۱/۱۴۱	*۱۲۰/۷۶	ns۰/۰۰۲	ns۰/۰۱۹	ns۵۱۸۲/۸۴
اسید سالیسیلیک *	۹	*۰/۰۰۱۶	*۰/۰۲۷	*۰/۰۴۰	ns۰/۰۰۰۰۲	*۳/۴۱۹	*۵۹/۲۹	*۰/۰۴۱	*۰/۰۷۴۳	ns۶۲۲/۲۲۱

نانواکسید											
تیتانیوم											
خطا	۳۰	۰/۰۰۰۴	/۰۱۰۴	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰۱	۱/۴۲	۲۱/۶۳	/۰۱۴	۰/۰۲۶	۷۶۶/۱۲	۱۳۶۶۶/۹۰
ضریب	-	۱۶/۷۴	۱/۰۹	۱/۴۶	۱۵/۱۶	۱۷/۵۰	۱۳/۵۱	۱/۹۳	۱/۱۴	۱۴/۰۲	۱۵/۹۸
تغییرات											

* و ** نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد و **ns** نشان‌دهنده عدم معنی‌داری است

گیاه، عملکرد میوه، درصد اسانس، میزان کلروفیل **a** و **b**، میزان کربوهیدرات ها و میزان مواد فنولیک گیاه رازیانه تحت تأثیر کاربرد تنظیم کننده رشد اسید سالیسیلیک به اثبات رسیده است (التروی و همکاران، ۲۰۱۲). باتوجه به آثار سالیسیلیک اسید پیش بینی می شود افزایش وزن تر و خشک گیاه به دلیل بیشتر شدن تعداد ریشه ها، شاخه های جانبی و برگ های ایجاد شده یا افزایش طول ساقه و ریشه در گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید باشد. بیان شده است اسید سالیسیلیک ممکن است از طریق گسترش و توسعه سیستم ریشه گیاه باعث جذب بیشتر آب و مواد غذایی شده و با افزایش در فتوستتزر برگ سبب افزایش عملکرد شود (یوسفی راد و صفا، ۱۴۰۰). گزارش هایی مبنی بر افزایش مقدار وزن تر و خشک گیاه در تنش در غلظت های بهینه سالیسیلیک اسید وجود دارند که نتایج پژوهش حاضر را تأیید می کنند (حیات و همکاران، ۲۰۰۵؛ حسین و همکاران، ۲۰۰۷؛ خان و همکاران، ۲۰۰۳). فتوستتزر فرآیندی فیزیولوژیک است که تأثیر به سزایی در رشد و عملکرد گیاهان زراعی دارد. از طرفی تنظیم کننده های رشد از طریق بهبود کارایی فرآیند فیزیولوژیکی مانند فتوستتزر و همچنین افزایش انتقال آسمیلات ها از منبع به مخزن منجر به افزایش وزن خشک گیاه می شود (کشاورز و مدرستانوی، ۱۳۹۳). همچنین افزایش محتوای کلروفیل در گیاه کلزا با کاربرد اسید سالیسیلیک گزارش گردیده است (بقایی و همکاران، ۲۰۰۲). احتمال می رود که یکی از مکانیسم های احتمالی تأثیر بهبوددهندگی اسید سالیسیلیک در رشد گیاهان از طریق اثر بر روی افزایش روند تولید ترکیبات کاروتنوئیدی در گیاهان باشد. کاروتنوئیدها نقش محافظتی در مجموعه فتوستتزی و آثار مهاری بر پراکسیداسیون لیپیدها دارند و تنش اکسیداتیو را در گیاه کاهش می دهند (کوپرو، ۲۰۰۶). گزارش ها نشان داده اند سالیسیلیک اسید مقدار کاروتنوئید را در گیاه گندم افزایش می دهد (مهاری و همکاران، ۲۰۰۳). تحقیقات اخیر نشان می دهد که استفاده از سالیسیلیک اسید منجر به افزایش تثبیت CO_2 می شود که احتمالاً به علت تأثیر سالیسیلیک اسید در فرآیندهای مختلف فتوستتزر شامل افزایش رنگدانه های فتوستتزی و کاروتنوئیدها، افزایش کارایی **PS II**، غلظت و فعالیت بیشتر آنزیم روبیسکو و در نهایت تأمین بیشتر **ATP** و **NADPH** برای تثبیت کربن و تولید بیشتر آسمیلات باشد (خان و همکاران، ۲۰۰۳) نتایج این آزمایش با گزارشات فریدودین و همکاران (۲۰۰۳) که گزارش کردند محلول پاشی گیاه کلزا با ۱۰ میکرومول اسید سالیسیلیک موجب افزایش عملکرد شد، همخوانی داشت. به گزارش این محققان بیشتر بودن فعالیت کربنیک آنهیدراز (**CA**) و به طبع آن فتوستتزر خالص برگ منجر به افزایش وزن خشک گیاه شد. **CA** آنزیمی است که تبدیل CO_2 به HCO_3^- و بالعکس را کاتالیز می کند، یعنی این آنزیم در دیواره سلولی باعث ترکیب CO_2 با آب و تشکیل اسید کربنیک می شود و در محل کربوکسیلاسیون باعث تجزیه اسید کربونیک و آزاد شدن CO_2 می شود. از آنجایی که ماده اصلی و اولیه برای گیاهان **C3** و آنزیم رایسکو، CO_2 است و تعادل بین CO_2 و HCO_3^- به وسیله این آنزیم تسهیل می شود، بنابراین می توان ارتبان مستقیمی که بین فعالیت کربنیک آنهیدراز با فتوستتزر خالص انتظار داشت. اگرچه میزان کاری فتوستتزر **II** و فعالیت روبیسکو در این آزمایش مورد اندازه گیری قرار نگرفته، اما با استناد به نتایج تحقیقات گذشته، افزایش وزن خشک بوته و عملکرد دانه به دلیل افزایش میزان فتوستتزر ناشی از استعمال سالیسیلیک اسید دور از انتظار نمی باشد. نتایج مشابهی، نظیر نتایج به دست آمده در این تحقیق را می توان یافت که حاکی از تأثیر مثبت سالیسیلیک اسید در

