نشریه فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۵، شماره ۷۱، فروردین و اردیبهشت ۱۴۰۵ صفحه: ۲۷۰-۲۵۳
https://doi.org/10.22034/15.71.253

مقاله پژوهشی

ارزیابی تأثیر کودهای آلی و زمان آبیاری تکمیلی بر عملکرد، تبادلات گازی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در جو

جمشید بهاروند[۱]، علی خورگامی[۱*]، مسعود رفیعی[۲] و رضا میردریکوند[۳]

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

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

[۳] گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران

چکیده

هدف از این پژوهش، ارزیابی تأثیر کودهای آلی و زمان آبیاری تکمیلی بر عملکرد، تبادلات گازی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاه زراعی جو بود. این آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در خرم‌آباد در دو سال زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ اجرا شد. عامل اصلی آبیاری تکمیلی (شاهد، مرحله ظهور سنبله، شیری‌شدن دانه و ظهور سنبله + شیری‌شدن دانه) و عامل فرعی کودهای آلی (شاهد، ۱ تن در هکتار کود گاوی + ۰/۵تن در هکتار کود مرغی، ۲ تن در هکتار کود گاوی + ۱ تن در هکتار کود مرغی، ۳ تن در هکتار کود گاوی + ۱/۵ تن در هکتار کود مرغی، ٤ تن در هکتار کود گاوی + ۲ تن در هکتار کود مرغی، ۵ تن در هکتار کود گاوی + ۲/۵ تن در هکتار کود مرغی) بودند. بیشترین میزان تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در تیمار ۵ تن در هکتار کود گاوی + ۲/۵ تن در هکتار کود مرغی با آبیاری تکمیلی در مرحله ظهور سنبله + شیری‌شدن دانه مشاهده شد. آبیاری تکمیلی در مرحله ظهور سنبله + شیری‌شدن دانه نسبت به تیمار شاهد، ۳۵ درصد عملکرد دانه، ۱۲ درصد کلروفیل‌های a، ۱۳ درصد هدایت روزنه‌ای و ۱۱ درصد سرعت فتوسنتز را افزایش داد. کاربرد ۵ تن در هکتار گاوی + ۲/۵ تن در هکتار مرغی تأثیر مثبت معنی‌داری بر همه صفات اندازه‌گیری شده داشت. این نتایج نشان داد که یکپارچه‌سازی مدیریت آبیاری و تغذیه آلی، نقش کلیدی در بهینه‌سازی تولید جو تحت شرایط خرم‌آباد ایفا می‌کند و می‌تواند به افزایش معنی‌دار عملکرد و بهبود خصوصیات فیزیولوژیک گیاه منجر شود. بر این اساس، توصیه می‌شود کشاورزان منطقه خرم‌آباد و مناطق با شرایط اقلیمی مشابه، به‌منظور دستیابی به حداکثر پتانسیل عملکردی جو، از این الگوی تلفیقی آبیاری و تغذیه (شامل آبیاری تکمیلی در مراحل ظهور سنبله و شیری‌شدن دانه و کاربرد ۵ تن در هکتار کود گاوی به همراه ۲/۵ تن در هکتار کود مرغی) بهره گیرند.

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۴/۳۰، بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۲۴، پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۸، اولین انتشار: ۱۴۰۵/۰۲/۱۲

* نویسنده مسئول، رایانامه: 0070588554@iau.ir

حق انتشار این مستند، متعلق به انجمن فیزیولوژی گیاهی ایران است. ۱۴۰۳ ©

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است:
Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.253]

واژه‌های کلیدی: سرعت فتوسنتز، سوپراکسید دسموتاز، کلروفیل a، کاتالاز و هدایت روزنه‌ای

مقدمه

غلات منبع مهمی از مواد مغذی مانند لیپیدها، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، مواد معدنی و ویتامین‌ها هستند و بخش عمده‌ای از تغذیه انسان را تشکیل می‌دهند. همچنین حاوی فیبر غذایی و اجزای فعال زیستی با خواص مفید هستند که به بهبود سلامت کمک می‌کنند (Safdar *et al.,* 2023). براساس آمار طی سال‌های زراعی ۲۰۲۳ تا ۲۰۲٤ اتحادیه اروپا با میانگین تولید ٤۷/۸٦ میلیون تن که شامل ۳٤ درصد از کل تولید جهانی جو بود در رتبه نخست تولید این محصول مهم قرار گرفت. بعد از آن روسیه و استرالیا با میانگین تولید ۲۰/۵۰ و ۱۰/۸۰ میلیون تن در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفتند. در همین بازه زمانی کشور ایران رتبه ۱۰ تولید جهانی این دانه را به خود اختصاص داد (FAO, 2023). استفاده مداوم و مفرط از کودهای شیمیایی یکی از دلایل اصلی ناپایداری کشاورزی است که به فعالیت‌های بیولوژیکی آسیب می‌زند، pH را تغییر می‌دهد و باعث تجمع نمک در خاک می‌شود. بنابراین، فراهم‌سازی شرایط مناسب برای بهره‌برداری بیشتر از منابع طبیعی، راهکاری برای بهینه‌سازی تولید و تغییر وضعیت کنونی است (Zhang *et al.,* 2018). کشاورزی فشرده در مقیاس بزرگ باعث مشکلاتی در خاک و آلودگی محیط‌زیست شده است. استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی به آلودگی آب و باقی ماندن مواد غیرقابل جذب در خاک منجر می‌شود. برای کاهش این اثرات منفی، استفاده از کودهای آلی مانند کمپوست، کود دامی، کود سبز و کودهای زیستی توصیه می‌شود که به بهبود خواص فیزیکی خاک و افزایش تخلخل کمک می‌کنند (Singh *et al.,* 2020). با توجه به محدودیت‌های سوخت‌های فسیلی و تأثیرات منفی آن‌ها بر محیط‌زیست، توجه به منابع انرژی تجدیدپذیر افزایش یافته است. مدیریت زباله‌های آلی، به ویژه کود گاوی، ضروری شده است. کود گاوی علاوه بر تولید گازهای گلخانه‌ای، خواص مفیدی دارد که می‌تواند به‌عنوان منبع انرژی تجدیدپذیر و بهبوددهنده خاک استفاده شود (Tallou *et al.,* 2020). کود مرغی از نظر ترکیب مواد مغذی، متراکم‌ترین نوع کود آلی در کشاورزی محسوب می‌شود و شامل تمام مواد مغذی ضروری برای رشد و بهره‌وری محصولات است و همچنین دسترسی به برخی مواد معدنی در خاک را افزایش می‌دهد (Essilfie *et al.,* 2024). پژوهشگران در بررسی تأثیر استفاده از کود طیور بر عملکرد و جذب فسفر در گیاه جو بیان نمودند که بیوچار بستر طیور جذب فسفر را در جو بهاره افزایش و جمعیت باکتری‌ها و قارچ‌های خاک را بهبود می بخشد (Deinert *et al.,* 2024). مطالعه‌ای با هدف تعیین اثرات کودهای آلی (ورمی‌کمپوست، کود گوسفندی، کود دامی، کود مرغی و کود معدنی به‌عنوان شاهد) کاربرد بر روی رشد ریشه و گیاه سویا طی دو مرحله رشد، یعنی مرحله سه شاخه‌ای و شروع گلدهی انجام شد. کاربرد کود تأثیر معنی‌داری بر مراحل رشد داشت. به‌طوریکه بیشترین ارتفاع بوته (۳٦/۷۸ سانتی‌متر) و طول ریشه (٤۱/۱۸ سانتی‌متر) با ورمی‌کمپوست به دست آمد و کمترین ارتفاع بوته (۲۱/۷۳ سانتی‌متر) در تیمار کود معدنی به ثبت رسید. در مرحله رشد سه شاخه‌ای، کود مرغی بیشترین تولید وزن تر و خشک بیولوژی را داشت. در نتیجه، نشان داده شد که کاربرد ورمی‌کمپوست و کود مرغی باعث ارتقاء رشد ریشه و گیاه به دلیل داشتن مواد آلی و فسفر بالا کشت سویا می‌شود (Arslanoglu, 2022).

گیاهان در مراحل رشد خود تحت تأثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند و خشکی یکی از شدیدترین این تنش‌هاست که بر بهره‌وری گیاه تأثیر می‌گذارد. آب، ۸۰ تا ۹۵ درصد از زیست‌توده گیاه را تشکیل می‌دهد، نقش حیاتی در فرآیندهای فیزیولوژیک، رشد و متابولیسم گیاه دارد (Abbasi and Abbasi, 2010). از این‌رو خشکی به‌عنوان یک تنش محیطی مهم برای گیاهان، به‌ویژه در مناطق مستعد، تهدیدی جدی برای امنیت غذایی جهان در آینده و عامل قحطی‌های گذشته است (Okorie *et al.,* 2019). عوامل محیطی مانند مدت و شدت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.253]

خشک‌سالی، ویژگی‌های خاک و شرایط رشد گیاهان، تأثیر زیادی بر علائم خشک‌سالی در گیاهان دارند (Zoghi *et al.*, 2019). مکانیسم‌های تطبیقی متفاوتی که گیاهان را نسبت به اثرات نامطلوب تنش خشکی متحمل‌تر می‌کنند، عبارتند از: اجتناب از استرس، فرار و تحمل که سه راهبرد اصلی بقاء هستند و گیاهان در مواجهه با تنش خشکی از آن‌ها استفاده می‌کنند. بنابراین، واکنش گیاهان به تنش خشکی از سطح مولکولی تا سطح گیاه متفاوت است (Galindo *et al.*, 2020). امروزه آبیاری تکمیلی یک روش زراعی برای استفاده بهینه از آب در کشاورزی دیم است که به منظور افزایش تولید و بهره‌وری محصولات در شرایط کمبود بارندگی به کار می‌رود. هدف این روش کاهش اثرات منفی الگوهای نامناسب بارش و تأمین رطوبت لازم برای رشد گیاهان است (Gebremedhin *et al.*, 2023). پژوهشگران به بررسی تأثیرات متقابل الگوی کاشت، آبیاری تکمیلی و تراکم کاشت بر عملکرد دانه، کارایی مصرف آب و نیتروژن و سود اقتصادی گندم زمستانه در منطقه‌ای نیمه‌مرطوب و مستعد خشکی در شمال غربی چین پرداختند. هدف این مطالعه تحلیل عوامل مؤثر بر بهبود عملکرد و بهره‌وری گندم در شرایط خاص اقلیمی بود. نتایج نشان داد که عملکرد دانه و زیست‌توده در شرایط آبیاری تکمیلی، تراکم بوته ۳۶۰ بوته در مترمربع و مصرف نیتروژن بهینه به ترتیب ۱۰/۵ و ۱۳/۵ درصد افزایش یافت (Dai *et al.*, 2023). پژوهشگران در بررسی بهره‌وری برخی ارقام جو تحت تأثیر آبیاری تکمیلی در شرایط دیم نشان دادند که آبیاری تکمیلی در مرحله دانه‌بندی می‌تواند میزان عملکرد و اجزاء عملکرد جو را بهبود ببخشد (Attia *et al.*, 2022).

