اثر نانوکود ارگانیک و اسید فولویک بر عملکرد، ترکیب اسیدهای آمینه و درصد پروتئین دانه گندم در شرایط کم‌آبی

احمد توبه*[۱]، خدیجه آقائی‌فرد[۲]، یاور درگاهی[۳]، کرامت اخوان[۴] و اصغر مهربان[۵]

۱، ۲ و ۳) گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۴ و ۵) مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، اردبیل، ایران.

نویسنده مسئول*: a_tobeh@uma.ac.ir

این مقاله برگرفته از طرح تحقیقاتی می‌باشد.

تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۰۶/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۶

چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر نانوکود ارگانیک و اسید فولویک بر عملکرد، ترکیب اسیدهای آمینه و درصد پروتئین دانه گندم در شرایط کم‌آبی به‌صورت طرح اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۰۳-۱۴۰۲ در مزرعه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان) اجرا شد. تیمارها شامل آبیاری به‌عنوان فاکتور اصلی در سه سطح (بدون آبیاری (دیم)، آبیاری تکمیلی در مرحله خوشه‌دهی و آبیاری کامل) و فاکتورهای فرعی شامل پیش تیمار بذور با نانوکود ارگانیک (بدون کاربرد و کاربرد پیش تیمار بذور با غلظت یک در هزار) و محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت-های (صفر، پنج و ۱۰ گرم در لیتر) در زمان‌های پنجه‌دهی، گلدهی و پرشدن دانه و دو رقم گندم {رقم آبی (تکتاز) و رقم دیم (آفتاب)} بود. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی تیمارهای آزمایش در همه صفات معنی‌دار بود. برهم‌کنش سه‌گانه آبیاری × رقم × پیش تیمار نانوکود ارگانیک بر میزان اسیدهای آمینه ضروری مورد مطالعه (والین، ایزولوسین، لوسین، ترئونین، متیونین، لیزین و فنیل آلانین) معنی‌دار بود. بیش‌ترین میزان اسیدهای آمینه ضروری در ترکیب تیماری بدون آبیاری × پیش تیمار بذور با نانوکود ارگانیک × رقم آفتاب به‌میزان ۶۱۹۲/۵۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم و کم‌ترین آن در ترکیب تیماری آبیاری کامل × بدون کاربرد پیش تیمار بذور با نانوکود ارگانیک × رقم تکتاز به‌میزان ۳۶۳۸/۸۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم به‌دست آمد. تیمار بدون آبیاری بیش‌ترین (۱۶/۶۴ درصد) و تیمار آبیاری کامل کم‌ترین (۱۳/۵۶ درصد) درصد پروتئین دانه را داشت. برهم‌کنش آبیاری × پیش تیمار نانوکود ارگانیک × محلول‌پاشی اسید فولویک در هر دو رقم سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد. به‌طوری‌که بیش-ترین میزان عملکرد دانه در ترکیب تیماری آبیاری کامل × پیش تیمار بذور با نانوکود ارگانیک × محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت ۱۰ گرم در لیتر × رقم تکتاز به میزان ۶۰۸۲/۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد

واژه‌های کلیدی: آبیاری، اسید فولویک، اسیدهای آمینه، گندم و نانوکود ارگانیک.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.)، گیاهی است که در سرتاسر جهان رشد می‌کند و برای رشد در انواع تغییرات آب و هوایی سازگار بوده و نقش کلیدی در حفظ نیازهای غذایی انسان ایفا می‌کند (Miransari and Smith, 2019). گندم حاوی مقدار زیادی مواد مغذی از جمله کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، مواد معدنی و ویتامین‌ها است و تقریباً ۳۵ درصد از جمعیت جهان از آن تغذیه می‌کنند (Baqir and Zeboon, 2024). با در نظر گرفتن روندهای اقلیمی در حال انجام، عملکرد گندم به‌طور مداوم در معرض محدودیت‌های محیطی قرار می‌گیرد، که خشکسالی مهم‌ترین منبع خسارت شناخته شده در میان بسیاری از عوامل تنش غیرزیستی است (Danish *et al.,* 2020). تنش خشکی توانایی گیاه در جذب عناصر غذایی ضروری را کاهش داده و سبب توقف رشد، توسعه و عملکرد گیاه می‌شود (Tanveer *et al.,* 2024). عرضه محدود آب، به‌ویژه در مراحل اولیه رشد و استقرار گیاه، منجر به ناهنجاری‌های بسیاری از صفات فیزیو- بیوشیمیایی در گیاهان می‌شود (Uzair *et al.,* 2016; Rasool *et al.,* 2022). گزارش شده است که در طول تنش خشکی، گیاهان زراعی مانند غلات میزان فتوسنتز خود را کاهش می‌دهند (Dawood *et al.,* 2019). پژوهش‌های قبلی نیز، نشان داده است که کاهش ۵۶ درصدی در تولید گندم را می‌توان به تنش کم‌آبی نسبت داد و ۴۴ درصد باقی‌مانده را ناشی از سایر تنش‌های محیطی دانست (Clarke *et al.,* 2021). با توجه به تغییرات اقلیمی، رویدادهای خشکسالی بیشتر و شدیدتر می‌شوند، لذا توسعه اقدامات پایدار برای افزایش مقاومت به خشکی در گندم را ضروری سازد (Tanveer *et al.,* 2024). با این‌حال، اعمال آبیاری تکمیلی در مرحله بحرانی نیاز آبی گیاه، یکی از روش‌های مؤثر در جلوگیری از نوسان عملکرد و دستیابی به تولید پایدار محصولات کشت دیم در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. در این روش، اثرات تنش خشکی بر گیاه کاهش یافته و رطوبت نسبتاً مناسبی برای گیاه، به‌ویژه در مراحل حساس رشد گیاه، فراهم می‌گردد و به‌دنبال آن عملکرد بهبود می‌یابد (کریمی و جلینی، ۱۳۹۸). در پژوهشی، Man و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که آبیاری تکمیلی در گندم باعث افزایش ۲۸ و ۲۲ درصدی عملکرد دانه در دو رقم گندم شد. جنگ‌دوست و همکاران (۱۳۹۶) اعلام کردند که تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه به‌میزان ۱۹/۷۲ درصد نسبت به آبیاری تکمیلی گردید. حیدرپور و طلایی (۱۳۹۵) نیز، در پژوهشی بیان کردند که آبیاری تکمیلی به‌میزان ۵۰ میلی‌متر در مرحله گل‌دهی نسبت به تیمار بدون آبیاری، عملکرد دانه گندم را ۴۳ درصد افزایش داد. از طرفی، در شرایط عادی، سنتز پروتئین‌ها برای گیاهان امری طبیعی است و به‌طور طبیعی انجام می‌شود. اما، در شرایطی که منابع نیتروژن و مواد آلی کم باشند یا تنش‌های محیطی وجود داشته باشند، ممکن است سنتز پروتئین‌ها محدود شود (Wang *et al.,* 2018). به‌همین دلیل، محققان به تولید ترکیباتی روی آورده‌اند که حاوی بسیاری از اسیدهای آمینه مورد نیاز گیاه هستند. این ترکیبات به گیاهان کمک می‌کنند تا در زمان‌های حیاتی،

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

نیازهای غذایی خود را به‌خوبی برطرف کنند و در نتیجه، رشد و عملکرد بهتری داشته باشند (Baqir *et al.,* 2019). همچنین، کاربرد برخی از ترکیبات آلی به‌عنوان یک راه‌کار مهم برای بهبود تحمل به تنش گیاه ظاهر شده است (Bhat *et al.,* 2023). در این میان، اسید فولویک به دلیل سازگاری با تمامی مواد اسیدی و قلیایی، بسیار کاربردی‌تر است. اندازه ذرات کوچک‌تر اسید فولویک امکان عبور آسان از روزنه‌های گیاه را فراهم می‌کند و این اسید قابلیت محلول‌پاشی را نیز دارد (Zayed, 2020). اسید فولویک نقش مهمی در افزایش رشد و نمو گیاهان حتی در شرایط تنش دارد (Liu *et al.,* 2022b). اسید فولویک تقسیم و طویل شدن سلولی را کنترل می‌کند، اسیدهای نوکلئیک را تشکیل می‌دهد و رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برد (Al- Khafaji and Al- Jubouri, 2023). اسید فولویک به طور مثبت بر فتوسنتز و محتوای کلروفیل اثر می‌گذارد و با مشارکت در ساخت گلیسین در فتوسنتز نقش دارد (Baqir and Zeboon, 2024). همچنین، اسید فولویک در افزایش جذب آب و مواد مغذی از زمین نقش دارد (Al-Elwany *et al.,* 2022). پژوهش‌ها نشان داده است که برهم‌کنش اسیدهای آمینه با اسید فولویک می‌تواند افزایش بیشتری را در رشد و عملکرد گیاهان به همراه داشته باشد (Nargesi *et al.,* 2022). در پژوهش Zeboon و Baqir (۲۰۲۳) محلول‌پاشی با اسید فولویک به‌طور قابل توجهی بر عملکرد دانه تأثیر گذاشت. پورمراد و همکاران (۱۳۹۷) نیز، بیان کردند که محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت ۱۰ گرم در لیتر سبب افزایش ۲۴/۹ درصد عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. اسیدهای آلی می‌توانند نقش مهمی را در متابولیسم اسیدهای آمینه داشته باشند. در پژوهش جوادی و همکاران (۱۳۹۶) کاربرد اسید فولویک میزان اسیدهای آمینه ضروری و غیرضروری را نسبت به شاهد افزایش داد. این محققان، به این نتیجه رسیدند که در بین اسیدهای آمینه، اسید گلوتامیک بیش‌ترین میزان اسیدهای آمینه را به خود اختصاص داد. Tanveer و همکاران (۲۰۲۴) نیز، بیان کردند که اسید فولویک بر محتوی پروتئین اثر معنی‌دار داشت. در بیش‌تر موارد کودهای شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی رایج دارای کارایی پایین جذب مواد مغذی هستند (Guo *et al.,* 2018). علاوه‌بر این، استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی هزینه مصرف آن‌ها را افزایش و سود کشاورزان را کاهش می‌دهد (Diatta *et al.,* 2020). لذا، از آن‌جا که بیش‌تر این عناصر غذایی به‌طور مؤثر توسط گیاهان جذب نمی‌شوند، استفاده از نانوکودها می‌تواند کارآیی جذب کودها، عملکرد و کیفیت محصول را افزایش دهد و اثرهای منفی کودهای شیمیایی را کاهش دهد (Seleiman *et al.,* 2020). نانوکودها حامل عناصر غذایی در ابعاد ۳۰ تا ۴۰ نانومتر هستند و توانایی حمل مناسب یون‌های عناصر غذایی را دارند (Subramanian *et al.,* 2015). تحقیقات نشان داده است که تولید نهاده‌های کودی با اندازه نانو می‌تواند اثر مفیدی بر کارایی کودها داشته باشد (Mastronardi *et al.,* 2015). در این راستا، هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر نانوکود ارگانیک و اسید فولویک بر عملکرد، ترکیب اسیدهای آمینه و درصد پروتئین دانه گندم در شرایط کم‌آبی بود.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۰۳-۱۴۰۲ در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، با مختصات عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۲۳ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۵ دقیقه و با ارتفاع ۸۲/۶ متر از سطح دریا به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. قبل از اجرای آزمایش، ده نمونه خاک از قسمت‌های مختلف مزرعه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر برداشت و به‌صورت یک نمونه ترکیبی جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه انتقال داده شد. خلاصه شرایط آب و هوایی از کاشت تا برداشت محصول و نتایج تجزیه نمونه خاک محل آزمایش به‌ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱: اطلاعات هواشناسی شهرستان پارس‌آباد در طول دوره رشد سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲

سال	ماه‌های سال	متوسط حداقل دمای هوا (سانتی‌گراد)	متوسط حداکثر دمای هوا (سانتی‌گراد)	متوسط کل دمای هوا (سانتی‌گراد)	بارندگی (میلی‌متر)	متوسط رطوبت نسبی (درصد)	متوسط تبخیر (میلی‌متر در روز)	متوسط ساعت آفتابی (ساعت در روز)
۱۴۰۲	آبان	۱۰/۱	۲۲/۱	۱۶/۱	۱/۹	۷۴/۸	۱/۹	۵/۹
	آذر	۳/۷	۱۵/۴	۹/۶	۱۱/۸	۷۵/۶	۰/۶	۴/۹
	دی	۰/۱	۱۲/۴	۶/۳	۲۷/۲	۷۵/۱	۰/۰	۵/۱
	بهمن	۰/۵	۱۲/۰	۶/۳	۱۸/۲	۷۶/۹	۰/۰	۴/۵
	اسفند	۱/۲	۱۱/۱	۶/۱	۳۴/۷	۷۶/۸	۰/۰	۴/۴
۱۴۰۳	فروردین	۷/۰	۲۰/۶	۱۳/۸	۲۷/۱	۷۴/۱	۳/۳	۶/۶
	اردیبهشت	۱۱/۶	۲۴/۶	۱۸/۱	۳۸/۴	۷۱/۲	۴/۵	۷/۶
	خرداد	۱۷/۰	۳۲/۱	۲۴/۵	۹/۰	۶۴/۰	۶/۸	۹/۲

- داده‌ها از اداره هواشناسی سینوپتیک پارس‌آباد به‌دست آمده است.