افزایش میزان فتوسنتز می‌باشد که منجر به افزایش رشد و یا عملکرد در چندین گونه گیاهی دیگر می‌شود (کریشنا و همکاران، ۲۰۰۴؛ نگاسوبرامانیام و همکاران، ۲۰۰۷).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات ساده محلول پاشی نانو اکسید تیتانیوم و اسید سالیسیلیک در مرحله رویشی بر

صفات گیاه کاملینا

تیمارها	کاروتنوئید (میلی گرم بر گرم وزن تر)	عملکرد (گرم)	وزن خشک بوته (گرم)
نانو اکسید تیتانیوم			
۰	b ۰/۱۱۳۸	c ۱۶۴/۵۰	b ۶۱۰/۷۷
۱۰۰	b ۰/۱۱۷۱	c ۱۷۶/۴۲	b ۶۷۳/۵۳
۲۰۰	a ۰/۱۴۳۱	b ۲۰۷/۰۰	a ۸۰۲/۶۱
۳۰۰	a ۰/۱۴۶۴	a ۲۴۱/۶۴	a ۸۳۸/۶۳
اسید سالیسیلیک			
۰	b ۰/۱۱۶۷	c ۱۵۸/۴۷	c ۵۶۷/۵۹
۰/۵	b ۰/۱۲۲۶	b ۱۸۲/۵۳	b ۷۰۳/۱۷
۱	a ۰/۱۳۷۰	b ۱۸۵/۱۳	b ۶۷۴/۹۰
۱/۵	a ۰/۱۴۴۱	a ۲۶۳/۴۲	a ۹۷۹/۸۸

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی داری می‌باشد.

رنگریزه‌های فتوسنتزی

مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای نانو اکسید تیتانیوم و اسید سالیسیلیک بر رنگریزه‌های فتوسنتزی گیاه کاملینا در مرحله رویشی نشان داد که با افزایش سطوح تیمار اسید سالیسیلیک در سطوح نانو اکسید تیتانیوم و نیز با افزایش مقادیر هر دو تیمار مورد استفاده در این پژوهش، میزان رنگریزه‌های کاملینا افزایش یافت (جدول ۳). در سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام نانوذره اکسید تیتانیوم، بیشترین مقادیر رنگریزه‌ها مشاهده شد که به طور کلی اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشته و با افزایش سطوح اسید سالیسیلیک مقادیر کلروفیل **a**، **b** و کلروفیل کل نسبت به نمونه شاهد روند افزایشی داشت. ترکیب تیماری غلظت ۳۰۰ نانوذره تیتانیوم و ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک بیشترین مقدار کلروفیل را به خود اختصاص داد که اختلاف معنی داری با ترکیب تیماری ۳۰۰ پی‌پی‌ام نانوذره تیتانیوم و ۱ میلی مولار اسید سالیسیلیک (۰/۳۹۰) و ۲۰۰ نانوذره تیتانیوم و ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک (۰/۳۵۰) داشت (جدول ۳). ژنگ و همکاران (۲۰۰۷)، در پژوهشی گزارش کرده‌اند نانوذرات دی اکسید تیتانیوم جذب موادی مانند نیتروژن و منیزیم را در گیاه اسفناج افزایش داده و میزان تولید کلروفیل را

بالا می‌برد. با افزایش میزان کلروفیل، میزان فتوسنتز افزایش یافته و در نهایت منجر به افزایش رشد ریشه و جذب بیشتر عناصر معدنی می‌گردد که به موجب آن وزن تر و خشک گیاه نیز بالا می‌رود که این تحقیقات با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد. محققین بیان داشتند که میزان کلروفیل، فعالیت آنزیم نترات ردوکتاز و میزان فتوسنتز در شرایط استفاده از اسید سالیسیلیک بهبود یافت (کاناکی و دورسان، ۲۰۱۲). نتایج تحقیق نشان داد که استفاده از اسید سالیسیلیک منجر به افزایش تثبیت CO_2 می‌شود که احتمالاً به علت تاثیر اسید سالیسیلیک در فرایندهای مختلف فتوسنتزی شامل افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی و کاروتنوئیدها، افزایش کارایی فتوسیستم‌ها و فعالیت بیشتر آنزیم رابیسکو و در نهایت تاثیر بیشتر ATP و NADPH برای تثبیت کربن و تولید بیشتر آسیمیلات باشد (خان و همکاران، ۲۰۰۳). در پژوهشی با بررسی غلظت‌های مختلف نانو اکسید تیتانیوم بر گیاه اسفناج بیان گردید که در غلظت ۰/۲۵ درصد نانو اکسید تیتانیوم وزن خشک گیاه، سنتز کلروفیل، فعالیت آنزیم رابیسکو، نرخ فتوسنتزی و متابولیسم نیتروژن افزایش می‌یابد (ژنگ و همکاران، ۲۰۰۵). نانو دی اکسید تیتانیوم باعث بهبود جذب نور و فعالیت آنزیم رابیسکو (مینگیو و همکاران، ۲۰۰۷)، بهبود جذب نترات (یانگ و همکاران، ۲۰۰۹) و سریعتر شدن فرایند تبدیل مواد غیر آلی به مواد آلی (نایر و همکاران، ۲۰۱۰) می‌شود.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای نانو اکسید تیتانیوم و اسید سالیسیلیک در مرحله رویش گیاه کاملینا