با توجه به پراکنش نامنظم بارندگی در مراحل حساس رشد گیاه جو، استفاده از آب‌های قابل دسترس برای آبیاری تکمیلی و همچنین استفاده از کودهای دامی به جای کودهای شیمیایی، به منظور افزایش عملکرد و تضمین سلامت محصول، انجام این مطالعه ضروری به نظر می‌رسید. لذا، این پژوهش با هدف پاسخگویی به سوالات اصلی زیر در زمینه تأثیر مدیریت آب و تغذیه بر رشد و تکوین گیاه جو طراحی و اجرا گردید: ۱- آیا کاربرد کودهای آلی (دامی) می‌تواند بهبود معنی‌داری در عملکرد و اجزای عملکرد گیاه جو، همچنین تبادلات گازی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، در مراحل مختلف رشد و تکوین گیاه ایجاد کند؟ ۲- کدام یک از مراحل فنولوژیک گیاه جو، بیشترین حساسیت و پاسخ را به آبیاری تکمیلی نشان داده و بر صفات مختلف فیزیولوژیک و عملکردی آن تأثیرگذار است؟ ۳- آیا اثر متقابل بین کودهای آلی (دامی) و زمان‌بندی آبیاری تکمیلی، بر عملکرد، تبادلات گازی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاه جو معنی‌دار خواهد بود؟

مواد و روش‌ها

موقعیت مکانی و شرایط محیطی: آزمایش طی دو سال زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در مزرعه‌ای در روستای چنارخیری، واقع در بخش مرکزی شهرستان خرم‌آباد، با موقعیت جغرافیایی '22 °48 E"31 '23 °33 ,N"54 و ارتفاع ۱۲۳۰ متر از سطح دریا انجام شده است. تغییرات میزان دما و بارندگی در بازه زمانی ابتدای مهر تا پایان خرداد هر دو سال زراعی، این منطقه جغرافیایی در جدول ۱ آمده است. قبل از شروع آزمایش، برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌هایی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک از نقاط مختلف مزرعه جمع‌آوری و سپس به آزمایشگاه ارسال گردید. نتایج مربوط به آنالیز خاک و کودهای مصرفی در جدول‌های پیوست ۲ و ۳ آمده است.

طرح آماری و تیمارها: آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عوامل مورد مطالعه شامل شش سطح کود آلی شامل: شاهد (بدون مصرف کود)، ۱ تن در هکتار کود گاوی + ۰/۵تن در هکتار کود مرغی، ۲تن در هکتار کود گاوی + ۱تن در هکتار کود مرغی، ۳ تن در هکتار کود گاوی + ۱/۵ تن در هکتار کود مرغی،٤ تن در هکتار کود گاوی + ۲ تن در هکتار کود مرغی، ۵ تن در هکتار کود گاوی + ۲/۵ تن در هکتار کود مرغی و آبیاری تکمیلی در چهار سطح شامل: شاهد (عدم آبیاری)، آبیاری در مرحله ظهور سنبله، آبیاری در مرحله شیری شدن دانه و آبیاری در مرحله ظهور سنبله + شیری شدن دانه بود.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.253]

جدول ۱- داده‌های هواشناسی شامل حداکثر دما، حداقل دما و بارندگی طی دوره اجرای آزمایش

سال ۱۴۰۰				سال ۱۴۰۱			
ماه	حداکثر دما (°C)	حداقل دما (°C)	بارندگی (میلی‌متر)	ماه	حداکثر دما (°C)	حداقل دما (°C)	بارندگی (میلی‌متر)
مهر	۱۹/۸	۵/۸	۵۲/٤	مهر	۳۱/۳	۱۲	۹/٤
آبان	۱۳/٤	۲	۱۰۵/۳	آبان	۲۳/٦	٦	۱۱/٦
آذر	۱۲/۵	۰/۲	۸۷/۲	آذر	۱٤/٤	۳/٦	۱۵/۳
دی	۱۱/۱	-۰/۵	۵۱/٤	دی	۱٤/۳	-۱	٤/۹
بهمن	۱۸/۳	٤/۹	۱۲۰/۲	بهمن	۱۵/۷	۰	۳۱/۷
اسفند	۱۹/۷	٦/٤	٤۰/۰	اسفند	۱۷/۲	۲/۹	۲۷/۸
فروردین	۲۷/۲	۱۰	۱۲/۲	فروردین	۲٤/۹	٦/۹	٦/۵۲
اردیبهشت	۳٦/٦	۱۵/۵	۱۰/۱۱	اردیبهشت	۳۲/۱	۱۲/۱	۲
خرداد	۹۳/۳	۱۹/٤	۰	خرداد	۳۷/۷	۱۵/۲	۲/۱

جدول ۲- نتایج آنالیز خاک مزرعه آزمایشی

سال	بافت خاک	درجه اسیدی	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	مولیبدن	روی	منگنز	آهن	فسفر	پتاسیم	کربن	نیتروژن
				(میلی‌گرم بر کیلوگرم)						(درصد)	
۱٤۰۰	شنی- رسی	۷/۹۰	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۸٦	۲/۸	۵/۷٤	۸/۱۵	٤۱۵	۱/۰۱	۲/۱۹
۱٤۰۱	شنی- رسی	۷/٦۰	۰/۵٤	۰/۷۱	۰/۸۲	۲/۳	۵/٦۷	٦/۱۵	٤۱۲	۱/۰۱	۲/۲۷

جدول ۳- آنالیز کودهای آلی استفاده شده در آزمایش

کود	درجه اسیدی	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	رطوبت	منیزیوم	سدیم	کلسیم	گوگرد	کادمیوم
			(درصد)					
گاوی	۸/۳۵	۱/۹٦	۷/٤۹	۰/٤٦	۰/۰۸	۱/۱۵	۰/٤۳	۰/۸٤
مرغی	۷/۳۰	٦/۸۵	۲/۹٦	۰/۷۸	۰/۳٤	۲/٦۷	۰/۵۹	۲/۹٦
کود	روی	منگنز	آهن	کربن	نیتروژن	فسفر	ماده آلی	پتاسیم
	(میلی‌گرم در کیلوگرم)				(درصد)			
گاوی	۱۹۱/٤۳	۲۱۱/۳۹	۸۹۹/۲۷	۱/۰۱	۰/۹۷	۰/٦۵	۷۵/٦۱	۱/۷۱
مرغی	٤۱۱/۵۱	۳۵٤/۲۱	۹۱۱/۲۷	۱/۰۱	۲/۳۲	۱/٤۱	٦۳/۵۲	۱/۳٦

قبل از کاشت، عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح انجام شد. پس از آماده‌شدن زمین، کاشت براساس نقشه آزمایش و تیمارها در کرت‌های آزمایشی صورت گرفت. نتایج آزمایش خاک نشان داد که خاک از نظر نیتروژن و پتاسیم و دیگر عناصر ضروری بجز فسفر قابل دسترس مورد نیاز جو کمبودی نشان نمی‌دهد. بنابراین براساس فسفر مورد نیاز گیاه در زمان کاشت پایین‌تر از حد مطلوب (۲٤ و ۲۸ کیلوگرم در هکتار)، حد مطلوب (۳۲ کیلوگرم در هکتار) و بالاتر از حد مطلوب (۳٦ و ٤۰ کیلوگرم در هکتار) میزان مصرف فسفر در زمان کاشت تنظیم شد. کود آلی با خاک سطحی هر کرت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOI: DOI: 10.22034/15.71.253]

مخلوط شد و بذور جو توده محلی با تراکم ٤٤٠ دانه در مترمربع در تاریخ ۲۰ آذر کشت شدند. این کشت در سال دوم نیز تکرار شد و برای جلوگیری از اختلاط تیمارها، فاصله کرت‌ها نیم متر و بلوک‌ها سه متر تعیین شد. کنترل با علف‌های هرز به‌صورت دستی و بدون استفاده از علف‌کش انجام و در طول دوره رشد گیاه، بیماری خاصی مشاهده نشد. برداشت محصول در دو سال آزمایش در اواسط اردیبهشت‌ماه به‌صورت دستی انجام شد. مساحت برداشت هر کرت حدود چهار مترمربع بود.

شاخص‌های مورد ارزیابی: برای تعیین عملکرد دانه، در مرحله رسیدگی (رطوبت وزنی ١٤ درصد) برداشت از خطوط ۳، ٤، ٥ و ٦ در سطح چهار مترمربع انجام شد. پس از خرمن‌کوبی، دانه از کاه جدا و توزین شد و عملکرد دانه در واحد سطح محاسبه شد. برای سنجش اجزاء عملکرد نمونه‌برداری‌ها از خطوط میانی انجام و شمارش به‌صورت دستی انجام شد.