جدول ۲: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	ازت کل	درصد کربن آلی
لومی رسی	۳۵	۲۷/۵	۳۷/۵	۸/۰۵	۰/۷۲	۸/۷۲	۴۷۶/۶۲	۰/۰۷	۰/۹۴

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح و کرت‌بندی در پاییز و قبل از کشت انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف پنج متری با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و تراکم ۳۰۰ بذر در مترمربع بود که بذرها پس از ضدعفونی با قارچ‌کش کاربوکسین‌تیرام ۲ در هزار با دستگاه بذرکار تمام اتوماتیک (وینتر اشتایگر، ساخت اتریش) در عمق پنج تا هفت سانتی‌متری و در تاریخ پانزدهم آبان ماه سال ۱۴۰۲ کشت شدند. تیمارها شامل، فاکتور اصلی در سه سطح آبیاری شامل I_1، I_2 و I_3 (به‌ترتیب بدون آبیاری (دیم)، آبیاری تکمیلی در مرحله خوشه‌دهی و آبیاری کامل) و فاکتورهای فرعی شامل N_1 و N_2 (به‌ترتیب بدون کاربرد و کاربرد پیش تیمار بذور با غلظت یک در هزار نانوکود ارگانیک)، F_1، F_2 و F_3 {به‌ترتیب محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت‌های (صفر، پنج و ۱۰ گرم در لیتر) در زمان‌های پنجه‌دهی، گلدهی و پرشدن دانه} و C_1 و C_2 {به‌ترتیب دو رقم گندم دیم (رقم آفتاب) و آبی (رقم تکتاز)} بود. رقم آفتاب رقمی زودرس با عملکرد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

دانه بالا (با میانگین عملکرد ۳۱۸۳ کیلوگرم در هکتار) و پایداری مناسب در شرایط متنوع آب و هوایی دیم گرمسیری ایران است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۳). رقم تکتاز نیز، رقمی زودرس با میانگین عملکرد حدود شش تن در هکتار، مناسب کشت در مناطق کم باران اقلیم گرم و مرطوب شمال کشور می‌باشد. در این تحقیق، رقم‌های گندم مورد استفاده از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان) تهیه شد. نانوکود ارگانیک از شرکت پدیده پالیز شکوفا و اسید فولویک نیز، از شرکت آویژه سبز بهاران تهیه شد. آبیاری تکمیلی در مرحله خوشه‌دهی انجام شد. در سطح آبیاری کامل، آبیاری بر اساس نیاز گیاه و عرف منطقه انجام شد. برای جذب بهتر اسید فولویک از سطح برگ ضمن اضافه نمودن چند قطره توئین به‌عنوان مویان به محلول مورد استفاده، عملیات محلول‌پاشی با استفاده از سمپاش پشتی به ازای هر مترمربع انجام شد (جوادی و همکاران، ۱۳۹۶). لازم به ذکر است که برای کاهش میزان تبخیر محلول یاد شده از سطح برگ در اثر تابش نور خورشید و همچنین، تجزیه شدن اسید فولویک در شدت نور زیاد، محلول‌پاشی در ساعات پایانی روز انجام شد. در طول آزمایش، با استفاده از وجین دستی با علف‌های هرز مبارزه شد و هیچ‌گونه علف‌کش و آفت‌کش شیمیایی در مزرعه مصرف نگردید. در پایان، عملکرد نهایی دانه از گیاهان دو ردیف میانی هر کرت و با حذف نیم‌متر حاشیه از ابتدا و انتهای هر کرت آزمایش در زمان رسیدگی محصول تعیین شد. از ۲۰ اسید آمینه موجود در ساختار پروتئین‌ها، ۱۵ اسید آمینه شامل هشت اسید آمینه ضروری (والین، ایزولوسین، لیزین، لوسین، ترئونین، متیونین، فنیل آلانین و هیستیدین) و هفت اسید آمینه غیرضروری (آلانین، سرین، اسید آسپارتیک، اسید گلوتامیک، تیروزین، آرژنین و گلیسین) موجود در دانه با استفاده از دستگاه آمینو اسید آنالیزر کالیبره شده (مدل A200) تعیین شد. غلظت نیتروژن دانه با روش کجلدال اندازه‌گیری و سپس درصد پروتئین نمونه با اعمال ضریب ۶/۲۵ (فاکتور پروتئین) محاسبه شد (Rossi *et al.*, 2004). عملکرد پروتئین نیز، از حاصل‌ضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه محاسبه شد. در نهایت، پس از جمع‌آوری داده‌ها و انجام آزمون ارزیابی نرمال بودن داده‌ها، تجزیه داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین داده‌ها نیز بر پایه آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. قبل از انجام تجزیه واریانس، داده‌های مربوط به عملکرد دانه، گلوتامیک اسید و مجموع اسیدهای آمینه ضروری به‌دلیل بزرگ بودن داده‌ها، بر ۱۰۰ تقسیم شدند.

نتایج و بحث

میزان اسیدهای آمینه

علی‌رغم اهمیت کمی پروتئین گندم، لازم است کیفیت پروتئین آن نیز مورد توجه قرار گیرد. کیفیت تغذیه‌ای پروتئین با استفاده از شاخص‌های متعددی ارزیابی می‌گردد که میزان نسبی و تعادل بین اسیدهای آمینه ضروری موجود

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

در آن از جمله معیارهای تعیین ارزش تغذیه‌ای پروتئین می‌باشد (صمدانیان و همکاران، ۱۳۹۳). در این پژوهش، علاوه‌بر اثر اصلی تیمارها، برهم‌کنش دوگانه آبیاری در رقم بر کلیه اسیدهای آمینه مورد مطالعه معنی‌دار بود. همچنین، برهم‌کنش‌های دوگانه آبیاری در پیش تیمار نانوکود ارگانیک و آبیاری در محلول‌پاشی اسید فولویک بر برخی دیگر از اسیدهای آمینه معنی‌دار بودند (جدول ۳).

جدول ۳: تجزیه واریانس میزان اسیدهای آمینه مورد مطالعه در دانه گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		متیونین	آلانین	والین	ایزولوسین	لوسین	سرین	آسپارتیک اسید
تکرار	۲	۳۱۲۲/۴۰ *	۱۱۶۶۵/۵۶ **	۸۶۲/۲۸ ns	۱۵۵۵/۸۰ ns	۱۶۴۰۹/۶۷ **	۵۹۹۶/۷۹ **	۳۵۱۹/۶۵ **
آبیاری	۲	۴۸۱۰۰۳/۶۱ **	۲۲۳۴۱۲/۷۵ **	۲۷۸۹۹۵/۹۶ **	۱۷۸۴۷۰/۸۸ **	۹۱۲۷۸۲/۲۳ **	۶۹۰۸۴۷/۳۳ **	۳۲۴۰۰۴/۷۳ **
خطای کرت اصلی	۴	۱۲۳۴/۸۰	۱۷۵۶/۵۲	۱۳۲۹/۳۳	۳۵۶۳/۵۹	۴۳۶/۰۶	۹۲۹/۷۲	۳۳۱۶/۶۳
رقم	۱	۱۹۱۳۹۶/۸۷ **	۱۲۵۹۹۵/۲۷ **	۲۲۴۱۲/۸۶ **	۱۱۲۷۳۳/۴۰ **	۵۲۲۲۹۳/۳۸ **	۲۷۰۵۶۳/۸۹ **	۴۸۵۲۴/۷۷ **
نانوکود ارگانیک	۱	۱۴۰۸۷۱/۱۸ **	۶۳۳۲۹/۵۴ **	۴۳۵۷۵/۳۷ **	۲۳۱۷۸/۰۹ **	۳۸۹۰۳۹/۴۴ **	۱۷۰۹۸۳/۳۶ **	۱۶۳۲۶۳/۱۹ **
اسید فولویک	۲	۲۱۷۳۱۰/۲۰ **	۱۸۷۸۲۸/۵۲ **	۱۳۷۳۹۵/۱۲ **	۱۲۰۲۵۱/۰۶ **	۳۶۰۰۵۷/۴۷ **	۳۲۱۸۸۷/۱۵ **	۱۸۳۳۶۷/۰۸ **
رقم × نانوکود ارگانیک	۱	۶۵۶/۲۶ ns	۲۳۲/۷۱ ns	۲۴۶/۰۰ ns	۱۵۲۸/۴۸ ns	۳۵۶/۴۱ ns	۵۸۵/۳۶ ns	۶/۵۹ ns
رقم × اسید فولویک	۲	۶۷۹/۸۲ ns	۳۴/۹۱ ns	۳۴/۸۸ ns	۸۴۶/۶۳ ns	۳۴۰/۳۷ ns	۶۳۵/۰۴ ns	۵۹۱/۵۹ ns
نانوکود ارگانیک × اسید فولویک	۲	۱۱۶۲/۸۶ ns	۱۳۱۷/۵۵ ns	۱۱۳۳/۴۳ ns	۳۱۸/۸۳ ns	۵۲۷۷/۴۳ **	۴۸۹/۰۹ ns	۷۴۲۰/۱۶ **
آبیاری × رقم	۲	۸۰۰۳/۰۳ **	۲۷۷۲۰/۵۴ **	۱۴۳۱۲/۰۲ **	۱۳۷۱۹/۱۶ **	۱۱۴۱۵/۸۶ **	۲۲۲۳/۲۴ *	۸۸۱۵/۰۳ **
آبیاری × نانوکود ارگانیک	۲	۱۱۳۲۴/۳۸ **	۱۹۳۴/۳۷ ns	۴۰۸/۰۹ ns	۱۰۵۶/۲۴ ns	۵۱۸۲/۸۱ **	۹۰۸۱/۴۴ **	۱۴۶۴/۲۵ *
آبیاری × اسید فولویک	۴	۳۴۲۳/۵۷ **	۹۶۰/۹۶ ns	۱۲۸۷/۶۳ ns	۱۶۹۱/۳۶ ns	۴۵۴۳/۲۷ **	۶۵۷۶/۲۶ **	۲۱۶۳/۶۹ **
رقم × نانوکود ارگانیک × اسید فولویک	۲	۴۹۴/۲۵ ns	۹۸/۳۳ ns	۱۳/۴۰ ns	۱۵۳۳/۶۸ ns	۱۵۷۱/۶۲ **	۳۱/۷۱ ns	۲۷۱/۹۷ ns
آبیاری × رقم × نانوکود ارگانیک	۲	۲۰/۶۵ ns	۳۹۳/۸۳ ns	۱۲۰۵/۴۰ ns	۷۸۴/۹۵ ns	۷۴۰۸/۰۱ **	۴۰۳۳/۷۵ **	۸۹۹۰/۲۶ **
آبیاری × رقم × اسید فولویک	۴	۵۳/۸۴ ns	۸۲/۱۸ ns	۷۳/۰۷ ns	۱۰۰۰/۴۸ ns	۸۵/۸۴ ns	۱۴۸/۹۸ ns	۱۲۸/۷۲ ns
آبیاری × نانوکود ارگانیک × اسید فولویک	۴	۴۸۰/۴۳ ns	۲۳۶/۰۲ ns	۶۰۶/۵۳ ns	۲۰۵۲/۶۳ ns	۴۶۸/۳۰ ns	۱۸۵۱/۳۳ *	۹۲۴/۵۶ *
آبیاری × رقم × نانوکود ارگانیک × اسید فولویک	۴	۲۷۳/۹۴ ns	۸۸/۲۸ ns	۶۸/۷۲ ns	۱۴۰۷/۶۹ ns	۱۴۴/۸۳ ns	۶/۱۶ ns	۳۵۴/۱۶ ns
خطای کرت فرعی	۶۶	۷۹۷/۵۴	۸۹۲/۵۰	۷۰۹/۹۲	۱۸۰۲/۹۹	۳۰۹/۴۴	۶۲۷/۸۹	۳۶۱/۷۲
ضریب تغییرات		۴/۰۱	۵/۳۵	۵/۱۰	۱۰/۲۴	۱/۳۵	۳/۱۴	۳/۴۲