پراکسیداز	کاتالاز	کلروفیل	کلروفیل b	کلروفیل	فلانوئید	قند محلول	(جذب در	پراکسیداز
اسیدسالی	a (میلی-)	(میلی گرم	کل (میلی-)	(میلی گرم	بر گرم وزن	بر گرم وزن	بر گرم وزن	پراکسیداز
نانو اکسید	سلیک	بر گرم وزن	بر گرم وزن	بر گرم وزن	بر گرم وزن	بر گرم وزن	بر گرم وزن	پراکسیداز
تیتانیوم	(میلی-)	بر گرم وزن	بر گرم وزن	بر گرم وزن	بر گرم وزن	بر گرم وزن	بر گرم وزن	پراکسیداز
(پی پی ام)	مولار)	تر)	تر)	تر)	تر)	تر)	تر)	پراکسیداز
۰	j. / ۲۲۱	i. / ۳۴۵	j. / ۵۶۶	i. / ۷۹۱	h. / ۱۰۳۰۹	hi. / ۸۴۶	g. / ۸۴۸	۰
۰/۵	ij. / ۲۲۸	hi. / ۴۷۱	ij. / ۶۹۹	hi. / ۲۰۰۹	g. / ۱۳۷۹۶	i. / ۷۸۷	fg. / ۰۳۴	۰/۵
صفر	۱	de. / ۳۰۳	h. / ۵۴۸	h. / ۸۵۱	fgh. / ۹۳۸	ghi. / ۹۷۲	f. / ۲۰۲	۱
۱/۵	efg. / ۲۸۸	g. / ۷۴۸	g. / ۰۳۶	def. / ۱۵۸۱۳	ef. / ۳۱۹۹۲	cde. / ۴۰۴	e. / ۵۶۳	۱/۵
۰	hij. / ۲۳۰	h. / ۵۵۵	i. / ۷۸۵	ghi. / ۲۵۵۲	g. / ۱۱۱۷۳	fg. / ۰۵۶	fg. / ۰۸۵	۰
۰/۵	ghi. / ۲۵۷	g. / ۷۶۴	gh. / ۰۲۲	ghi. / ۲۱۷۲	g. / ۱۸۷۷۲	gh. / ۹۹۷	fg. / ۰۱۱	۰/۵
۱۰۰	۱	ef. / ۲۹۱	g. / ۸۵۵	g. / ۱۴۶	ef. / ۱۵۰۵۱	gh. / ۰۲۲	fg. / ۰۱۱۶	۱
۱/۵	fgh. / ۲۶۳	g. / ۸۵۹	g. / ۱۲۲	fgh. / ۱۳۹۳۸	de. / ۳۶۵۶۲	ef. / ۲۴۲	e. / ۶۴۷	۱/۵
۲۰۰	۰	de. / ۲۹۹	ef. / ۳۳۶	ef. / ۶۳۵	fg. / ۱۴۱۵۵	def. / ۳۴۱۰۷	de. / ۳۱۰	۰

۰/۵	de _{۰/۳۰۰}	f _{۱/۲۶۹}	f _{۱/۵۷۰}	cde _{۱۶/۹۵۴}	ef _{۱۳۱/۵۴۸}	de _{۱/۳۶۰}	e _{۲/۵۴۲}
۱	cd _{۰/۳۲۸}	de _{۱/۴۷۰}	de _{۱/۷۹۹}	b _{۱۸/۹۶۴}	b _{۱۵۳/۰۲۱}	bcd _{۱/۴۵۹}	d _{۲/۹۳۱}
۱/۵	c _{۰/۳۵۰}	bc _{۱/۶۷۶}	bc _{۲/۰۲۶}	b _{۱۹/۶۴۴}	b _{۱۵۳/۳۰۵}	b _{۱/۶۶۰}	bc _{۳/۲۲۱}
.	cd _{۰/۳۲۰}	cd _{۱/۵۲۹}	cd _{۱/۸۴۹}	bc _{۱۸/۷۹۱}	cd _{۱۴۱/۴۶۹}	bc _{۱/۵۷۳}	d _{۲/۹۲۴}
۳۰۰	۰/۵	cd _{۰/۳۲۵}	bcd _{۱/۶۰۷}	cd _{۱/۹۳۲}	bcd _{۱۷/۵۴۱}	cd _{۱۴۱/۰۸۶}	b _{۱/۶۷۱}
۱	b _{۰/۳۹۰}	b _{۱/۷۶۷}	b _{۲/۱۵۷}	b _{۱۹/۲۸۵}	bc _{۱۴۸/۱۷۸}	b _{۱/۷۴۱}	b _{۳/۳۰۷}
۱/۵	a _{۰/۴۴۷}	a _{۲/۱۷۳}	a _{۲/۶۲۰}	a _{۲۲/۲۲۱}	a _{۱۶۲/۰۴۹}	a _{۲/۳۳۸}	a _{۴/۱۲۶}

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی داری می باشد.