اندازه‌گیری صفات مربوط به تبادلات گازی، فتوسنتز خالص (P_N µmol CO_2 m^{-2} s^{-1})، هدایت روزنه‌ای (Ci, mol H_2O m^{-2} s^{-1}) و میزان کربن زیر روزنه (Sub stomatal CO_2, µmol CO_2 m^{-2}) در مرحله گرده‌افشانی در ساعت ۱۰ تا ۱۲ روز آفتابی توسط دستگاه مادون قرمز قابل حمل ساخت کشور انگلستان مدل (IRGA—LC pro+; ADC Bio Scientific) انجام شد. فعالیت آنزیم کاتالاز طبق روش Aebi (١٩٨٤) از برگ پرچم در مرحله گلدهی اندازه‌گیری شد. کمپلکس واکنشی شامل ۱/۵ میلی‌لیتر از بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار (pH =۷)، ۰/۵ میلی‌لیتر از پراکسید هیدروژن ۷/۵ میلی‌مولار و ۵۰ میکرولیتر از محلول آنزیمی بود که حجم نمونه‌ها با اضافه‌کردن آب‌مقطر به ۳ میلی‌لیتر رسانده شد. جذب کمپلکس واکنشی در طول‌موج ۲۹۰ نانومتر خوانده و با استفاده از ضریب خاموشی ٣٦/٦ میلی‌مول بر سانتی‌متر میزان فعالیت آنزیم محاسبه شد. برای سنجش میزان آنزیم آسکوربات پراکسیداز کمپلکس واکنشی (یک میلی‌لیتر) شامل ۲۵۰ میکرولیتر از محلول بافرفسفات ۱۰۰ میلی‌مولار (pH =۷)، ۲۵۰ میکرولیتر از آسکوربات ۱ میلی‌مولار، ۲۵۰ میکرولیتر از EDTA ۰/٤ میلی‌مولار، ۱۹۰ میکرولیتر آب دو بار تقطیر، ۱۰ میکرولیتر از پراکسید هیدروژن ۱۰ میلی‌مولار و ۵۰ میکرولیتر از محلول آنزیمی استخراج شد. جذب کمپلکس واکنشی در طول‌موج ۲۹۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-2100-VIS ساخت آمریکا) خوانده شد و با استفاده از ضریب خاموشی ۲/۸ $mmol^{-1}$ cm^{-1} میزان فعالیت این آنزیم محاسبه شد (Sairam *et al.,* 2002). برای سنجش آنزیم سوپراکسید دیسموتاز از روش زیر استفاده شد. کمپلکس واکنشی (۳ میلی‌لیتر) شامل ۰/۱ میلی‌لیتر از کربنات سدیم ۱/۵ مولار، ۰/۲ میلی‌لیتر از متیونین ۰/۲ مولار، ۰/۱ میلی‌لیتر از EDTA ۳ میلی‌مولار، ۱/۵ میلی‌لیتر از بافر فسفات پتاسیم ۰/۱ مولار و ۱ میلی‌لیتر آب‌مقطر و ۰/۰۵ میلی‌لیتر از آنزیم استخراجی بود. واکنش با اضافه‌کردن ۰/۱ میلی‌لیتر از ریبوفلاوین ٦٠ میکرومولار و قرار دادن لوله‌های آزمایش در زیر لامپ‌های فلورسنت (در حدود ۳۰ وات) شروع به فعالیت نمود. لوله‌های آزمایش به مدت ۱۵ دقیقه در زیر نور نگهداری و پس از اتمام زمان ذکرشده، با خاموش کردن لامپ‌ها و قرار دادن لوله‌های آزمایش در تاریکی مطلق واکنش آنزیمی متوقف گردید. از کمپلکس واکنشی بدون آنزیم که به مدت ۱۵ دقیقه در نور قرار گرفت، برای ارزیابی توان تولید کمپلکس سوپراکسید نیتروبلوتترازولیوم و معیار سنجش فعالیت آنزیمی استفاده شد. همچنین از کمپلکس واکنشی کامل دیگری که از ابتدا در تاریکی مطلق قرار گرفته بود، به‌عنوان مرجع استفاده شد. پس از توقف واکنش میزان جذب نمونه‌ها در ٥٦٠ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-2100-VIS) خوانده شد (Sairam *et al.,* 2002).

پس از دو سال آزمایش، داده‌های جمع‌آوری‌شده مورد بررسی قرار گرفت و فرض همگنی واریانس با آزمون بارتلت تأیید شد. این امر نشان‌دهنده یکنواختی و هموژنی واریانس‌ها بود بنابراین تجزیه مرکب داده‌ها انجام شد. تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SAS Ver. 9 انجام شد و مقایسات میانگین با روش LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. همچنین، برای

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOI: DOI: 10.22034/15.71.253]

رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

اجزای عملکرد: طبق جدول تجزیه واریانس مرکب داده‌ها اثر آبیاری تکمیلی، تغذیه با کود آلی و اثر متقابل آبیاری تکمیلی × تغذیه با کود آلی بر تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه و اثر سال، آبیاری تکمیلی و تغذیه با کود آلی بر تعداد سنبله در بوته در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری تکمیلی × تغذیه با کود آلی نشان داد که در همه مراحل آبیاری تکمیلی استفاده از کودهای آلی، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه را به‌طور قابل توجهی افزایش داده است به‌طوریکه بیشترین میزان تعداد دانه در سنبله با میانگین ۳۵/۳۳ در تیمار استفاده از ۵ تن در هکتار کود گاوی + ۲/۵ تن در هکتار کود مرغی با آبیاری تکمیلی در مرحله ظهور سنبله + شیری شدن دانه (شکل ۱) و بیشترین وزن هزار دانه با میانگین ٤۳/٦۷ گرم در تیمارهای استفاده از ۵ تن در هکتار کود گاوی + ۲/۵ تن در هکتار کود مرغی و استفاده از ٤ تن در هکتار کود گاوی + ۲ تن در هکتار کود مرغی با آبیاری تکمیلی در مرحله ظهور سنبله + شیری‌شدن دانه (شکل ۲) مشاهده شد که نسبت به کمترین میزان آنها در تیمار شاهد ۵۱ درصد تعداد دانه در سنبله و ١٦ درصد وزن هزار دانه را افزایش داد. در این مقایسه میانگین‌ها بین اکثر تیمارهای آزمایشی احتلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

تغییرات تعداد سنبله در بوته در سال‌های مختلف آزمایش نشان داد که سال اول نسبت به سال دوم ۲۸ درصد از تعداد سنبله در بوته بیشتری برخوردار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر آبیاری تکمیلی نشان داد که آبیاری در مرحله ظهور سنبله + شیری‌شدن دانه با میانگین ۱۸/۷۲، بیشترین میزان تعداد سنبله در بوته را به خود اختصاص داد که با آبیاری در مرحله شیری‌شدن دانه تفاوت معنی‌داری نداشت و نسبت به کمترین میزان آن در تیمار شاهد ۵ درصد تعداد سنبله در بوته را افزایش داد. براساس نتایج مقایسه میانگین تغذیه با کودهای آلی، کاربرد این کودها سبب افزایش تعداد سنبله در بوته شد به‌طوریکه بیشترین میزان آن با میانگین ١٩/١٦ در تیمار استفاده همزمان از ۵ تن در هکتار کود گاوی + ۲/۵ تن در هکتار کود مرغی مشاهده شد که با تیمار ٤ تن در هکتار کود گاوی + ۲ تن در هکتار کود مرغی تفاوت معنی‌داری نداشت. از طرفی کمترین میزان تعداد سنبله از تیمار شاهد به دست آمد که نسبت به تیمار بیشترین میزان آن، ۱۱ درصد تعداد سنبله در بوته را کاهش داد (جدول ٦).

تأمین آب کافی در مراحل حساس رشد گیاه، مانند ظهور سنبله و شیری‌شدن دانه، تأثیر مهمی بر افزایش تعداد دانه، سنبله و بهبود عملکرد گیاه دارد. این روش می‌تواند از خشک شدن، کاهش دانه‌های تولیدی و وزن هزار دانه جلوگیری کند. خشک‌شدن دانه گرده و کاهش میزان گل‌های تلقیح‌شده، قطعاً باعث افزایش دانه‌های پوک می‌شود. یکی از راهکارها، استفاده از روش‌های بهینه آبیاری و به کارگیری کودهای آلی است که می‌توانند مقاوت گیاهان را در برابر تنش خشکی افزایش دهند. در آزمایشی در بررسی اجزای عملکرد گندم در شرایط آبیاری تکمیلی در اردبیل گزارش گردید که آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌دهی، تعداد دانه در سنبله (۲۲/۹۱ عدد) را نسبت به کشت دیم (١٧/٦٦ عدد) افزایش داد (نریمانی و همکاران، ۱۳۹۷).

محدودیت رطوبت در زمان ظهور سنبله + شیری شدن دانه موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی و در نتیجه چروک شدن دانه‌ها می‌شود. آبیاری تکمیلی محدودیت رطوبتی را تا حدودی مرتفع می‌کند و در نتیجه دوره پرشدن دانه تا حدودی طولانی شده و مواد فتوسنتزی بیشتری به دانه‌ها اختصاص می‌یابد به‌طوریکه در آزمایش Dalia و Dalia (۲۰۱۸) متوسط تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در بوته و وزن هزار دانه گندم در تیمار آبیاری در مرحله گلدهی و پرشدن دانه بیشتر از سایر تیمارها بوده است. جعفری و همکاران (۱۳۹۸) در آزمایشی در بررسی آبیاری تکمیلی بر اجزای عملکرد گندم دیم اظهار داشتند که کاهش تعداد دانه در شرایط بدون آبیاری به‌دلیل کاهش تعداد سنبلچه و تعداد دانه در سنبلچه صورت می‌گیرد. در این آزمایش بیشترین تعداد سنبله با میانگین ۵۳۹ و وزن

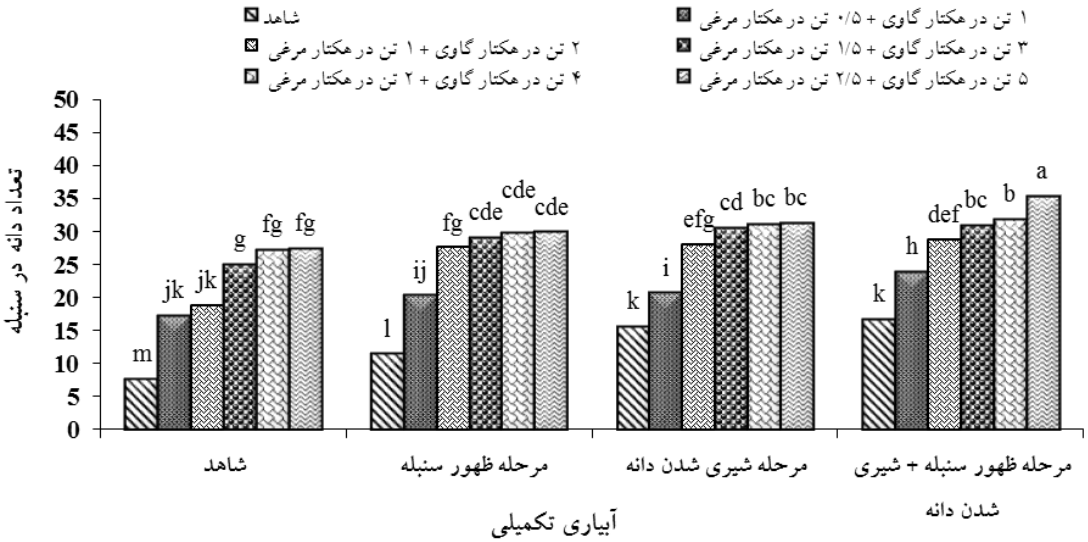
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.253]