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

اسید فولویک نقش مستقیمی در بیوسنتز برخی اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک دارد و بنابراین مشتقات این اسید در فرآیندهای متابولیسمی سلول‌های زنده نقش بسیار مهمی دارند (Alsamadany *et al.*, 2022). در این پژوهش، محلول‌پاشی اسید فولویک سبب افزایش میزان اسید آمینه متیونین شد. به‌طوری‌که، بیش‌ترین میزان اسید آمینه متیونین در تیمار بدون آبیاری در محلول‌پاشی با غلظت ۱۰ گرم در لیتر اسید فولویک به‌میزان ۹۳۰/۹۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم و کم‌ترین میزان آن در تیمار آبیاری کامل در بدون محلول‌پاشی اسید فولویک به‌میزان ۵۴۲/۴۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم به‌دست آمد (جدول ۴). متیونین یک اسید آمینه ضروری است که در بسیاری از فرآیندهای بیوشیمیایی شرکت می‌کند. این اسید آمینه به‌عنوان جزئی از پروتئین‌ها بوده و در متابولیسم کربن مهم است (Lenhart *et al.*, 2015). متیونین با بهبود آنتی اکسیدان‌ها و با افزایش غلظت پرولین و رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، تنش خشکی را بهبود می‌بخشد (Merwad *et al.*, 2018). متیونین پیش‌ساز سیستئین بوده و به‌عنوان یک واسطه در سنتز گلوتاتیون نقش دارد و دارای فعالیت آنتی اکسیدانی برجسته است (Sadak *et al.*, 2017).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

ادامه جدول ۳: تجزیه واریانس میزان اسیدهای آمینه مورد مطالعه در دانه گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		لیزین	تیروزین	آرژنین	گلیسین	ترئونین	فنیل آلانین	هیستیدین	گلوتامیک اسید	اسیدهای آمینه ضروری
تکرار	۲	۱۹۳۹۴/۲۹ **	۱۹۲۳/۹۰ *	۱۵۵۰۳/۵۸ **	۲۱۶۳۳/۰۰ **	۶۰۲۲/۸۷ **	۲۶۰۴۷/۶۸ **	۲۰۵۲۷/۸۷ **	۲/۰۵ **	۳۸/۴۲ **
آبیاری	۲	۲۹۳۵۰۶/۴۵ **	۱۲۰۲۵۴/۶۹ **	۱۶۴۲۳۱/۴۲ **	۵۱۶۴۸/۳۶ **	۳۸۷۸۶۵/۸۱ **	۱۲۴۶۵۵/۰۴ **	۱۷۱۹۹۰/۳۶ **	۱۱۲۷/۶۹ **	۱۶۸۶/۱۷ **
خطای کرت اصلی	۴	۹۲/۹۵	۱۱۰۵/۴۱	۸۶۱/۲۰	۱۰۸/۰۴	۲۹۱۹/۹۷	۱۵۷۱/۱۷	۱۳۸/۷۹	۰/۰۵	۲/۳۰
رقم	۱	۳۲۵۳۹/۶۹ **	۳۴۴۹۵/۵۳ **	۹۰۳۰۷/۱۰ **	۳۵۵۷۶/۵۴ **	۵۱۱۶۱۰/۷۸ **	۹۹۲۲۱/۵۴ **	۹۱۹۰۳/۱۸ **	۹۰۳/۴۹ **	۸۱۵/۸۴ **
نانوکود ارگانیک	۱	۱۸۳۶۷۰/۸۴ **	۱۵۴۲۵۱/۰۷ **	۵۷۴۹۷/۶۴ **	۳۰۰۰۷/۰۷ **	۲۰۵۱۷۵/۲۵ **	۱۷۷۶۸۰/۷۹ **	۲۳۶۰۵/۶۴ **	۲۰۸/۶۴ **	۷۰۹/۱۸ **
اسید فولویک	۲	۲۷۳۳۳۱/۸۸ **	۲۶۳۶۸۲/۹۴ **	۱۳۷۴۳۳/۵۹ **	۴۴۳۰۴/۷۶ **	۳۴۱۲۸۰/۶۱ **	۳۱۳۹۹۵/۸۷ **	۴۵۶۶۵/۶۲ **	۲۱۵/۸۰ **	۱۱۸۸/۵۴ **
رقم × نانوکود ارگانیک	۱	۵۸۶۲/۶۴ **	۶۴۱/۳۲ ns	۳/۵۹ ns	۲۴۱/۶۰ *	۱۴۶۵/۹۳ ns	۲۱۸۶/۳۱ *	۵۶۸/۸۸ *	۰/۷۱ **	۰/۰۴ ns
رقم × اسید فولویک	۲	۸۶۴/۰۶ *	۷۴۲/۸۹ ns	۸۳۰/۲۷ *	۲۵۶/۴۹ *	۷۲/۸۹ ns	۳۳۷۹/۶۷ **	۲۹۲/۹۴ *	۰/۱۷ *	۱/۹۷ *
نانوکود ارگانیک × اسید فولویک	۲	۳۸۳۹/۱۸ **	۱۷۰۹/۴۱ *	۱۱۵۱/۴۵ *	۶۴۲/۱۴ **	۲۰۹۳/۴۵ *	۴۵۳۳/۸۲ **	۱۰۸/۵۶ ns	۰/۵۹ **	۷/۳۹ **
آبیاری × رقم	۲	۱۳۶۱۳/۸۱ **	۱۸۱۲۸/۲۹ **	۱۰۲۷۲/۲۷ **	۶۷۲۹/۸۹ **	۴۸۵۵۲/۹۸ **	۳۷۹۵۱/۵۵ **	۱۰۶۱۵/۶۹ **	۰/۵۵ **	۸۳/۴۶ **
آبیاری × نانوکود ارگانیک	۲	۱۱۳۴۲/۵۱ **	۳۸۵۵/۰۹ **	۲۸۷۴/۲۱ **	۶۶۴/۷۷ **	۲۰۲۸/۹۲ *	۲۴۹/۲۶ ns	۲۹۹/۷۱ *	۴/۶۴ **	۵/۱۹ **
آبیاری × اسید فولویک	۴	۲۷۰۰/۰۶ **	۳۰۷۵/۲۸ **	۲۹۳۸/۶۳ **	۴۹۸/۱۶ **	۶۶۹/۱۶ ns	۳۸۰۹/۵۷ **	۴۱۸/۶۹ **	۱/۳۷ **	۱۰/۵۵ **
رقم × نانوکود ارگانیک × اسید فولویک	۲	۳۲۷/۸۱ ns	۲۲۷/۴۲ ns	۱۹۵/۶۹ ns	۳/۶۲ ns	۶۲۶/۰۴ ns	۱۷۰/۱۹ ns	۹۲/۹۴ ns	۰/۱۹ *	۱/۱۷ ns
آبیاری × رقم × نانوکود ارگانیک	۲	۵۸۱۹/۷۲ **	۱۲۹۹۶/۷۰ **	۴۵۴۵/۱۱ **	۸۷۲/۸۴ **	۴۲۴۲/۲۳ **	۱۶۵۴/۲۴ *	۲۹۴/۳۹ *	۲/۶۷ **	۲/۵۷ *
آبیاری × رقم × اسید فولویک	۴	۴۷۰/۵۱ ns	۲۴/۱۴ ns	۲۱۰/۸۸ ns	۲۳/۷۷ ns	۷۳۰/۸۷ ns	۱۴۶/۵۹ ns	۳/۹۵ ns	۰/۳۲ **	۰/۶۱ ns
آبیاری × نانوکود ارگانیک × اسید فولویک	۴	۵۹۸/۸۶ *	۲۸۶/۳۷ ns	۱۴۵/۵۷ ns	۵۶/۸۲ ns	۵۴۹/۸۱ ns	۵۰۱/۸۴ ns	۸/۵۱ ns	۰/۲۹ **	۱/۰۰ ns
آبیاری × رقم × نانوکود ارگانیک × اسید فولویک	۴	۵۶/۹۵ ns	۳۴/۳۰ ns	۱۶/۶۸ ns	۵/۳۴ ns	۱۹۲/۴۲ ns	۱۰۱/۴۲ ns	۵/۷۶ ns	۰/۳۱ **	۰/۸۰ ns
خطای کرت فرعی	۶۶	۲۳۷/۷۲	۵۲۹/۶۸	۲۴۵/۹۰	۵۸/۶۷	۶۳۵/۴۶	۵۱۶/۱۳	۸۹/۰۹	۰/۰۴	۰/۵۷
ضریب تغییرات		۳/۷۲	۴/۵۵	۴/۱۰	۲/۲۴	۳/۵۳	۳/۷۰	۲/۶۲	۴/۸۴	۱/۶۱

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

بیش‌ترین میزان اسیدهای آمینه آلانین، والین و ایزولوسین در تیمار بدون آبیاری در رقم آفتاب به‌ترتیب به‌میزان ۷۰۸/۶۲، ۶۵۲/۲۸ و ۵۳۷/۵۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم و کم‌ترین میزان آن‌ها در تیمار آبیاری کامل در رقم تکتاز به‌ترتیب به‌میزان ۴۶۴/۲۷، ۴۳۷/۱۲ و ۳۲۳/۶۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم به‌دست آمد (جدول ۴).

جدول ۴: برهم‌کنش دوگانه تیمارهای آزمایش بر میزان اسیدهای آمینه (بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم)

تیمار	متیونین	تیمار	متیونین	تیمار	متیونین	آلانین	والین	ایزولوسین
$I_1\times F_1$	۷۳۸/۹۰c	$I_1\times N_1$	۷۷۵/۲۰b	$I_1\times C_1$	۸۸۹/۴۱a	۷۰۸/۶۲a	۶۵۲/۲۸a	۵۳۷/۵۱a
$I_1\times F_2$	۸۲۵/۱۵b	$I_1\times N_2$	۸۸۸/۱۳a	$I_1\times C_2$	۷۷۳/۹۳b	۵۷۶/۸۵b	۵۷۷/۴۴b	۴۲۸/۲۱b
$I_1\times F_3$	۹۳۰/۹۵a	$I_2\times N_1$	۶۵۳/۰۶d	$I_2\times C_1$	۷۱۷/۵۱c	۵۶۱/۷۲b	۵۱۶/۷۹c	۴۴۲/۳۰b
$I_2\times F_1$	۶۰۴/۷۰e	$I_2\times N_2$	۷۰۰/۹۵c	$I_2\times C_2$	۶۳۶/۵۰D	۵۳۲/۹۰c	۵۰۹/۹۸c	۳۹۴/۸۱c
$I_2\times F_2$	۶۷۴/۶۲d	$I_3\times N_1$	۵۷۷/۵۹f	$I_3\times C_1$	۶۳۳/۵۸d	۵۰۸/۶۳d	۴۴۱/۹۰d	۳۶۰/۷۴d
$I_2\times F_3$	۷۵۱/۶۷c	$I_3\times N_2$	۶۳۳/۴۷e	$I_3\times C_2$	۵۷۷/۴۸e	۴۶۴/۲۷e	۴۳۷/۱۲d	۳۲۳/۶۸e
$I_3\times F_1$	۵۴۲/۴۸f							
$I_3\times F_2$	۶۰۴/۷۸e							
$I_3\times F_3$	۶۶۹/۳۲d							