فلاونوئید

مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای نانوذره اکسید تیتانیوم و اسید سالیسیلیک بر مقدار فلاونوئید گیاه کاملینا حاکی از آن بود که در سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ و ۳۰۰ پی پی ام نانوذره تیتانیوم، با افزایش غلظت های اسید سالیسیلیک، روند افزایشی در مقدار فلاونوئید مشاهده شد به گونه ای که ترکیب تیماری غلظت ۳۰۰ پی پی ام نانوذره تیتانیوم و ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک، غلظت ۲۰۰ پی پی ام نانوذره تیتانیوم و ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک، غلظت ۳۰۰ پی پی ام نانوذره تیتانیوم و ۱ میلی مولار اسید سالیسیلیک با مقادیر ۲۲/۲۲، ۱۹/۶۴ و ۱۹/۲۸ میلی گرم در گرم وزن تر به ترتیب دارای بیشترین مقادیر فلاونوئید بودند. در این ترکیبات تیماری، بیشترین مقدار صفت مربوط به سطوح ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک بود (جدول ۳). محرک عبارتست از ترکیبات ویژه ای که از طریق القای استرس کاذب سبب فعال شدن راهبرد دفاعی گیاه و در نتیجه تولید متابولیت ثانویه می شود. بسیاری از مطالعات نشان می دهند که افزودن اسید سالیسیلیک و متیل جاسمونات خارجی با اتصال به گیرنده های غشا سبب تولید اکسیژن های فعال، پروتئین کینازها، اسید سالیسیلیک و متیل جاسمونات می شود (رامان و راوی، ۲۰۱۱). با تأثیر مستقیم این تغییرات بر رونویسی ژن ها و آنزیم های دخیل در ساخت متابولیت های ثانویه سبب افزایش تولید این ترکیبات می شوند. در واقع متیل جاسمونات و اسید سالیسیلیک با تأثیر بر آنزیم فنیل آلانین آمونیا لایز سبب فعال سازی مسیر فنیل پروپانوئیدی و افزایش تولید ترکیبات فنلی می شوند (وانگ و همکاران، ۲۰۰۹؛ ون و همکاران، ۲۰۰۵). ترکیبات فنولی مانند سالیسیلیک اسید به علت ویژگی های آنتی اکسیدانی قوی، رادیکال های آزاد را به دام می اندازد و گیاهان این ترکیبات را در پاسخ به برخی ترکیبات پیام رسان دارای نقش دفاعی مهم آزاد می کنند (شرافتی چالشتی و همکاران، ۱۳۸۷). به نظر می رسد سالیسیلیک اسید از طریق افزایش محتوای فلاونوئید باعث پاک سازی گونه های فعال اکسیژن شده و از تنش های اکسیداتیو جلوگیری می کند که در نهایت افزایش مقاومت در گیاه را به دنبال دارد (خان و همکاران، ۲۰۰۳). این افزایش می تواند به دلیل تولید ROS توسط سالیسیلیک اسید با توجه به نقش آن در پیام رسانی در گیاه باشد. زرین کمر و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که محلول پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش میزان فلاونوئید های کل در بابونه آلمانی شده است.

در گیاه همیشه بهار کاربرد غلظت های ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید موجب افزایش فلاونوئیدهای کل شد (پاچیکو و همکاران، ۲۰۱۳).

قند محلول

مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای نانوذره اکسید تیتانیوم و اسید سالیسیلیک بر مقدار قند محلول گیاه کاملینا نشان داد که در سطوح بالای غلظت نانوذره و اسید سالیسیلیک مقدار این صفت نسبت به سایر تیمارها بیشترین مقدار را نشان داد به صورتی که در ترکیب تیماری غلظت ۳۰۰ پی پی ام نانوذره تیتانیوم و ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک با ۱۶۲/۰۴ میلی گرم بر گرم بافت تر با ۵۹/۹ درصد افزایش نسبت به نمونه شاهد و ترکیبات تیماری غلظت ۲۰۰ پی پی ام نانوذره تیتانیوم و ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک و غلظت ۲۰۰ پی پی ام نانوذره تیتانیوم و ۱ میلی مولار اسید سالیسیلیک به ترتیب با ۱۵۳/۳ و ۱۵۳/۰۲ با ۵۱/۳ و ۵۱ درصد افزایش نسبت به نمونه شاهد، بیشترین مقدار این ترکیب را داشت. کاربرد محرک ها به میزان محدود و در غلظت های پایین، بیوستز ترکیبات خاصی در سیستم سلولی زنده را تحریک یا بهبود داده (رادمان و همکاران، ۲۰۰۳) و ممکن است ژن جدید را فعال کنند که می تواند آنزیم ها و در نهایت مسیرهای بیوستزی مختلفی را راه اندازی نموده و باعث تشکیل متابولیت های ثانویه شود (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۴). سالیسیلیک اسید تقریباً بر اکثر واکنش های متابولسمی گیاه تأثیر می گذارد و موجب تغییراتی در آنها می شود. این تغییرات اغلب به صورت سازش هایی است که میزان تحمل و سازگاری گیاهان را در مقابل عوامل محیطی افزایش می دهد (متوالی و همکاران، ۲۰۰۳). پوپوا و همکاران (۱۹۹۷) بیان کردند که سالیسیلیک اسید باعث تأخیر در کاهش مقدار رنگزه های فتوستزی در شرایط تنش خشکی شده است، بنابراین به علت تعدیل در کاهش مقدار رنگزه های فتوستزی و احتمالاً با حفظ ساختار و فعالیت رویسکو باعث افزایش مقدار قندها می شود. همچنین به نظر می رسد که تیمار سالیسیلیک اسید، سیستم آنزیمی هیدرولیز کننده پلی ساکاریدها را مهار کرده یا به عبارت دیگر، سرعت تبدیل قندهای نامحلول به قندهای محلول را (خوداری، ۲۰۰۴) کاهش می دهد. رنجبر و همکاران (۱۳۹۰) گزارش نمودند که با وجود سرب در محیط رشد گیاه کلزا، کاربرد سالیسیلیک اسید سبب افزایش قندهای محلول و نامحلول شده که نشان دهنده نقش این ترکیب در افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش است.