جدول ٤- تجزیه واریانس مرکب اثر آبیاری تکمیلی و کاربرد کودهای آلی بر عملکرد واجزای عملکرد جو دیم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در بوته	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
سال	۱	٥٤/٤٠^{ns}	۱۲/۰۸**	۳٦٦/۳۸^{ns}	۱۸٤٥۰۸۷/٥۷^{ns}
تکرار در سال	٤	۰/٤۲	۰/٥۲	۱/۳٥	۳۷٥٦٥۲/۲٦
آبیاری تکمیلی	۳	۲٦۰/٤٤*	۷/۱٦**	۱۱۳/۸٥**	۱۱۲٦۹٥۲/۲٤**
سال × آبیاری تکمیلی	۳	۱/۹٤^{ns}	۰/۱۲^{ns}	۳/۲۰^{ns}	۸/۲۹^{ns}
تکرار در آبیاری تکمیلی در سال	۱۲	۰/۷٦	۰/۸٦	۰/۹۹	۲۳۰۱۳۳/۹۸
کودهای آلی	٥	۱٦۷/۳۱**	۱۲/۲٦**	۲۰۹/۹٦**	۲۱۹۹۹۲۹/۳۳**
سال × کودهای آلی	٥	۱/۲۷^{ns}	۰/۲۰^{ns}	۲/۹٥^{ns}	۲/۱٤^{ns}
آبیاری تکمیلی × کود آلی	۱٥	۱۱/٥۳**	۰/۸۱^{ns}	۱۷/۰۲**	۷۷٦۳۸/٥۰^{ns}
سال × آبیاری تکمیلی × کود آلی	۱٥	۷/۱۷^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۳/۰۱^{ns}	۱/۱۱^{ns}
خطای آزمایش	۸۰	۲/۰۳	۰/۷۹	۲/۳۷	۲٤۱۳٤۸/۲۸
ضریب تغییرات (درصد)	-	٥/۷۲	٤/۸۹	۳/۹۷	۱٦/٦٦

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال خطای پنج و یک درصد



شکل ۱- اثر متقابل آبیاری تکمیلی × کاربرد کودهای آلی بر تعداد دانه در سنبله (حروف متفاوت در ستون‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD است).

هزار دانه با میانگین ۵۱ گرم با آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی حاصل شد که نسبت به شرایط دیم به‌میزان ۲۱ درصد تعداد سنبله و ۲۵ درصد وزن هزار دانه را افزایش داد. در آزمایشی دیگر Najafi Vafa و همکاران (۲۰۲۲) در یک مطالعه نشان دادند که آبیاری تکمیلی بر وزن هزار دانه و تعداد سنبله در بوته اثر معنی‌داری دارد و اگر آبیاری تکمیلی در مراحل حساس آخر رشد گیاه انجام گیرد، میزان افزایش اجزای عملکرد بیشتر خواهد بود.

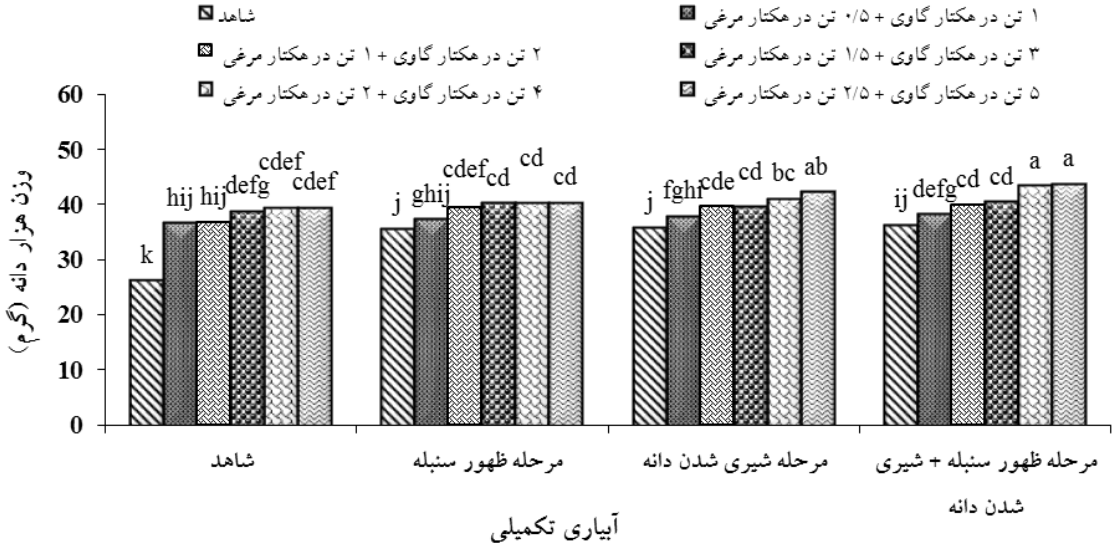
کود دامی یک ابزار بسیار مؤثر است که به بهبود شرایط خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب کمک می‌کند به‌طوریکه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOI: DOI: 10.22034/15.71.253]

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر اصلی سال بر تعداد سنبله در بوته جو

سال	تعداد سنبله در بوته
اول	۲۱/۱۸[a]
دوم	۱۵/۳۷[b]

میانگین‌های با حرف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.



شکل ۲- اثر متقابل آبیاری تکمیلی × کاربرد کودهای آلی بر وزن هزار دانه (حروف متفاوت در ستون‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD است).

جدول ٦- مقایسه میانگین اثرات اصلی آبیاری تکمیلی و کود آلی بر تعداد سنبله در بوته جو

تیمارها	تعداد سنبله در بوته
آبیاری تکمیلی	
شاهد	۱۷/٦۹[c]
مرحله خوشه‌دهی	۱۸/۲۱[b]
مرحله شیری شدن دانه	۱۸/٤۲[ab]
مرحله خوشه‌دهی + شیری شدن دانه	۱۸/۷۲[a]
کود آلی	
شاهد	۱۷/۱۹[e]
۱ تن در هکتار کود گاوی + ۰/۵ تن در هکتار کود مرغی	۱۷/۸۲[d]
۲ تن در هکتار کود گاوی + ۱ تن در هکتار کود مرغی	۱۸/۱۲[cd]
۳ تن در هکتار کود گاوی + ۱/۵ تن در هکتار کود مرغی	۱۸/٦۳[bc]
٤ تن در هکتار کود گاوی + ۲ تن در هکتار کود مرغی	۱۸/۸۲[ab]
۵ تن در هکتار کود گاوی + ۲/۵ تن در هکتار کود مرغی	۱۹/۱٦[a]

میانگین‌های با حرف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.253]

در مراحل پایانی رشد، با توجه به فراوانی آب در خاک، گیاه می‌تواند مواد معدنی بیشتری جذب کند، که این امر به‌طور مستقیم به رشد بهتر و افزایش اجزای عملکرد گیاه منجر می‌شود. همچنین تغذیه گیاه با کودهای دامی از جمله گاوی و مرغی، به‌دلیل افزایش ذخیره هیدروکربن دانه گرده، باعث افزایش طول عمر گرده شده و در نتیجه منجر به افزایش گرده‌افشانی و تشکیل تعداد دانه بیشتری در سنبله می‌شود. در سایر تحقیقات نیز کود دامی، ازطریق بهبود کربن آلی خاک باعث افزایش اجزای عملکرد در گیاه گندم در شرایط تنش خشکی شد (وزیری و همکاران، ۱۴۰۱). Mutlu (۲۰۲۰) با بررسی تأثیر کاربرد کودهای دامی بر اجزای عملکرد جو بیان نمود که کاربرد کودهای دامی گاوی + مرغی نسبت به شاهد باعث افزایش معنی‌دار تعداد سنبله در بوته، دانه در سنبله و وزن هزار دانه شد. در مطالعه‌ای دیگر در بررسی کاربرد کودهای دامی بر گیاه جو نشان داده شد که کاربرد کودهای دامی ازجمله ٦ تن در هکتار کود مرغی نسبت به تیمار شاهد ۱۲ و ۹ درصد در سال اول و ۱۵ و ٦ درصد در سال دوم به‌ترتیب باعث افزایش تعداد سنبله در بوته و وزن هزار دانه شد (Abd El-Monem *et al*., 2017). نتایج به دست آمده با بررسی Ozkan (۲۰۲٤) روی جو مطابقت داشت.

عملکرد دانه: تجزیه واریانس مرکب داده نشان داد که اثر آبیاری تکمیلی و تغذیه با کودهای آلی در سطح احتمال خطای یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ٤). بیشترین عملکرد دانه با میانگین‌های ۳۱۳۵/٦۲ و ۳۰۳۱/٦۹ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در شرایط آبیاری تکمیلی در مراحل ظهور سنبله + شیری شدن و مرحله شیری شدن دانه به دست آمد که با آبیاری در مرحله ظهور سنبله تفاوت معنی‌داری نداشت و نسبت به تیمار شاهد ۳۵ درصد عملکرد دانه را افزایش داد. مقایسه میانگین اثر سطوح کودی نیز نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با میانگین‌های ۳۲٦۸/۵۲ و ۳۱۹۹/۸۲ کیلوگرم در هکتار به مصرف همزمان ۵ تن در هکتار کود گاوی + ۲/۵ تن در هکتار کود مرغی و تیمار ٤ تن در هکتار کود مرغی و ۲ تن در هکتار کود مرغی تعلق داشت که با مصرف ۳ تن در هکتار کود گاوی و ۱/۵ تن در هکتار کود مرغی تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان عملکرد دانه با میانگین ۲٤۵٤/۲۲ کیلوگرم در هکتار نیز در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۷). به نظر می‌رسد بارندگی بیشتر در سال اول، به تأمین بهتر آب مورد نیاز گیاه کمک کرده است. این موضوع، همراه با اثرات تیمارهای کودی و آبیاری، احتمالاً منجر به افزایش عملکرد دانه در سال اول شده است (جدول ۱).