I_1، I_2 و I_3 (به‌ترتیب بدون آبیاری (دیم)، آبیاری تکمیلی و آبیاری کامل)، N_1 و N_2 (به‌ترتیب بدون کاربرد و کاربرد پیش تیمار بذور با غلظت یک در هزار نانوکود ارگانیک)، F_1، F_2 و F_3 {به‌ترتیب محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت‌های (۰، ۵ و ۱۰ گرم در لیتر)} و C_1 و C_2 (به‌ترتیب رقم آفتاب و رقم تکتاز). میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار با هم ندارند.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی تیمارهای آزمایش و برهم‌کنش سه‌گانه آبیاری در رقم در پیش تیمار نانوکود ارگانیک بر میزان اسیدهای آمینه لوسین، سرین، آسپارتیک اسید، لیزین، تیروزین، آرژنین، گلیسین، ترئونین، فنیل آلانین و هیستیدین معنی‌دار بود. برهم‌کنش سه‌گانه رقم در پیش تیمار نانوکود ارگانیک در اسید فولویک اثر معنی‌دار بر میزان اسید آمینه لوسین داشت. برهم‌کنش سه‌گانه آبیاری در پیش تیمار نانوکود ارگانیک در اسید فولویک بر میزان اسیدهای آمینه سرین، آسپارتیک اسید و لیزین معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین میزان اسیدهای آمینه لوسین، تیروزین، آرژنین، گلیسین، ترئونین، فنیل آلانین و هیستیدین در تیمار بدون آبیاری در پیش تیمار نانوکود ارگانیک در رقم آفتاب به‌ترتیب به‌میزان ۱۶۲۸/۴۵، ۶۸۱/۰۰، ۵۴۱/۸۰، ۴۲۴/۰۶، ۹۷۸/۰۴، ۷۷۹/۱۴ و ۴۹۹/۱۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم به‌دست آمد. کم‌ترین میزان آن‌ها نیز، مربوط به تیمار آبیاری کامل در بدون کاربرد پیش تیمار نانوکود ارگانیک در رقم تکتاز به‌ترتیب به‌میزان ۱۰۴۰/۵۳۱، ۴۰۳/۵۳، ۲۸۰/۸۶، ۲۸۹/۹۲، ۵۳۳/۰۰، ۵۰۳/۱۹ و ۲۷۲/۰۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بود (جدول ۵). اسید فولویک به‌عنوان ناقل بنیان تک‌کربنه در بیوسنتز اسیدهای آمینه گلیسین و متیونین به‌طور مستقیم ایفای نقش می‌کند (Blancquaert *et al.*, 2014). در پژوهشی، میزان گلیسین و متیونین موجود در دانه گندم مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج حاصل نشان داد که در رقم کوهدشت میزان اسیدهای آمینه مذکور در اثر کاربرد خارجی اسید فولویک در مقایسه با شاهد افزایش داشت (جوادی و همکاران، ۱۳۹۶).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

جدول ۵: برهم‌کنش سه‌گانه تیمارهای آزمایش بر میزان اسیدهای آمینه در دانه گندم (بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم)

تیمار	لوسین	تیمار	لوسین	سرین	آسپارتیک اسید	لیزین	تیروزین
$C_1\times N_1\times F_1$	۱۲۲۸/۹۱g	$I_1\times C_1\times N_1$	۱۴۸۳/۴۲b	۹۵۵/۲۶b	۶۷۲/۰۹b	۴۶۹/۸۹c	۵۴۳/۷۴b
$C_1\times N_1\times F_2$	۱۳۰۳/۸۲de	$I_1\times C_1\times N_2$	۱۶۲۸/۴۵a	۱۰۴۴/۸۲a	۷۰۹/۶۴a	۶۳۰/۲۴a	۶۸۱/۰۰a
$C_1\times N_1\times F_3$	۱۳۹۷/۷۶c	$I_1\times C_2\times N_1$	۱۳۱۳/۲۱e	۸۲۱/۹۰d	۵۶۴/۴۴e	۴۳۲/۲۷de	۴۹۴/۸۶cd
$C_1\times N_2\times F_1$	۱۳۱۲/۱۸d	$I_1\times C_2\times N_2$	۱۴۶۲/۹۴c	۹۵۱/۰۵b	۶۶۱/۳۹b	۵۱۸/۵۷b	۵۵۴/۹۴b
$C_1\times N_2\times F_2$	۱۴۳۴/۳۹b	$I_2\times C_1\times N_1$	۱۲۸۵/۶۹f	۷۸۱/۳۷e	۵۲۷/۲۳f	۳۷۲/۰۱g	۴۸۲/۶۷d
$C_1\times N_2\times F_3$	۱۵۵۴/۹۳a	$I_2\times C_1\times N_2$	۱۴۲۳/۰۱d	۸۸۱/۳۰c	۶۱۴/۳۴c	۴۱۸/۱۳e	۵۰۹/۵۶c
$C_2\times N_1\times F_1$	۱۰۸۳/۹۰i	$I_2\times C_2\times N_1$	۱۱۷۰/۴۰h	۷۰۴/۶۴g	۴۹۲/۱۹g	۳۶۲/۱۰g	۴۴۳/۷۲e
$C_2\times N_1\times F_2$	۱۱۷۲/۹۶h	$I_2\times C_2\times N_2$	۱۲۳۸/۰۴g	۷۷۱/۱۸e	۵۸۸/۹۸d	۴۳۴/۱۴d	۵۳۴/۲۵b
$C_2\times N_1\times F_3$	۱۲۶۷/۲۸f	$I_3\times C_1\times N_1$	۱۱۶۱/۳۸h	۶۸۲/۲۸g	۴۱۸/۱۱i	۳۰۸/۶۰i	۴۳۷/۵۶e
$C_2\times N_2\times F_1$	۱۱۸۸/۳۰h	$I_3\times C_1\times N_2$	۱۲۵۰/۰۴g	۷۴۵/۴۹f	۵۲۵/۲۴f	۳۹۳/۷۸f	۴۸۵/۵۳d
$C_2\times N_2\times F_2$	۱۲۹۱/۷۵e	$I_3\times C_2\times N_1$	۱۰۴۰/۵۳i	۶۰۶/۰۲i	۴۳۲/۱۴i	۲۹۶/۱۹i	۴۰۳/۵۳f
$C_2\times N_2\times F_3$	۱۳۹۳/۳۰C	$I_3\times C_2\times N_2$	۱۱۷۲/۳۸h	۶۳۵/۱۰h	۴۷۳/۱۶h	۳۴۱/۰۷h	۴۹۴/۲۹cd

I_1، I_2 و I_3 (به‌ترتیب بدون آبیاری (دیم)، آبیاری تکمیلی و آبیاری کامل)، N_1 و N_2 (به‌ترتیب بدون کاربرد و کاربرد پیش تیمار بذور با غلظت یک در هزار نانوکود ارگانیک)، F_1، F_2 و F_3 {به‌ترتیب محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت‌های (۰، ۵ و ۱۰ گرم در لیتر)} و C_1 و C_2 (به‌ترتیب رقم آفتاب و رقم تکتاز). میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار با هم ندارند.

ادامه جدول ۵: برهم‌کنش سه‌گانه تیمارهای آزمایش بر میزان اسیدهای آمینه در دانه گندم (بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم)

تیمار	آرژنین	گلیسین	ترئونین	فنیل آلانین	هیستیدین	میزان اسیدهای آمینه ضروری
$I_1\times C_1\times N_1$	۴۵۸/۸۵b	۴۰۱/۸۴b	۸۹۹/۱۶b	۷۰۲/۵۰b	۴۶۳/۸۵b	۵۵۳۶/۶۷b
$I_1\times C_1\times N_2$	۵۴۱/۸۰A	۴۲۴/۰۸a	۹۷۸/۰۴a	۷۷۹/۱۴a	۴۹۹/۱۰a	۶۱۹۲/۵۵a
$I_1\times C_2\times N_1$	۳۸۳/۸۹de	۳۲۷/۵۷f	۶۸۱/۶۱e	۵۷۳/۰۹c	۳۷۲/۹۷d	۴۷۰۰/۲۸e
$I_1\times C_2\times N_2$	۴۳۲/۱۴c	۳۶۷/۰۷d	۷۵۲/۴۹c	۶۴۷/۰۴d	۳۹۶/۷۷c	۵۲۴۰/۰۹c
$I_2\times C_1\times N_1$	۳۷۸/۱۸ef	۳۳۳/۵۵f	۷۲۱/۴۸d	۵۹۴/۳۶fg	۳۶۱/۵۶e	۴۵۹۵/۵۰f
$I_2\times C_1\times N_2$	۳۹۵/۴۴d	۳۸۴/۴۲c	۷۷۳/۵۲c	۶۷۰/۴۰c	۳۹۵/۱۰c	۵۰۱۶/۲۹d
$I_2\times C_2\times N_1$	۳۲۸/۲۸g	۳۰۹/۷۹g	۵۸۲/۵۹g	۵۳۹/۳۶h	۳۱۲/۸۰h	۴۱۲۶/۵۷h
$I_2\times C_2\times N_2$	۳۹۵/۷۷d	۳۴۴/۷۱e	۶۹۹/۴۴de	۶۲۸/۳۶de	۳۴۷/۳۸f	۴۶۱۰/۴۲f
$I_3\times C_1\times N_1$	۳۲۸/۴۱g	۲۹۲/۶۱h	۶۱۱/۶۳f	۵۲۷/۶۳h	۲۹۳/۶۷i	۳۹۹۳/۴۵i
$I_3\times C_1\times N_2$	۳۶۷/۷۴f	۳۲۷/۶۹f	۷۲۰/۱۳d	۵۹۱/۳۲fg	۳۲۷/۳۶g	۴۴۴۳/۵۰g
$I_3\times C_2\times N_1$	۲۸۰/۸۶i	۲۸۹/۹۲h	۵۳۳/۰۰h	۵۰۳/۱۹i	۲۷۲/۰۶j	۳۶۳۸/۸۵j
$I_3\times C_2\times N_2$	۳۰۲/۴۷h	۳۰۷/۳۳g	۶۲۸/۹۰f	۶۱۰/۶۰ef	۲۸۸/۶۱i	۴۱۶۳/۵۷h

I_1، I_2 و I_3 (به‌ترتیب بدون آبیاری (دیم)، آبیاری تکمیلی و آبیاری کامل)، N_1 و N_2 (به‌ترتیب بدون کاربرد و کاربرد پیش تیمار بذور با غلظت یک در هزار نانوکود ارگانیک) و C_1 و C_2 (به‌ترتیب رقم آفتاب و رقم تکتاز). میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار با هم ندارند.

بیش‌ترین میزان اسیدهای آمینه سرین، آسپارتیک اسید و لیزین در تیمار بدون آبیاری در پیش تیمار نانوکود ارگانیک در محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت ۱۰ گرم در لیتر به‌ترتیب به‌میزان ۱۱۴۲/۲۶، ۷۷۱/۳۷ و ۶۸۶/۴۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم به‌دست آمد. کم‌ترین میزان آن‌ها نیز، مربوط به تیمار آبیاری کامل در بدون کاربرد پیش تیمار نانوکود ارگانیک در بدون محلول‌پاشی اسید فولویک به‌ترتیب ۵۶۵/۰۲، ۳۸۳/۶۸ و ۲۳۴/۴۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بود (جدول ۶). در پروتئین گندم میزان اسیدهای آمینه لیزین و ترئونین محدود بوده و همین عامل سبب کاهش ارزش تغذیه‌ای آن می‌گردد (جوادی و همکاران، ۱۳۹۶). با توجه به اهمیت گندم در تأمین پروتئین مورد نیاز مردم و مقرون به صرفه‌تر بودن تولید پروتئین‌های گیاهی در مقایسه با پروتئین‌های جانوری و محدودیت اسیدهای آمینه لیزین و ترئونین، در حال حاضر پژوهش‌گران تلاش

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

می‌کنند که با استفاده از راه‌کارهایی ضمن افزایش درصد پروتئین دانه، ارزش تغذیه‌ای آن را افزایش دهند (جوادی و همکاران، ۱۳۹۶). در این راستا، جوادی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی بیان کردند که مجموع اسیدهای آمینه لیزین و ترئونین در اثر کاربرد خارجی اسید فولویک افزایش نشان داد. Baqir و همکاران (۲۰۱۹) نیز، به این نتیجه رسیدند که، اسیدهای آمینه از جمله آرژنین نقش مهمی در بهره‌وری گیاه و تحمل شرایط متضاد مانند شوری، خشکی و دمای بالا، ایفا می‌کنند و با تغییر پتانسیل اسمزی بافت گیاه به کاهش آن از طریق اثربخشی فیزیولوژیکی متفاوت کمک می‌کنند. همچنین، آسیب‌های ناشی از تنش‌های زیستی را به‌میزان قابل توجهی کاهش داده و به تحریک فرآیندهای فیزیولوژیکی و نقش آن در تقسیم سلولی و تولید برخی از هورمون‌های رشد طبیعی کمک می‌کنند (Baqir *et al.*, 2019). در شرایط آبیاری نرمال، مقدار پروتئین دانه و اسیدهای آمینه ممکن است توسط رقیق شدن نیتروژن با کربوهیدرات‌ها کاهش یابد (نوری و طالمین، ۱۴۰۱).