آنزیم های آنتی اکسیدانی (کاتالاز و پراکسیداز)

مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای نانوذره اکسید تیتانیوم و اسید سالیسیلیک بر مقادیر آنزیم های آنتی-اکسیدانی (کاتالاز و پراکسیداز) گیاه کاملینا نشان داد که در سطوح بالای نانوذره اکسید تیتانیوم (سطح ۲۰۰ و ۳۰۰ پی پی ام نانوذره) با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک مقادیر آنزیم های آنتی اکسیدانی روند افزایشی داشت به گونه ای که در ترکیب تیماری غلظت ۳۰۰ پی پی ام نانوذره اکسید تیتانیوم و ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک مقدار آنزیم کاتالاز ۲/۳۳ واحد جذب در میکروگرم پروتئین در دقیقه و آنزیم پراکسیداز با ۴/۱۲ واحد آنزیمی بر میکروگرم پروتئین در دقیقه نسبت به نمونه شاهد، ۱۷۵/۴ و ۱۲۳/۹ درصد، بیشترین روند افزایشی را نشان داده و اختلاف معنی داری با دیگر ترکیبات تیماری داشتند (جدول ۳). در این خصوص حبیبی (۲۰۱۲) بیان

نمود که استفاده از اسیدسالیسیلیک سبب افزایش مقدار آنزیم کاتالاز در گیاه جو می‌شود. در پژوهشی مشخص گردید که فعالیت آنزیم کاتالاز با کاربرد اسید سالیسیلیک در مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای گونه‌های اسپرس افزایش نشان داد (دلالی و همکاران، ۲۰۱۲). محققین بیان داشتند که محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید از طریق افزایش میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاهش نشت یونی و مقدار مالون دی آلدید باعث افزایش مقاومت گیاه گل سازویی در برابر تنش خشکی شد (بازی‌ذلان و همکاران، ۱۴۰۰). تیمار محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۷/۴۶ درصد پراکسیداز نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در گندم شد (چهار لنگ بدیل و همکاران، ۱۴۰۲). اسید سالیسیلیک با بهبود فعالیت‌های سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاهان و سنتز پروتئین‌های جدید سبب بهبود فتوسنتز می‌شود (آوانسینی و همکاران، ۲۰۰۳). هونگ و همکاران (۲۰۰۵) اظهار داشتند که نانو اکسید تیتانیوم فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز را بهبود می‌بخشد و از این طریق سبب کاهش تجمع گونه‌های فعال اکسیژنی و مالون دی‌آلدید می‌شود. عنوان شده است که فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و عملکرد گیاه سویا با محلول‌پاشی دی‌اکسید تیتانیوم و دی‌اکسید سیلیس افزایش یافت (چانگمی و همکاران، ۲۰۰۲). یانگ و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که تیتانیوم با افزایش محتوای آمونیوم و بهبود فعالیت آنزیم‌های درگیر در جذب و تحلیل آمونیوم موجب افزایش رشد گیاهان می‌شود.

بحث و نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از نانوذره تیتانیوم و اسید سالیسیلیک توانست منجر به بهبودی رشد و افزایش محتوای کلروفیلی، کارتنوئید و متابولیت‌های ثانویه گیاه کاملینا شد. همچنین به کارگیری این دو محرک بر افزایش مقادیر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی موثر بود، به گونه‌ای که در سطوح ۲۰۰ و ۳۰۰ پی‌پی‌ام نانوذره تیتانیوم، مقادیر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز و پراکسیداز روند افزایشی معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد داشت. این تحقیق حاکی از آن بود که با افزایش سطوح نانوذره تیتانیوم و اسید سالیسیلیک بیشترین مقادیر وزن خشک بوته و عملکرد دانه ثبت گردید. مقایسه میانگین اثرات متقابل نانوذره تیتانیوم و اسید سالیسیلیک بر صفات مختلف گیاه کاملینا نشان داد که در سطوح مختلف نانوذره تیتانیوم، با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک، مقادیر صفات مختلف گیاه روند افزایشی داشت. بیشترین میزان کلروفیل **a**، **b** و کل (۰/۴۴۷، ۲/۱۷۳، ۲/۶۲۰ میلی گرم بر گرم بافت تر)، بیشترین مقدار فلاونوئید (۲۲/۲۲ میلی گرم بر گرم بافت تر)، بیشترین میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز و پراکسیداز (به ترتیب ۲/۳۳ و ۴/۱۲ واحد جذب در میکروگرم پروتئین در دقیقه با افزایش ۱۷۵/۴ و ۱۲۳/۹ درصدی نسبت به نمونه شاهد) و قند محلول با ۱۶۲/۰۴ میلی گرم بر گرم بافت تر با افزایش ۵۹/۹ درصد نسبت به نمونه شاهد مربوط به ترکیب تیماری غلظت ۳۰۰ پی‌پی‌ام نانوذره تیتانیوم و ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک برای صفات مختلف بود. این ترکیب تیماری به همراه ترکیب تیماری ۲۰۰ پی‌پی‌ام نانوذره تیتانیوم و ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک و ترکیب تیماری ۳۰۰ پی‌پی‌ام نانوذره تیتانیوم و ۱ میلی مولار اسید سالیسیلیک بهترین نتایج را نشان داده و کاربرد این ترکیبات می‌تواند سبب بهبود صفات عملکردی کاملینا گردد.

منابع

بادپا، خ.، م. موحدی دهنوی و ع. یدوی. ۱۳۹۳. برهم کنش نیترات کادمیم و اسیدسالیسیلیک بر فعالیت آنزیم-های آنتی اکسیدان، پروتئین محلول و مالون دی آلدئید برگ گلرنگ رقم صفه، فرآیند و کارکرد گیاهی. جلد ۳، شماره ۹: ۲۱-۳۹.

بازی ذلان، ر.، آ. فاضلی، ب. زارعی و ج. عرفانی مقدم. ۱۴۰۰. تأثیر سالیسیلیک اسید بر فعالیت آنزیم های کاتالاز و پراکسیداز و محتوای فنل و فلاونوئید کل گل سازویی (*Scrophularia striata* L.) در شرایط تنش کم آبی. زیست شناسی گیاهی ایران. جلد ۱۳، شماره ۴: ۵۷-۶۸.