میزان توانایی اندام‌های سبز گیاه در تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌های در حال پرشدن و همچنین انتقال مجدد ترکیبات ذخیره‌شده در ساقه به این دانه‌ها، از عوامل مهم تأثیرگذار بر عملکرد دانه به ویژه در شرایط کمبود رطوبت پس از گرده‌افشانی است (Dalia and Elhagh, 2018). در مرحله پرشدن و شیری شدن دانه جو، بارندگی‌ها کاهش یافته و دمای هوا افزایش می‌یابد که منجر به افزایش تبخیر و تعرق و در نتیجه نیاز آبی گیاه می‌شود و در این شرایط ممکن است باعث مواجهه گیاه با خشکی شود. در این شرایط، آبیاری تکمیلی در مراحل ظهور سنبله و شیری شدن دانه باعث افزایش هدایت روزنه‌ای، عدم آسیب به دستگاه فتوسنتزی و افزایش کلروفیل می‌شود. این عوامل منجر به افزایش سرعت فتوسنتز و تولید فتوآسیمیلات و در نهایت افزایش عملکرد دانه می‌شوند. آبیاری تکمیلی به تقویت گیاه در تحمل خشکی، افزایش سرعت پرشدن دانه و بهبود عملکرد جو کمک می‌کند. بسیاری از محققان نیز این افزایش عملکرد جو دیم را به آبیاری تکمیلی نسبت داده‌اند (El-Hammed Attia *et al*., 2022). در آزمایشی در بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گندم بهاره در شرایط آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف گزارش گردید که عدم آبیاری تکمیلی در مراحل قبل و بعد از گلدهی می‌تواند به کاهش عملکرد از طریق کاهش تعداد سنبله، تعداد دانه و وزن دانه منجر شود. در این آزمایش بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمار آبیاری تکمیلی تا مرحله پایان گلدهی با میانگین ۵۷۸/۸۵ گرم در مترمربع مشاهده شد (وزیری و همکاران، ۱۴۰۱).

در خصوص تأثیر کودهای گاوی و مرغی بر روی عملکرد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.253]

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر اصلی آبیاری تکمیلی و کاربرد کودهای آلی بر عملکرد دانه جو دیم

تیمارها	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
آبیاری تکمیلی	
شاهد	۲۰۲٦/۳۲[b]
مرحله خوشه‌دهی	۲۸۹۵/٦۷[ab]
مرحله شیری شدن دانه	۳۰۳۱/٦۹[a]
مرحله خوشه‌دهی + شیری شدن دانه	۳۱۳۵/٦۲[a]
کاربرد کودهای آلی	
شاهد	۲٤٥٤/۲۲[d]
۱ گاوی + ۰/۵ مرغی	۲۷۷۳/٦۱[c]
۲ گاوی + ۱ مرغی	۲۹۱۰/۹۹[bc]
۳ گاوی + ۱/۵ مرغی	۳۰۷٦/۱۲[ab]
٤ گاوی + ۲ مرغی	۳۱۹۹/۸۲[a]
۵ گاوی + ۲/۵ مرغی	۳۲٦۸/۵۲[a]

میانگین‌های با حرف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

دانه جو دیم، می‌توان اظهار کرد که افزایش مقادیر این کودها با بهبود مواد آلی خاک، ازطریق تأثیر بر قدرت جذب، نگهداری و فراهمی مناسب رطوبت و عناصر غذایی، افزایش اجزای عملکرد جو موجب بهبود عملکرد دانه شدند. کودهای گاوی و مرغی شامل میزان زیادی از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف هستند که این عناصر را به تدریج آزاد می‌کنند و در نتیجه توزیع مناسبی از عناصر غذایی در طول مدت رشد و پرشدن دانه در اختیار گیاه قرار می‌دهند و در نهایت سبب افزایش عملکرد می‌شوند (صالحی و همکاران، ۱۳۹٤). در آزمایشی، کاربرد کودهای گاوی به‌میزان ۳۰ تن در هکتار باعث افزایش ۱٤ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد در گیاه جو شد (دهمرده و همکاران، ۱۳۹۳). یافته‌های Mutlu (۲۰۲۰) نیز بر روی عملکرد جو با استفاده از مقادیر کود دامی در شرایط مزرعه‌ای صورت گرفت، مشخص نمود که بیشترین عملکرد دانه با مصرف همزمان کود گاوی + مرغی با میانگین ٤٦۳/۰۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. همچنین گزارش شده است که کودهای آلی مانند کود دامی به‌دلیل محتوای بالای فسفر، باعث افزایش فعالیت باکتری‌ها و بهبود عملکرد می‌شوند. باکتری‌ها با تولید اسیدهای آلی و کاهش اسیدیته خاک، فسفر نامحلول را محلول کرده و در دسترس گیاه قرار می‌دهند. نتیجه این فرآیندها، بهبود رشد و عملکرد گیاه است (جامی و همکاران، ۱۳۹۷).

محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی: براساس نتایج مندرج در جدول تجزیه واریانس مرکب (جدول ۸)، کلروفیل a و کلروفیل b به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سال، آبیاری تکمیلی و تغذیه با کودهای آلی در سطح احتمال خطای یک درصد قرار گرفتند.

میانگین کلروفیل‌های a و b جو دیم در سال‌های مختلف نشان داد که سال اول نسبت به سال دوم به‌میزان ۱۲ درصد از کلروفیل a و ۱٦ درصد از کلروفیل b بیشتری برخوردار بود. مقایسه میانگین آبیاری تکمیلی در این صفات نیز نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل‌های a و b به‌ترتیب با میانگین‌های ۸/۳۲ و ٤/٤۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر از تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله ظهور سنبله + شیری شدن دانه به دست آمد که با آبیاری تکمیلی در مرحله شیری شدن تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین میزان کلروفیل‌های a و b به‌ترتیب با

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOI: DOI: 10.22034/15.71.253]

جدول ۸- تجزیه واریانس مرکب اثر آبیاری تکمیلی و کودهای آلی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک جو دیم در دو سال زراعی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		کلروفیل a	کلروفیل b	هدایت روزنه‌ای	CO_2 زیرروزنه
سال	۱	۶۰/۸۴**	۱۶/۶۴**	۲۷۵۶/۲۵**	۱۷۰۸/۹۷**
تکرار در سال	۴	۰/۳۸	۰/۱۵	۱۶/۲۹	۲۲/۲۶
آبیاری تکمیلی	۳	۵/۴۰**	۳/۰۱**	۱۱۸۵/۹۵**	۹۶۵/۲۵**
سال × آبیاری تکمیلی	۳	۸/۳۷ns	۵/۸۵ns	۳/۲۵ns	۱/۸۸ns
تکرار در آبیاری تکمیلی در سال	۱۲	۰/۶۴	۰/۴۷	۵۸/۲۲	۱۱۵/۷۶
کود آلی	۵	۹/۲۴**	۴/۲۶**	۱۸۴۷/۳۵**	۱۲۹۸/۰۳**
سال × کود آلی	۵	۴/۳۴ns	۶/۶۷ns	۲/۰۸ns	۱/۹۴ns
آبیاری تکمیلی × کود آلی	۱۵	۰/۶۱ns	۰/۳۱ns	۹۰/۲۲ns	۶۶/۹۱ns
سال × آبیاری تکمیلی × کود آلی	۱۵	۲/۱۰ns	۷/۳۸ns	۲/۰۹ns	۲/۴۱ns
خطای آزمایش	۸۰	۰/۵۹	۰/۲۵	۹۹/۹۷	۱۵۶/۶۱
ضریب تغییرات (درصد)		۹/۴۷	۱۲/۳۵	۱۰/۱۹	۱۲/۵۸

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال خطای پنج و یک درصد

ادامه جدول ۸-

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		سرعت فتوسنتز	کاتالاز	سوپراکسید دیسموتاز	آسکوربات پراکسیداز
سال	۱	۲۱/۹۲**	۱۰۴۵/۸۷**	۷۴۵۴/۸۷**	۱۰۴۵/۸۷**
تکرار در سال	۴	۰/۰۲	۲/۷۸	۵۹۲/۹۵	۹/۶۱
آبیاری تکمیلی	۳	۱۸/۲۷**	۱۷/۱۲**	۱۰۲۲/۱۷**	۵۷۱/۷۹**
سال × آبیاری تکمیلی	۳	۲/۲۲ns	۱/۱۴ns	۲/۶۸ns	۴/۹۷ns
تکرار در آبیاری تکمیلی در سال	۱۲	۱/۸۲	۱/۷۴	۱۸۶۱/۴۷	۲۴/۵۲
کود آلی	۵	۲۴/۸۸**	۴۱/۶۶**	۱۵۹۶/۵۲**	۷۰۵/۰۶**
سال × کود آلی	۵	۳/۷۵ns	۶/۰۹ns	۵/۶۹ns	۵/۳۹ns
آبیاری تکمیلی × کود آلی	۱۵	۱/۵۹ns	۰/۸۸ns	۴۳/۹۸ns	۸۳/۲۵ns
سال × آبیاری تکمیلی × کود آلی	۱۵	۲/۰۶ns	۱/۲۴ns	۲/۸۸ns	۳/۱۴ns
خطای آزمایش	۸۰	۱/۱۹	۲/۴۷	۲۴۴/۱۸	۴۷/۴۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۲/۰۱	۶/۳۵	۱۲/۰۱	۶/۳۵

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال خطای پنج و یک درصد

میانگین‌های ۷/۳۹ و ۳/۷۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر نیز در تیمار شاهد مشاهده شد. در بین تیمار تغذیه با کودهای آلی مشاهده شد که بیشترین میزان کلروفیل‌های a و b به‌ترتیب با میانگین‌های ۸/۶۶ و ۴/۶۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر به تیمار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.253]

مصرف ۵ تن در هکتار کود گاوی + ۲/۵ تن در هکتار کود مرغی اختصاص یافت که با تیمار مصرف ٤ تن در هکتار کود گاوی + ۲ تن در هکتار کود مرغی تفاوت معنی‌داری نداشت و نسبت به کمترین میزان آن‌ها در تیمار شاهد ۲۵ و ۲۳ درصد به‌ترتیب کلروفیل‌های a و b را افزایش داد (جدول ۸).

کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش آبی به دلیل افزایش تخریب رنگیزه‌ها، کاهش تولید آن‌ها و اختلال در فعالیت آنزیم‌های مرتبط با سنتز و تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی ناشی از اکسیژن فعال است (Sharma *et al*., 2020). افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول‌ها باعث پراکسیداسیون و تجزیه رنگدانه‌ها می‌شود (Edge and Truscott, 2018). در شرایط کمبود آب، فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن می‌تواند به صدماتی مانند اکسیدشدن لیپیدها، تغییر ساختار غشاء و از بین رفتن رنگدانه‌هایی مانند کلروفیل منجر شود (Zandi and Schnug, 2022). در چنین شرایطی استفاده از آبیاری تکمیلی در مراحل ظهور سنبله و شیری شدن دانه، با تأمین آب مورد نیاز گیاه و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز به جلوگیری از تخریب کلروفیل کمک می‌کند. نتایج مشابهی نیز مبنی بر افزایش میزان کلروفیل‌های a، b، کل و کارتنوئیدها در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله بوتینگ (تورم غلاف برگ پرچم) به‌میزان ۷٦، ٤٦، ٤۹ و ۱۰۰ درصد در مقایسه با شرایط دیم گزارش شده است (Yaghini *et al.*, 2020). در آزمایشی دیگر Najafi Vafa و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند که آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم موجب افزایش کلروفیل‌های a، b و کارتنوئیدها شد. کاربرد کودهای دامی منجر به بهبود محتوای کلروفیل و کارتنوئید شد. با توجه به اینکه در ساختار رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل و کاروتنوئید) برخی از عناصر غذایی مشارکت دارند. بنابراین به کارگیری منابع مختلف کود آلی از طریق فراهم نمودن شرایط رشد بهتر برای گیاه باعث افزایش محتوای کلروفیل کل برگ نسبت به تیمار شاهد شده‌اند (Battaglia *et al*., 2018).