جدول ۶: برهم‌کنش سه‌گانه تیمارهای آزمایش بر میزان اسیدهای آمینه در دانه گندم (بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم)

تیمار	سرین			آسپارتیک اسید			لیزین		
	I_1	I_2	I_3	I_1	I_2	I_3	I_1	I_2	I_3
$N_1\times F_1$	۷۹۱/۱۸f	۶۵۵/۳۴j	۵۶۵/۰۲l	۵۴۷/۰۴f	۴۵۶/۴۹h	۳۸۳/۶۸j	۳۶۶/۷۱f	۲۹۱/۵۴h	۲۳۴/۴۴i
$N_1\times F_2$	۸۷۵/۶۸d	۷۳۸/۳۱gh	۶۴۵/۵۳j	۶۰۶/۳۷c	۵۰۶/۸۲g	۴۲۶/۲۱i	۴۴۳/۴۶e	۳۶۰/۸۹f	۲۹۷/۹۱h
$N_1\times F_3$	۹۹۸/۸۸b	۸۳۵/۳۵e	۷۲۱/۹۱h	۷۰۱/۳۹b	۵۶۵/۸۲ef	۴۶۵/۴۷h	۵۴۳/۰۷c	۴۴۸/۷۵e	۳۷۴/۸۴f
$N_2\times F_1$	۸۷۳/۲۲d	۷۴۲/۳۲gh	۶۱۲/۱۱k	۵۸۹/۱۴cd	۵۱۰/۵۶g	۴۲۴/۲۱i	۴۵۰/۷۴e	۳۲۹/۸۶g	۲۸۸/۶۷h
$N_2\times F_2$	۹۷۸/۳۲b	۸۲۸/۴۱e	۶۹۲/۶۰i	۶۹۶/۰۴b	۶۰۳/۱۶c	۵۰۱/۱۶g	۵۸۶/۰۳b	۴۳۵/۴۸e	۳۷۲/۲۸f
$N_2\times F_3$	۱۱۴۲/۲۶a	۹۰۸/۰۰c	۷۶۶/۱۸fg	۷۷۱/۳۷a	۶۹۱/۲۶b	۵۷۲/۲۴de	۶۸۶/۴۴a	۵۱۳/۰۶d	۴۴۱/۳۳e

I_1، I_2 و I_3 (به‌ترتیب بدون آبیاری (دیم)، آبیاری تکمیلی و آبیاری کامل)، N_1 و N_2 (به‌ترتیب بدون کاربرد و کاربرد پیش تیمار بذور با غلظت یک در هزار نانوکود ارگانیک) و F_1، F_2 و F_3 {به‌ترتیب محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت‌های (۰، ۵ و ۱۰ گرم در لیتر)}. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار با هم ندارند.

در این پژوهش، علاوه‌بر اثرهای اصلی تیمارهای آزمایش، برهم‌کنش تیمارهای مورد مطالعه بر میزان اسید آمینه گلوتامیک اسید معنی‌دار بود (جدول ۳). پیش تیمار بذور با نانوکود ارگانیک و محلول‌پاشی اسید فولویک اثر مثبتی بر میزان این اسید آمینه داشتند. به‌طوری‌که، بیش‌ترین میزان اسید آمینه گلوتامیک اسید در تیمار بدون آبیاری در پیش تیمار بذور با نانوکود ارگانیک در محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت ۱۰ گرم در لیتر در رقم آفتاب به‌میزان ۵۵۳۴/۸۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم به‌دست آمد. کم‌ترین میزان این اسید آمینه نیز، مربوط به تیمار آبیاری کامل در بدون کاربرد پیش تیمار بذور با نانوکود ارگانیک در بدون محلول‌پاشی اسید فولویک در رقم تکتاز به‌میزان ۳۰۵۱/۳۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بود (جدول ۷). جوادی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که در بین اسیدهای آمینه، اسید گلوتامیک بیش‌ترین میزان اسیدهای آمینه را به خود اختصاص داد. در این پژوهش نیز، گلوتامیک اسید بیش‌ترین میزان اسیدهای آمینه مورد مطالعه در دانه گندم را داشت. این اسید آمینه در سلول‌های گیاهی دارای نقش‌های فیزیولوژیک متعددی می‌باشد که شرکت به‌عنوان سوبسترای اولیه بیوسنتز اسیدهای آمینه پرولین و آرژنین از جمله آن‌ها می‌باشد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

(Winter *et al.,* 2015). همچنین، تأمین گروه آمین برای بیوسنتز اسیدهای آمینه والین، لیزین، ایزولوسین، لوسین، آرژنین، تیروزین و فنیل آلانین، از دیگر نقش‌های فیزیولوژیک اسید گلوتامیک به‌شمار می‌آید (اسفندیاری و محبوب، ۱۴۰۱).

جدول ۷: برهم‌کنش چهارگانه تیمارهای آزمایش بر میزان اسید آمینه گلوتامیک اسید (بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم)

تیمار	گلوتامیک اسید		
	I_1	I_2	I_3
$C_1\times N_1\times F_1$	۴۶۵۸/۱۲h	۴۱۰۲/۳۱o	۳۶۹۸/۱۵w
$C_1\times N_1\times F_2$	۴۹۲۳/۷۲e	۴۳۱۶/۱۷l	۳۸۹۲/۱۰s
$C_1\times N_1\times F_3$	۵۲۸۳/۲۲b	۴۵۱۶/۷۹j	۴۰۳۵/۲۰q
$C_1\times N_2\times F_1$	۴۹۷۹/۲۱d	۴۴۲۹/۸۷k	۳۸۱۱/۱۹tu
$C_1\times N_2\times F_2$	۵۲۴۷/۴۳c	۴۷۳۲/۲۱g	۴۰۶۵/۴۷pq
$C_1\times N_2\times F_3$	۵۵۳۴/۸۵a	۴۹۹۵/۵۰d	۴۲۷۷/۷۱m
$C_2\times N_1\times F_1$	۴۱۵۶/۰۵n	۳۵۲۹/۸۸y	۳۰۵۱/۳۶\
$C_2\times N_1\times F_2$	۴۴۱۱/۵۲k	۳۷۷۷/۹۹uv	۳۲۸۷/۹۹[
$C_2\times N_1\times F_3$	۴۶۵۵/۴۸h	۳۹۹۸/۹۹r	۳۴۹۶/۱۳z
$C_2\times N_2\times F_1$	۴۳۴۲/۷۸l	۳۸۱۲/۱۹t	۳۳۱۵/۵۳[
$C_2\times N_2\times F_2$	۴۶۲۱/۰۸i	۴۰۹۴/۵۰op	۳۵۶۷/۸۱x
$C_2\times N_2\times F_3$	۴۸۷۳/۳۶f	۴۳۳۲/۷۷l	۳۷۶۱/۲۵v

I_1، I_2 و I_3 (به‌ترتیب بدون آبیاری (دیم)، آبیاری تکمیلی و آبیاری کامل)، N_1 و N_2 (به‌ترتیب بدون کاربرد و کاربرد پیش تیمار بذور با غلظت یک در هزار نانوکود ارگانیک)، F_1، F_2 و F_3 {به‌ترتیب محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت‌های (۰، ۵ و ۱۰ گرم در لیتر)} و C_1 و C_2 (به‌ترتیب رقم آفتاب و رقم تکتاز). میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار با هم ندارند.

به‌طور کلی، اسیدهای آمینه سبب ارتقای بهره‌وری محصولات می‌شوند (Maqsood *et al.,* 2022). آمینواسیدها جزء اصلی پروتئین‌ها بوده و یکی از انواع مختلف محرک رشد در گیاه هستند و در ساختار گیاه، سوخت و ساز گیاه، تأمین نیتروژن گیاه و بیوسنتز هورمون‌ها نقش قابل توجهی دارند (رفیع و همکاران، ۱۴۰۰). در مجموع، اثر اصلی و برهم‌کنش سه‌گانه آبیاری در رقم در پیش تیمار بذور با نانوکود ارگانیک بر میزان اسیدهای آمینه ضروری (والین، ایزولوسین، لوسین، ترئونین، متیونین، لیزین و فنیل آلانین) مورد مطالعه معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین میزان اسیدهای آمینه ضروری در تیمار بدون آبیاری در پیش تیمار بذور با نانوکود ارگانیک در رقم آفتاب به‌میزان ۶۱۹۲/۵۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم و کم-ترین آن در تیمار آبیاری کامل در بدون کاربرد پیش تیمار بذور با نانوکود ارگانیک در رقم تکتاز به‌میزان ۳۶۳۸/۸۵ میلی-گرم در ۱۰۰ گرم به‌دست آمد (جدول ۵). در پژوهش جوادی و همکاران (۱۳۹۶) کاربرد خارجی اسید فولویک میزان اسیدهای آمینه ضروری و غیرضروری را نسبت به شاهد افزایش داد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که افزایش میزان اسیدهای آمینه، به‌ویژه اسیدهای آمینه ضروری به همراه افزایش درصد پروتئین دانه می‌تواند بیانگر اثر اسید فولویک بر بیوسنتز اسیدهای آمینه وابسته به اسید فولویک باشد که برآیند آن‌ها سبب بهبود کیفیت دانه شده است.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

درصد پروتئین دانه

نیتروژن که مهم‌ترین ماده مغذی معدنی برای گیاهان است، بخش اساسی از چندین آمینو اسید، پروتئین، DNA (اسید دئوکسی ریبونوکلئیک)، ATP (آدنوزین تری فسفات)، کلروفیل‌ها و واحدهای ساختاری سلول می‌باشد (Seleiman *et al.*, 2021). نتایج نشان داد که اثر اصلی تیمارهای آزمایش بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار بود. برهم‌کنش تیمارهای آزمایش در این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۸). بیش‌ترین درصد پروتئین در تیمار بدون آبیاری به‌میزان ۱۶/۶۴ درصد و کم‌ترین آن در تیمار آبیاری کامل به‌میزان ۱۳/۵۶ درصد به‌دست آمد (جدول ۹). آزادی و همکاران (۱۴۰۰) نیز، بیان کردند که در شرایط تنش خشکی، در اثر کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها، ذخیره نشاسته در آن کاهش می‌یابد که این امر سبب کوچک شدن دانه و افزایش درصد پروتئین دانه می‌گردد.

جدول ۸: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		درصد پروتئین دانه	عملکرد پروتئین دانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۱۸/۵۶ **	۲۴۲۲۴/۰۲ **	۱۲/۶۶ **
آبیاری	۲	۸۶/۹۱ **	۷۲۹۸۹۳/۷۳ **	۵۹۳۹/۹۴ **
خطای کرت اصلی	۴	۰/۸۲	۲۱۶۳/۷۸	۰/۵۳
رقم	۱	۵۹/۹۷ **	۸۰۴۰/۴۴ *	۲۲۶/۱۳ **
نانوکود ارگانیک	۱	۳۴/۱۹ **	۳۱۱۲۲۶/۰۱ **	۶۷۲/۴۴ **
اسید فولویک	۲	۳۲/۲۱ **	۲۳۳۰۰۵/۷۵ **	۴۶۴/۱۹ **
رقم × نانوکود ارگانیک	۱	۰/۳۸ ns	۶۳۵۶/۱۵ *	۵/۳۶ **
رقم × اسید فولویک	۲	۰/۵۳ ns	۹۸۸/۵۹ ns	۰/۶۵ *
نانوکود ارگانیک × اسید فولویک	۲	۰/۲۷ ns	۴۹۳۲/۳۸ *	۱۳/۳۷ **
آبیاری × رقم	۲	۲/۲۳ ns	۲۴۰۱۲۴/۳۳ **	۱۲۲۸/۰۳ **
آبیاری × نانوکود ارگانیک	۲	۱/۱۱ ns	۴۹۹۹/۸۴ *	۸/۵۹ **
آبیاری × اسید فولویک	۴	۰/۲۰ ns	۵۲۱۰/۳۳ *	۱۵/۷۵ **
رقم × نانوکود ارگانیک × اسید فولویک	۲	۰/۶۵ ns	۱۸۹/۸۹ ns	۰/۶۲ *
آبیاری × رقم × نانوکود ارگانیک	۲	۰/۰۷ ns	۱۶۶۱۷/۳۹ **	۴۷/۲۱ **
آبیاری × رقم × اسید فولویک	۴	۰/۵۵ ns	۴۶۵۱/۹۸ *	۴/۵۳ **
آبیاری × نانوکود ارگانیک × اسید فولویک	۴	۰/۲۴ ns	۱۸۲۰/۱۷ ns	۲/۲۰ **
آبیاری × رقم × نانوکود ارگانیک × اسید فولویک	۴	۰/۳۱ ns	۷۹۵/۶۶ ns	۲/۳۱ **
خطای کرت فرعی	۶۶	۱/۹۴	۱۵۴۴/۸۴	۰/۱۸
ضریب تغییرات		۹/۲۹	۹/۰۸	۱/۴۵