چهار لنگ بدیل، ف.، خ. عزیزی، ح. عیسوند، ع. حیدر نصرالهی و ا. اسماعیلی. ۱۴۰۲. اثر تغذیه کودی و اسید سالیسیلیک بر عملکرد و برخی صفات بیوشیمیایی گندم تحت تنش خشکی. تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک. جلد ۵، شماره ۱: ۲۷۰-۲۵۳.

رنجبر، م.، ح. لاری یزدی و ش. برومند جزی. ۱۳۹۰. تأثیر سالیسیلیک اسید بر رنگیزه های فتوسنتزی، محتوای قند و آنزیم های آنتی اکسیدانی در گیاه کلزا تحت تنش سرب. زیست شناسی گیاهی. سال سوم. شماره نهم: ۵۲-۳۹.

زارعی، ش.، پ. حسینی، د. کهریزی و م. صفی الدین اردبیلی. ۱۴۰۰. اثر نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دانه روغنی کاملینا (*Camelina sativa*) در تاریخ های مختلف کاشت. ۱۴۰۰. نشریه پژوهش های زراعی ایران. جلد ۱۹، شماره ۴: ۳۱۱-۳۲۵.

زرین کمر، ف.، ا. عبدالله زاده زاویه جک، م. شریفی و م. بهمنش. ۱۳۹۲. تأثیر سالیسیلیک اسید بر میزان فلاونوئیدها، آپی ژنین، آنتوسیانین و قندها در بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.). زیست شناسی گیاهی ایران. جلد ۵، شماره ۱۷: ۷۴-۶۷.

سلطانی، م.، پ. معاونی و ح. نوری. ۱۳۹۳. بررسی اثر محلول پاشی نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی در گیاه عدس (*Medik culinaris Lens*). نشریه پژوهش های اکوفیزیولوژی گیاهی ایران. جلد ۹، شماره ۱: ۷۷-۸۸.

شرافتی چالشتی، ف.، ر. شرافتی چالشتی و م. مومنی. ۱۳۸۷. اثر ضد میکروبی عصاره آبی و اتانولی گیاه گل میمونی. مجله دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد. جلد ۱۰، شماره ۴: ۳۷-۳۲.

کشاوری، ح. و ع. م. مدرس ثانوی. ۱۳۹۳. اثر سالیسیلیک اسید بر کلروفیل، برخی خصوصیات رشدی و عملکرد دو رقم کلزا. نشریه تولید گیاهان زراعی. جلد هفتم، شماره چهارم: ۱۶۱-۱۷۸.

یوسفی راد، م. و ه. صفا. ۱۴۰۰. تأثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم. تحقیقات غلات. جلد ۱۱، شماره ۱: ۴۱-۳۱.

Amborabé, B. E., P. Fleurat-Lessard, J. F. Chollet and G. Roblin. 2002. Antifungal effects of salicylic acid and other benzoic acid derivatives towards *Eutypa lata*: structure-activity relationship. *Plant Physiol. Biochem.* 40(12): 1051-1060.

Arnon D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast polyphenol oxide in *betavulgaris*. *Plant Physiol.* 24: 1-15.

Avancini, G., I. N. Abreu, M. D. Saldana, R. S. Mohamed and P. Mazzafera. 2003. Induction of pilocarpine formation in *jaborandi* leaves by salicylic acid and methyljasmonate. *Phytochem.* 63(2): 171-175.

- Baghai, N., R. C. Setia and N. Setia. 2002. Effects of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in *Brassica napus* L. (cv. GSL-1). Int. J. Plant Morphol. 52: 83-87.
- Borsani, O., V. Valpuesta and M. A. Botella. 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings. Plant Physiol. 126(3): 1024-1030.
- Canakci, S. and B. Dursun. 2012. The effect of pre-application of salicylic acid on some physiological and biochemical characteristics of tomato seedling (*Lycopersicon esculentum* L) growing in cadmium containing media. Afr. J. Biotechnol. 11(13): 3173-3178.
- Castiglione, M. R., L. Giorgetti, C. Geri and R. Cremonini. 2011. The effects of nano-TiO₂ on seed germination, development and mitosis of root tip cells of *Vicia narbonensis* L. and *Zea mays* L. J Nanopart Res. 13(6): 2443-2449.
- Changmei, L., Z. Chaoying, W. Junqiang, W. Guorong and T. Mingxuan. 2002. Research of the effect of nanometer materials on germination and growth enhancement of *Glycine max* and its mechanism. Soybean Sci. 21(3): 168-171.
- Chen, Z., S. Iyer, A. Caplan, D. F. Klessig and B. Fan. 1997. Differential accumulation of salicylic acid and salicylic acid-sensitive catalase in different rice tissues. Plant Physiol. 114(1): 193-201.
- Dallali, H., E. M. Maalej, N. G. Boughanmi and R. Haouala. 2012. Salicylic acid priming in *hedysarum carnosum* and *hedysarum coronarium* reinforces nacl tolerance at germination and the seedling growth stage. Aust. J. Crop Sci. 6(3): 407-414.
- Donaldson, K., L. Tran, L. A. Jimenez, R. Duffin, D. E. Newby, N. Mills, W. Macnee and V. Stone. 2005. Combustion-derived nanoparticles: a review of their toxicology following inhalation exposure. Part. Fibre Toxicol. 2(1):1-7.
- Du, G. M. li, F. Ma and D. Liang. 2009. Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in Actinidia fruits. Food Chem. 113: 557-562.
- El-Tarawy, M., E. M. El-Mahrouk, S. K. Ahmed and A. Y. E. Shala. 2012. Response of fennel plants to chemical fertilization and ascorbic and salicylic acids treatments. J. of Agri. Res. Kafr El-Shaikh University. 38(3): 401-409.
- El-Tayeb, M. A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regul. 45(3): 215-224.
- Fariduddin, Q., S. Hayat and A. Ahmad. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in *Brassica juncea*. Photosynthetica. 41: 281-284.
- Gao, F, I. Chao, L. Zheng, S. Mingyu, W. Xiao, F. Yang, W. Cheng and Y. Ping. 2006. Mechanism of nano anatase TiO₂ on promoting photosynthetic carbon reaction of spinach. Biol. Trace Elem. Res. 111: 239-245.
- Gao, F., C. Liu, C. Qu, L. Zheng, F. Yang, M. Su and F. Hong. 2008. Was improvement of spinach growth by nano-TiO₂ treatment related to the changes of Rubisco activase?. Biometals. 21(2): 211-7.
- Ghamkhar, K., J. Croser, N. Aryamanesh, M. Campbell, N. Konkova and C. Francis. 2019. Camelina (*Camelina sativa* L. Crantz) as an alternative oilseed: molecular and ecogeographic analysis. Genome. 53(7): 558-567.
- Habibi, G. 2012. Exogenous salicylic acid alleviates oxidative damage of barley plants under drought stress. Acta Biol. Szeged. 56: 1. 57-63. 13.
- Hayat, S., Q. Fariduddin, B. Ali and A. Ahmad. 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. Acta Agro. Hungarica. 53: 433-437.
- Hong, F. S., J. Zhou and C. Liu. 2005. Effect of Nano-TiO₂ on photochemical reaction of chloroplasts of spinach. Biol. Trace Element Res. 105: 269-280.