کودهای دامی با آزادسازی تدریجی نیتروژن و عناصر غذایی دیگر در طی تجزیه میکروبی، نیاز غذایی گیاه را برای تولید رنگدانه‌های فتوسنتزی تأمین کرده و باعث افزایش غلظت کلروفیل‌های a و b می‌شوند و به دنبال آن سبزینگی، توانایی جذب و نور خورشید، تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت رشد و عملکرد را افزایش می‌دهند. علاوه بر این فسفر به‌عنوان ترکیب اصلی برای تأمین انرژی و ساختارهای زیستی مانند فسفولیپیدها و اسیدهای نوکلئیک اهمیت دارد. همچنین، عناصر کم‌مصرف در کودهای دامی تأثیر زیادی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی دارند. بنابراین، کودهایی با مواد آلی بیشتر و تجزیه سریع‌تر می‌توانند نیتروژن و دیگر عناصر غذایی را سریع‌تر در محیط ریزوسفر فراهم کنند (Fallah *et al*., 2020). در طی پژوهشی امین و همکاران (۱۳۹٦) گزارش کردند که استفاده از مقادیر بالا و متوسط کودهای گاوی باعث افزایش دسترسی نیتروژن در ریزوسفر ریشه و در نتیجه افزایش کلروفیل‌ها در برگ‌ها و اندام‌های هوایی گیاه می‌شود. قلی‌نژاد و همکاران (۱٤۰۰) اظهار داشتند که در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی، کاربرد کودهای دامی مقدار کلروفیل b در گندم را به‌ترتیب ۲۵ و ۳۰ درصد در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد. Saber (۲۰۲۳) نیز بیان کرد که سطوح مختلف کود دامی بر میزان کلروفیل‌ها و کارتنوئید تأثیر معنی‌داری داشتند.

پارامترهای فتوسنتزی: نتایج تجزیه واریانس مرکب دو ساله نشان داد که سال آزمایش، آبیاری تکمیلی و کودهای آلی همگی تأثیر معنی‌داری در سطح خطای یک درصد بر هدایت روزنه‌ای، دی‌اکسید کربن زیر روزنه و سرعت فتوسنتز داشتند (جدول ۸). سال اول آزمایش، به‌طورکلی، هدایت روزنه‌ای (۹ درصد)، دی‌اکسید کربن زیر روزنه (۷ درصد) سرعت فتوسنتز (۱۱ درصد) بیشتری نسبت به سال دوم داشت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار آبیاری در مرحله ظهور سنبله + شیری شدن دانه با میانگین ۱۰٤/٦۲ مول در مترمربع در ثانیه، ۱۰٤/٦۲ میکرومول در مترمربع و ۹/۸٦ میکرومول در مترمربع در ثانیه به‌ترتیب از بیشترین هدایت روزنه‌ای، دی‌اکسید کربن زیر روزنه و سرعت فتوسنتز برخوردار بود که با تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله شیری شدن دانه تفاوت معنی‌داری نداشت و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.253]

نسبت به کمترین میزان آن‌ها در تیمار شاهد به‌ترتیب ۱۳ درصد هدایت روزنه‌ای، ۱۱ درصد دی‌اکسید کربن زیر روزنه و ۱۱ درصد سرعت فتوسنتز را افزایش داد. همچنین استفاده از کودهای آلی سبب افزایش پارامترهای فتوسنتزی شد به‌طوریکه بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای با میانگین‌های ۱۰۷/٦٦ و ۱۰۵/۸۲ مول در مترمربع در ثانیه و دی‌اکسید کربن زیر روزنه با میانگین‌های ۱۰۸/۹٦ و ۱۰٦/۸۲ میکرومول در مترمربع در تیمارهای مصرف ۵ تن در هکتار کود گاوی + ۲/۵ تن در هکتار کود مرغی و ٤ تن در هکتار کود گاوی + ۲ تن در هکتار کود مرغی و بیشترین میزان سرعت فتوسنتز با میانگین ۱۰/۳۳ میکرومول بر مترمربع در ثانیه در تیمار ۵ تن در هکتار کود گاوی + ۲/۵ تن در هکتار کود مرغی مشاهده شد (جدول ۸).

عوامل محدودکننده فتوسنتز به دو دسته روزنه‌ای و غیرروزنه‌ای تقسیم می‌شوند. محدودکننده‌های روزنه‌ای با کاهش آب در سلول‌های برگ، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای، انتشار CO_2 به فضای بین سلولی را کاهش می‌دهند و فعالیت فتوسنتزی را کم یا متوقف می‌کنند. از سوی دیگر، محدودکننده‌های غیرروزنه‌ای به دلیل اختلال در واکنش‌های بیوشیمیایی گیاه و کاهش کلروفیل، دی‌اکسید کربن زیر روزنه را کاهش داده و ممکن است فتوسنتز را محدود کنند (Reddy *et al*., 2004). نتایج آزمایش نشان می‌دهد که در شرایط دیم، بستن روزنه‌ها و افزایش مقاومت روزنه‌ای منجر به کاهش هدایت روزنه‌ای، دی‌اکسید زیر روزنه و سرعت فتوسنتز در گیاه جو می‌شود. اما پس از آبیاری تکمیلی، به دلیل تأمین آب و باز بودن روزنه‌ها، هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوسنتز به حداکثر می‌رسند. افزایش سرعت فتوسنتز در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله غلاف رفتن در جو توسط Ebadi و همکاران (۲۰۲۰) گزارش شده است. نتایج اثر آبیاری تکمیلی بر پارامترهای فتوسنتزی در گندم نشان داد که آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی نسبت به شاهد سبب افزایش ۸۰ و ۸۲ درصدی سرعت فتوسنتز به‌ترتیب در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ شد (Meng *et al*., 2017). تحقیقات Istanbuli و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که در شرایط تنش خشکی در جو، کاهش آب دریافتی منجر به کاهش هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوسنتز می‌شود، که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی دارد. کودهای دامی با بهبود ساختار خاک و افزایش جذب آب و مواد غذایی، به رشد بهتر گیاهان کمک می‌کنند. این تغییرات باعث گسترش بهتر ریشه‌ها و افزایش فتوسنتز در گیاهان می‌شود (علی‌جعفری و همکاران، ۱۳۹۸). افزایش نیتروژن خاک (به‌ویژه از کودهای دامی) هدایت روزنه‌ای گیاه را بهبود می‌بخشد. این بهبود منجر به فتوسنتز بیشتر و رشد بهتر شده و مقاومت در شرایط دیم را تقویت می‌کند. تأثیر مثبت کودهای دامی بر این پارامترها، توسط تحقیقات پیشین نیز تأیید شده است (صادقی، ۱٤۰۲).

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان: تجزیه واریانس مرکب نشان داد که سال، آبیاری تکمیلی و کودهای آلی همگی تأثیر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز دارند (جدول ۸). مقایسه میانگین اثر سال بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نشان داد که سال اول نسبت به سال دوم از ٦ درصد سوپراکسید دیسموتاز و ۵ درصد آسکوربات پراکسیداز و سال دوم ۲۸ درصد نسبت به سال اول از آنزیم کاتالاز بیشتر برخوردار بود. براساس نتایج آبیاری تکمیلی بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، آبیاری در مراحل مختلف سبب کاهش آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز شد به‌طوریکه بیشترین میزان آن‌ها به‌ترتیب با میانگین‌های ۲۵/٦۷، ۲٦۷/۱۹ و ۹٦/٤۵ میلی‌گرم پروتئین در عصاره آنزیمی از تیمار شاهد به دست آمد که نسبت به کمترین میزان آن‌ها در آبیاری تکمیلی مرحله ظهور سنبله + شیری شدن دانه به‌میزان ٤ درصد آنزیم کاتالاز، ۵ درصد سوپراکسید دیسموتاز و ۹ درصد فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز را افزایش داد. همچنین نتایج نشان داد که تیمار مصرف ۵ تن در هکتار کود گاوی + ۲/۵ تن در هکتار کود مرغی با میانگین‌های ۲۷/۱٦، ۲۷۳/۰۳ و ۹۹/۲۸ میلی‌گرم پروتئین در عصاره آنزیمی به‌ترتیب بیشترین میزان آنزیم کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز را به خود اختصاص داد و نسبت به کمترین میزان آن‌ها در تیمار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOI: DOI: 10.22034/15.71.253]

شاهد سبب افزایش ۱۵ درصدی کاتالاز، ۸ درصدی سوپراکسید دیسموتاز و ١٦ درصدی آسکوربات پراکسیداز شد (جدول ۸).

در شرایط کم‌آبی (دیم)، گیاهان برای مقاومت، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز را افزایش می‌دهند. هر چه این افزایش کمتر باشد، نشان‌دهنده مقاومت بیشتر گیاه به تنش است (Shah *et al.*, 2017). آزمایش حمه‌رشید و همکاران (۱۳۹۸) نشان داد که آبیاری تکمیلی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در گندم می‌شود، که این نتیجه با نتایج آزمایش حاضر متفاوت است. همچنین، مطالعه Fathalipour (۲۰۲۲) افزایش معنی‌دار فعالیت کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز را در جو تحت تنش آبیاری گزارش کرده است. تأثیر کودهای آلی و دامی در افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز به‌دلیل تحریک جذب عناصر غذایی، توسط سایر محققان گزارش شده است (Kiran *et al.*, 2019). وجود ریزمغذی‌هایی مانند آهن و روی در کودهای دامی، که در ساختار آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نقش دارند، احتمالاً باعث افزایش فعالیت این آنزیم‌ها از طریق بهبود جذب این عناصر توسط گیاه می‌شود (عبدالهی و همکاران، ١٤٠١). مشابه این نتایج گزارش شده است که کاربرد کودهای دامی باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و در نتیجه تحمل گیاهان در شرایط دیم می‌شود (El-Sayed *et al.*, 2022).