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۹: اثر اصلی تیمارهای آزمایش بر درصد پروتئین دانه گندم

تیمار	آبیاری			نانوکود ارگانیک		اسید فولویک			رقم	
	I_1	I_2	I_3	N_1	N_2	F_1	F_2	F_3	C_1	C_2
درصد پروتئین دانه	۱۶/۶۴a	۱۴/۷۴b	۱۳/۵۶c	۱۴/۴۲b	۱۵/۵۴a	۱۳/۹۶c	۱۵/۱۴b	۱۵/۸۳a	۱۵/۷۳a	۱۴/۲۴b

I_1، I_2 و I_3 (به‌ترتیب بدون آبیاری (دیم)، آبیاری تکمیلی و آبیاری کامل)، N_1 و N_2 (به‌ترتیب بدون کاربرد و کاربرد پیش تیمار بذور با غلظت یک در هزار نانوکود ارگانیک)، F_1، F_2 و F_3 {به‌ترتیب محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت‌های (۰، ۵ و ۱۰ گرم در لیتر)} و C_1 و C_2 (به‌ترتیب رقم آفتاب و رقم تکتاز). میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار با هم ندارند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

در این پژوهش، پیش تیمار نانوکود ارگانیک و محلول‌پاشی اسید فولویک نیز، اثر مثبتی بر درصد پروتئین دانه داشتند و در مجموع، سبب افزایش درصد پروتئین دانه نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ۹). افزایش درصد پروتئین در دانه‌های گندم در شرایط کم‌آبی توسط پژوهش‌گران گزارش شده است (Barutcular *et al.,* 2016; Shahzad *et al.,* 2018; Liu *et al.,* 2022a). کمالی و شهابیان (۱۳۹۹) نیز، نشان دادند که آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی و دانه‌بندی باعث افزایش ۲۵ درصدی پروتئین دانه گندم شد. Abdellaoui و همکاران (۲۰۲۲) بیان کردند که درصد پروتئین دانه در شرایط تنش خشکی بیش‌تر از شرایط آبیاری کامل بود. چهارلنگ بدیل و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی درصد پروتئین دانه گندم را افزایش داد. Ahmadian و همکاران (۲۰۲۱) نیز، اعلام کردند که ۵۰ درصد نیاز آبی در مقایسه با آبیاری کامل سبب افزایش پروتئین دانه شد که می‌تواند ناشی از کاهش عملکرد باشد (Ahmadian *et al.,* 2021). مشخص شده است که اسید فولویک سنتز پروتئین و اسید نوکلئیک را تنظیم می‌کند، تقسیم سلولی را تسریع می‌کند، تولید هورمون را تحریک می‌کند و جذب مواد مغذی را در گیاهان بهبود می‌بخشد (Selem *et al.,* 2022; Khater *et al.,* 2023). نتایج پژوهش Sibian و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که اسید فولویک باعث افزایش محتوی پروتئین در دانه‌ها در طول فرآیند جوانه‌زنی می‌شود. Tanveer و همکاران (۲۰۲۴) بیان کردند که اسید فولویک بر محتوی پروتئین اثر معنی‌دار داشت. جوادی و همکاران (۱۳۹۶) نیز، نشان دادند که پیش تیمار بذور با غلظت ۲۵ میکرومولار اسید فولویک به‌همراه اسپری برگی این ویتامین در مرحله ساقه‌دهی توانست درصد پروتئین دانه را در مقایسه با شاهد افزایش دهد. این محققان بیان کردند که اسید فولویک سبب افزایش میزان اسید گلوتامیک و میتونین در گیاهان شده و از این طریق بر پروتئین‌سازی اثر گذاشته و میزان آن را افزایش داده است (جوادی و همکاران، ۱۳۹۶). زیرا اسید گلوتامیک علاوه‌بر شرکت در ساختار این ویتامین به‌عنوان ریشه جانبی، در انتقال بنیان آمین مورد نیاز برای ایجاد سایر اسیدهای آمینه نقش ایفا می‌کند. از طرفی، متیونین اولین اسید آمینه‌ای است که در پروتئین‌سازی در ابتدای توالی اسیدهای آمینه قرار می‌گیرد (اسفندیاری و محبوب، ۱۴۰۱).

عملکرد پروتئین دانه

افزایش درصد پروتئین دانه گندم به‌دلیل نقش تغذیه‌ای ویژه آن در تغذیه مردم کشورهای در حال توسعه از اهمیت بالایی برخوردار است. زیرا طبق گزارش سازمان خواروبار جهانی، سالانه در حدود ۶۳۰ میلیون تن گندم در جهان تولید می‌گردد که با احتساب میانگین ۱۰ درصد پروتئین برای آن، این محصول سالانه ۶۳ میلیون تن پروتئین تولید می‌کند که حاکی از نقش ویژه این گیاه در تأمین پروتئین مورد نیاز جامعه بشری است. براین اساس، محققان تلاش می‌کنند که با استفاده از راه‌کارهای مختلف درصد پروتئین دانه گندم را افزایش دهند که از جمله می‌توان به کاربرد خارجی اسید

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

فولویک و افزایش میزان روی با استفاده از روش‌های به‌زراعی و به‌نژادی اشاره نمود (جوادی و همکاران، ۱۳۹۶). نتایج این پژوهش نشان داد که علاوه‌بر اثر اصلی تیمارهای آزمایش، برهم‌کنش‌های دوگانه رقم در پیش تیمار نانوکود ارگانیک، پیش تیمار نانوکود ارگانیک در محلول‌پاشی اسید فولویک، آبیاری در رقم، آبیاری در پیش تیمار نانوکود ارگانیک و آبیاری در اسید فولویک و برهم‌کنش‌های سه‌گانه آبیاری در رقم در پیش تیمار نانوکود ارگانیک و آبیاری در رقم در اسید فولویک معنی‌دار بود (جدول ۸). عملکرد پروتئین دانه وابسته به درصد پروتئین دانه و عملکرد دانه است (ایوبی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). بیش‌ترین میزان عملکرد پروتئین دانه مربوط به تیمار آبیاری کامل در محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت ۱۰ گرم در لیتر در رقم تکتاز به‌میزان ۷۹۲/۹۲ کیلوگرم در هکتار بود. کم‌ترین میزان آن نیز، در تیمار بدون آبیاری در بدون محلول‌پاشی اسید فولویک در رقم تکتاز به‌میزان ۱۹۴/۵۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۱۰). ایوبی‌زاده و همکاران (۱۳۹۹) نیز، بیان کردند که بیش‌ترین عملکرد پروتئین دانه در آبیاری کامل و قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه-بندی (به‌ترتیب ۴۶۲/۱ و ۴۴۴/۸ کیلوگرم در هکتار) بود.

جدول ۱۰: برهم‌کنش سه‌گانه تیمارهای آزمایش بر میزان عملکرد پروتئین دانه (بر حسب کیلوگرم در هکتار)

تیمار	عملکرد پروتئین			تیمار	عملکرد پروتئین		
	I_1	I_2	I_3		I_1	I_2	I_3
$C_1\times F_1$	۲۸۴/۳۵ij	۳۵۰/۶۳gh	۴۱۴/۶۶f	$C_1\times N_1$	۲۸۴/۹۲g	۳۸۲/۸۳e	۴۵۹/۵۷d
$C_1\times F_2$	۳۸۶/۵۴fg	۴۳۰/۵۵ef	۵۰۳/۸۷d	$C_1\times N_2$	۴۷۷/۶۴d	۴۷۲/۲۳d	۵۴۵/۵۷c
$C_1\times F_3$	۴۷۲/۹۴de	۵۰۱/۴۲d	۵۸۹/۱۷c	$C_2\times N_1$	۲۱۰/۸۰h	۳۲۳/۷۱f	۶۱۲/۷۶b
$C_2\times F_1$	۱۹۴/۵۷k	۳۰۷/۹۵hi	۵۵۳/۰۸c	$C_2\times N_2$	۲۷۹/۰۹g	۴۰۱/۰۹e	۷۴۳/۱۴a
$C_2\times F_2$	۲۳۹/۱۵jk	۳۶۶/۶۷g	۶۸۷/۸۵b				
$C_2\times F_3$	۳۰۱/۱۱i	۴۱۲/۵۹f	۷۹۲/۹۲a				

I_1، I_2 و I_3 (به‌ترتیب بدون آبیاری (دیم)، آبیاری تکمیلی و آبیاری کامل)، N_1 و N_2 (به‌ترتیب بدون کاربرد و کاربرد پیش تیمار بذور با غلظت یک در هزار نانوکود ارگانیک)، F_1، F_2 و F_3 {به‌ترتیب محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت‌های (۰، ۵ و ۱۰ گرم در لیتر)} و C_1 و C_2 (به‌ترتیب رقم آفتاب و رقم تکتاز). میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار با هم ندارند.

عملکرد دانه

در این پژوهش، علاوه‌بر اثرهای اصلی، برهم‌کنش تیمارهای آزمایش بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۸). برهم-کنش آبیاری در رقم در پیش تیمار بذور با نانوکود ارگانیک در اسید فولویک سبب افزایش عملکرد دانه شد. بیش‌ترین میزان عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل در پیش تیمار بذور با نانوکود ارگانیک در محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت ۱۰ گرم در لیتر در رقم تکتاز به‌میزان ۶۰۸۲/۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. کم‌ترین میزان آن نیز، در تیمار بدون آبیاری در بدون کاربرد نانوکود ارگانیک در بدون محلول‌پاشی اسید فولویک در رقم تکتاز به‌میزان ۱۲۱۸/۱۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۱۱).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

جدول ۱۱: برهم‌کنش چهارگانه تیمارهای آزمایش بر عملکرد دانه

تیمار	عملکرد دانه		
	I_1	I_2	I_3
$C_1\times N_1\times F_1$	۱۴۵۷/۷۷x	۲۲۹۵/۹۴r	۲۹۳۱/۲۱k
$C_1\times N_1\times F_2$	۱۶۹۴/۸۵v	۲۵۵۸/۰۹o	۳۳۸۰/۳۲h
$C_1\times N_1\times F_3$	۱۸۷۵/۱۶u	۲۸۳۶/۵۰lm	۳۷۶۵/۸۵g
$C_1\times N_2\times F_1$	۲۰۰۵/۵۳t	۲۶۳۸/۱۴n	۳۲۷۱/۳۱i
$C_1\times N_2\times F_2$	۲۵۹۷/۹۹no	۲۹۰۰/۶۲kl	۳۷۲۵/۲۴g
$C_1\times N_2\times F_3$	۳۰۸۸/۰۲j	۳۲۶۶/۶۹i	۴۱۹۴/۵۳f
$C_2\times N_1\times F_1$	۱۲۱۸/۱۰y	۲۱۱۶/۹۵s	۴۳۵۳/۸۶e
$C_2\times N_1\times F_2$	۱۳۸۸/۵۷x	۲۳۸۴/۱۳q	۴۸۶۲/۷۵d
$C_2\times N_1\times F_3$	۱۶۱۵/۵۹w	۲۵۷۰/۶۳no	۵۲۹۰/۶۱c
$C_2\times N_2\times F_1$	۱۴۲۳/۵۴x	۲۴۷۵/۱۹p	۴۸۶۵/۷۴d
$C_2\times N_2\times F_2$	۱۶۳۷/۷۱uw	۲۷۹۰/۶۳m	۵۵۳۱/۹۸b
$C_2\times N_2\times F_3$	۲۰۲۶/۴۸t	۳۰۵۸/۳۴j	۶۰۸۲/۲۵a

I_1، I_2 و I_3 (به‌ترتیب بدون آبیاری (دیم)، آبیاری تکمیلی و آبیاری کامل)، N_1 و N_2 (به‌ترتیب بدون کاربرد و کاربرد پیش تیمار بذور با غلظت یک در هزار نانوکود ارگانیک)، F_1، F_2 و F_3 {به‌ترتیب محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت‌های (۰، ۵ و ۱۰ گرم در لیتر)} و C_1 و C_2 (به‌ترتیب رقم آفتاب و رقم تکتاز). میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار با هم ندارند.