- Hussein, M., L. Balbaa and M. Gaballah. 2007. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. Res. J. of Agri. and Biol. Sci. 3: 321-328.
- Ito, A., M. Shinkai, H. Honda and T. Kobayashi. 2005. Medical application of functionalized magnetic nanoparticles. J. bioscience and bioengineering. 100(1): 1-11.
- Kawano, T. and F. Bouteau. 2013. Crosstalk between intracellular and extracellular salicylic acid signaling events leading to long-distance spread of signals. Plant cell reports. 32(7): 1125-1138.
- Khan, M. I. R., M. Asgher and N. A. Khan. 2014. Alleviation of salt-induced photosynthesis and growth inhibition by salicylic acid involves glycinebetaine and ethylene in mungbean (*Vigna radiata* L.). Plant Physiol. Biochem. 80: 67-74.
- Khan, W., B. Prithiviraj and D. Smith. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Plant Physiol. 160: 485-92.
- Khodary, S. E. A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed Maize plant. International Journal of Biol. 6: 5-8.
- Koyro, H. W. 2006. Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* L.. Environ. and Experim. Bot. 56: 136-146.
- Krishna, S., K. Surinder, S. K. Thind and K. Gurpreet. 2004. Interactive effects of phenolics and light intensity on vegetative parameters and yield in soybean (*Glycine max* L. Merrill). Environ. Ecol., 22: 390-394.
- Laware, S. L. and Sh. Raskar. 2014. Effect of titanium dioxide nanoparticles on hydrolytic and antioxidant enzymes during seed germination in onion. International J. of Current Microbiol. and Applied Sci. 3(7): 749-760.
- Lichtenthaler, H. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Meth. Enzymol. 148: 350-382.
- Lu, C. M., C. Y. Zhang, J. Q. Wu and M. X. Tao. 2002. Research of the effect of nanometer on germination and growth enhancement of *Glycine max* and its mechanism. Soybean Sci. 21: 168-172.
- Luck, H. 1974. Methods in Enzymatic Analysis (Ed. Bergmeyer, H, U). Academic Press, New York. p885
- McCready, R. M., J. Guggolz, V. Silviera and H. S. Owens. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. Anal. Chem. 22(9): 1156-1158.
- Metwally, A., I. Finkemeier, M. Georgi and K. J. Dietz. 2003. Salicylic acid alleviated the cadmium toxicity in barley seedling. Physiol. and Biochem. of Plant. 132: 272-281.
- Mingyu, S., F. Hong, C. Liu, X. Wu, X. Liu and L. Chen. 2007. Effects of nano-anatase TiO₂ on absorption, distribution of light and photo reduction activities of chloroplast membrane of spinach. Biol. Trace Elem. Res. 118: 120-130.
- Moharekar, S., S. Lokhande, T. Hara, R. Tanaka and P. D. Chavan. 2003. Effect of salicylic acid on chlorophyll and carotenoid contents of wheat and moong seedlings. Photosynthetica. 41: 315-317.
- Nagasubramaniam, A., G. Pathmanabhan and V. Mallika. 2007. Studies on improving production potential of baby corn with foliar spray of plant growth regulators. Annu. Plant Phsiol. 21: 154- 157.
- Nair, R., S. H. Varghese, B. G. Nair, T. Maekawa, Y. Yoshida and D. Sakthi Kumar 2010. Nano particulate material delivery to plants. Plant Sci. 179: 154-163.
- Pacheco, A. C., C. S. Cabral, E. S. Silva Fermينو and C. C. Aleman. 2013. Salicylic acid-induced changes to growth, flowering and flavonoids production in marigold plants. J. of Med. Plants Res. 7(42): 3158-3163.
- Pais, I. 1983. The biological importance of titanium. J. Plant Nutr. 6: 3-131.