نتیجه‌گیری

در سال اول زراعی به‌دلیل اینکه اثرات تنش رطوبتی به‌دلایل بهبود وضعیت خاک، بهبود وضعیت سیستم ریشه‌ای گیاه و بالاتر رفتن مقاومت گیاه، کاهش یافت (با توجه به جدول ۱ مهمترین دلیل به نظر بیشتر بودن بارندگی در سال اول است) بنابراین میزان تعداد سنبله در بوته، تبادلات گازی، رنگیزه‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در سال اول بیشتر از سال دوم بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف اثر مثبت و معنی‌داری بر اجزای عملکرد و همه صفات اندازه‌گیری شده به‌جزء آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان داشت به‌ویژه که بیشترین عملکرد دانه (۳۱۳۵/٦۲ کیلوگرم در هکتار) از آبیاری تکمیلی در مرحله ظهور سنبله + شیری شدن دانه یا مرحله شیری شدن دانه به دست آمد. همچنین نتایج افزایش کودهای آلی به‌خصوص ۵ تن در هکتار کود گاوی + ۲/۵ تن در هکتار کود دامی و ٤ تن در هکتار کود گاوی و ۲ تن در هکتار کود مرغی بر صفات عملکرد، اجزای عملکرد، کلروفیل‌های a و b، هدایت روزنه‌ای، سرعت فتوسنتز، دی‌اکسید کربن زیرروزنه، آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز به ثبت رسیده است. از طرفی نتایج به دست آمده از انجام این تحقیق، نشان می‌دهد که اگر مراحل حساس پدیده‌شناسی مزارع جو دیم، از قبیل مراحل ظهور سنبله و شیری شدن دانه بارندگی اتفاق نیفتد، گیاه با تنش خشکی مواجه می‌شود. برای گریز از این بحران و افزایش عملکرد کمی و کیفی محصول می‌توان با اجرای آبیاری تکمیلی در حساسترین مراحل رشد جو و استفاده از کودهای گاوی و مرغی به تولید قابل قبول تحت شرایط دیم دست یافت. بنابراین انجام آبیاری تکمیلی در مراحل حساس رشد جو دیم می‌تواند تا ۳۵ درصد و استفاده از ۵ تن در هکتار کود گاوی + ۲/۵ تن در هکتار کود مرغی تا ۲۵ درصد افزایش محصول را در منطقه‌ی خرم‌آباد به‌همراه داشته باشد. در نهایت، با انجام این روش‌ها می‌توان گام بزرگی را در افزایش تولید برداشت.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از اساتید محترم و کارکنان آزمایشگاه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد خرم‌آباد بابت راهنمایی و حمایت‌هایشان در طول پروژه تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

منابع

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.253]

امین، زهرا، فلاح، سیف‌اله، و عباسی سورکی، علی (۱۳۹۶). تأثیر روش مصرف و سطوح مختلف کود دامی بر عملکرد و غلظت برخی از عناصر غذایی سیر (*Allium sativum* L.). *مجله مدیریت خاک و تولید پایدار*، *۷*(۳)، ۱۰۷-۱۲۱. https://doi.org/EJSMS.2017.11481.166/10, 22069

جامی، محمد، قلاوند، امیر، مدرسی‌ثانوی، سیدعلی، مختصی بیدگلی، علی، باغبانی‌آرایی، ابولفضل، و نامداری، امین (۱۳۹۷). اثر کود دامی، زئولیت و آبیاری بر ویژگی‌های خاک و عملکرد دانه افتابگردان. *مجله علوم زراعی ایران*، ۲۰ (۲)، ۱۵۱-۱۶۷.

جعفری، همایون، حیدری، غلامرضا، و خالص‌رو، شیوا (۱۳۹۸). اثر آبیاری تکمیلی وکودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم (*Triticum aestivum* L.). *دانش کشاورزی وتولید پایدار*، ۲۹ (۲)، ۱۷۳-۱۸۷.

حمه‌رشید، سه‌حه‌ر، احمدی، علی، سی و سه‌مرده، عادل، و جهانسوز، محمدرضا (۱۳۹۸). ارزیابی برخی از پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ارقام مختلف گندم دیم تحت تیمارهای آبیاری تکمیلی. *علوم گیاهان زراعی ایران*، *۵۰*(۳)، ۱۲۱-۱۳۳. https://doi.org/10.22059/ijfcs.2018.254340.654457

دهمرده، منیر، خمری، عیسی، دهمرده، مسیح، و اصغرزاده، احمد (۱۳۹۳). اثر باکتری‌های آزوسپریلیوم و ازتوباکتر بر عملکرد و اجزای عملکرد جو در سطوح مختلف کود گاوی. *نشریه علوم گیاهان زراعی ایران*، *۴۵*(۱)، ۶۵-۷۲. https://doi.org/10.22059/IJFCS.2014.51025

صادقی، سیدمصطفی (۱۴۰۲). بررسی تأثیر تنش آبی و سطوح مختلف کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج. *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*، *۱۷*(۵)، ۸۴۳-۸۵۵.

صالحی، سجاده، ضرغامی، رضا، و حصارک، شبنم (۱۳۹۴). بررسی اثربخشی سطوح کلروفیل، پرولین، سوپراکسید دیسموتاز و مالون دی‌آلدئید از افزودن نانو کودهای آهن و ترکیب قارچ‌های میکوریزا و سوپرفسفات تریپل در کشت ذرت شیرین. سومین همایش یافته‌های نوین در محیط زیست و اکوسیستم‌های کشاورزی، تهران.

عبدالهی، فرزین، جعفری، لیلا، و رحیمی، عباس (۱۴۰۱). اثر کاربرد کودهای آلی بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی، کمی و کیفی ترب سفید (*Rhaphanus sativus*) رقم لانگیپیناتوس در شرایط تنش خشکی. *فرآیند و کارکرد گیاهی*، *۱۱*(۴۸)، ۱-۱۸.

علی‌جعفری، احمد، معمری، مهدی، و قربانی، اردوان (۱۳۹۸). ارزیابی مؤلفه‌های رشد گونه *Onobrychis sativa* Lam تحت تأثیر برخی تسهیل‌گرهای رشد در گلخانه. *مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)*، ۳۲(۴)، ۸۷۲-۸۸۵.

قلی‌نژاد، اسماعیل، و عیوضی، علیرضا (۱۴۰۰). تأثیر پلیمر سوپرجاذب A200 و کود دامی بر کاهش اثرات تنش خشکی در ارقام مختلف گندم. *دانش آب و خاک*، ۳۱(۲)، ۶۹-۸۶. http://dx.doi.org/10.22034/WS.2021.11689

نریمانی، حامد، سیدشریفی، رئوف، و خلیل‌زاده، راضیه (۱۳۹۷). تأثیر نانواکسید آهن در عملکرد، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی. *علوم زیستی گیاهی*، *۱۰*(۳)، ۴۰-۲۱. https://doi.org/10.22108/IJPB.2018.110895.1098

وزیری، حسین، داداشی، محمدرضا، عجم‌نوروزی، حسین، سلطانی، افشین، و یاراحمدی، سعید (۱۴۰۱). تأثیر مقادیر مصرف نیتروژن و زمان‌های مختلف آبیاری تکمیلی بر عملکرد و صفات اگرومورفولوژیک گندم بهاره. *علوم گیاهان زراعی ایران*، *۵۳*(۱)، ۱۷۵-۱۸۸. http://dx.doi.org/10.22059/IJFCS.2021. 318392.654800 .

Abbasi, T, & Abbasi, S. A. (2010). Biomass energy and the environmental impacts associated with its production and utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews Sustain*, *14*, 919-937. https://doi.org/101016/j.rser.2009.11.006

Abd El-Hammed Attia, M., Moamen, M., Ayman, M., Fatma, I. M., & Rasha, S. (2022). Productivity of some barley cultivars as affected by supplemental irrigation under rainfed conditions. *Australian Journal of Crop Science*, *16*(05), 665-675. https://doi.org/10.21475/ajcs.22.16.05p3647

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.253]

Abd El-Monem, A. M. A, & Hamed, M. H. (2017). Response of some barley cultivars productivity and available soil nutrients to chicken manure rates under sandy soil conditions. *Journal of Soil Science and Agricalture*, *8*(12), 715-721. https://doi.org/10.21608/JSSAE.2017.38235

Aebi, H. (1984). Catalase in vitro, Methods in Enzymology. Elsevier. https://doi.org/10.1016/S0076-6879(84)05016-3

Arslanoglu, S. F. (2022). The effects on the root and plant development of soybean of organic fertilizer applications. *Bioscience Journal, 38*, e38036. https://doi.org/10.14393/BJ-v38n0a2022-60382

Attia, M. A. E. H., Abou El-Enin, M. M., Abou Tahoun, A. M., Abdelghany, F. I., & El-Serafy, R. S. (2022). Productivity of some barley cultivars as affected by supplemental irrigation under rainfed conditions. *Australian Journal of Crop Science*, *16*(5), 665-3. https://doi.org/10.21475/ajcs.22.16.05.p3647

Battaglia, M. L., Lee, C., & Thomason, W. (2018). Corn yield components and yield responses to defoliation at different row widths. *Agronomy Journal*, *110*, 1-16. https://doi.org/10.2134/agronj2017.06.0322

Dai, Y., Liao, Z., Lai, Z., Bai, Z., Zhang, F., Li, Z., & Fan, J. (2023). Interactive effects of planting pattern, supplementary irrigation and planting density on grain yield, water-nitrogen use efficiency and economic benefit of winter wheat in a semi-humid but drought-prone region of northwest China. *Agricultural Water Management*, *287*, 108438. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108438

Dalia, A, & Elhag, A. (2018). Effect of irrigations number on yield and yield components of some bread wheat cultivars in North Nile Delta of Egypt. *Egyption Journal of Agron*omy, *39*(2), 137-148. https://doi.org/:10.21608/agro.2017.680.1059

Deinert, L., Hossen, S., Ikoyi, I., Kwapinksi, W., Noll, M., & Schmalenberger, A. (2024). Poultry litter biochar soil amendment affects microbial community structures, promotes phosphorus cycling and growth of barley (*Hordeum vulgare*). *European Journal of Soil Biology*, *120*, 103591. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2023.103591

Ebadi, N., Seyed Sharifi, R., & Narimani, H. (2020). Effects of supplementary irrigation and biofertilizers on grain yield, dry matter remobilization and some physiological traits of barley (*Hordeum vulgare* L.) under rainfed condition. *Journal of Crop Production and Processing*, *10*(2), 123-135. https://doi.org/10.47176/jcpp.10.2.25857