در شرایط کم‌آبی، اسید فولویک با مشارکت در تشکیل پروتئین‌ها و آنزیم‌های مرتبط با عملکرد در تنش، نقش‌های متعددی در حفظ عملکردهای طبیعی ایفا می‌کند. همچنین، به تولید آنتی اکسیدان‌هایی کمک می‌کند که می‌توانند اثر تنش اکسیداتیو را که ممکن است در اثر کمبود آب در طول دوره خشکسالی ایجاد شود، کاهش دهد (Al-Elwany *et al.*, 2022). با این‌حال، فتوسنتز مطلوب نیازمند مکانیسم‌های کارآمد برای مقابله با تنش است، که نوآوری اسید فولویک برای سنتز کلروفیل‌ها انجام می‌دهد. از این‌رو، با افزایش فتوسنتز و ساختار ریشه بیش‌تر، گیاهان نیز می‌توانند در برابر خشکسالی بهتر مقاومت کنند (Ibrahim *et al.*, 2021). با ایجاد این عوامل فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، اسید فولویک رشد، عملکرد و سازگاری گیاهان را با محیط‌های کم‌آبی به‌ویژه در شرایط تنش خشکی افزایش می‌دهد، که برای تأمین پایدار غذا و خوراک در مناطق خشک اهمیت زیادی دارد (Seleiman *et al.*, 2021). جوادی و همکاران (۱۳۹۶) به این نتیجه رسیدند که کاربرد خارجی اسید فولویک سبب افزایش عملکرد دانه در مقایسه با عدم کاربرد آن شد. به‌طوری‌که، در این مطالعه میزان عملکرد دانه گندم در اثر کاربرد خارجی اسید فولویک از ۱۱۸/۲ گرم در مترمربع در شاهد به ۱۷۰/۲ و ۱۴۹/۹ گرم در مترمربع به‌ترتیب در اثر پیش تیمار بذور با غلظت ۲۵ میکرومولار اسید فولویک به‌همراه اسپری برگی این ویتامین در مرحله ساقه‌دهی و پیش تیمار بذور با غلظت ۲۵ میکرومولار اسید فولویک به‌همراه اسپری برگی این ویتامین در مرحله سنبله‌دهی رسید. این محققان دلایل افزایش عملکرد دانه در اثر کاربرد خارجی اسید فولویک در مقایسه با شاهد را افزایش پارامترهای تأثیرگذار بر عملکرد دانه مانند تعداد پنجه‌های بارور در بوته، تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله عنوان کردند (جوادی و همکاران، ۱۳۹۶). پورمراد و همکاران (۱۳۹۷) نیز، در پژوهش خود بیان کردند که محلول-پاشی اسید فولویک با غلظت ۱۰ گرم در لیتر سبب افزایش ۲۴/۹ درصد عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد. در پژوهش

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

Zeboon و Baqir (۲۰۲۳) محلول‌پاشی با اسید فولویک به‌طور قابل توجهی بر عملکرد دانه تأثیر گذاشت. بیش‌ترین میانگین برای این صفت توسط گیاهان محلول‌پاشی شده با اسید فولویک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌ترتیب با ۴۵/۱۳ درصد و ۴۷/۳۷ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد به‌دست آمد. تیمار شاهد نیز، کم‌ترین میانگین عملکرد دانه را در طول دو فصل رشد، با ۳/۵۹ و ۳/۴۲ تن در هکتار داشت (Zeboon and Baqir, 2023). کاربرد اسید فولویک با افزایش میزان اسیدهای آمینه موجود در دانه به‌ویژه اسیدهای آمینه ضروری و درصد پروتئین به‌همراه افزایش عملکرد دانه، روشی مناسب برای بهبود ابعاد کمی و کیفی گندم و کاهش اثرات منفی سوء تغذیه در کوتاه مدت می‌باشد (جوای و همکاران، ۱۳۹۶). این یافته‌ها با یافته‌های پژوهش‌گران دیگر نیز، مطابقت دارد (El- Metwally and Dawood, 2017; Youssif, 2017; Elewi and Zeboon, 2021).

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش، بیش‌ترین میزان اسیدهای آمینه ضروری در تیمار بدون آبیاری در پیش تیمار بذور با نانوکود ارگانیک در رقم آفتاب به‌دست آمد. تیمار بدون آبیاری بیش‌ترین و تیمار آبیاری کامل کم‌ترین درصد پروتئین دانه را داشتند. برهم‌کنش آبیاری در پیش تیمار نانوکود ارگانیک در محلول‌پاشی اسید فولویک در هر دو رقم سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل در پیش تیمار بذور با نانوکود ارگانیک در محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت ۱۰ گرم در لیتر در رقم تکتاز به‌میزان ۶۰۸۲/۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. پیش تیمار نانوکود ارگانیک و محلول‌پاشی اسید فولویک با افزایش میزان اسیدهای آمینه موجود در دانه به‌ویژه اسیدهای آمینه ضروری و درصد پروتئین به‌همراه افزایش عملکرد دانه، می‌تواند روشی مناسب برای بهبود ابعاد کمی و کیفی گندم و کاهش اثرات منفی سوء تغذیه در کوتاه مدت باشد. لذا، توصیه می‌شود جهت افزایش میزان اسیدهای آمینه، درصد پروتئین دانه و عملکرد محصول گندم در شرایط مختلف آبیاری، در این مناطق و اقلیم‌های مشابه از پیش تیمار نانوکود ارگانیک و محلول‌پاشی ۱۰ گرم در لیتر اسید فولویک استفاده گردد.

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی به‌واسطه فراهم‌سازی امکانات مالی لازم جهت پیش‌برد این تحقیق تقدیر و تشکر می‌شود. همچنین، مراتب تقدیر و تشکر خود را از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان) بابت در اختیار قرار دادن امکانات مزرعه‌ای و آزمایشگاهی لازم برای این کار پژوهشی ابراز می‌نماییم.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

منابع

آزادی، م.ص.، شکوه‌فر، ع.ر.، مجدم، م.، لک، ش. و علوی فاضل، م. ۱۴۰۰. اثر کودهای شیمیایی و زیستی پتاسیم بر صفات بیوشیمیایی هیبریدهای ذرت تحت تنش خشکی و تعیین صفات مؤثر بر عملکرد دانه. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۱۴ (۱): ۳۸- ۲۷.

اسفندیاری، ع. ا. و محبوب، س. ع. ۱۴۰۱. بیوشیمی گیاهی (جلد دوم). انتشارات دانشگاه علوم پزشکی تبریز. ۳۲۲ ص.

ایوبی‌زاده، ن.، لایی، ق.، امینی دهقی، م.، سینکی، ج.م. و رضوان بیدختی، ش. ۱۳۹۹. اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی نانوکلات آهن و اسید فولویک بر عملکرد دانه و ترکیب اسیدهای چرب روغن دانه دو رقم کنجد. مجله به‌زراعی کشاورزی، ۲۲ (۲): ۲۴۳-۲۳۱.

پورمراد، م.، ملکوتی، م. ج. و طهرانی، م. م. ۱۳۹۷. بررسی اثر اسید هیومیک و اسید فولویک بر روی عملکرد گندم و کارایی مصرف آب تحت تنش خشکی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۲ (۵): ۹۸۵-۹۷۷.

جنگ‌دوست، م. ر.، زارعی، م. و نورا، غ. ۱۳۹۶. ارزیابی تحمل به خشکی ارقام مختلف گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی. مجله تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی، ۴ (۱): ۹۰- ۷۳.

جوادی، ع.، اسفندیاری، ع. ا.، پورمحمد، ع. ر. و آوانس، ا. ۱۳۹۶. بررسی تغییرات عملکرد، ترکیب اسیدهای آمینه و پروتئین دانه گندم با کاربرد اسید فولیک. نشریه تولید گیاهان زراعی، ۱۰ (۱): ۱۲۸- ۱۱۵.

چهارلنگ بدیل، ف.، عزیزی، خ.، عیسوند، ح.ر.، نصرالهی، ع.ح. و اسماعیلی، ا. ۱۴۰۱. تاثیر کودهای زیستی و شیمیایی و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک گندم تحت شرایط تنش خشکی. نشریه تولیدات گیاهی، ۴۵ (۳): ۴۰۸- ۳۹۷.

حیدرپور، ن. ا. و طلائی، س. ۱۳۹۵. تأثیر هنگام آبیاری تکمیلی و میزان نیتروژن بر عملکرد و ویژگی‌های زراعی گندم (*Tritium aestivum* L.) دیم رقم کوهدشت. مجله علوم زراعی ایران، ۴۷ (۴): ۵۴۹- ۵۴۱.

رفیع، م. ر.، صلحی، م. و جوادزاده، م. ۱۴۰۰. بررسی تأثیر کاربرد اسید آمینه، اسید فولویک و عصاره جلبک دریایی در شرایط نرمال و تنش خشکی بر خصوصیات کمی و کیفی گندم در منطقه بهبهان. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۱۴ (۱): ۱۴۱-۱۳۱.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

صمدانیان، ف.، یاحی، م.، حسن‌زاده، ا.، انتظاری، م. ح.، موهبت، ل. و مؤمن‌بیگ، ف. ۱۳۹۳. مقایسه میزان اسیدهای آمینه ضروری موجود در انواع برنج مصرفی در شهر اصفهان در سال ۱۳۹۱. مجله تحقیقات نظام سلامت، ۱۰ (۲): ۲۹۴-۲۸۶.

کریمی، م. و جلینی، م. ۱۳۹۸. کاربرد آبیاری تکمیلی در زراعت گندم دیم. نشریه آب و توسعه پایدار، ۶ (۱): ۳۴-۲۹.

کمالی، م. ا. و شهابیان، م. ۱۳۹۹. بررسی اثر آبیاری تکمیلی و کود نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی گندم در مازندران. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۶ (۱۴): ۲۲۳۳- ۲۲۱۷.

محمدی، م.، حسن‌پور حسنی، م.، قوجق، ح.، حسین‌پور، ط.، مهربان، ا.، آرمیون، م.، روستایی، م.، آلت جعفربای، ج.، افشاری، ف.، یاسائی، م.، عطاحسینی، م.، سرکاری، ص.، هوشیار، ر.، خیرگو، م.، طباطبائی، ن.ا.، مرادی، م.، روح‌پرور، ر. و کیا، ش. ۱۳۹۳. آفتاب، رقم جدید گندم نان با عملکرد دانه بالا و پایداری مناسب در شرایط متنوع آب و هوایی دیم گرمسیری ایران. نشریه علمی- ترویجی یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی، ۳ (۲): ۱۱۵-۱۰۵.

نوری، م.ص. و طالمین، ن.ا. ۱۴۰۱. تأثیر تنش خشکی و کودهای شیمیایی بر عملکرد و خصوصیات کیفی دانه گندم. نشریه تولید و ژنتیک گیاهی، ۳ (۱): ۵۶-۴۳.

Abdellaoui, M. A., Taghouti, M., Diria, G., Hassane, M. M., El Yacoubi, H. and Bennani, S. 2022. Impact of water stress on the productivity and quality parameters of wheat and their potential use in the breeding program. Environmental Science Proceedings, 16 (1): 13- 17.

Ahmadian, K., Jalilian, J. and Pirzad, A. 2021. Nano- fertilizers improved drought tolerance in wheat under deficit irrigation. Agricultural Water Management, 244, 106544.

Al-Elwany, O. A. A. I., Hemida, K. A., Abdel-Razek, M. A., Abd El-Mageed, T. A., El-Saadony, M. T., AbuQamar, S. F., El- Tarabily, K. A. and Taha, R. S. 2022. Impact of folic acid in modulating antioxidant activity, osmoprotectants, anatomical responses, and photosynthetic efficiency of *Plectranthus amboinicus* under salinity conditions. Frontiers in Plant Science, 13: 887091.

Al-Khafaji, A. M. H. H. and Al- Jubouri, K. D. H. 2023. Upgrading growth, yield, and folate levels of lettuce via salicylic acid and spirulina, vermicompost aqueous extracts, Iraqi Journal of Agricultural Sciences, 54 (1): 235- 241.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

Alsamadany, H., Mansour, H., Elkelish, A. and Ibrahim, M. F. 2022. Folic acid confers tolerance against salt stress-induced oxidative damages in snap beans through regulation growth, metabolites, antioxidant machinery and gene expression. Plants, 11 (11): 1459- 1475.