- Popova, L., T. Pancheva and A. Uzunova. 1997. Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiology role. *Plant Physiol.* 23: 85-93.
- Radman, R., T. Saez, C. Bucke and T. Keshavarz. 2003. Elicitation of plants and microbial cell systems. *Biotech and Applied BioChem*, 37(1): 91-102.
- Raman, V. and S. Ravi. 2011. Effect of Salicylic acid and methyl jasmonate on antioxidant systems of *heamatococcus pluvialis*. *Acta. Physiol. Plant.* 33: 1043-49.
- Reynolds, G. H. 2002. Forward to the future nanotechnology and the regulatory policy. *Pacific Research Institute.* 1-23.
- Senaratna, T., D. Touchell, E. Bunn and K. Dixon. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regul.* 30(2): 157-161.
- Shi, Q. and Z. Zhu. 2008. Effects of exogenous salicylic acid on manganese toxicity, element contents and antioxidative system in cucumber. *Environ. and Experi. Bot.* 63(1-3): 317-326.
- Sungkaworn, T., W. Triampo, P. Nalakarn, D. Triampo, I. M. Tang and Y. Lenbury. 2007. The effects of TiO₂ nanoparticles on tumor cell colonies: fractal dimension and morphological properties. *Int. J. Biomed. Sci.* 2(1): 67-74.
- Tang, W. and J. R. Newton. 2005. Polyamines reduced salt induced oxidative damage by increasing the activities of antioxidant enzymes and decreasing lipid peroxidation in Virginia pine. *J. Plant Growth Regul.* 46: 31-43.
- Tasgin, E., O. Atici and B. Nalbantoglu. 2003. Effects of salicylic acid and cold on freezing tolerance in winter wheat leaves. *J. Plant Growth Regul.* 41(3): 231-236.
- Tumburu, L., C. P. Andersen, P. T. Rygiewicz and J. R. Reichman. 2015. Phenotypic and genomic responses to titanium dioxide and cerium oxide nanoparticles in *Arabidopsis thaliana* germinants. *Environ. Toxicol. Chem.* 34(1): 70-83.
- Wang K, P. Jin, S. Cao, H. Shang, Z. Yang and Y. Zheng. 2009. Methyl jasmonate reduces decay and enhances antioxidant capacity in chine bay berries. *J. Agri. and Food Chem.* 57: 5809-50.
- Wen P. F., J. Y. Chen, W. F. Kong, Q. H. Pan, S. B. Wan and W. D. Huang. 2005. Salicylic acid induced the expression of phenylalanine ammonia-lyase gene in grape berry. *Plant Sci.* 169: 928-34.
- Yang, F., W. Hong, C. You, F. Liu, C. Gao and P. Yang. 2009. Influenced of nano-anatas TiO₂ on the nitrogen metabolism of growing spinach. *Biol. Trace Elem. Res.* 110(2): 179-190.
- Zhang, C., Q. Yan, W. K. Cheuk and J. Wu. 2004. Enhancement of tanshinone production in *Salvia miltiorrhiza* hairy root culture by Ag⁺ elicitation and nutrient feeding. *Planta Medica.* 70(2): 147-151.
- Zhao, J., L. C. Davis and R. Verpoorte. 2005. Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites. *Biotechnol. Adv.* 23(4): 283-333.
- Zhaobo, W., I. Sonidi and B. Salopek-Sonidi. 2005. Study on novel antibacterial high-impact polystyrene/TiO₂ nanocomposites. *J. Mater. Sci.* 40(2): 6433-6438.
- Zheng, L., F. Hong, S. Lu and C. Liu. 2005. Effect of nano-TiO₂ on strength of naturally aged seeds and growth of spinach. *Biol. Trace. Elem. Res.* 104(1): 83-91.
- Zheng, L., M. Y. Su, C. Liu, L. Chen, H. Huang, X. Wu, X. Q. Liu, F. Yang, F. Q. Gao and F. S. Hong. 2007. Effects of nano-anatase TiO₂ on chloroplast photochemistry reaction of spinach under different light illumination. *Biol. Trace. Elem. Res.* 119(1): 68-76.

Investigating changes in yield traits of *Camelina* plant (*Camelina sativa* L.) under foliar spraying of different growth elicitors

V. Nikandish^{۱*}, H. Ghorbani^{2*}, P. Majidian³, M. Gerami⁴

Received: 22 Dec. 2023

Accepted: 13 Jan. 2024

Abstract

This research was conducted as factorial layout in a randomized complete block design with three replications in the research fields of Baye-Kala Agricultural Research Station (BARS) at Neka city in 2021. The treatments included four levels of salicylic acid (1, 0.5, 1 and 1.5 mM) and four levels of titanium oxide nanoparticle (0, 100, 200 and 300 ppm) which used as foliar at vegetative growth. The mean comparison of the simple effect showed that with the increase in the titanium nanoparticles and salicylic acid levels, the values of grain yield and plant dry weight increased, and at 300 ppm concentration of nanoparticles and 1.5 mM salicylic acid, the highest amount of yield (241.64 gr and 263.42 gr) was obtained. The highest amount of chlorophyll a, b and total (0.447, 2.173, 2.620 mg/g of fresh tissue), the highest amount of flavonoid (22.22 mg/g of fresh tissue), the highest amount of Catalase and peroxidase (respectively 2.33 and 4.12 absorption units per microgram of protein per minute with an increase of 175.4 and 123.9 percent compared to the control) and soluble sugar (162.04 mg/g of fresh tissue with an increase 59.9 percent compared to the control) was related to the treatment combination of 300 ppm concentration of titanium nanoparticles and 1.5 mM salicylic acid. In this regard, it was suggested that the effect of elicitors caused increase in physiologic traits of *Camelina* which can be make use of this advantageous to struggle with environmental stresses in future research studies.

Keywords: *Camelina*, Elicitor, Nano-particles, Salicylic acid, Titanium Oxide.

1. Horticultural Science (Medicinal plants), Sana Institute of Higher Education, Sari, Iran

2*. Crop and Horticultural Science Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran.

Corresponding author: H.ghorbani@areeo.ac.ir

3. Crop and Horticultural Science Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran

4. Biology Department, Sana Institute of Higher Education, Sari, Iran