Edge, R, & Truscott, T. G. (2018). Singlet oxygen and free radical reactions of retinoids and carotenoids—A review. *Antioxidants, 7*(1), 5. https://doi.org/10.3390/antiox7010005

El-Sayed, A., Awad, D., Ibrahim, R., Adel, M., Abd El-Hameed, H., & Eman, A. M. (2022). Zaghloul. he Co-addition of soil organic amendments and natural biostimulants improves the production and defenses of the wheat plant grown under the dual stress of salinity and alkalinity. *Egyption Journal of Soil Science*, *62*(2), 137-153. https://doi.org/10.21608/EJSS.2022.148406.1513

Essilfie, M. E., Darkwa, K., & Asamoah, V. (2024). Growth and yield response of maize to integrated nutrient management of chicken manure and inorganic fertilizer in different agroecological zones. *Heliyon*, *10*(14), e34830. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34830

Fallah, S., Mouguee, S., Rostaei, M., Adavi, Z., Lorigooini, Z., & Shahbazi, E. (2020). Productivity and essential oil quality of *Dracocephalum kotschyi* under organic and chemical fertilization conditions: Biomass production and essential oil compositions of *Dracocephalum kotschyi*. *Journal of Cleaner Production, 255*, 120189. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120189

FAO. (2023). World Food and Agriculture Statistical Pocketbook. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Fathalipour, B., Ahadnezhad, B., & Abbasi, A. (2022). Changes in antioxidant enzymes of *Hordeum vulgare* L. using the endophytic fungus *Piriformospora indica* and the bacterium Azospirillum spp. under drought stress. *Agriculture and Forestry*, *68*(1), 261-283. https://doi.org/10.17707/AgricultForest.68.1.17

Galindo, A., Collado-Gonzalez, J., Grinan, I., Corell, M., Centeno, A., Martin-Palomo, M. J., Giron, I. F., Rodriguez, P., Cruz, Z. N., & Memmi, H. (2020). Deficit irrigation and emerging fruit crops as a strategy to save water in Mediterranean semiarid agrosystems. *Agricultural Water Management*, *202*, 311-324 https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.08.015

Gebremedhin, T., Haile, G. G., Gebremicael, T. G., Libsekal, H., & Reda, K. W. (2023). Balancing crop water requirements through supplemental irrigation under rainfed agriculture in a semi-arid environment. *Heliyon*, *9*(8), e18727. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18727

Istanbuli, T., Baum M., Touchan, H., & Hamwieh, A. (2020). Evaluation of morpho-physiological traits under drought stress conditions in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Photosynthetica*, *58*(4), 1059-1067. https://doi.org/10.32615/ps.2020.041

Kiran, M., Jilani, M. S., Waseem, K., Khan, M. S., Haq, F., Nadim, M. A., Ullah, G., & Shaheen, S. (2019). Integrated use of organic and inorganic fertilizers on the growth and yield of radish. *Sarhad Journal of Agriculture*, *35*, 933-941.

Meng, W., Yu, Z., Zhao, J., Zhang, Y., & Shi, Y. (2017). Effects of supplemental irrigation based on soil moisture levels on photosynthesis, dry matter accumulation, and remobilization in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Plant Production Science*, *20*(2), 215-226. http://dx.doi.org/10.1080/1343943X.2017.1302307

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.253]

Mutlu, A. (2020). The effect of organic fertilizers on grain yield and some yield components of barley (*Hordeum Vulgare* L.). *Fresenius Environmental Bulletin*, *29*(12), 10840-10846.

Najafi Vafa, Z., Sohrabi, Y., Mirzaghaderi, G., & Heidari, G. (2022). Soil microorganisms and seaweed application with supplementary irrigation improved physiological traits and yield of two dryland wheat cultivars. *Front Plant Science, 13*, 855090. http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2022.855090

Okorie, V. O., Thulisile, N. M., & Samuel, O. A. (2019). Exploring the political economy of water and food security nexus in BRICS. *Africa Insight*, *48*, 21.

Ozkan, R. (2024). Effects of organic and inorganic fertilizers on yield and yield components of barley. *Black Sea Journal of Agriculture*, *7*(2), 90-99. http://dx.doi.org/10.47115/bsagriculture.1361074

Reddy, A. R., Chaitany, K. V., & Vivekanandan, M. (2004) Drought -induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology*, *161*, 1189-1202. http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2004.01.013

Saber, T. D. (2023). Effect of sheep and chicken manure on wheat growth and productivity. *Zanco Journal of Pure and Applied Sciences*, *35*(6), 113-117. http://dx.doi.org/10.21271/ZJPAS.35.6.11

Safdar, L. B., Foulkes, M. J., Kleiner, F. H., Searle, I. R., Fisk, I. D., & Boden, S. A. (2023). Challenges facing sustainable protein production: Opportunities for cereals. *Plant Communications*, *4*, 100716. https://doi.org/10.1016/j.xplc.2023.100716

Sairam, R. K., Rao, K. V., & Srivastava, G. (2002). Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science*, *163*, 1037-1046. https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00278-9

Shah, A. N., Iqbal, J., Tanveer, M., Yang, G., Hassan, W., & Fahad, S. (2017). Nitrogen fertilization and conservation tillage: a review on growth, yield, and greenhouse gas emissions in cotton. *Environmental Science and Pollution Research*, *24*, 2261-2272. https://doi.org/10.1007/s11356-016-7894-4

Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Ramakrishnan, M., Singh Sidhu, G. P., Bali, A. S., & Zheng, B. (2020). Photosynthetic response of plants under different abiotic stresses: A review. *Journal of Plant Growth Regulation*, *39*, 509-531. https://doi.org/10.1007/s00344-019-10018-x

Singh, T. B., Ali, A., Prasad, M., Yadav, A., Goyal, D., & Dantu, P. K. (2020). Role of organic fertilizers in improving soil fertility. *Contaminants in Agriculture: Sources, Impacts and Management*, 61-77. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41552-5_3

Tallou, A., Haouas, A., Jamali, M. Y., Atif, K., Amir, S., & Aziz, F. (2020). Review on cow manure as renewable energy. *Smart Village Technology: Concepts and Developments*, 341-352. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37794-6_17

Yaghini, F., Seyed Sharifi, R., & Narimani, H. (2020). Effects of supplemental irrigation and biofertilizers on yield, chlorophyll content, rate and period of grain filling of rainfed wheat. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *18*(1), 101-109. http://dx.doi.org/10.22067/gsc.v18i1.81264

Zandi, P, & Schnug, E. (2022). Reactive oxygen species, antioxidant responses and implications from a microbial modulation perspective. *Biology*, *11*, 155. https://doi.org/10.3390/biology11020155

Zhang, L., Shi, N., Fan, J., Wang, F., George, T. S., & Feng, G. (2018). Arbuscular mycorrhizal fungi stimulate organic phosphate mobilization associated with changing bacterial community structure under field conditions. *Environmental Microbiology*, *20*(7), 2639-2651. https://doi.org/ 10.1111/1462-2920.14289

Zoghi, Z., Hosseini, S. M., Kouchaksaraei, M., Kooch, Y., & Guidi, L. (2019). The effect of biochar amendment on the growth, morphology and physiology of Quercuscastaneifolia seedlings under water-deficit stress. *European Journal of Forest Research*, *138*, 967-979. https://doi.org/10.1007/s10342-019-01217-y

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.253]

Evaluation of the effect of organic fertilizers and supplementary irrigation on yield, gas exchange, and antioxidant enzymes in barley

Jamshid Baharvand[1], Ali Khorgami[1*], Masoud Rafiee[2], Reza Mirdrikvand[3]

[1] Department of Agronomy, Khor. C., Isamic Azad University, Khorramabad, Iran
[2] Crop and Horticultural Science Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabad, Iran
[3] Department of Plant Genetics and Breeding, Khor. C., Islamic Azad University, Khorramabad, Iran

Abstract

The aim of this research was to evaluate the effect of organic fertilizers and supplementary irrigation on yield, gas exchange, and antioxidant enzymes in the barley crop, was carried out split-plot in the form of a basic design of randomized complete blocks in 3 replicationsin 2021-2022 cropping years in Khorramabad city. The experimental factors supplemental irrigation (no irrigation), irrigation in heading stage, irrigation in the seed milking stage and irrigation in the heading + milking stage in the main plots and levels of organic fertilizers (no fertilizer), 1 ton h^{-1} of cow manure + 0.5 ton h^{-1} of poultry manure, 2 ton h^{-1} of cow manure + 1 ton h^{-1} of chicken manure, 3 ton h^{-1} of cow manure + 1.5 ton h^{-1} of poultry manure, 4 ton h^{-1} of manure cow + 2 ton h^{-1} of poultry manure, 5 ton h^{-1} of cow manure + 2.5 ton h^{-1} of poultry manure in the sub plots. The highest number of seeds per spike with an average of 35.33 and the weight of one thousand seeds with an average of 43.67 gr in the treatment of using 5 ton h^{-1} of cow manure + 2.5 ton h^{-1} of poultry manure with supplementary irrigation was observed in the stage of heading + milking. Supplementary irrigation in the stage of heading + milking compared to the control treatment, 5% number of spikes per plant, 8% harvest index, 35% seed yield, 12 and 25% chlorophylls a and b, 13% stomatal conductance, 11% photosynthesis rate and 11% the percentage of carbon dioxide chamber increased. Fertilizer application of 5 ton h^{-1} of cow manure + 2.5 ton h^{-1} of poultry manure had a significant positive effect on all measured traits. These results showed that the integration of irrigation management and organic nutrition plays a key role in optimizing barley production under Khorramabad conditions and can lead to a significant increase in yield and improvement in the physiological characteristics of the plant. Accordingly, it is recommended that farmers in the Khorramabad region and areas with similar climatic conditions utilize this integrated irrigation and nutrition pattern (including supplementary irrigation at the heading and milky stages and the application of 5 ton h^{-1} of cow manure along with 2.5 ton h^{-1} of chicken manure) to achieve the maximum yield potential of barley.

Keywords: Chlorophylls a, Catalase, Photosynthesis rate, Stomatal conductance and Superoxide dismutase

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.253]

Received: Jun. 21, 2025; Revised: Sep. 15, 2025; Accepted: Sep. 30, 2025; Published Online: May. 02, 206
*Corresponding Author: 0070588554@iau.ir

Copyright © 2025 Iranian Society of Plant Physiology, Published by Isfahan University of Technology press. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.