Baqir, H. A. and Zeboon, N. H. 2024. Response of some characteristics of wheat growth to spraying with vitamin B9 and E. Iraqi Journal of Agricultural Sciences, 55 (2): 803- 812.

Baqir, H. A., Zeboon, N. H. and Al- Behadili, A. A. J. 2019. The role and importance of amino acids within plants: A review. Plant Archives, Iraqi Journal of Agricultural Sciences, 19: 1402-1410.

Barutcular, C., Yildirim, M., Koc, M., Akinci, C., Tanrikulu, A., El Sabagh, A. and Albayrak, O. 2016. Quality traits performance of bread wheat genotypes under drought and heat stress conditions. Fresenius Environmental Bulletin, 25 (12): 6159- 6165.

Bhat, M. A., Mishra, A. K., Jan, S., Bhat, M. A., Kamal, M. A., Rahman, S., Shah, A. A. and Jan, A. T. 2023. Plant growth promoting rhizobacteria in plant health: a perspective study of the underground interaction. Plants, 12 (3): 629- 649.

Blancquaert, D., De Steur, H., Gellynck, X. and Van Der Straeten, D. 2014. Present and future of folate biofortification of crop plants. Journal of Experimental Botany, 65(4): 895- 906.

Clarke, D., Hess, T. M., Haro- Monteagudo, D., Semenov, M. and Knox, J. W. 2021. Assessing future drought risks and wheat yield losses in England. Agricultural and Forest Meteorology, 297: 108248.

Danish, S., Zafar- ul- Hye, M., Fahad, S., Saud, S., Brtnicky, M., Hammerschmiedt, T. and Datta, R. 2020. Drought stress alleviation by ACC deaminase producing *Achromobacter xylosoxidans* and *Enterobacter cloacae*, with and without timber waste biochar in maize. Sustainability, 12: 6286- 6302.

Dawood, M. F., Abeed, A. H. and Aldaby, E. E. 2019. Titanium dioxide nanoparticles model growth kinetic traits of some wheat cultivars under different water regimes. Plant Physiology Reports, 24: 129- 140.

Diatta, A. A., Fike, J. H., Battaglia, M., Galbraith, J. M. and Baig, M. B. 2020. Effects of biochar on soil fertility and crop productivity in arid regions: A review. Arabian Journal Geosciences, 13: 1– 17.

El- Metwally, I. M. and Dawood, M. G. 2017. Weed management folic acid and seaweed extract effects on faba bean plants and associated weeds under sandy soil conditions. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, Special issu, 27- 34.

Elewi, A. Y. and Zeboon, N. H. 2021. Response of yield and quality of four genotypes from sunflower to foliar spray with folic acid. AL-Muthanna Journal of Agricultural Sciences, 8 (3): 212- 222.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

Guo, H., White, J. C., Wang, Z. and Xing, B. 2018. Nano-enabled fertilizers to control the release and use efficiency of nutrients. Current Opinion in Environmental Science and Health, 6: 77- 83.

Ibrahim, M. F. M., Ibrahim, H. A. and Abd El- Gawad, H. G. 2021. Folic acid as a protective agent in snap bean plants under water deficit conditions. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 96 (1): 94- 109.

Khater, M. A., Zaki, F. S., Dawood, M. G., El-Din, K. G., Sadak, M. S., Shalaby, M. A. and El-Awadi, M. E. 2023. Changes in some physiological and biochemical parameters of lupine plant via two bio-stimulant yeast extract and folic acid. Journal of Materials and Environmental Science, 14 (3): 373- 383.

Lenhart, K., Althoff, F., Greule, M. and Keppler, F. 2015. Methionine, a precursor of methane in living plants. Biogeosciences, 12: 1907- 1914.

Liu, J., Zhan, J., Zhu, G., Zhu, D. and Yan, Y. 2022a. Effects of water deficit and high N fertilization on wheat storage protein synthesis, gluten secondary structure, and breadmaking quality. The Crop Journal, 10: 216- 223.

Liu, Z., Farkas, P., Wang, K., Kohli, M. and Fitzpatrick, T. B. 2022b. B vitamin supply in plants and humans: the importance of vitamer homeostasis. Plant Journal, 111 (3): 662- 682.

Man, J., Shi, Y., Yu, Z. and Zhang, Y. 2016. Root growth, soil water variation, and grain yield response of winter wheat to supplemental irrigation. Journal of Plant Production Science, 19 (2): 193- 205.

Maqsood, M. F., Shahbaz, M., Kanwal, S., Kaleem, M., Shah, S. M. R., Luqman, M., Iftikhar, I., Zulfiqar, U., Tariq, A., Naveed, S. A., Inayat, N., Mohi Ud Din, A., Uzair, M., Khan, M.R. and Farhat, F. 2022. Methionine promotes the growth and yield of wheat under water deficit conditions by regulating the antioxidant enzymes, reactive oxygen species, and ions. Life, 12: 969- 984.

Mastronardi, E., Tsae, P., Zhang, X., Monreal, C. and DeRosa, M. C. 2015. Strategic role of nanotechnology in fertilizers: Potential and limitations. Nanotechnologies in food and agriculture. Rai, M., Duran, N., Ribeiro, C. and Mattoso, L. Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London. Springer International Publishing Switzerland.

Merwad, A. R. M., Desoky, E. S. M. and Rady, M. M. 2018. Response of water deficit-stressed *Vigna unguiculata* performances to silicon, proline or methionine foliar application. Scientia Horticulturae, 228: 132- 144.

Miransari, M. and Smith, D. 2019. Sustainable wheat (*Triticum aestivum* L.) production in saline fields: A review. Critical Reviews in Biotechnology, 39 (8): 999- 1014.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

Nargesi, M., Sedaghathoor, G. and Hashemabadi, D. 2022. Effect of foliar application of amino acid, humic acid and fulvic acid on the oil content and quality of olive. Saudi Journal of Biological Sciences, 29 (5): 3473- 3481.

Rasool, F., Ishtiaq, I., Uzair, M., Naz, A. A., Leon, J. and Khan, M. R. 2022. Genome-wide investigation and functional analysis of RNA editing sites in wheat. Plos One, 17 (3): e0265270.

Rossi, A. M., Juarez, M. D., Samman, N. C. and Villarreal, M. 2004. Nitrogen contents in food: A comparison between the kjeldahl and hach methods. Argentine Chemical Society, 92: 99- 108.

Sadak, M., Abd Elhamid, E. and Mahmoud, M. 2017. Glutathione induced antioxidant protection against salinity stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.) plant. Egyptian Journal of Botany, 57 (2): 293- 302.

Seleiman, M. F., Al- Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., Dindaroglu, T., Abdul- Wajid, H. H. and Battaglia, M. L. 2021. Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. Plants, 10 (2): 259- 283.

Seleiman, M. F., Santanen, A. and Makela, P. 2020. Recycling sludge on cropland as fertilizer-Advantages and risks. Resources, Conservation and Recycling, 155: 104647.

Selem, E., Hassan, A. A., Awad, M. F., Mansour, E. and Desoky, E. S. M. 2022. Impact of exogenously sprayed antioxidants on physio- biochemical, agronomic, and quality parameters of potato in salt-affected soil. Plants, 11 (2): 210- 221.

Shahzad, T., Ashraf, M., Javaid, M. M., Waheed, H., Abbas, T. and Sattar, F. M. L. A. 2018. Influence of field soil drought stress on some key physiological, yield and quality traits of selected newly- developed hexaploid bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Sains Malaysiana, 47 (11): 2625- 2635.

Sibian, M. S., Saxena, D. C. and Riar, C. S. 2016. Effect of pre and post germination parameters on the chemical characteristics of Bengal gram (*Cicer arietinum*). Journal of Food Science and Technology, 65: 783- 790.

Subramanian, K. S., Manikandan, A., Thirunavukkarasu, M. and Sharmila Rahale, C. 2015. Nano- fertilizers for balanced crop nutrition. Nanotechnologies in food and agriculture. Rai, M., Duran, N., Ribeiro, C. and Mattoso, L. Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London. Springer International Publishing Switzerland.

Tanveer, Y., Yasmin, H., Nosheen, A., Abul Farah, M. and Altaf, M. A. 2024. Synergizing *Bacillus halotolerans*, *Pseudomonas sihuiensis* and *Bacillus atrophaeus* with folic acid for enhanced drought resistance in wheat by metabolites and antioxidants. BMC Plant Biology, 24: 1003- 1017.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

Uzair, M., Ali, Z., Mahmood, T., Karim, I., Akram, U., Mahmood, N., Saeed, T. and Kalsoom, R. 2016. Genetic basis of some yield related traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought conditions. Imperial Journal of Interdisciplinary Research, 2 (11): 444- 449.

Wang, X., Zhang, X., Chen, J., Wang, X., Cai, J., Zhou, Q. and Jiang, D. 2018. Parental drought- priming enhances tolerance to post- anthesis drought in offspring of wheat. Frontiers in Plant Science, 9: 261- 273.

Winter, G., Todd, C. D., Trovato, M., Forlani, G. and Funck, D. 2015. Physiological implications of arginine metabolism in plants. Frontiers in Plant Science, 6: 534- 544.

Youssif, S. B. D. 2017. Response of potatoes to foliar spray with cobalamin, folic acid, and ascorbic acid under North Sinai conditions. The Middle East Journal of Agriculture Research, 6 (3): 662- 672.

Zayed, B. 2020. Folic acid as foliar application can improve growth and yield characters of rice plants under irrigation with drainage water. Fresenius Environmental Bulletin, 29: 9420- 9428.

Zeboon, N.H. and H.A. Baqir. 2023. The Effect of vitamin B9 and E on the yield and its components of the wheat crop. Fifth international conference for agricultural and environment sciences. IOP conference series: Earth and Environmental Science, 1158: 062033.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

The effect of organic nanofertilizer and fulvic acid on yield, amino acids composition and protein percentage of wheat grain under water deficit conditions

A. Tobeh[1*], Kh. Aghaeifard[2], Y. Dargahi[3], K. Akhavan[4]and A. Mehraban[5]

1, 2 & 3) Department of Plant Production and Genetics, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

4 & 5) Research and Education Center for Agriculture and Natural Resources of Ardabil Province (Moghan), Ardabil, Iran.

[*]**Corresponding author: a_tobeh@uma.ac.ir**

This article is taken from a research project.

Received date: 2024.08.24 **Accepted date: 2024.11.26**

Abstract

The present research was conducted in order to investigate the effect of organic nanofertilizer and fulvic acid on yield, amino acids composition and protein percentage of wheat grain under water deficit conditions, as a split plot factorial based on randomized complete block design with three replications during growth seasons of 2023- 2024 in the farm of the Research and Education Center for Agriculture and Natural Resources in Ardabil province (Moghan). The treatments was include irrigation as the main factor in three levels (without irrigation (rainfed), supplemental irrigation at the stage of clustering and full irrigation) and secondary factors including of seeds priming with organic nanofertilizer (without application and application of seeds priming with a concentration of one per thousand) and spraying fulvic acid with concentrations (0, 5 and 10 grams per liter) at the time of tillering, flowering and seed filling and two cultivars of wheat {irrigated cultivar (Taktaz) and rainfed cultivar (Aftab)}. The variance analysis of the data showed that the main effect of the experimental treatments was significant in all traits. The triple interaction of irrigation × cultivar × organic nanofertilizer priming on the content of essential amino acids studied (valine, isoleucine, leucine, threonine, methionine, lysine and phenylalanine) was significant. The highest content of essential amino acids in the treatment combination without irrigation × seeds priming with organic nanofertilizer × Aftab cultivar was 6192.55 mg/100 grams and the lowest in the treatment combination full irrigation × without application of seeds priming with organic nanofertilizer × Taktaz cultivar was 3638.85 mg/100 grams. The treatment without irrigation had the highest (16.64%) and the full irrigation treatment had the lowest (13.56%) percentage of seed protein. The interaction of irrigation × organic nanofertilizer priming × fulvic acid foliar spraying in both cultivars caused a significant increase in grain yield compared to the control treatment. So that the highest content of seed yield was obtained in treatment combination full irrigation × seeds priming with organic nanofertilizer × foliar spraying of fulvic acid with a concentration of 10 grams per liter × Taktaz cultivar at the rate of 6082.25 kg/hectare.

Key words: Irrigation, Fulvic acid, Amino acids, Wheat and Organic nanofertilizer.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]